

Editorial

Revisión del fallo ventricular derecho agudo

Acute right ventricular failure revisited

INTRODUCTION

The right ventricle is adapted to a low afterload with a low contractile reserve. Therefore it is, by virtue of its high afterload sensitivity, vulnerable to small hemodynamic changes^{1,2}.

The incidence of right ventricular failure (RVF) is unknown, but is thought to be about 20-30% (preimplant ventricular assist device [VAD] patients). Pulmonary hypertension is a significant cause of RVF, morbidity and mortality in children after technically successful corrective operation for congenital heart disease, in adult with valve diseases as well as unprepared donor right ventricle after heart transplantation³⁻⁶. Thirty-day survival in patients with pulmonary vascular resistance higher than > 400 dynes/s/cm⁻⁵ is 80% (Fig. 1). Right ventricular ischemia is another cause of RVF which occurs in 50% of patients with acute inferior myocardial infarction and may result in severe cardiogenic ventricular failure⁷. The condition is associated with high morbidity such as hepatic and renal insufficiency.

In the presence of pulmonary hypertension an ischemic or unprepared right ventricle dilates acutely and the right ventricular systolic function becomes impaired leading to reduced stroke volume and work, low output and increased oxygen demand and finally cardiogenic failure. The condition causes a reduction of the preload available to the left ventricle. This impairs left ventricular systolic pressure generation, which in turn reduces the interventricular septal contribution to right ventricular contractility. The resultant leftward shift increases left ventricular end-diastolic pressure, decreases left ventricular compliance amplified by pericardial con-

Charles A. Yankah

Deutsches Herzzentrum Berlin. Germany

straint that impedes left ventricular filling and subsequently leads to a downward spiral of biventricular cardiogenic circulatory failure^{8,9} (Fig. 2).

PREDICTORS FOR RIGHT VENTRICULAR FAILURE AND GUIDELINES FOR TREATMENT

Indications for use of right VAD is not well established because of poor understanding and underestimation of the dysfunctioning right ventricle. Subsequently, preferences are made towards drug therapy with vasodilators, inotropes, ultrafiltration, intraaortic balloon counterpulsation (IABP) and implantation of left VAD only. Appreciation of the pathophysiology of RVF and predictors of systolic dysfunction offers options for medical and surgical management to improve morbidity rate and patient survival^{1,3-5,7,10-14,16}.

Acute RVF and resultant cardiogenic circulatory failure is confirmed by echocardiographic evidence of right ventricular dilation, tricuspid incompetence, leftward shift of EDP/EDV relationship, interventricular dyskinesia, elevated right ventricular preload and afterload, hepatic and renal dysfunction as summarized in table I^{4,10,17} (Fig. 2). EuroScore has been useful in the decision-making process for the use of a VAD to treat postcardiotomy patients with cardiogenic RVF¹⁸.

Conservative treatment

Intraoperative or early postoperative application of vasodilator drugs (iNO, nitroglycerin, prostacycline, PGE1, PGI2, aerosolized iloprost), inotropes (dopamine, dobutamine, epinephrine, norepinephrine, vasopressin), phosphodiesterase inhibitors, inodilator levosimendan

Correspondencia:
Charles A. Yankah
Cardiovascular Surgery
Deutsches Herzzentrum Berlin
1, Augustenburger Platz
Berlín (Alemania)
E-mail: yankah@dhzb.de

Recibido 28 febrero 2007
Aceptado 30 marzo 2007

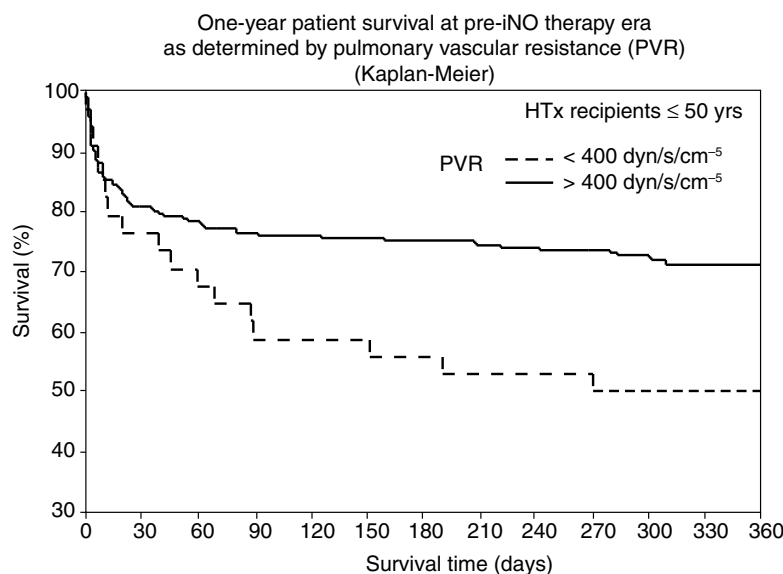


Figure 1. Heart transplantation.

(Ca^{2+} -sensitizer) offer unloading of the RV, increase of LV filling thus improving systolic generation pressure especially the intraventricular septal contractility necessary for RV systolic function^{3,11,12,19-22}. The use of the selective pulmonary vasodilator iNO in this clinical setting has improved morbidity and survival^{11,12,14,20}. Other

vasodilators are used individually according to the hemodynamic condition of the patients because they lack specificity for the pulmonary circulation and possess systemic hypotensive effects^{3,11,14,20}. Of the five commonly used drugs for RVF, three have α -antagonistic properties leading to increased pulmonary artery (PAP)

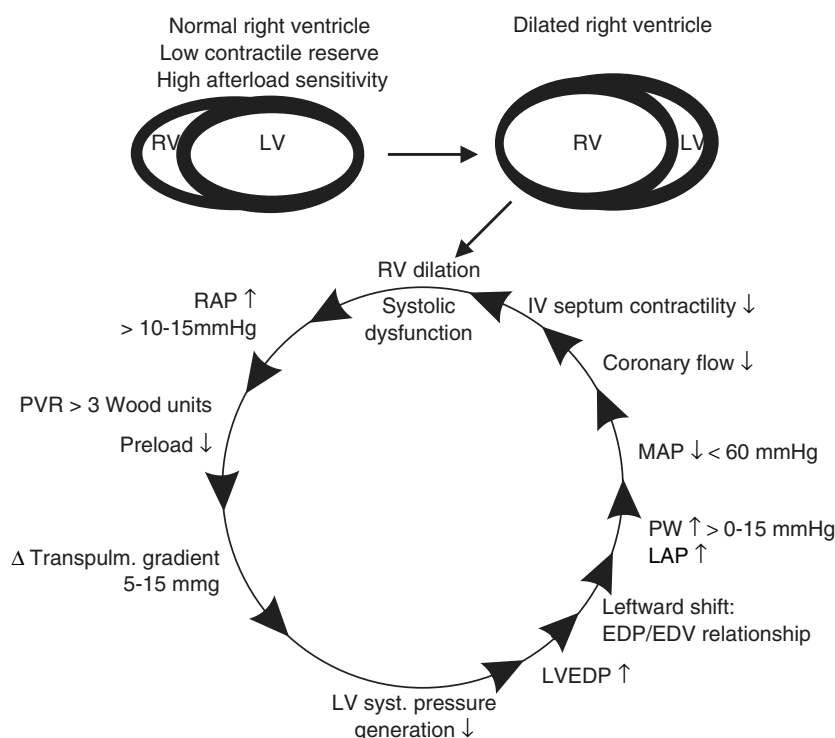


Figure 2. Logarithm of acute cardiogenic circulatory failure following right ventricular failure.

TABLE I. HEMODYNAMIC EVALUATIONS PRIOR TO HEART TRANSPLANTATION

Parameter	Normal values	Cut-off values
Systolic PAP	25 mmHg	< 50 mmHg
PVR	0.5-1.5	< 6 WU at rest 3 WU after max. vasodilatation
	< 250	< 400 dynes/s/cm ⁻⁵ at rest
TPG	5-7 mmHg	12-15 mmHg

PAP: pulmonary artery pressure; WU: wood units; TPG: transpulmonary pressure gradient

and right atrial (RAP) pressures thus worsening renal failure and increased risk of bleeding.

Partial closure of the chest (equivalent to pericardiectomy) and implantation of IABP are well known among the cardiac surgical community. Both techniques allow improved coronary perfusion and restoration of left ventricular cavity geometry, thus minimizing changes in left ventricular compliance and improving hemodynamic status. However, this type of treatment is associated with relatively high morbidity and mortality^{7,23}.

Which current mechanical ventricular support at the initial rescue operation?

In patients with acute RVF after heart surgery including pulmonary embolectomy, thrombendarterectomy or unprepared donor right ventricle after heart transplantation that is not responsive to high fractional inspired oxygen concentration, hyperventilation, sedation, support of inotropic and vasodilator drugs, the immediate application of mechanical supporting system (ECMO, Impella, Levitronix, Berlin Heart Excor, Incor VAD) has been successfully employed to restore circulatory stability^{5,15,16,18,24,25}. The Levitronix VAD is designed for a short-term use, guaranteed for 2 weeks by the manufacturers. It is compatible to Berlin Heart cannulae; therefore it can be easily switched to Berlin Heart Excor for long-term support.

Right ventricular failure in patients with LVAD

Proper timing of LVAD implantation in patients with dilating cardiomyopathy could allow normalization of pulmonary artery pressures under vasodilator therapy²⁶. If a patient is unable to fill the LVAD as demonstrated by elevated right and low left filling pressures (pulmonary artery wedge pressures) and systolic dysfunction of the RV by echocardiography who requires more than two drugs an effective right ventricular supporting system (Levitronix, Berlin Heart Excor) to unload the ventricle should be considered²⁷.

This clinical situation after implantation of a LVAD indicates that the right ventricular dysfunction was underestimated pre- and intraoperatively. It is therefore extremely important to re-evaluate the RV function intraoperatively by the hemodynamic parameters and by echocardiography when the patient requires high doses of inotropes and vasodilators after LVAD implantation.

Hybrid BVAD for resuscitation of primary left ventricular cardiogenic circulatory failure

In situation where left ventricular cardiogenic failure is present and there is a borderline RV function with an underlying dilated or ischemic cardiomyopathy with unknown history of or recognized pulmonary hypertension and high right atrial filling pressure requiring high doses of vasodilators and inotropes after implantation of LVAD with Berlin Heart Incor, a simultaneous implantation of RVAD with Impella or Levitronix using the Berlin Heart cannulae is indicated. This strategy could be planned and decided intraoperatively. In neurologically intact postoperative patients early switch to a permanent Berlin Heart VAD is essential for organ recovery or for long-term support prior to heart transplantation^{18,28}. This decision-making approach could minimize postoperative RVF and morbidity and provide shorter hospitalization and improve patient survival. It has been demonstrated that early treatment with VAD in patients with RVF offers reduction of cellular edema, more efficient myocardial mitochondrial function, improved myocyte contraction, decreased apoptosis and reversal of neurohormonal stimulation^{21,25}.

In conclusion, with improved understanding of the RV function and echocardiographic guidance, RV dysfunction and related risk factors can be identified in most of the patients preoperatively or intraoperatively. Early application of RVAD and limited reliance on drug therapy would improve morbidity and mortality and reduce hospital stay.

INTRODUCCIÓN

El ventrículo derecho (VD) se adapta a una poscarga baja con baja reserva contráctil. Es vulnerable a pequeños cambios hemodinámicos por su elevada hipersensibilidad a la poscarga^{1,2}. La incidencia de fallo ventricular derecho (FVD) es desconocida, si bien se considera al-

rededor del 20-30% antes del implante de un sistema de asistencia derecho (AVD). La hipertensión pulmonar (HAP) es una causa importante de FVD, morbilidad y mortalidad en niños intervenidos de cardiopatías complejas en adultos con valvulopatías evolucionadas o en VD no preparado después de trasplante³⁻⁶. La supervivencia a 30 días en pacientes con resistencias pulmonares superiores a 400 dinas/s/cm⁻⁵ es del 80% (Fig. 1). La isquemia de VD produce FVD en el 50% de pacientes con infarto inferior y se asocia a elevada morbilidad⁷. En presencia de HAP un VD no preparado sufre importante deterioro de la función sistólica.

En presencia de HTAP un VD isquémico o no preparado se dilata de forma aguda, reduciéndose la función sistólica, con reducción del volumen de eyección y el trabajo ventricular, desarrollándose fallo cardiogénico, lo cual causa reducción de la precarga ventricular izquierda. Esto, a su vez, empeora la generación de presión del ventrículo izquierdo (VI), reduciendo la contribución septal a la contractilidad del VD. El desplazamiento hacia la izquierda aumenta la presión telediastólica del VI y su distensibilidad, que impide el llenado del VI y contribuye al desarrollo de fallo biventricular^{8,9} (Fig. 2).

PREDICTORES DE FALLO VENTRICULAR DERECHO Y GUÍAS DE TRATAMIENTO

Las indicaciones de uso de un sistema de asistencia de VD (AVD) no están bien establecidas por la falta de comprensión acerca del VD. Se prefiere la administración de vasodilatadores, inotrópicos, ultrafiltración, contrapulsación intraaórtica e implantación de una asistencia izquierda (AVI). El entendimiento del FVD ofrece opciones de tratamiento médico y quirúrgico^{1,3-5,7,10-14,16}.

EL FVD agudo se confirma con la evidencia ecocardiográfica de dilatación de VD, insuficiencia tricúspide, discinesia interventricular, elevación de precarga y poscarga de VD y fallo hepatorrenal, como se resume en la tabla I^{4,10,17} (Fig. 2). EuroScore es una herramienta útil en el proceso de decisión para el uso de AVD en el fallo poscardiotomía en casos con FVD cardiogénico¹⁸.

Tratamiento conservador

La administración precoz de vasodilatadores (iNO, nitroglicerina, prostaciclina, PGE1, PGI2, iloprost en aerosol), inotrópicos, inhibidores de la fosfodiesterasa o levosimendan, descargan el VD y aumentan el llenado de VI, mejorando la contractilidad septal^{3,11,12,19-22}. Se utilizan otros vasodilatadores de forma individualizada en función de la condición hemodinámica del paciente,

ya que les falta la especificidad sobre la circulación pulmonar y son hipotensores sistémicos^{3,11,14,20}. De los cinco fármacos más utilizados en el FVD, tres tienen propiedad α -antagonistas que aumentan la HAP y la presión de aurícula derecha, lo que puede originar fallo renal y hemorragia.

El cierre parcial del tórax y la implantación de balón de contrapulsación son bien conocidos. Ambos mejoran la perfusión coronaria y la restauración de la geometría del VI, lo que minimiza sus cambios de distensibilidad. Sin embargo, la mortalidad asociada es importante^{7,23}.

¿Cuál es el sistema adecuado de soporte ventricular en la intervención inicial?

En pacientes con FVD agudo después de cirugía cardíaca o en un VD no preparado después de trasplante, sin respuesta a hiperventilación y soporte inodilatador, se indica la aplicación inmediata de un sistema de soporte mecánico (ECMO, Impella, Levitronix, Berlin Heart Excor, Incor VAD)^{5,15,16,18,24,25}. El sistema Levitronix se ha diseñado para soporte de corta duración. Es compatible con las cánulas del Berlin Heart; por lo tanto, se puede utilizar en el Berlin Heart Excor.

Fallo ventricular derecho en pacientes con asistencia izquierda

Indicar de forma adecuada el momento de la implantación de AVI en pacientes con cardiomiopatía dilatada puede ayudar a normalizar la presión pulmonar en pacientes tratados con vasodilatadores²⁶. Si un paciente no es capaz de llenar una AVI demostrado por presión alta de aurícula derecha, bajas presiones de llenado izquierdas (presión capilar) y disfunción sistólica de VD y que requiere más de dos fármacos, debe considerarse un sistema eficaz de AVD (Levitronix, Berlin Heart Excor)²⁷. La situación clínica después de una AVI indica que se infravaloró la disfunción de VD antes y durante la intervención. Es muy importante reevaluar la misma durante la intervención mediante parámetros hemodinámicos y ecocardiografía cuando el paciente requiere dosis elevadas de inotrópicos y vasodilatadores después de una AVI.

Asistencia biventricular híbrida para resucitación del fallo ventricular izquierdo

En situaciones en las que existe fallo de VI con función límite de VD sobre una cardiomiopatía isquémica o dilatada con historia no conocida de HAP y presión elevada de llenado auricular derecho, y cuando se requieran dosis elevadas de vasodilatadores e inotrópicos

después de una AVI con un sistema Berlin Heart Incor, debe considerarse una AVD con Impella o Levitronix utilizando las cánulas de Berlin Heart. En pacientes sin compromiso neurológico es esencial la conversión precoz a un Berlin Heart permanente para la recuperación orgánica y soporte pretrasplante^{18,28}. Ello debería minimizar el FVD postoperatorio y mejorar la condición del paciente. Se ha demostrado que una asistencia precoz en pacientes con FVD ofrece reducción del edema celular, mejor función mitocondrial y contracción de los miocitos, reducción de la apoptosis y reversión de la estimulación neurohormonal^{21,25}.

En conclusión, con una mejor comprensión de la función de VD y con ayuda ecocardiográfica, pueden identificarse los factores de riesgo y la disfunción de VD en la mayoría de pacientes antes y durante la intervención. La inserción precoz de una AVD y limitar la acción farmacológica debería mejorar la morbilidad y mortalidad y reducir la estancia hospitalaria.

BIBLIOGRAFÍA

- Calvin JE Jr. Acute right heart failure: pathophysiology, recognition, and pharmacological management. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1991;5:507-13.
- Voelkel NF, Quaife RA, Leinwand LA, et al. Right ventricular function and failure: report of a National Heart, Lung, and Blood Institute Working Group on cellular and molecular mechanisms of right heart failure. *Circulation* 2006;114:1883-91.
- Ochiai Y, Morita S, Tanoue Y, Kawachi Y, Tominaga R, Yasui H. Effects of amrinone, a phosphodiesterase inhibitor, on right ventricular/arterial coupling immediately after cardiac operations. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1998;116:139-47.
- Stobierska-Dzierzek B, Awad H, Michler RE. The evolving management of acute right-sided heart failure in cardiac transplant recipients. *J Am Coll Cardiol* 2001;38:923-31.
- Klima U, Ringes-Lichtenberg S, Warnecke G, Lichtenberg A, Struber M, Haverich A. Severe right heart failure after heart transplantation: a single-center experience. *Transplant Int* 2005;18:326-32.
- Hetzer R, Potapov EV, Stiller B, et al. Improvement in survival after mechanical circulatory support with pneumatic pulsatile ventricular assist devices in pediatric patients. *Ann Thorac Surg* 2006;82:917-24.
- Nordhaug D, Steensrud T, Muller S, Husnes KV, Myrnes T. Intraaortic balloon pumping improves hemodynamics and right ventricular efficiency in acute ischemic right ventricular failure. *Ann Thorac Surg* 2004;78:1426-32.
- Brookes C, Ravn H, White P, Moeldrup U, Oldershaw P, Redington A. Acute right ventricular dilatation in response to ischemia significantly impairs left ventricular systolic performance. *Circulation* 1999;100:761-7.
- Gan CT, Lankhaar JW, Marcus JT, et al. Impaired left ventricular filling due to right-to-left ventricular interaction in patients with pulmonary arterial hypertension. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2006;290:1528-33.
- Nakatani S, Thomas JD, Savage RM, Vargo RL, Smedira NG, McCarthy PM. Prediction of right ventricular dysfunction after left ventricular assist device implantation. *Circulation* 1996;94 Suppl 9:216-21.
- Goldman AP, Delius RE, Deanfield JE, Macrae DJ. Nitric oxide is superior to prostacyclin for pulmonary hypertension after cardiac operations. *Ann Thorac Surg* 1995;60:300-6.
- Wasson S, Govindarajan G, Reddy HK, Flaker G. The role of nitric oxide and vasopressin in refractory right heart failure. *J Cardiovasc Pharmacol Ther* 2004;9:9-11.
- Christiansen S, Dohmen G, Autschbach R. Treatment of right heart failure with a new microaxial blood pump. *Asian Cardiovasc Thorac Ann* 2006;14:418-21.
- Wagner F, Dandel M, Günther G, et al. Nitric oxide inhalation in the treatment of right ventricular dysfunction following left ventricular assist device implantation. *Circulation* 1997;96 Suppl II:291-6.
- Siegenthaler MP, Brehm K, Strecker T, et al. The Impella Recover microaxial left ventricular assist device reduces mortality for postcardiotomy failure: a three-center experience. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2004;127:812-22.
- Reiss N, El-Banayasy A, Mirow N, Minami K, Körfer R. Implantation of the Biomedicus centrifugal pump in post-transplant right heart failure. *J Cardiovasc Surg (Torino)* 2000;41:691-4.
- Yankah AC, Musci M, Weng Y, et al. Tricuspid valve dysfunction and surgery after orthotopic cardiac transplantation. *Eur J Cardio-thorac Surg* 2000;17:343-8.
- Jurmann MJ, Siniawski H, Erb M, Drews T, Hetzer R. Initial experiences with miniature axial flow ventricular assist devices for postcardiotomy heart failure. *Ann Thorac Surg* 2004;77:1642-7.
- Kerbaul F, Brimiouille S, Rondelet B, Dewachter C, Hubloue I, Naeije R. How prostacyclin improves cardiac output in acute right heart failure on pulmonary hypertension. *Am J Respir Crit Care Med* 2007;175(8):846-50.
- Hoeper MM, Olschewski H, Ghofrani HA, et al. A comparison of the acute hemodynamic effects of inhaled nitric oxide and aerosolized iloprost in primary pulmonary hypertension. German PPH study group. *J Am Coll Cardiol* 2000;35:176-82.
- Lee SH, Doliba N, Osbakken M, Oz M, Mancini D. Improvement of myocardial mitochondrial function after hemodynamic support with left ventricular assist devices in patients with heart failure. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1998;116:344-9.
- Kerbaul F, Rondelet B, Demester JP, et al. Effects of levosimendan vs. dobutamine on pressure load-induced right ventricular failure. *Crit Care Med* 2006;34:281-9.
- Darrah WC, Sharpe MD, Guiraudon GM, Neal A. Intraaortic balloon counterpulsation improves right ventricular failure resulting from pressure overload. *Ann Thorac Surg* 1997;64:1718-23.
- Martin J, Benk C, Yerbakan C, Drejun G, Sarai K, Beyerdsdorf F. The new Impella intracardiac microaxial pump for treatment of right heart failure after orthotopic heart transplantation. *Transplant Proc* 2001;33:3549-50.
- Klotz S, Barbone A, Reiken S, et al. Left ventricular assist device support normalizes left and right ventricular β -adrenergic pathway properties. *J Am Coll Cardiol* 2005;45:668-76.
- Salzberg SP, Lachat ML, Von Harbou K, Zund G, Turina MI. Normalization of high pulmonary vascular resistance with LVAD support in heart transplantation candidates. *Eur J Cardiothorac Surg* 2005;27:222-5.
- Dang NC, Topkara VK, Mercado M, et al. Right heart failure after left ventricular assist device implantation in patients with chronic congestive heart failure. *J Heart Lung Transplant* 2006;25:1-6.
- Musci M, Jurmann MJ, Drews T, et al. Implantation of a left ventricular assist device *in situs inversus*. *Ann Thorac Surg* 2002;74:586-8.



BIOMED



unidix

Especialistas en cirugía cardiovascular

desde 1977 al cuidado de tu salud



91 803 28 02



info@biomed.es