



**Congreso Internacional de Medicina Interna  
Actualización en Hipertensión  
Pulmonar**

**Aportes del cateterismo al tratamiento**

Ricardo Aquiles Sarmiento

Noviembre 2011



**No hay conflictos de interés**

**Hipertensión pulmonar:** incremento anómalo de la presión arterial pulmonar. HP cuando la media en la arteria pulmonar (PAPm) es  $\geq$  a 25 mmHg en reposo o a 30mmHg de Hg en ejercicio.

# Hipertensión Pulmonar

## Proceso Diagnóstico

**Sospecha:** síntomas, examen físico, Rx Tx, ECG

**Detección:** ETT

**Identificación de clase y tipo:** ETT, Ex.funcional resp., gammagrafía pulmonar, función tiroidea, hepática, estudios de enfermedades autoinmunes, serología HIV, virus hepatitis B y C. Opcionales: TC de tx, AngioTC helicoidal de Tx, Eco abdominal, Estudio del sueño, Arteriografía pulmonar selectiva, Eco transesofágico

**Evaluación y Diagnóstico:** Estudio hemodinámico pulmonar. Prueba de vasodilatadores. Capacidad de ejercicio. Prueba de la marcha 6 minutos. Prueba de esfuerzo cardiopumonar (opcional)

Evaluación diagnóstica de la HP se completa con:

El estudio hemodinámico pulmonar

La evaluación de la capacidad de ejercicio

# Cateterismo Derecho y TVRP

Cuándo realizar un cateterismo derecho?

Qué variables hemodinámicas son mandatorias?

Cómo clasificamos la HP según el cateterismo?

Cuándo realizar un test de vasorreactividad?

## **El estudio hemodinámico pulmonar**

mediante cateterismo derecho es el exámen de referencia para el diagnóstico de HP.

Los resultados permiten evaluar la gravedad de la HP y contribuyen a establecer el pronóstico.

Indicación en el diagnóstico de los pacientes con HAPI o HPTEC (categorías I y IV)

En otras circunstancias solo si con sus resultados se derivará a un cambio de la situación clínica o terapéutica del paciente

En los pacientes con HP asociada a cardiopatía izquierda la elevación de la PSAP diagnosticada con el ecocardiograma no constituye por si mismo una indicación de estudio hemodinámico.

El cateterismo derecho se realizará cuando haya dudas diagnósticas sobre si la HP es precapilar o poscapilar.

En general pacientes sin valvulopatias con función sistólica normal y disfunción diastólica del VI.



En los pacientes con HP asociada a enfermedad respiratoria tampoco es necesario el estudio hemodinámico pulmonar, excepto en los casos en que el valor de la PSAP estimado por ETT sea desproporcionalmente elevado (>55 mmHg) en relación con la gravedad de la enfermedad respiratoria.

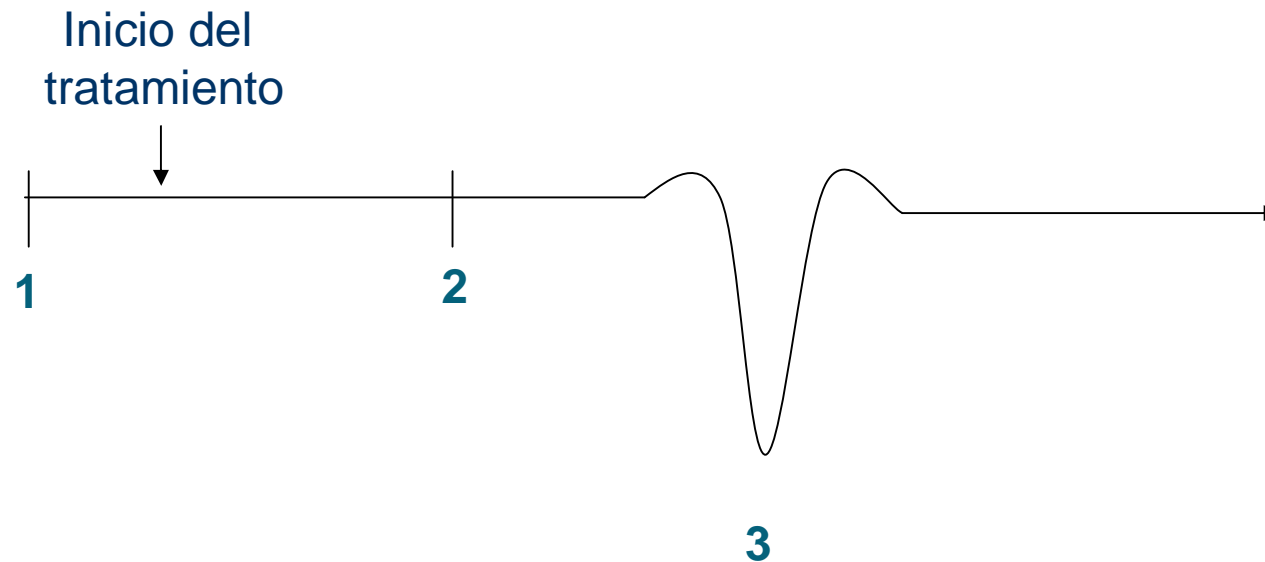
En pacientes con HSAP < 50 mmHg  
estimada por ETT se deberá individualizar la  
decisión en función de la edad, el  
fundamento de la sospecha clínica y las  
comorbilidades

El estudio hemodinámico diagnóstico debe acompañarse de la valoración de la respuesta vasodilatadora aguda.

El resultado de la prueba vasodilatadora tiene implicaciones en el tratamiento y en el pronóstico

Se considera positiva cuando se produce un descenso de la PAPm  $\geq 10$  mmHg, con un valor final de PAPm  $\leq$  a 40 mmHg, sin que se produzca descenso del gasto cardíaco.

# Indicaciones de Cateterismo Cardíaco Derecho



- 1- Confirmación diagnóstica
- 2- Valoración de la respuesta al tratamiento instaurado
- 3- Ante la presencia de deterioro clínico

# Mediciones en el Cateterismo Cardíaco Derecho

## Mediciones invasivas

- Presiones pulmonares y cálculo de las resistencias vasculares pulmonares
- Presión capilar pulmonar
- Presión en la aurícula derecha
- Índice cardíaco

## Mediciones no invasivas

- Saturación arterial
- Presiones sistémicas

**TABLA 3. Definiciones hemodinámicas de la hipertensión pulmonar<sup>a</sup>**

Definición	Características	Grupos clínicos <sup>b</sup>
Hipertensión pulmonar (HP) HP precapilar	PAP media $\geq$ 25 mmHg PAP media $\geq$ 25 mmHg PEP $\leq$ 15 mmHg; GC normal o reducido <sup>c</sup>	Todos 1. Hipertensión arterial pulmonar 3. HP causada por enfermedades pulmonares 4. HP tromboembólica crónica 5. HP por mecanismo poco claro o multifactorial
HP poscapilar Pasiva	PAP media $\geq$ 25 mmHg; PEP $>$ 15 mmHg; GC normal o reducido <sup>c</sup> GPT $\leq$ 12 mmHg	2. HP causada por cardiopatía izquierda
Reactiva (fuera de proporción)	GPT $>$ 12 mmHg	

GC: gasto cardiaco; GPT: gradiente de presión transpulmonar (PAP media – PEP media); PAP: presión arterial pulmonar; PEP: presión de enclavamiento pulmonar.

<sup>a</sup>Todos los valores medidos en reposo.

<sup>b</sup>Según la tabla 4.

<sup>c</sup>Puede haber un GC alto en casos de enfermedad hiperquinética, como los cortocircuitos sistémicos-pulmonares (sólo en la circulación pulmonar), la anemia, el hipertiroidismo, etc.

# Clasificación de la HP según la Hemodinamia

Definición	Características	Grupo clínico
HP	PAP $\geq$ 25 mmHg	Todos
HP precapilar	PAP $\geq$ 25 mmHg PCP $\leq$ 15 mmHg, GC normal o disminuido	1. HAP 3. Causada por enfermedades pulmonares 4. HP tromboembolica crónica 5. HP por mecanismo poco claro o multi factorial
HP poscapilar	PAP $\geq$ 25 mmHg; PCP $>$ 15 mmHg, GC normal o disminuido.	2. HP causada por cardiopatía izquierda
Pasiva	GTP $\leq$ 12 mmHg	
Reactiva	GTP $>$ 12 mmHg	

HAP: hipertensión pulmonar arterial; PAP: presión arterial media; PCP: presión capilar media; GTP: gradiente transpulmonar (PAP- PCP )



**Cateterismo Derecho:** por punción de vena yugular o vena femoral o vena subclavia.

**Medición de presiones.**

**Muestras oximétricas:** arterial, vena cava superior, vena cava inferior, aurícula derecha, ventriculo derecho, arteria pulmonar.

## Cateterismo derecho - Presiones

- Capilar pulmonar a 10, v 13 media 8 mmHg
- Presión pulmonar normal: 25/ 8 media 15 mmHg
- Ventrículo derecho: 25/0-4 mmHg
- Aurícula derecha: a 5 v 4 media 3 mmHg
- Volumen sistólico : 80-90 ml latido
- Volumen minuto : 6400ml minuto
- Vol minuto/Sup Corp. : Índice Cardíaco:  
3555ml/m<sup>2</sup>

**Volumen minuto por termodilución:** falso volumen minuto elevado cuando hay insuficiencia tricuspídea.

**Volúmen minuto por Fick:** error al asumir consumo de Oxígeno como un MET.  $3.5\text{ml/Kg}$  peso Consumo de  $\text{O}_2$ .

**Fick:** Consumo de  $\text{O}_2$ /Contenido  $\text{O}_2$  arterial – Cont.  $\text{O}_2$  Mezcla sangre venosa (arteria pulmonar o VD o AD)

# Resistencia Vascular Pulmonar

**Resistencia vascular sistémica:** Presión Media Aórtica – Presión media AD / VM : 12 a 14 Unidades Wood

14 U x 80: 1120 dyn/seg/cm<sup>-5</sup>

**Resistencia vascular pulmonar:** PAPm – CPm/VM

**RVP arteriolar:** 1 U. x 80 = 80 dyn/seg/cm<sup>-5</sup>

**Resistencia Pulmonar Total:** PAPm/VM

RPT: 2 U x 80 = 160 dyn/seg/cm<sup>-5</sup>

- Medición de presión administrando O<sub>2</sub> al 100%
- Test de reactividad vascular pulmonar
- Angiografía pulmonar

# Prueba aguda de Vasorreactividad Pulmonar

## 1) Objetivo de la prueba

- Identificar pacientes con mejor pronóstico
- Identificar pacientes candidatos a recibir bloqueantes cálcicos

## 2) ¿A qué grupo de pacientes se debe realizar?

- Pacientes con HP arterial pulmonar. Grupo 1 de Dana Point : idiopática, hereditaria, asociada a anorexígenos

Existe controversia en HP asociada a HIV, a cardiopatías congénitas, a enfermedades del tejido conectivo y portopulmonares.

## 3) ¿A qué grupo no debería realizarse un TVRP?

- No se recomienda en pacientes de los grupos 2, 3, 4 y 5 de Dana Point
- No debe realizarse en pacientes con deterioro significativo de la FSVD

<b>Fármaco</b>	<b>Vía de administración</b>	<b>Dosis</b>	<b>Efecto Colateral</b>
<b>Prostaciclina (epoprostenol)</b>	Intravenosa	2ng/Kg/min con aumento gradual de 2ng/Kg/min cada 2-15'. Dosis promedio 8 ng/Kg/min	Cefalea, eritema facial, náusea, vómito, hipotensión
<b>Iloprost</b>	Inhalada	2.5µg-50µg	Cefalea, eritema facial, náusea, vómito, hipotensión
<b>Adenosina</b>	Intravenosa	Inicio 50ug/Kg/min con aumentos de 50µg cada 2-5min. Dosis máx. 500µg/Kg/min	Cefalea, náuseas, dolor precordial, mareo
<b>Oxido Nítrico</b>	Inhalada	10,20,30,40 ppm	Cefalea, náusea, hipotensión
<b>Isoproterenol</b>	Intravenosa	3 a 5 µg/min, infusión en tronco de la pulmonar	Taquicardia, hipotensión
<b>Nifedipina</b>	Sublingual	10-20mg, dosis única. Evaluar a 10', 30' y 45'	Taquicardia, hipotensión
<b>Nitroglicerina</b>	Intravenosa	5 a 10µg/min	Taquicardia, hipototensión
<b>Nitroprusiato</b>	Intravenosa	0,1µg/kg/min con aumento de 0.2µg/Kg/min	Hipotensión, taquicardia

- Evaluar las condiciones hemodinámicas basales.

Fármaco elegido administrarlo en dosis progresiva hasta obtener los resultados benéficos, o efectos colaterales, o dosis máxima.

- Evaluar durante la administración del fármaco presiones pulmonares y sistémicas. Gasometría. Saturación de oxígeno y Volúmen minuto cardíaco.

En cardiopatías congénitas con hipertensión pulmonar administrar O<sub>2</sub> al 100% con el objetivo de lograr saturaciones  $\geq 96\%$  y bloquear el fenómeno de vasoconstricción pulmonar por hipoxemia.

- Es recomendable tomar valores oximétricos basales con O<sub>2</sub> al 21% y luego de 10min. De O<sub>2</sub> al 100%.

Cortocircuito de I/D con salto oximétrico  $\geq 5-7\%$ .



# Test de reactividad vascular pulmonar

## Complicaciones

- En general son > en los pacientes más complicados. Con hipertensión pulmonar severa y gasto cardíaco bajo.
- Arritmias: supraventriculares las más frecuentes.
- Reacciones vasovagales. Bradicardia
- Hipotensión.
- Edema pulmonar (enfermedad veno-oclusiva pulmonar o hemoangiomas capilar pulmonar)

# Test de reactividad vascular pulmonar

## Definición de respuesta

### **Sociedad Europea de Cardiología**

Respuesta positiva en pacientes con HPPI como la disminución de la PAPm al menos de 10mmHg hasta llevar la PAPm a un valor absoluto de 40mmHg sin disminución del gasto cardíaco.

## Test de reactividad vascular pulmonar

**Iloprost:** Prostaciclina sintética . Ventavis  
20 $\mu$ g/2ml. Ampolla de 2ml en solución  
fisiológica a pasar 5 $\mu$ g en 15 min.

**Adenosina:** amp. de 3mg/ml. amp. de 2ml  
(Lab.Biol-Northia). Solución a pasar  
50 $\mu$ g/Kg/min hasta 200 $\mu$ /Kg/min.

**Oxido nítrico** administración con máscara 5-  
80ppm.

**Epoprostenol Sandoz** polvo para soluc. De  
0.5mg

## Test de reactividad vascular pulmonar Respuesta a la adenosina

Administración endovenosa en infusión continua de adenosina en dosis crecientes cada 2 min. A partir de  $50\mu\text{g}/\text{Kg}/\text{min}$ . 6/54 pac. con HPAI (11%) respondieron positivamente.

A los 2 años de tratamiento. Diltiazem 60-120mg c/8hs. Los 6 pac. mejoraron el test de 6' caminata. De 83 a 87m. Los parámetros hemodinámicos también mejoraron.

# Test con Iloprost

- Cateterismo derecho 74 pac. con HPAI
- Dos vasodilatadores evaluados: Iloprost (prostaglandina I<sub>2</sub>) vida media 20-30min. Más potente que el OxNit. y menos complejo.
- Adenosina
- PAPm > 30mmHg. Sintomáticos. Clase II-III.
- Terapia Intensiva o Uco. Vena yugular derecha introductor 8F.
- Swan-Ganz 7F hasta AP. Se midieron presiones basales y vol.minuto cardíaco.. Saturación de oxígeno arterial.
- Adenosina: 50µg/Kg/min a 2 min. de intervalos, máximo 200µg/Kg/min. Luego de 30min. posadenosina se midieron nuevamente los parámetros basales y se administró Iloprost.
- 5ug Ventavis (Bayer-Schering) con nebulizador durante 15min.

# Test con Iloprost

Nebulizador: PARI TurboBOY-N.

Partículas con un diámetros medio de 2.2  $\mu$ .

Medición de gases sanguíneos y variables hemodinámicas al final de la inhalación.

Respuesta positiva: caída  $\geq 10$ mmHg de la PAPm a  $\leq 40$ mmHg con incremento o sin cambios en el volúmen minuto cardíaco.

Los respondedores fueron tratados con altas dosis de bloqueantes cálcicos y reevaluados a los 6 meses. Cateterismo cardíaco repetido al año.

# Hipertensión pulmonar idiopática

## Respuesta a Iloprost y adenosina

	Adenosina basal	Adenosina Infusión	Iloprost basal	Iloprost inhalación
FC	87±14	87±13	87±14	88±12
PAMm	61±18	55±19	61±19	55±21
PASm	84±12	82±11	82±11	79±11
RAPt	17.5±10	14.4±9	16.7±9	13.5±8
IC	2.7±1.1	3.1±1.4	2.8±1.1	3.1±1
SvO2%	60.8±13	68.5±13	62±12	66±11

# Hipertensión pulmonar idiopática

## Respuesta a Iloprost y adenosina

Eventos adversos: en 35/74 (47.3%) con adenosina. Solamente 39 toleraron la dosis máxima.

2/74 efectos adversos con Iloprost (2.7%) inhalado. Ninguno requirió discontinuación de la prueba.



# Hipertensión pulmonar idiopática

## Respuesta a Iloprost

	n 74	Resp. Iloprost n10	Noresp. Iloprost n64	p
Edad	33.2±12	22.6±9	34.5±12	0.008
NYHA II-III n	35/39	9/1	26/38	0.002
SvO2%	62±12	74±9	61±12	0.008
PAPm	61±18	48±11	63±18	0.029
PADmmHg	5±5	3±2	7±6	0.001
RAPtmmHg	17±9.7	11±6	18±10	0.088
IC l/m/m <sup>2</sup>	2.6±1.2	2.9±1.4	2.6±1.2	0.44
BNP	1273±1137	718±310	1333±1178	0.175

# Hipertensión pulmonar idiopática

## Respuesta a Iloprost

- Solo un 13.5% de los pacientes con HPAI tuvo respuesta positiva. De los 10 respondedores a Iloprost, 8 respondieron a adenosina.
- De los no respondedores a Iloprost ninguno respondió a adenosina.
- Tratamiento diltiazem  $433 \pm 119$  (rango 360-720) mg/día.
- Reevaluados a 6 y 12 meses. Clase funcional mejoró en 9 pacientes.(uno se perdió del seg.) 6 min caminata mejoró de  $463 \pm 61$ m a  $583 \pm 61$ m ( $p < 0.001$ ).
- Los 9 pac. tuvieron disminución de la PAPm y la RVP.

# Hipertensión pulmonar idiopática

## Respuesta a Iloprost

### Conclusión

El Iloprost en aerosol puede ser efectivo y seguro como test de evaluación de vasoreactividad en pacientes con HPPI.

Además puede identificar pacientes que responderán al tratamiento con bloqueantes cálcicos a largo plazo.

En comparación con adenosina el Iloprost es mejor tolerado.

## Respuesta a Prostaciclina - Epoprostenol (n 156) u Oxido nítrico (n 401)

	n : 557	Resp. 70 (13%)	Noresp. 487 (87%)	p
IC derecha%	33	19	35	<0.010
NYHA II-III%	19-81	47-53	15-85	<0.001
6' cam.	287±139	346±130	279±139	0.003
PAD mmHg	10±5	7±4	11±5	<0.001
PAMm	61±14	57±12	62±14	0.007
IC l/m/m <sup>2</sup>	3.9±1.2	4.5±1.4	3.7±1.1	<0.001
RVP	14.8±6.5	12.2±5.3	15.3±6.6	<0.001
SvO <sub>2</sub>	59±10	66±9	58±10	<0.001

## Respuesta a Epoprostenol (n 156) u Oxido nítrico (n 401)

- Respuesta positiva: disminución de la PAPm y RVP 20%.
- Diltiazem comienzo 180 mg día, hasta 120mg TID.
- Nifedipina 10 mg día hasta 20mg TID
- Seguimiento a un año

## Respuesta a Epoprostenol (n 156) u Oxido nítrico (n 401)

- De los pac. respondedores n 70 con bloqueantes cálcicos 38 mejoraron al año (54%), y 32 no mejoraron.
- Los que mejoraron con bloqueantes cálcicos representaron un 6.8% de todos los pacientes
- Estos pacientes tenían enfermedad menos severa y mejores parámetros hemodinámicos. (PAPm 54vs62 p 0.002) (IC 5 vs 3.9 p 0.002) (RVP 10.3 vs 14.9 p <0.001) (SvO2% 69 vs 61 p <0.001)

# Respuesta a Epoprostenol (n 156) u Oxido nítrico (n 401)

	ON/Epop Resp n70	BCalc. Resp. n 38	BCalc. No resp. n 32	p
Droga test.ON/Ep n	57/13	33/5	24/8	0.2
PAPm alcanzada	38±11	33±8	46±10	<0.001
PAPm dism.	19±7	21±7	16±6	0.006
PAPM % dism	33±11	39±11	26±7	<0.001
RVP alcanzada	6.6±3.4	5.2±2.7	8.6±3.3	<0.001
RVP dism	5.6±3.3	5.1±3.1	6.2±3.4	0.16
RVP % dism	45±15	50±15	40±13	0.007

## Conclusión

- Escasos pacientes con HPAI tiene respuesta positiva a los vasodilatadores en agudo. Aproximadamente 15%.
- El Iloprost inhalado tiene menos efectos colaterales
- Los bloqueantes cálcicos deben darse a los pacientes respondedores.
- La respuesta a largo plazo con los bloqueantes cálcicos es efectiva en una minoría de pacientes.



**TABLA 11. Recomendaciones para las pruebas de cateterismo cardiaco derecho (A) y pruebas de vasorreactividad (B)**

	Clase <sup>a</sup>	Nivel <sup>b</sup>
<b>A</b>		
El CCD es aconsejable en todos los pacientes con HAP para confirmar el diagnóstico, evaluar la gravedad y cuando se plantee una terapia específica de fármaco para la HAP	I	C
El CCD debería realizarse para confirmar la eficacia de la terapia específica de fármaco para la HAP	IIa	C
El CCD debería realizarse para confirmar el deterioro clínico y como situación basal para la evaluación del efecto de la intensificación del tratamiento y/o combinación de la terapia	IIa	C
<b>B</b>		
La prueba de vasorreactividad es aconsejable en los pacientes con HAPI, HAP heredable y HAP asociada al uso de anorexígenos para detectar a los pacientes que puedan tratarse con altas dosis de un BCC	I	C
Una respuesta positiva a la prueba de vasorreactividad se define como una reducción de la PAP media $\geq 10$ mmHg para alcanzar un valor absoluto de PAP media $\leq 40$ mmHg con un GC aumentado o invariable	I	C
La prueba de vasorreactividad debería realizarse solamente en centros de referencia	IIa	C
La prueba de vasorreactividad debería realizarse con óxido nítrico como vasodilatador	IIa	C
La prueba de vasorreactividad debería realizarse en otros tipos de HAP	IIb	C
La prueba de vasorreactividad puede realizarse con epoprostenol i.v. o adenosina i.v.	IIb	C
No se recomienda el uso de un BBC oral o i.v. CCB para la prueba aguda de vasorreactividad	III	C
No se recomienda la prueba de vasorreactividad para detectar a quienes puedan tratarse de manera segura con altas dosis de un BCC en pacientes con otros grupos de HP (grupos 2, 3, 4 y 5)	III	C

<sup>a</sup>Clase de recomendación.

<sup>b</sup>Nivel de evidencia.



## Atrial Septostomy in Treatment of End-Stage Right Heart Failure in Patients With Pulmonary Hypertension\*

Marcin Kurzyńska, MD, PhD; Marek Dąbrowski, MD, PhD; Dariusz Bielecki, MD; Anna Fijałkowska, MD, PhD; Piotr Pruszczyk, MD, PhD; Grzegorz Opolski, MD, PhD; Janusz Burakowski, MD, PhD; Michał Florczyk, MD; Witold Z. Tomkowski, MD, PhD, FCCP; Liliana Wawrzynska, MD, PhD; Monika Szturmowicz, MD, PhD, FCCP; and Adam Torbicki, MD, PhD

**Table 2—Summary of Hemodynamic Parameters Before and Immediately After BAS Procedures (n = 14)\***

Variables	Before BAS	After BAS	p Value
MPAP, mm Hg	63.8 ± 20.1	67.6 ± 19.7	0.09
MRAP, mm Hg	15.6 ± 6.3	14.8 ± 5.4	0.40
MLAP, mm Hg	4.1 ± 3.1	4.2 ± 3.7	0.90
Cardiac index, L/min/m <sup>2</sup>	1.54 ± 0.34	1.78 ± 0.35	0.001
SaO <sub>2</sub> , %	92.8 ± 4.0	84.2 ± 4.3	0.001
PaO <sub>2</sub> , mm Hg	64.5 ± 17.0	45.8 ± 5.6	0.0002
Sv̄O <sub>2</sub> , %	45.1 ± 5.0	42.1 ± 8.5	0.03
Pv̄O <sub>2</sub> , mm Hg	24.4 ± 1.9	23.0 ± 3.4	0.03
SOT, mL/min/m <sup>2</sup>	270 ± 64	286 ± 81	0.08
PVR, Wood units	26.3 ± 13.8	30.6 ± 14.7	0.01

\*Values are given as the mean ± SD, unless otherwise indicated. SaO<sub>2</sub> = arterial oxygen saturation; MPAP = mean PAP; MRAP = mean RAP; MLAP = mean LAP; Sv̄O<sub>2</sub> = mixed venous saturation; Pv̄O<sub>2</sub> = mixed venous PO<sub>2</sub>.