

## Editorial

## Optimización hemodinámica de los pacientes portadores de un dispositivo de asistencia ventricular de larga duración. Un reto diagnóstico y terapéutico



## Hemodynamic optimization in patients with a long-term ventricular assist device. A diagnostic and therapeutic challenge

Aitor Uribarri<sup>a,b,\*</sup><sup>a</sup> Servicio de Cardiología, Hospital Universitari Vall d'Hebron, Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, España<sup>b</sup> Centro de Investigación Biomédica en Red Enfermedades Cardiovasculares (CIBERCV), España

La evolución de los dispositivos de asistencia ventricular izquierda (DAVI) ha permitido una mejora en la supervivencia de los pacientes que los reciben para el tratamiento de la insuficiencia cardíaca (IC) en su etapa más avanzada<sup>1</sup>. Esto ha llevado a que el número de implantes practicados anualmente en todo el mundo haya experimentado un crecimiento exponencial<sup>2,3</sup>. Sin embargo, estos pacientes siguen presentando un importante número de complicaciones que deterioran la calidad y la expectativa de vida y, además, se asocian con una elevada tasa de reingresos<sup>4</sup>. A pesar de que la principal función de los DAVI es asistir al ventrículo izquierdo (VI) disfuncionante controlando los síntomas y signos de la IC, publicaciones previas han comunicado que una de las principales causas de reingreso de estos pacientes continúa siendo las descompensaciones de IC<sup>5</sup>. Desde el punto de vista fisiopatológico, los DAVI permiten aumentar el gasto cardíaco y disminuir las presiones de llenado de las cavidades izquierdas y, como consecuencia, reducir las presiones pulmonares, la poscarga derecha y la presión venosa central, variables hemodinámicas fundamentales para el tratamiento de la IC. Sin embargo, la descarga excesiva del VI puede ocasionar que el tabique interventricular se desplace en exceso hacia la izquierda, con lo que cambia la morfología del ventrículo derecho (VD) y se pierde la contribución del propio septo en la sístole del VD. Además, esta desviación del tabique tira directamente del velo septal tricuspídeo y aumenta el grado de insuficiencia valvular previa. Ambos mecanismos favorecen directamente la posibilidad de que el paciente muestre datos de IC derecha. Por otro lado, si la descarga del VI no es óptima y persiste una optimización inadecuada del DAVI, las presiones de llenado izquierdo pueden continuar persistentemente elevadas, y en el paciente pueden aparecer datos de congestión pulmonar y perpetuarse o empeorar el deterioro de la función del VD.

En este sentido, uno de los principales caballos de batalla con los que el clínico debe tratar en el seguimiento de esta terapia es la optimización hemodinámica de estos pacientes. Para ello es fundamental comprender detalladamente la interacción corazón-bomba-sistema cardiovascular. A pesar de las mejoras que se

han conseguido en los últimos años, esta optimización continúa siendo insuficiente, lo que se refleja de modo claro en los resultados de diferentes trabajos que muestran que solo un 40-60% de los pacientes ambulatorios con DAVI tienen un perfil hemodinámico «normal» cuando son evaluados mediante cateterismo derecho<sup>6,7</sup>.

Para conseguir la máxima optimización de esta terapia, están disponibles varias estrategias. En primer lugar, la terapia neurohormonal utilizada en el tratamiento de la IC continúa siendo clave después del implante del DAVI. Estos fármacos no solo consiguen controlar la presión arterial, sino también favorecen el remodelado inverso ventricular y controlan la posible congestión que pueda aparecer<sup>8</sup>. En segundo lugar, la optimización del flujo de la bomba, que se refleja en una normalización de las presiones hemodinámicas. Es importante resaltar que todo esto no se trata solo de «números», ya que una correcta optimización hemodinámica va unida a menos complicaciones y reingresos. En este sentido, Imamura et al. mostraron que basalmente solo el 50% de los pacientes con DAVI presentaban un perfil hemodinámico normal evaluado con cateterismo derecho. Tras la optimización de la bomba consiguieron mejorar este porcentaje hasta un 61%. Tras 1 año de seguimiento, observaron que los pacientes con perfiles normales presentaban una tasa anual de reingresos muy inferior a la de los no optimizados (1,15 frente a 2,86 eventos/año), y casi la mitad de esta reducción se consiguió evitando descompensaciones de IC<sup>6</sup>. En la misma línea de trabajo, este grupo de autores ha mostrado que una correcta optimización se asocia con una reducción de eventos relacionados con la hemocompatibilidad de la bomba (sagrados, eventos tromboembólicos) cercana al 30% anual<sup>9</sup>. Esto se puede explicar por varias razones: por un lado, como se ha defendido previamente, la descarga inapropiada del VI se asocia con mayores tasas de IC, factor en clara relación con una mayor tasa de eventos tromboembólicos y hemorrágicos por el aumento de la congestión hepática; por otro lado, la pérdida de un flujo laminar a través del rotor de la bomba favorece la formación de trombos y aumenta la destrucción de la cadena de von Willenbrand. Otro factor muy importante que respalda la máxima optimización radica en trabajos que han asociado una correcta descarga del VI con una mayor probabilidad de remodelado inverso y recuperación ventricular y mayores tasas de retirada del DAVI<sup>8</sup>.

Aunque todos los datos descritos inciden en la necesidad de la adecuación máxima de la velocidad de la bomba a las caracte-

## VÉASE CONTENIDO RELACIONADO:

<https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.014>

\* Autor para correspondencia: Servicio de Cardiología, Hospital Universitari Vall d'Hebron, Pg. de la Vall d'Hebron 119-129, 08034 Barcelona, España

Correo electrónico: [auribarrig@gmail.com](mailto:auribarrig@gmail.com)

On-line el 2 de marzo de 2022

<https://doi.org/10.1016/j.recesp.2022.01.015>

0300-8932/© 2022 Sociedad Española de Cardiología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

rísticas de cada individuo, existen muchas dudas sobre la mejor forma de realizarlo. La técnica más extendida continúa siendo el test de rampa; sin embargo, hay mucha variabilidad entre los protocolos existentes y la técnica de monitorización que los guía. Desde el punto de vista fisiopatológico, es probable que la mejor forma sea mediante el control invasivo de las presiones hemodinámicas, aunque no deja de ser un procedimiento con potenciales complicaciones. Por ello, la mayoría de los profesionales prefieren la monitorización del test mediante ecocardiograma transtorácico. A pesar de su extensa utilización, estos protocolos están sujetos a importantes limitaciones. Por un lado, muchos estudios se ven afectados por la ventana ecocardiográfica. Por otro, cuesta aceptar que solo la combinación de determinaciones seriadas de los diámetros ventriculares con el grado de apertura de la válvula aórtica en condiciones de reposo sea capaz de conseguir la optimización hemodinámica en estos pacientes. Intentando dar respuesta a esta pregunta, se diseñó el estudio RAMP-IT-UP<sup>10</sup>. En él se incluyó a 41 pacientes con bomba HVAD (Medtronic, Estados Unidos) a los que se aleatorizó a optimización mediante test de rampa con ecocardiograma o cateterismo. El grupo invasivo se asoció con un menor número de eventos durante el seguimiento, fundamentalmente IC y eventos tromboembólicos; sin embargo, debido al bajo número de muestra, no se consiguió alcanzar la significación estadística<sup>10</sup>. Lo que queda claro es que protocolos conjuntos que combinan la monitorización de presiones invasivas junto con la valoración ecocardiográfica podrían lograr una mejora del perfil hemodinámico que, en el mejor de los casos, podría alcanzar el 80%<sup>7</sup>; sin embargo, en la mayoría de los estudios publicados, ronda el 60%<sup>9–11</sup>.

Al valorar el porqué de estos resultados, es importante resaltar que la interacción entre las propiedades dinámicas del sistema cardiovascular y la dependencia absoluta de la bomba ante la precarga y la poscarga del VI dificultan mucho que protocolos realizados en situaciones controladas y de reposo sean capaces de darnos una fotografía real de lo que ocurre en la relación bomba-sistema cardiovascular cuando el paciente realiza esfuerzos. Igualmente, existen dudas de si estos cambios en el perfil hemodinámico durante el esfuerzo pueden afectar a la optimización de la bomba en condiciones basales y, lo que es aún más importante, al pronóstico a medio-largo plazo. La tecnología actual de los DAVI está limitada a una velocidad fija de la bomba incapaz de incrementar el flujo en caso de un mayor requerimiento del paciente. Esto limita que muchos enfermos sean incapaces de asumir sobreesfuerzos, sobre todo aquellos sin reserva contráctil. Un reciente estudio de hemodinámica invasiva en pacientes con un DAVI demostró que los aumentos del gasto cardíaco durante el ejercicio dependen en su mayoría del aumento de flujo proporcionado por el corazón nativo y, además, en estos pacientes se produce un aumento importante de las presiones de llenado izquierdas y derechas que evidencian una reserva contráctil del VD limitada<sup>12</sup>.

Todo esto motiva a reflexionar sobre cómo detectar a los pacientes ambulatorios que tenemos mal descargados. En un reciente artículo publicado en *Revista Española de Cardiología*, Ruiz-Cano et al. intentan facilitar la respuesta a esta pregunta<sup>13</sup>. A través de un análisis retrospectivo de una cohorte unicéntrica de un centro de gran volumen, incluyeron a 104 pacientes a los que se implantó un DAVI como tratamiento puente a trasplante cardíaco y se les realizó un cateterismo derecho durante el seguimiento. Dividieron en 2 grupos a los pacientes en función de si estaban optimizados o no, y para ello utilizaron como punto de corte una presión de enclavamiento pulmonar de 15 mmHg. El primer dato destacable de este trabajo es que hasta un 72% de los pacientes presentaron valores normales en el test invasivo, una cifra muy elevada si se compara con registros previos<sup>6,7</sup>. Esto sin duda va de la mano de la baja tasa de reingresos por IC que presenta su

cohorte, solo 12 pacientes precisaron ingreso durante un seguimiento medio de 23 meses (7 en el grupo de no optimizados). Uno de los puntos más originales del trabajo es la fuerte asociación que encuentran entre una concentración de péptido natriurético cerebral (BNP) < 300 pg/ml y la capacidad de predecir la ausencia de una presión capilar pulmonar > 15 mmHg (valor predictivo, 86%; especificidad, 75%; sensibilidad, 75%) en el cateterismo derecho. Estudios previos ya habían relacionado que una disminución de BNP se asociaba con una disminución en el diámetro de los cardiomiocitos y el depósito de colágeno y una mejora en la fracción de eyección del VI<sup>14</sup>. Sin embargo, los incrementos en su concentración implican una mayor incidencia de reingreso y muerte<sup>15</sup>. A la espera de estudios dirigidos específicamente a ello, el trabajo de Ruiz-Cano et al. aporta datos que respaldan el uso de los péptidos natriuréticos para identificar a los pacientes que podrían estar infraoptimizados y podrían beneficiarse de una modificación en el tratamiento médico o un ajuste de la velocidad de la bomba mediante un test de rampa.

Otra estrategia muy atractiva para conseguir una máxima optimización es la monitorización hemodinámica mediante dispositivos implantables inalámbricos capaces de transmitir información sobre las presiones pulmonares de manera continua y a distancia. Este sistema se ha demostrado útil en los pacientes con IC crónica incluidos en el estudio CHAMPION, que consiguió una reducción significativa en el número de reingresos hospitalarios<sup>16</sup>. Esta tecnología aplicada al seguimiento de los pacientes con DAVI podría proporcionar varios beneficios teóricos. En primer lugar, la posibilidad de monitorización continua del estado hemodinámico del paciente puede permitir una mejor optimización de la velocidad de la bomba, no solo para evitar descompensaciones de IC, sino también, en caso de aparecer alarmas de bajo flujo, detectar sus posibles causas. Igualmente, permitiría el ajuste del tratamiento farmacológico a distancia sin la necesidad de obligar al paciente a desplazarse hasta el centro hospitalario especialista en DAVI, con lo que mejoraría su calidad de vida. Sin embargo, hasta la fecha hay pocos datos sobre la eficacia de tal estrategia para apoyar el uso generalizado de estos dispositivos implantables inalámbricos para monitorización hemodinámica de pacientes con DAVI. Disponemos de datos extraídos del estudio CHAMPION, en el que 27 pacientes precisaron el implante de un DAVI durante el seguimiento (15 en el brazo de implante del dispositivo y 12 en el grupo control). Aunque la muestra no permite extraer conclusiones sólidas, se observó que en el grupo de intervención se producía un mayor ajuste en el tratamiento farmacológico que iba unido a un descenso mayor y más precoz de las presiones pulmonares; dichos hallazgos no alcanzaron la significación estadística, pero podría ser de utilidad para los pacientes cuyo implante de DAVI se inscribe en una estrategia de puente a la candidatura de pacientes con hipertensión pulmonar<sup>17</sup>. En la misma línea se muestra un pequeño estudio piloto que comparó a 10 pacientes que ya tenían un sistema CardioMEMS (Abbott Cardiovascular, Estados Unidos) implantado y que recibieron posteriormente un DAVI tipo HeartMate 3 (Abbott Cardiovascular, Estados Unidos) con 20 controles históricos. El objetivo primario combinado a 1 año de mortalidad por todas las causas, insuficiencia renal aguda o necesidad de terapia de sustitución renal y insuficiencia del VD ocurrió en el 50% del grupo CardioMEMS frente al 60% de los pacientes del grupo de control<sup>18</sup>.

Sin duda uno de los problemas de la poca extensión de este tipo de terapia en muchos países es el precio de los DAVI. Si a pesar de que mejora el pronóstico vital de los pacientes no somos capaces de reducir la tasa de reingresos, muchos sistemas sanitarios no podrán asumir este sobrecoste. Probablemente en un futuro no muy lejano, los futuros DAVI inteligentes podrían incorporar una monitorización hemodinámica en tiempo real que, unida a algoritmos específicos, fuesen capaces de evaluar la actividad

del paciente y ajustar la velocidad de la bomba para permitir una optimización del gasto cardíaco y unas presiones intracavitarias normales. Hasta entonces, los clínicos continuaremos buscando las mejores estrategias para identificar a los pacientes susceptibles de optimización y así mejorar su calidad y expectativa de vida.

## FINANCIACIÓN

Ninguna.

## CONFLICTO DE INTERESES

No se declara ninguno.

## BIBLIOGRAFÍA

- Mehra MR, Uriel N, Naka Y, et al. A fully magnetically levitated left ventricular assist device – final report. *New Engl J Med*. 2019;380:1618–1627.
- Barrio A, Dobarro D, Alzola E, Raposeiras S, González-Santos JM, Sánchez PL. Dispositivos de asistencia ventricular izquierda de larga duración en centros no trasplantadores en España: experiencia inicial. *Rev Esp Cardiol*. 2020;73:338–340.
- de Frutos F, Díez-López C, Sánchez-Salado JC, Miralles A, Manito N, González-Costello J. Dispositivos de asistencia ventricular izquierda en pacientes candidatos a trasplante cardíaco con hipertensión pulmonar irreversible. *Rev Esp Cardiol*. 2020;73:583–586.
- Lemor A, Michaels A, Al-Darzi W, et al. National landscape of hospitalizations in patients with left ventricular assist device Insights from the National Readmission Database 2010–2015. *ASAIO J*. 2020;66:1087–1094.
- Hasin T, Marmor Y, Kremers W, et al. Readmissions after implantation of axial flow left ventricular assist device. *J Am Coll Cardiol*. 2012;61:153–163.
- Imamura T, Jeevanandam V, Kim G, et al. Optimal hemodynamics during left ventricular assist device support are associated with reduced readmission rates. *Circulation Heart Fail*. 2019;12:e005094.
- Uriel N, Adatya S, Malý J, et al. Clinical hemodynamic evaluation of patients implanted with a fully magnetically levitated left ventricular assist device (HeartMate 3). *J Heart Lung Transplant*. 2017;36:28–35.
- Birks EJ, Drakos SG, Patel SR, et al. Prospective multicenter study of myocardial recovery using left ventricular assist devices (RESTAGE-HF [Remission from Stage D Heart Failure]). *Circulation*. 2020;142:2016–2028.
- Imamura T, Nguyen A, Kim G, et al. Optimal haemodynamics during left ventricular assist device support are associated with reduced haemocompatibility-related adverse events. *Eur J Heart Fail*. 2019;21:655–662.
- Uriel N, Burkhoff D, Rich JD, et al. Impact of hemodynamic ramp test-guided HVAD speed and medication adjustments on clinical outcomes. *Circ Heart Fail*. 2019;12:e006067.
- Uriel N, Sayer G, Addetia K, et al. Hemodynamic ramp tests in patients with left ventricular assist devices. *JACC Heart Fail*. 2016;4:208–217.
- Tran T, Muralidhar A, Hunter K, et al. Right ventricular function and cardiopulmonary performance among patients with heart failure supported by durable mechanical circulatory support devices. *J Heart Lung Transplant*. 2020;40:128–137.
- Ruiz-Cano MJ, Schramm R, Paluszkiwicz L, et al. Clinical findings associated with incomplete hemodynamic left ventricular unloading in patients with a left ventricular assist device. *Rev Esp Cardiol*. 2021. <http://doi.org/10.1016/j.rec.2021.06.012>.
- Sodian R, Loebe M, Schmitt C, et al. Decreased plasma concentration of brain natriuretic peptide as a potential indicator of cardiac recovery in patients supported by mechanical circulatory assist systems. *J Am Coll Cardiol*. 2001;38:1942–1949.
- Ali A, Akintoye E, Ruiz Duque E, et al. Prognostic implications of ambulatory N-terminal pro-B-type natriuretic peptide changes in patients with continuous-flow left ventricular assist devices. *ASAIO J*. 2021. <http://doi.org/10.1097/MAT.0000000000001524>.
- Abraham WT, Adamson PB, Bourge RC, et al. Wireless pulmonary artery haemodynamic monitoring in chronic heart failure: a randomised controlled trial. *Lancet*. 2011;377:658–666.
- Feldman DS, Moazami N, Adamson PB, et al. The utility of a wireless implantable hemodynamic monitoring system in patients requiring mechanical circulatory support. *ASAIO J*. 2018;64:301–308.
- Veenis JF, Radhoe SP, Mieghem NMvn, et al. Safety and feasibility of hemodynamic pulmonary artery pressure monitoring using the CardioMEMS device in LVAD management. *J Cardiac Surg*. 2021;36:3271–3280.