



VENTIMEC®

*Tratado de Ventilación Mecánica en Anestesiología,
Cuidados Intensivos y Trasplantes*

La Salud: Nuestro Proyecto Editorial.
EDITORIAL MEDICA
panamericana

PDF generado el 06/09/2022 para Editorial Médica Panamericana (Editorial Médica Panamericana). © 2022E

PDF generado el 06/09/2022 para Editorial Médica Panamericana (Editorial Médica Panamericana). © 2022E





La Salud: Nuestro Proyecto Editorial.

EDITORIAL MEDICA
panamericana

PDF generado el 06/09/2022 para Editorial Médica Panamericana (Editorial Médica Panamericana). © 2022E

PDF generado el 06/09/2022 para Editorial Médica Panamericana (Editorial Médica Panamericana). © 2022E



VENTIMEC®

Tratado de Ventilación Mecánica en Anestesiología, Cuidados Intensivos y Trasplantes

Director

Javier García Fernández

Profesor Asociado de Anestesiología, Facultad de Medicina,
Universidad Autónoma de Madrid.
Jefe de Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor,
Coordinador del Bloque Quirúrgico,
Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.
Presidente de la Sociedad Española de Anestesiología, Reanimación
y Terapéutica del Dolor (SEDAR).

Coordinadores

Álvaro Mingote Lladó

Médico Interno Residente, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica
y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.
Vocal MIR en Comisión Nacional de Anestesiología y Reanimación, Ministerio
de Sanidad, España.

Ramsés Marrero García

Facultativo Especialista de Área, Servicio de Anestesiología
y Reanimación, Hospital Clínic de Barcelona.
Secretario del grupo de trabajo «Salud Digital e Innovación»,
Sociedad Española de Anestesiología, Reanimación y Terapéutica del Dolor
(SEDAR).

Avalado científicamente por:



Buenos Aires - Bogotá - Madrid - México
www.medicapanamericana.com

Los editores han hecho todos los esfuerzos para localizar a los poseedores del copyright del material fuente utilizado. Si inadvertidamente hubieran omitido alguno, con gusto harán los arreglos necesarios en la primera oportunidad que se les presente para tal fin.

Gracias por comprar el original. Este libro es producto del esfuerzo de profesionales que, con su dedicación en el arte y la ciencia de curar o enseñar, han encontrado tiempo para escribir esta obra.

Respetar la propiedad intelectual es evitar reproducir, descargar, distribuir o compartir estos contenidos a través de cualquier medio sin el permiso del autor y del editor.

Las ciencias de la salud están en permanente cambio. A medida que las nuevas investigaciones y la experiencia clínica amplían nuestro conocimiento, se requieren modificaciones en las modalidades terapéuticas y en los tratamientos farmacológicos. Los autores de esta obra han verificado toda la información con fuentes confiables para asegurarse de que esta sea completa y acorde con los estándares aceptados en el momento de la publicación. Sin embargo, en vista de la posibilidad de un error humano o de cambios en las ciencias de la salud, ni los autores, ni la editorial o cualquier otra persona implicada en la preparación o la publicación de este trabajo, garantizan que la totalidad de la información aquí contenida sea exacta o completa y no se responsabilizan por errores u omisiones o por los resultados obtenidos del uso de esta información. Se aconseja a los lectores confirmarla con otras fuentes. Por ejemplo, y en particular, se recomienda a los lectores revisar el prospecto de cada fármaco que planean administrar para cerciorarse de que la información contenida en este libro sea correcta y que no se hayan producido cambios en las dosis sugeridas o en las contraindicaciones para su administración. Esta recomendación cobra especial importancia con relación a fármacos nuevos o de uso infrecuente.



Visite nuestra página web:
<http://www.medicapanamericana.com>

ARGENTINA

Marcelo T. de Alvear 2145 (C 1122 AAG)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina
Tel.: (54-11) 4821-2066 / Fax: (54-11) 4821-1214
e-mail: info@medicapanamericana.com

COLOMBIA

Carrera 7a A. N.º 69-19 - Bogotá DC - Colombia
Tel.: (57-1) 235-4068 / Fax: (57-1) 345-0019
e-mail: infomp@medicapanamericana.com.co

ESPAÑA

Sauceda, 10 - 5ª planta - 28050 Madrid, España
Tel.: (34-91) 131-78-00 / Fax: (34-91) 457-09-19
e-mail: info@medicapanamericana.es

MÉXICO

Av. Miguel de Cervantes Saavedra, n.º 233, piso 8, oficina 801
Col. Granada, Delegación Miguel Hidalgo
CP 11520 Ciudad de México, México
Tel.: (52-55) 5262-9470/5203-0176 / Fax: (52-55) 2624-2827
e-mail: infomp@medicapanamericana.com.mx

ISBN: 978-84-1106-054-7 (Versión impresa + Versión digital)

ISBN: 978-84-1106-055-4 (Versión digital)



TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. Este libro o cualquiera de sus partes no podrán ser reproducidos ni archivados en sistemas recuperables, ni transmitidos en ninguna forma o por ningún medio, ya sean mecánicos o electrónicos, fotocopiadoras, grabaciones o cualquier otro, sin el permiso previo de Editorial Médica Panamericana, S.A.

© 2023, EDITORIAL MÉDICA PANAMERICANA, S.A.

Sauceda, 10 - 5ª planta - 28050 Madrid - España

Depósito legal: M-18512-2022

Impreso en España

Colaboradores

Autores

Abdallah Kassab, Nadia Akram

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Abellán Aracil, Carolina

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Ágreda García, Carlos

Facultativo Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Albajar Bobes, Andrea

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Alcaraz García-Tejedor, Gabriela

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología y Reanimación, Hospital Universitario La Paz, Madrid.

Alonso Menárguez, Beatriz

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Álvarez Bartolomé, Ana

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Álvarez Gómez de Segura, Ignacio

Servicio de Anestesiología, Hospital Clínico Veterinario Complutense, Madrid.

Aquino Esperanza, José

Instituto de Investigación e Innovación, Fundación Parc Taulí, Barcelona.

Arespachoga Ramos, Guillermo

Médico Interno Residente, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Barbero Mielgo, Macarena

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Blanch Torra, Lluís

Facultativo Especialista de Área, Instituto de Investigación e Innovación, Fundación Parc Taulí, Barcelona.

Carballo López, Daniel

Facultativo Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Carmona Prieto, Marina

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología y Reanimación, Hospital Universitario Fundación Jiménez Díaz, Madrid.

Casado Neira, Jorge

Facultativo Especialista de Área, Servicio de Anestesiología y Reanimación, Hospital Universitario Infanta Sofía, Madrid.

Casado Salcedo, María

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Castro Parga, Luis Elías

Facultativo Especialista de Área, Servicio de Anestesiología y Reanimación, Unidad de Anestesiología y Reanimación Pediátrica, Hospital Universitario La Paz, Madrid.

Chamorro Falero, Carlos

Facultativo Especialista de Área, Servicio de Anestesiología y Reanimación, Hospital Universitario Virgen del Rocío, Sevilla.

Chamorro Jambrina, Carlos

Facultativo Especialista de Área, Medicina Intensiva, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

De Haro López, Candelaria

Facultativa Especialista de Área, Unidad de Críticos, Servicio de Medicina Intensiva, Consorci Corporació Sanitària Parc Taulí, Barcelona.

Del Campo Mur, Alejandra

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Del Valle Quintans, Sara

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Durán de la Fuente, Pilar

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología y Reanimación, Unidad de Anestesiología y Reanimación Pediátrica, Hospital Universitario La Paz, Madrid.

Ebrat Mancilla, Edwin Eduardo

Facultativo Especialista de Área, Servicio de Neurofisiología Clínica, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Esteve Arrola, Belén

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Expósito Carazo, Sonia

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología y Reanimación, Hospital Universitario de La Princesa, Madrid.

Fornet Ruiz, Inocencia

Jefa de Sección de Anestesia Obstétrica, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Galeano Solís, Cristina

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

García Baos, Jaime

Estudiante de Medicina, Universidad CEU San Pablo.

García Fernández, Javier

Profesor Asociado de Anestesiología, Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Madrid; Jefe de Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Coordinador del Bloque Quirúrgico, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid; Presidente de la Sociedad Española de Anestesiología, Reanimación y Terapéutica del Dolor (SEDAR).

García Íñiguez, Juan Pablo

Facultativo Especialista de Área, Servicio de Pediatría, Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos, Hospital Universitario Miguel Servet, Zaragoza.

García Suárez, Jessica

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Garicano Madrigal, Cristina

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Gómez Nieto, Francisco Javier

Facultativo Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

González Arenas, Paloma

Médica Adjunta, Servicio de Medicina Intensiva, UCI Polivalente, Hospital Universitario Clínico San Carlos, Madrid.

González López, Sofía

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Medicina Física y Rehabilitación, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

González Pérez, Luisa María

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

González Pizarro, Patricio

Facultativo Especialista de Área, Servicio de Anestesiología y Cuidados Críticos Pediátricos, Hospital Universitario La Paz, Madrid.

González Román, Ana

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Gordo Vidal, Federico

Jefe de la Unidad de Cuidados Intensivos e Intermedios, Servicio de Medicina Intensiva, Hospital Universitario del Henares, Madrid.

Guilló Moreno, Verónica

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Gutiérrez Martínez, Alberto

Facultativo Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Hernando Santos, Julia

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología y Reanimación, Hospital Universitario de La Princesa, Madrid.

Herrero Cano, Ángela

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Herva Pintor, Fernando

Facultativo Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Hormaechea Bolado, Lucía

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Iranzo Valero, Reyes

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Lacaba Mazario, Ana

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Largo Aramburu, Carlota

Servicio de Cirugía Experimental, Hospital Universitario La Paz, Madrid.

Latorre Marco, Ignacio

Enfermero, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

López de la Oliva Calvo, Leire

Médica Interna Residente, Servicio de Medicina Intensiva, Unidad de Cuidados Intensivos y Cuidados Intermedios, Hospital Universitario del Henares, Madrid.

López García-Gallo, Cristina

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Neumología, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

López Pájaro, Luis Fernando

Facultativo Especialista de Área, Servicio de Neurofisiología Clínica, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Madueño González, Sergio

Facultativo Especialista de Área, Servicio de Anestesiología y Reanimación, Hospital Universitario Puerta del Sur, Madrid.

Madurga Revilla, Paula

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Pediatría, Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos, Hospital Universitario Miguel Servet, Zaragoza.

Marcos Sánchez, Roberto Carlos

Facultativo Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Marrero García, Ramsés

Facultativo Especialista de Área, Servicio de Anestesiología y Reanimación, Hospital Clínic de Barcelona.

Martín García, Olga

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Martínez Caridad, Javier

Facultativo Especialista de Área, Servicio de Anestesiología y Reanimación, Hospital Universitario Marqués de Valdecilla.

Martínez Rodríguez, Sandra Helena

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesia, Reanimación y Terapéutica del Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Medina Villanueva, Alberto

Facultativo Especialista de Área, Servicio de Pediatría, Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos, Hospital Universitario Central de Asturias, Oviedo.

Méndez Hernández, Rosa María

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología y Reanimación, Hospital Universitario de La Princesa, Madrid.

Mingote Lladó, Álvaro

Médico Interno Residente, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Molnar, Viktoria

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Moradiellos Díez, Javier

Jefe del Servicio de Cirugía Torácica, Hospital Universitario Quirónsalud, Pozuelo de Alarcón, Madrid.

Mourelle González-Redondo, Inmaculada

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Unidad de Vía Aérea Difícil, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Muñoz Ávalos, Natalia

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Muñoz Ramírez, Pedro

Facultativo Especialista de Área, Servicio de Anestesiología y Reanimación, Unidad de Anestesia de Cirugía Cardíaca, Hospital Universitario 12 de Octubre, Madrid.

Muriedas Alfonso, Felipe

Facultativo Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Nieves Alonso, Jesús Manuel

Facultativo Especialista de Área, Servicio de Anestesiología y Reanimación, Hospital Universitario de La Princesa, Madrid.

Palamidessi Domínguez, Jara

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Peñuelas Rodríguez, Óscar

Facultativo Especialista de Área, Servicio de Medicina Intensiva y Grandes Quemados, Hospital Universitario de Getafe, Madrid.

Pérez de Vargas Martínez, Alberto

Facultativo Especialista de Área, Servicio de Neurofisiología Clínica, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Pérez Torres, Manuel

Médico Interno Residente, Servicio de Medicina Intensiva, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Pons Ódena, Martí

Médico Adjunto, Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos, Hospital Sant Joan de Déu, Barcelona.

Ramasco Rueda, Fernando

Jefe de Sección de Reanimación, Servicio de Anestesiología y Reanimación, Hospital Universitario de La Princesa, Madrid.

Ramos Arroyo, Isabel

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología y Reanimación, Hospital Universitario Virgen del Rocío, Sevilla.

Rey Jiménez, Paula

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Rincón Gómez-Limón, Eduardo

Facultativo Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Rodríguez Gómez, Cristian

Facultativo Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Rodríguez-Manzanares García-Alcañiz, Marta

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Román Guerrero, Carlos

Facultativo Especialista de Área, Servicio de Anestesiología y Reanimación, Hospital Universitario de La Princesa, Madrid.

Romera Ortega, Miguel Ángel

Facultativo Especialista de Área, Unidad de Medicina Intensiva, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Romero Berrocal, Antonio

Facultativo Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Rubio Espinosa, Guillermo

Facultativo Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

San Antonio San Román, Belén

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Sánchez Expósito, Patricia

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Sánchez González, Cristina

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Sánchez López, Óscar

Facultativo Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Sánchez Pérez, David

Facultativo Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Sanz Carabaña, Pilar

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Sarlabous, Leonardo

Instituto de Investigación e Innovación, Fundación Parc Taulí, Barcelona.

Serrano Zueras, Clara

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Siljeström Gasset, Roberto

Facultativo Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Simic Silva, Davor Ignacio

Facultativo Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Soto Machín, Laimí

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Suárez del Arco, José Alberto

Facultativo Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Torre Oñate, María Teresa

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Vaquero Martínez, Marta

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Neurofisiología Clínica, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Vidal Fernández, Mercedes

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Revisores

Chiara Graciani, Guillermo

Médico Interno Residente, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Elbal Sánchez, Carlos

Médico Interno Residente, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Fajardo Santana, Víctor

Médico Interno Residente, Servicio de Anestesiología y Reanimación, Hospital Universitario Nuestra Señora de Candelaria, Santa Cruz de Tenerife.

Gálvez Díaz Varela, Manuel

Médico Interno Residente, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

García Díaz, Andrés

Médico Interno Residente, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Gómez Suárez, Marta

Médica Interna Residente, Servicio de Anestesiología y Reanimación, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

González Clavijo, Alejandra

Médica Interna Residente, Servicio de Anestesiología y Reanimación, Hospital Universitario Nuestra Señora de Candelaria, Santa Cruz de Tenerife.

Guadalix Sánchez, Cristina

Médica Interna Residente, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Guillén Iranzo, Carola

Médica Interna Residente, Servicio de Anestesiología y Reanimación, Hospital Universitario Nuestra Señora de Candelaria, Santa Cruz de Tenerife.

Martín Machín, Elena

Facultativa Especialista de Área, Servicio de Anestesiología y Reanimación, Hospital Universitario Nuestra Señora de Candelaria, Santa Cruz de Tenerife.

Moreno Lozano, Carlos

Médico Interno Residente, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Ortega Cazorla, Almudena

Médica Interna Residente, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Piñero Prieto, Daniel

Médico Interno Residente, Servicio de Anestesiología y Reanimación, Hospital Universitario Nuestra Señora de Candelaria, Santa Cruz de Tenerife.

Rodríguez Giménez, Susana

Médica Interna Residente, Servicio de Anestesiología y Reanimación, Hospital Universitario Nuestra Señora de Candelaria, Santa Cruz de Tenerife.

Roldán Herrero, Miguel

Médico Interno Residente, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.

Zamora Moreno, Eloísa

Médica Interna Residente, Servicio de Anestesiología, UCI Quirúrgica y Dolor, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.



La Salud: Nuestro Proyecto Editorial.

EDITORIAL MEDICA
panamericana

PDF generado el 06/09/2022 para Editorial Médica Panamericana (Editorial Médica Panamericana). © 2022E

PDF generado el 06/09/2022 para Editorial Médica Panamericana (Editorial Médica Panamericana). © 2022E





A mi padre, José Luis, mi modelo como médico y como persona.

A mi mujer, Mayte, incondicional ayuda siempre.

A mis dos hijos, Javier y Jaime, mis bastiones en la vida.

La Salud: Nuestro Proyecto Editorial.
EDITORIAL MEDICA
panamericana





La Salud: Nuestro Proyecto Editorial.

EDITORIAL MEDICA
panamericana

PDF generado el 06/09/2022 para Editorial Médica Panamericana (Editorial Médica Panamericana). © 2022E

PDF generado el 06/09/2022 para Editorial Médica Panamericana (Editorial Médica Panamericana). © 2022E



Prólogo I

It is with great pleasure and joy that I am writing this foreword to the comprehensive book on “VENTIMEC. Tratado de Ventilación Mecánica en Anestesiología, Cuidados Intensivos y Trasplantes”, or “VENTIMEC. Mechanical Ventilation in Anaesthesia, Intensive Care and Transplant”, edited by my friend and colleague Javier García Fernández. A close contact between us, both socially and professionally, took shape during Javier’s recurrent “VENTIMEC” courses on mechanical ventilation that have been held in Madrid since the early 2002, followed by frequent meetings at different congresses. I consider his contagious enthusiasm, energy, and clinical and scientific knowledge to be prerequisites for his endeavour to start this project. Obviously, many more than myself have been attracted, and caught, by his stimulating character, as evidenced by an author list of more than 95 names, with an even distribution between female and male contributors. This is an endeavour in itself!

The book is structured in 7 blocks covering a wide range of topics including basic respiratory physiology, functional and diagnostical methods, respiratory support techniques during anaesthesia and in intensive care, as well as classifications and complications of respiratory dysfunction. Recent techniques and advances are covered, even controversial issues as e.g., benefits or disadvantages with hyperoxia. Ventilatory support in connection with transplantation is another issue in this book, making it almost unique when comparing with other textbooks. All-in-all, the 7 blocks make up 62 chapters, making the book a gold mine to lean against as a reference on how to understand and how to solve problems. I should ask for an English (or Swedish?) version for my personal use, but also since it may be a strong competitor to existing English literature. I thank Javier and all co-authors for a most impressive work and wish you all the best with the book!



GÖRAN HEDENSTIERNA[†]
Senior professor in Clinical Physiology
Uppsala University, Sweden

Con gran placer y alegría escribo este prólogo para *VENTIMEC. Tratado de Ventilación Mecánica en Anestesiología, Cuidados Intensivos y Trasplantes*, dirigido por mi amigo y colega Javier García Fernández. Nuestra amistad surgió y se fue forjando, social y profesionalmente, a lo largo de las sucesivas ediciones del curso VENTIMEC sobre ventilación mecánica, que Javier lleva organizando en Madrid desde principios de 2002, y de las frecuentes reuniones en los congresos en los que hemos coincidido. Su energía, su entusiasmo contagioso y sus conocimientos científicos y clínicos son requisitos indispensables para iniciar con empeño este proyecto. Somos muchos los que hemos sido atraídos y atrapados por su carácter estimulante, como lo demuestra una lista de más de 95 autores, con una distribución uniforme entre colaboradores varones y mujeres. ¡Todo ello es un esfuerzo en sí mismo!

El libro se estructura en siete secciones, que abarcan una gran variedad de temas, desde la fisiología respiratoria básica, las pruebas diagnósticas y funcionales, hasta el soporte respiratorio en anestesiología y cuidados intensivos, así como la clasificación y las complicaciones de la disfunción respiratoria. Se abordan técnicas recientes y vanguardistas, así como temas controvertidos (por ejemplo, los beneficios y los inconvenientes de la hiperoxia). La ventilación mecánica en el área de los trasplantes es un área apasionante, que convierte en excepcional el presente tratado en comparación con otros manuales. En total, las siete secciones comprenden 62 capítulos, lo que convierte al libro en una mina de oro en la que apoyarse como referencia sobre cómo entender y cómo resolver problemas ventilatorios que nos surgen día a día. Debería pedir una versión en inglés (¿o en sueco?) para mi uso personal, pero también porque puede ser un fuerte competidor de la literatura inglesa existente. ¡Agradezco a Javier y a todos los coautores por un trabajo tan impresionante y les deseo todo lo mejor con el libro!

GÖRAN HEDENSTIERNA[†]
Catedrático en Fisiología Clínica
Uppsala University, Suecia

Prólogo II

Otro libro de ventilación mecánica. ¿Pero no está ya todo escrito? No, y lo que está escrito muchas veces no está bien explicado o no es asequible al lector necesitado de conocimientos prácticos. El libro que tiene entre las manos viene a cubrir esos aspectos clave.

El aporte principal de *VENTIMEC. Tratado de Ventilación Mecánica en Anestesiología, Cuidados Intensivos y Trasplantes* reside en la claridad de exposición, las imágenes presentadas y la omisión de todo lo que pueda ser irrelevante para la clínica. Un aspecto fundamental es que cubre áreas nuevas o poco exploradas en textos anteriores, y un punto clave es la combinación justa de relieve y concisión: lo importante primero, lenguaje clínico y con el mínimo texto posible. Estoy seguro de que el estilo es consecuencia de la dilatada experiencia docente del director y su equipo, con tantos cursos impartidos a lo largo de los años, cuyos objetivos han sido transmitir el entusiasmo por la ventilación mecánica y lograr el aprendizaje y la capacitación del asistente en esta difícil área clínica. Este libro logra sobradamente ambos propósitos.

Sesenta y dos capítulos pueden parecer excesivos, pero, en promedio, son incluso más cortos que un artículo de revisión, esos que tanto agradecemos a las revistas científicas porque nos nutren de la evidencia acumulada a través de la visión de especialistas reconocidos. Por otra parte, si se ponen en una balanza los capítulos que quitarías frente a los que añadirías, quizá la próxima edición del libro tenga que incluir muchos otros capítulos. El libro se divide en secciones temáticas que ponen en evidencia lo que anteriormente he señalado. Todas ellas incluyen capítulos que no hemos visto en otros textos generales y que son muy bienvenidos. Así, la sección I, «Fisiología respiratoria y fundamentos de la ventilación mecánica», incluye capítulos sobre la fisiología en ventilación espontánea, los cambios respiratorios de la gestante o las diferencias respiratorias del niño. La sección II, «Pruebas diagnósticas para la ventilación mecánica», incluye una actualización completa sobre ecografía pulmonar y torácica en el paciente crítico, la evaluación ecográfica del diafragma y el estudio neurofisiológico del nervio frénico. La sección III, «Soporte ventilatorio no invasivo», dedica capítulos específicos tanto a la oxigenoterapia como a las peculiaridades de la ventilación mecánica no invasiva en el paciente adulto y en el niño. En la sección IV, «Bases de la ventilación mecánica en el entorno quirúrgico», se abordan todos los temas importantes sobre circuito circular, vía aérea difícil, ventilación con bajos flujos, modos ventilatorios, atelectasias y maniobras de reclutamiento. La sección V, «Seguridad en ventilación mecánica», revisa temas tan importantes como la simulación clínica para el aprendizaje de la ventilación mecánica y tan novedosos como el uso de ayudas cognitivas en ventilación mecánica. En la sección VI, «Ventilación mecánica en situaciones específicas», se describen temas de gran valor y muy apreciados por el lector por la escasez o dispersión bibliográfica, como la ventilación mecánica en el trasplante pulmonar y hepático, la ventilación en cirugía robótica y la ventilación en el paciente frágil, por citar sólo unos pocos. Por último, en la sección VII, «Ventilación mecánica en la unidad de cuidados intensivos posquirúrgicos», cabe destacar la ventilación en el niño crítico, por su gran interés, y la anestesia regional en el paciente en destete respiratorio, por su novedad.

Si para mí ha sido un verdadero placer leer este libro, que será de gran utilidad para cualquier médico interesado en la ventilación mecánica, más todavía lo ha sido escribir este prólogo. Mi experiencia en el campo de la ventilación mecánica durante toda una vida me da el privilegio de poder mirar hacia adelante con esperanza y ver cómo la nueva generación de maestros nos alcanza y nos supera, garantizando un futuro prometedor a los especialistas.

JAVIER BELDA NÁCHER
Catedrático de Anestesiología,
Departamento de Cirugía, Universidad de Valencia



La Salud: Nuestro Proyecto Editorial.

EDITORIAL MEDICA
panamericana

PDF generado el 06/09/2022 para Editorial Médica Panamericana (Editorial Médica Panamericana). © 2022E

PDF generado el 06/09/2022 para Editorial Médica Panamericana (Editorial Médica Panamericana). © 2022E



Prólogo III

El siglo XXI nos ha encontrado en un punto de inflexión donde el conocimiento y el salto tecnológico nos han cambiado la vida por completo. La medicina toda, pero particularmente la ventilación mecánica, no constituye una excepción sino todo lo contrario; se ha alimentado de esta ilimitada fuente de conocimiento para evolucionar hacia una medicina personalizada o de precisión.

Los cambios tecnológicos han tenido un impacto crucial sobre los ventiladores de las máquinas de anestesia, que son actualmente tan eficientes como los ventiladores de cuidados intensivos, a pesar de la presencia del circuito circular. Con ellos es posible aplicar un abanico de modos ventilatorios que, hasta hace poco tiempo, eran impensados y carecían de una utilidad clínica relevante. Hoy en día, esos modos encuentran su lugar en la anestesiología moderna porque el conocimiento asociado a novedosos sistemas de monitorización nos permiten desarrollar nuevas estrategias ventilatorias para procedimientos quirúrgicos que son menos invasivos pero, al mismo tiempo, mucho más complejos y antifisiológicos. A modo de ejemplo cabe citar la cirugía robótica laparoscópica de próstata en posición de Trendelenburg extremo: un desafío ventilatorio y hemodinámico complejo que el anestesiólogo del nuevo milenio debe saber solucionar. Así, por un lado, el precio que debemos pagar para realizar una medicina mínimamente invasiva con una recuperación rápida del paciente es resolver problemas complejos aunque, por otro lado, contamos con máquinas y sistemas de monitorización más precisos y completos que nos asegurarán el éxito en esta misión.

VENTIMEC. Tratado de Ventilación Mecánica en Anestesiología, Cuidados Intensivos y Trasplantes, obra realizada por Javier García Fernández y sus colaboradores, claramente se adapta a las necesidades de la medicina moderna. Basta con leer el índice de capítulos para advertir que esta obra va más allá del contenido habitual de los libros sobre ventilación mecánica y constituye verdaderamente un tratado completo e integral sobre el tema. Con grata sorpresa encontramos que se abordan temas inéditos como la ventilación del paciente frágil, la simulación de la ventilación mecánica como herramienta de aprendizaje, la peculiaridad de la ventilación en cirugía robótica o el uso de ayudas cognitivas en ventilación mecánica. El tratado se divide en capítulos agrupados en siete secciones, conformadas cada una de ellas por temas específicos relacionados entre sí, que abarcan desde la fisiología respiratoria y los fundamentos básicos hasta temas complejos, como la oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO) o la ventilación del paciente durante trasplantes de órganos. Se describe en detalle cómo ventilar a pacientes de distintas edades, características y patologías asociadas sometidos a distintos tipos de cirugías con necesidades ventilatorias diferentes. La amplitud del temario pone en evidencia la necesidad de personalizar la ventilación protectora según factores dependientes de los pacientes y factores quirúrgicos, hechos que Javier García Fernández y sus colaboradores han cubierto exitosamente a lo largo de este libro.

En resumen, *VENTIMEC. Tratado de Ventilación Mecánica en Anestesiología, Cuidados Intensivos y Trasplantes* será, sin dudas, un libro de referencia para la consulta permanente y para la excelencia en la enseñanza de la ventilación mecánica. Javier García Fernández ha volcado en este proyecto más de 20 años de experiencia trabajando activamente en el campo y dedicándose con pasión y tenacidad a la docencia en este tema tan complejo como es la ventilación mecánica. He tenido hoy el privilegio de poder escribir estas líneas y no me queda más que felicitar a Javier y a todos los coautores por esta maravillosa obra.

DOCTOR GERARDO TUSMAN
Hospital Privado de Comunidad
Mar del Plata, Argentina



La Salud: Nuestro Proyecto Editorial.

EDITORIAL MEDICA
panamericana

PDF generado el 06/09/2022 para Editorial Médica Panamericana (Editorial Médica Panamericana). © 2022E

PDF generado el 06/09/2022 para Editorial Médica Panamericana (Editorial Médica Panamericana). © 2022E



Prefacio

Este libro llega en un momento muy especial: justo este año, 2022, hace 20 años que empecé con los cursos de formación en ventilación mecánica en anestesiología, cuidados intensivos y trasplantes, conocidos como VENTIMEC. Así pues, este libro es el fruto de la experiencia adquirida en la formación en ventilación mecánica, no sólo mía sino de los más de 100 profesores que han ido pasando por las diferentes ediciones de VENTIMEC.

Si hay algo que define mi forma de ver la formación en ventilación mecánica es la pasión y la energía que derrocho en cada curso, en cada charla, en cada experimento, siempre con el *leitmotiv* fundamental: conseguir que la ventilación mecánica sea fácil, sencilla y visual para todo el mundo. Siempre estoy pensando en fotos, vídeos o explicaciones, con las que conseguir que mis compañeros entiendan en 5 minutos lo que a mí me costó incluso meses comprender.

La ventilación mecánica no es fácil, pero su explicación puede ser, dependiendo de la erudición intelectual del autor, aún más compleja o, por el contrario, convertirse en algo que todo el mundo pueda entender y visualizar sin excesivo esfuerzo. Esta última opción siempre ha sido la elegida en mis cursos y, ahora, en este tratado de ventilación mecánica.

En *VENTIMEC. Fundamentos de Ventilación Mecánica en Anestesiología, Cuidados Intensivos y Trasplantes* concurren diversas circunstancias que lo hacen muy especial. Lleva tres prólogos. El primero de ellos del gran Profesor Göran Hedenstierna, maestro, mentor y amigo, que justo antes de dejarnos quiso prologar este libro, con una palabras llenas de generosidad, que quedaron grabadas en mi corazón para siempre. Göran fue uno de los grandes profesores de VENTIMEC, y dirigió muchos de mis estudios experimentales. A él le debo haber entendido verdaderamente la ventilación mecánica.

El segundo prólogo es de mi amigo y maestro el Profesor Javier Belda, el gran referente español de la ventilación mecánica, el que nos ha enseñado sus fundamentos a todos y el que me abrió las puertas de su maravilloso curso de ventilación, en el que tuve el honor de ser profesor durante 13 años consecutivos. Contar con sus generosas y expertas palabras de apoyo para este libro significa mucho para mí.

El tercer prólogo, del doctor Gerardo Tusman, es el broche final a todo lo que se podría soñar. El Dr. Tusman es uno de los referentes más importantes latinoamericanos en ventilación mecánica, un experto tanto por sus excelentes estudios y publicaciones, como por ser un maravilloso formador. Gerardo es otro de los grandes profesores de VENTIMEC.

El apoyo de estos tres maravillosos líderes de la ventilación a este tratado y las palabras con las que lo hacen, me llena y refuerza plenamente de cara a presentar esta obra a todos vosotros.

VENTIMEC. Fundamentos de Ventilación Mecánica en Anestesiología, Cuidados Intensivos y Trasplantes pretende cubrir todas las facetas clínicas de la ventilación mecánica, tanto de la fisiología y sus fundamentos, como del amplio ámbito de la anestesiología, los cuidados intensivos y los trasplantes, interrelacionándolos para que unos apartados ayuden a entender los otros.

Por otro lado, hemos querido abordar también los aspectos más novedosos y actuales de la ventilación mecánica, que habitualmente no se han incluido en los tratados clásicos, como son la ventilación mecánica y sus consecuencias en el paciente frágil, los programas ERAS, la simulación y seguridad con circuito circular, la cirugía robótica, los trasplantes, la disfunción diafragmática, la ecografía pulmonar, la P-SILI, sin olvidar nunca a la mujer embarazada y al niño, en todas sus facetas e implicaciones, entre otros muchos temas. Hay capítulos que son de verdad únicos, como

el capítulo 24, que incluye la clasificación de los modos ventilatorios de Chatburn, por fin, algo entendible y universal con la que clasificar todos los modos, y el capítulo 25, que describe las diferencias clínicas entre la ventilación por presión y la presión por volumen. Este capítulo, que es fruto de 20 años de experiencia, proporciona información que el lector no habrá leído nunca hasta ahora y desmenuza, con detalle clínico, las mejores indicaciones para ambos modos, ante situaciones clínicas diferentes.

Si de algo estoy especialmente satisfecho es de haber sabido plasmar, de forma completa e integral, todos los aspectos de la ventilación mecánica del niño: sus diferencias fisiológicas, sus peculiaridades con el circuito circular, maniobras de reclutamiento, ventilación no invasiva y, también, la ventilación en la patología específica pediátrica de cuidados intensivos. Hasta la fecha había que elegir entre adquirir un libro de ventilación para adultos o para pediatría; con este libro se dispone de toda la información de ambos mundos. Este objetivo se ha satisfecho de forma intencional, porque si hay algo que me ayudó a configurar la visión especial de la ventilación en mi actual etapa de clínico de adultos, es el *background* de mis 12 años de atención monográfica al paciente pediátrico. Con independencia del tipo de paciente al que se dediquen los lectores, les recomiendo encarecidamente que no dejen de estudiar ambos ámbitos: es la única forma de tener una visión completa de la ventilación.

Sin más, espero que disfruten con esta obra tanto como yo lo hago dedicándome a la formación en ventilación mecánica, pero debo advertirles que es un viaje largo por 62 capítulos intensos y que requieren muchas horas de estudio. No obstante, estoy seguro de que con perseverancia y dedicación, sin que se den cuenta, se convertirán en verdaderos expertos clínicos en ventilación mecánica.

Para terminar quiero dar las gracias a los verdaderos protagonistas de este libro, que son los más de 100 autores y revisores, que han sido muy generosos con su tiempo y esfuerzo para compartir todos sus conocimientos y experiencias clínicas como expertos en cada materia. Quiero destacar y agradecer el gran trabajo de coordinación de la obra realizada por los coordinadores del libro, los doctores Álvaro Mingote y Ramsés Marrero, que han hecho posible con su gran trabajo, que esta obra se haya convertido en una realidad.

JAVIER GARCÍA FERNÁNDEZ
Jefe de Servicio de Anestesiología, UCI quirúrgica y Dolor,
Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid
Presidente de la Sociedad Española de Anestesiología,
Reanimación y Terapéutica del Dolor

Índice

Prólogo I, XIII
Prólogo II, XV
Prólogo III, XVII
Prefacio, XIX

I FISIOLÓGÍA RESPIRATORIA Y FUNDAMENTOS DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA, 1

- 1 Fisiología respiratoria en ventilación espontánea, 3
J. A. Suárez del Arco, M. Casado Salcedo, N. A. Abdallah Kassab, C. Ágreda García y J. García Fernández
- 2 Mecánica del sistema respiratorio, 13
F. J. Gómez Nieto y J. Casado Neira
- 3 Cambios respiratorios de la gestante a lo largo del embarazo, 19
I. Fonet Ruiz
- 4 Principales diferencias respiratorias del niño, 23
O. Martín García, P. Sanz Carabaña, M. Casado Salcedo y J. García Fernández
- 5 Cambios fisiopatológicos de la ventilación mecánica, 31
M. Casado Salcedo, N. A. Abdallah Kassab, R. Iranzo Valero, A. González Román, M. T. Torre Oñate, C. Sánchez González, A. Romero Berrocal, M. Vidal Fernández y P. Muñoz Ramírez

II PRUEBAS DIAGNÓSTICAS PARA LA VENTILACIÓN MECÁNICA, 45

- 6 Monitorización en ventilación mecánica: curvas y bucles, 47
J. García Fernández, A. Romero Berrocal, J. García Baos y A. Albajar Bobes
- 7 Evaluación preoperatoria y pruebas funcionales respiratorias, 55
B. San Antonio San Román, M. Barbero Mielgo y E. Rincón Gómez-Limón
- 8 Capnografía, 61
A. Romero Berrocal, A. Albajar Bobes y J. García Fernández
- 9 Pulsioximetría, 67
A. Albajar Bobes, Á. Mingote Lladó, J. Martínez Caridad, G. Arespacochaga Ramos, M. Carmona Prieto, A. Lacaba Mazarío y R. Marrero García
- 10 Gasometría arterial, 73
D. I. Simic Silva, J. García Fernández y F. J. Gómez Nieto
- 11 Pruebas diagnósticas radiológicas, 79
C. Ágreda García, C. Rodríguez Gómez y S. H. Martínez Rodríguez
- 12 Ecografía pulmonar: fundamentos y exploración ecográfica básica pulmonar, 87
R. Siljeström Gasset
- 13 Evaluación ecográfica del diafragma, 99
C. López García-Gallo y Á. Mingote Lladó
- 14 Estudio neurofisiológico del nervio frénico, 105
A. Pérez de Vargas Martínez, M. Vaquero Martínez, E. E. Ebrat Mancilla y L. F. López Pájaro

III SOPORTE VENTILATORIO NO INVASIVO, 115

- 15 Oxigenoterapia convencional y cánulas nasales de alto flujo, 117
I. Latorre Marco
- 16 Ventilación mecánica no invasiva en el paciente crítico, 125
I. Latorre Marco
- 17 Ventilación mecánica no invasiva en pediatría, 133
P. Madurga Revilla, J. P. García Íñiguez, M. Pons Ódena y A. Medina Villanueva

IV BASES DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA EN EL ENTORNO QUIRÚRGICO, 141

- 18 Apnea y preoxigenación, 143
A. Gutiérrez Martínez y V. Guilló Moreno
- 19 Manejo de la vía aérea difícil, 149
V. Molnar, L. Soto Machín, O. Martín García, F. Herva Pintor e I. Mourelle González-Redondo
- 20 Componentes de un circuito circular, 165
Ó. Sánchez López, D. Sánchez Pérez y N. Muñoz Ávalos
- 21 Ventilación mecánica con circuito circular en el paciente adulto, 173
D. Sánchez Pérez, Ó. Sánchez López y N. Muñoz Ávalos
- 22 Implicaciones del circuito circular en niños. Diferencias con el adulto, 183
J. García Fernández, M. Casado Salcedo, P. Sanz Carabaña, L. Hormaechea Bolado, B. Esteve Arrola y J. García Baos
- 23 Ventilación con bajos flujos, 191
A. del Campo Mur, S. del Valle Quintans y A. Álvarez Bartolomé
- 24 Modos ventilatorios, 199
G. Rubio Espinosa, E. Rincón Gómez-Limón y B. San Antonio San Román
- 25 Diferencias entre ventilación controlada por presión y por volumen, 205
E. Rincón Gómez-Limón, G. Rubio Espinosa, M. Barbero Mielgo y J. García Fernández
- 26 Mecanismos patogénicos de las atelectasias perioperatorias, 213
C. Garicano Madrigal, M. Rodríguez-Manzanares García-Alcañiz, M. Casado Salcedo, Á. Mingote Lladó y J. García Fernández
- 27 Maniobras de reclutamiento pulmonar, 219
J. García Fernández, C. Garicano Madrigal, M. Rodríguez-Manzanares García-Alcañiz, V. Guilló Moreno, M. Casado Salcedo, J. García Baos y C. Serrano Zueras
- 28 Rehabilitación en los pacientes quirúrgicos, 227
S. González López y R. Marrero García
- 29 Programas de recuperación acelerada tras la cirugía e implicaciones respiratorias, 237
M. Barbero Mielgo, B. San Antonio San Román y G. Rubio Espinosa

V SEGURIDAD EN VENTILACIÓN MECÁNICA, 243

- 30 Seguridad en el uso de máquinas de anestesia. Implicaciones actuales, 245
A. Álvarez Bartolomé, S. del Valle Quintans y A. del Campo Mur
- 31 Simulación clínica para el aprendizaje de la ventilación mecánica, 255
J. Hernando Santos, S. Expósito Carazo, J. M. Nieves Alonso, R. M. Méndez Hernández y F. Ramasco Rueda
- 32 Uso de ayudas cognitivas en ventilación mecánica, 261
J. M. Nieves Alonso, S. Expósito Carazo, J. Hernando Santos, R. M. Méndez Hernández, C. Román Guerrero y F. Ramasco Rueda
- 33 Investigación con modelos en vivo: marco legal y requisitos formativos, 267
I. Álvarez Gómez de Segura y C. Largo Aramburu

VI VENTILACIÓN MECÁNICA EN SITUACIONES ESPECÍFICAS, 271

- 34 Ventilación mecánica en neurocirugía, 273
A. Romero Berrocal, M. T. Torre Oñate y A. Albajar Bobes
- 35 Ventilación mecánica en cirugía de cabeza y cuello, 279
A. Albajar Bobes, C. Galeano Solís, S. Madueño González, F. Muriedas Alfonso y P. Sánchez Expósito
- 36 Ventilación mecánica en cirugía cardiovascular, 285
C. Sánchez González, A. González Román y M. T. Torre Oñate
- 37 Ventilación mecánica en cirugía torácica, 293
F. J. Gómez Nieto y J. Casado Neira
- 38 Ventilación mecánica en cirugía laparoscópica, 301
C. Abellán Aracil, B. Alonso Menárguez y G. Rubio Espinosa
- 39 Ventilación mecánica en cirugía pediátrica, 309
L. E. Castro Parga y P. Durán de la Fuente
- 40 Ventilación mecánica en cirugía robótica, 317
A. González Román, J. Moradiellos Díez, P. Rey Jiménez, D. I. Simic Silva y A. del Campo Mur
- 41 Ventilación mecánica en la obesidad mórbida, 323
A. Romero Berrocal y A. Albajar Bobes
- 42 Ventilación mecánica en el paciente frágil, 327
S. del Valle Quintans, A. del Campo Mur y A. Álvarez Bartolomé
- 43 Ventilación mecánica en el trasplante pulmonar, 333
R. C. Marcos Sánchez
- 44 Ventilación mecánica en el trasplante hepático, 347
R. Iranzo Valero

VII VENTILACIÓN MECÁNICA EN LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS POSQUIRÚRGICOS, 353

- 45 Fisiopatología respiratoria y dolor en el paciente crítico, 355
R. Siljeström Gasset y A. Albajar Bobes
- 46 Ecografía pulmonar y torácica en el paciente crítico, 361
R. Siljeström Gasset
- 47 Insuficiencia respiratoria, 373
L. M. González Pérez y C. Ágreda García
- 48 Complicaciones respiratorias postoperatorias, 383
P. Rey Jiménez
- 49 Modos ventilatorios asistidos habituales en cuidados intensivos, 393
P. González Arenas, F. Gordo Vidal y R. Marrero García
- 50 Ventilación mecánica en el paciente asmático, 399
N. Muñoz Ávalos, D. Sánchez Pérez y Ó. Sánchez López
- 51 Ventilación mecánica en el paciente con enfermedad pulmonar obstructiva crónica, 405
N. Muñoz Ávalos, F. J. Gómez Nieto, D. Sánchez Pérez y Ó. Sánchez López
- 52 Ventilación mecánica en el síndrome de distrés respiratorio agudo, 411
V. Guilló Moreno, A. Gutiérrez Martínez y Á. Mingote Lladó
- 53 Ventilación mecánica en el fracaso del ventrículo derecho, 417
A. González Román, C. Sánchez González, P. Muñoz Ramírez, Á. Mingote Lladó y J. García Fernández
- 54 Ventilación mecánica en el paciente en decúbito prono, 423
A. Albajar Bobes, A. Romero Berrocal, J. Palamidessi Domínguez, Á. Herrero Cano y D. Carballo López
- 55 Oxigenación por membrana extracorpórea y sistemas de lavado de CO₂ extracorpóreos, 429
N. A. Abdallah Kassab y J. García Suárez

- 56 **Asincronías en ventilación mecánica, 435**
C. de Haro López, J. Aquino Esperanza, L. Sarlabous y Ll. Blanch Torra
- 57 **Lesión pulmonar inducida por la ventilación y autoinfligida por el paciente, 441**
B. Alonso Menárguez, Á. Mingote Lladó, C. Abellán Aracil, G. Rubio Espinosa y J. García Fernández
- 58 **Disfunción diafragmática inducida por la ventilación mecánica, 451**
Ó. Peñuelas Rodríguez
- 59 **Ventilación mecánica en el niño crítico, 459**
P. González Pizarro y G. Alcaraz García-Tejedor
- 60 **Desconexión de la ventilación mecánica, 477**
F. Gordo Vidal y L. López de la Oliva Calvo
- 61 **Anestesia regional en el paciente en destete respiratorio, 485**
R. Siljeström Gasset y A. Albajar Bobes
- 62 **Estrategias de analgesedación en el paciente crítico ventilado, 491**
C. Chamorro Falero, M. Á. Romera Ortega, I. Ramos Arroyo, M. Pérez Torres y C. Chamorro Jambrina

Índice analítico, 499

La Salud: Nuestro Proyecto Editorial.
panamericana
EDITORIAL MEDICA

Ventilación mecánica en el fracaso del ventrículo derecho

53

A. González Román, C. Sánchez González, P. Muñoz Ramírez, Á. Mingote Lladó y J. García Fernández



OBJETIVOS

- Conocer las diferencias del ventrículo derecho en cuanto a estructura, función y comportamiento respecto del ventrículo izquierdo.
- Conocer cómo se presenta un fracaso de ventrículo derecho y su manejo desde el punto de vista anestésico.

INTRODUCCIÓN

Durante años se ha subestimado la importancia de la estructura y la función del ventrículo derecho. Se asumieron las mismas propiedades mecánicas que en el ventrículo izquierdo, pero con el tiempo se ha sabido que presenta unas características embriológicas, anatómicas y fisiológicas diferentes.

El ventrículo derecho es, además, la pieza clave de interacción con el pulmón, y es esencial conocer a fondo sus peculiaridades anatómicas y de funcionamiento, para entender bien las interacciones corazón-pulmón.

ESTRUCTURA DEL VENTRÍCULO DERECHO

El ventrículo derecho es la cámara cardíaca más anterior del tórax y presenta una forma triangular. Se compone de tres segmentos:

- *Segmento de entrada:* desde el anillo de la válvula tricúspide hasta la inserción de los músculos papilares.
- *Segmento apical trabecular:* incluye el cuerpo y el ápex del ventrículo derecho y se caracteriza por la presencia de trabeculaciones.
- *Segmento de salida:* es muscular y se extiende desde la salida del ventrículo derecho hasta la válvula pulmonar.

La pared libre del ventrículo derecho (es la zona más anterior) tiene un espesor de 3-5 mm, a diferencia del ventrículo izquierdo, que cuenta con 8-10 mm de borde libre. La otra mitad del ventrículo derecho corresponde, funcionalmente, al tabique interventricular.

Otra diferencia importante es la orientación de las fibras musculares. En el ventrículo derecho el tracto de entrada está formado por fibras epicárdicas transversales en la pared libre, y fibras longitudinales subendocárdicas, pero no existen fibras constrictoras en su capa media miocárdica.

Las fibras musculares de ambos ventrículos presentan una continuidad funcional que permite la tracción de la pared libre del ventrículo derecho al contraerse el izquierdo.

CONTRACTILIDAD DEL VENTRÍCULO DERECHO

El ventrículo izquierdo expulsa la sangre mediante un movimiento de contracción uniforme (sincrónico) junto con un movimiento de torsión, de «retorcimiento». Por el contrario, la eyección de sangre desde el ventrículo derecho se produce por un movimiento asincrónico que comienza en el seno de entrada y sigue por el cuerpo hasta alcanzar el tracto de salida.

Otras características del ventrículo derecho se recogen en el **recuadro 53-1**.

FISIOPATOLOGÍA DEL VENTRÍCULO DERECHO

El ventrículo derecho se ve afectado de forma diferente al ventrículo izquierdo con los cambios de precarga y poscarga. El aumento de la precarga mejora la contracción del

RECUADRO 53-1. Características del ventrículo derecho

- *Flujo coronario:* en condiciones normales el ventrículo derecho mantiene presiones por debajo de la presión aórtica durante todo el ciclo cardíaco, lo que permite que el flujo coronario sea continuo en sístole y diástole.
- *Ventrículo derecho como bomba de volumen:* bombea el mismo volumen que el ventrículo izquierdo, pero es mucho más eficaz, en parte gracias a las bajas resistencias de la vasculatura pulmonar.
- *Fase eyectiva:* el ventrículo derecho se caracteriza por una mayor fase eyectiva. Esto significa que mantiene la eyección mientras que el ventrículo izquierdo se encuentra en diástole (fase de relajación isovolumétrica y de llenado rápido ventricular).
- *Interdependencia ventricular:* la dilatación de un ventrículo puede alterar el tamaño del otro. Uno de los factores fundamentales es el tabique interventricular.

ventrículo derecho según la ley de Frank-Starling, hasta llegar a un rango donde el llenado excesivo producirá una dilatación de esta cavidad. En cuanto a la poscarga, las presiones del lado derecho cardíaco son mucho más bajas que las del lado izquierdo. El ventrículo derecho presenta muy mala tolerancia a los incrementos bruscos de poscarga. Así, en situaciones de aumento de las resistencias vasculares pulmonares, aumenta la presión telediastólica del ventrículo derecho (PTDVD) y se produce su dilatación. Por ello se dice que el ventrículo derecho es más una bomba de volumen, porque se adapta mejor a los cambios de volumen que de presión. Una vez que el ventrículo derecho se dilata, afecta de forma negativa a su estructura, pero puede ser capaz, si la poscarga se ha incrementado lentamente, de hipertrofiarse y no desarrollar disfunción ventricular derecha durante años.

Cuando la poscarga se incrementa de forma aguda o el ventrículo derecho aumenta su diámetro interno, se produce una disminución de su fracción de eyección y, por consiguiente, del flujo pulmonar. Además, esta dilatación implica un cambio anatómico que, por el fenómeno de la interdependencia ventricular explicada anteriormente, supone un desplazamiento del tabique interventricular hacia el lado izquierdo, disminuyendo la precarga del ventrículo izquierdo. Esto condiciona una reducción del gasto cardíaco, con descenso de la presión arterial, y una disminución de la perfusión coronaria, que da lugar a fracaso tanto del ventrículo derecho como del izquierdo.

La dilatación del ventrículo derecho también condiciona el desarrollo de arritmias. La arteria coronaria derecha irriga los nódulos auriculoventricular y sinusal en un 80 % y un 60 % de los casos, respectivamente. Cabe recordar que el flujo en el ventrículo derecho es continuo, se realiza tanto en sístole y diástole, de modo que es más sensible a la isquemia cuando aumenta la tensión parietal del ventrículo. Esta isquemia, a su vez, puede provocar arritmias secundarias.

Otro aspecto importante que destacar, como consecuencia de la dilatación del ventrículo derecho, es que se produce un aumento de la presión en la aurícula derecha mayor que en la izquierda, lo que condiciona un cortocircuito derecha-izquierda, en el caso de que el foramen oval se encuentre permeable (20-25 % de población general). Este cortocircuito, si es de magnitud suficiente, causa hipoxemia como manifestación clínica típica.

FRACASO DEL VENTRÍCULO DERECHO

Causas de fracaso ventricular en paciente con ventilación mecánica

Las causas más frecuentes de fracaso ventricular son:

- Alteraciones de la contractilidad: isquemia por aumento de la tensión parietal ventricular,
- Aumento brusco de poscarga:
 - Hipoxemia.
 - Hipercapnia.
 - Atelectasias.
 - Neumotórax.
- Sobrecarga aguda de volumen.

Sospecha intraoperatoria de fracaso del ventrículo derecho



Durante una cirugía se debe sospechar fracaso ventricular derecho o biventricular ante la presencia de:

- Hipoxemia.
- Arritmias.
- Aumento de la presión venosa central.
- Disminución de la presión arterial y del gasto cardíaco.

Cuando se produce una disfunción del ventrículo derecho, el primer efecto observado es su dilatación; aparece isquemia del miocardio y disminuye la contractilidad. Se reduce el flujo sanguíneo pulmonar y se produce un desplazamiento del tabique interventricular hacia la izquierda, que compromete el llenado del ventrículo izquierdo y disminuye el gasto cardíaco sistémico (**Fig. 53-1**).

Es preciso evitar el aumento de la poscarga y las alteraciones de la contractilidad. Cuando se asocian los dos mecanismos, la insuficiencia del ventrículo derecho es muy grave y puede ser refractaria si no se consigue reducir la poscarga sin disminuir la presión sistémica ni la presión de perfusión coronaria.

ACTUACIÓN ANESTÉSICA PARA EL MANEJO DE ESTAS SITUACIONES



Optimizar la hemodinámica del ventrículo derecho es la primera prioridad: ajustar la precarga, disminuir su poscarga y mejorar la perfusión coronaria. Conseguir dichos objetivos con un solo tratamiento farmacológico es difícil y en general se requiere la asociación de más de un fármaco.

La dobutamina, la milrinona y el isoproterenol son fármacos de uso frecuente para mejorar la contractilidad del ventrículo derecho y disminuir la poscarga. El levosimendán mejora la contractilidad y disminuye la poscarga del ventrículo derecho, pero sin dosis de carga su efecto clínico tarda 4-5 horas.

A continuación se repasarán brevemente los fármacos más útiles para dicha situación.

Vasodilatadores pulmonares

Es fundamental su administración precoz para el tratamiento del fracaso del ventrículo derecho. Esto posibilita el desarrollo de estrategias para la prevención y el manejo precoz de estos enfermos. Se debe comenzar con la identificación de pacientes de alto riesgo y una adecuada valoración prequirúrgica, intraoperatoria y postoperatoria del ventrículo derecho (**Tabla 53-1**).

Óxido nítrico

El óxido nítrico disminuye las resistencias vasculares pulmonares y mejora la función ventricular. Desde su descubrimiento como factor relajante derivado del endotelio en 1987,

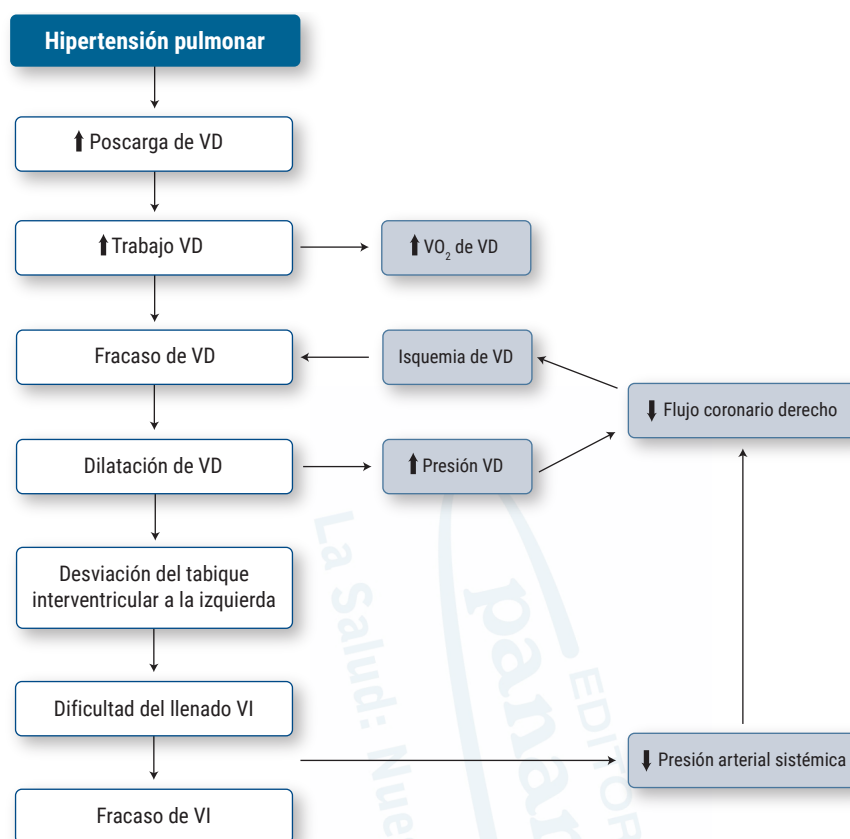


Figura 53-1. Fisiopatología del fracaso del ventrículo derecho (VD). VI: ventrículo izquierdo.

la comprensión de su papel biológico ha experimentado un avance notable. En los últimos 20 años ha quedado claro que el óxido nítrico endógeno es un elemento fundamental en la regulación de la presión y el flujo sanguíneo, la respuesta inflamatoria y la neurotransmisión. Desde su aprobación en 1999 por la *Food and Drug Administration* (FDA), su aplicación se ha ido extendiendo, y actualmente se utiliza tanto en

las hipoxemias refractarias a cualquier otro tratamiento en el síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA) (aunque su indicación es cuestionada hoy en día) como en la prevención del fracaso ventricular derecho, en la desconexión del *bypass* extracorpóreo y en el fracaso primario del injerto en el trasplante de pulmón. La indicación más establecida es el tratamiento de la hipertensión pulmonar reversible.

Tabla 53-1. Vasodilatadores pulmonares inhalados

Fármacos y dosis	Observaciones	Farmacodinamia
Óxido nítrico inhalado (1-20 ppm) $t_{1/2}$ = 2-6 s Aumenta GMPc	Administración continua por escasa $t_{1/2}$ Produce hipertensión pulmonar de rebote al retirarlo Requiere control de toxicidad clínica (metahemoglobina, dióxido de nitrógeno)	Disminuye RVP Poca repercusión en PAS Mejora ventilación/perfusión Mejora oxigenación arterial
Iloprost (10-20 μ g) $t_{1/2}$ = 20-30 min Aumenta AMPc	Administración cada 3-4 h Fácil aplicación y logística a través de nebulizador ultrasónico	Disminuye RVP Poca repercusión en PAS Mejora ventilación/perfusión Mejora oxigenación arterial
Milrinona 0,25-1 μ g/kg/min Inhibición de fosfodiesterasa III Aumenta AMPc		Disminuye RVP Poca repercusión en PAS Mejora ventilación/perfusión Mejora oxigenación arterial
Nitroglicerina 2,5 μ g/kg/min Donante de óxido nítrico Aumenta GMPc		Disminuye RVP Poca repercusión en PAS Mejora ventilación/perfusión Mejora oxigenación arterial

AMPc: AMP cíclico; GMPc: GMP cíclico; PAS: presión arterial sistólica; RVP: resistencia vascular pulmonar; $t_{1/2}$: vida media.

RECUADRO 53-2. Efectos adversos de la administración de óxido nítrico

- La mezcla de óxido nítrico y oxígeno produce dióxido de nitrógeno (NO₂). El NO₂ puede provocar inflamación de las vías aéreas y daño del tejido pulmonar. Por ello es necesario monitorizar el NO₂ y mantenerlo siempre < 0,5 ppm.
- Hipoxemia por metahemoglobina (MetHb). Cuando el óxido nítrico inhalado se une a la hemoglobina se produce metahemoglobina (dosis-dependiente). Se recomienda monitorizar la MetHb durante las primeras 4-8 horas de iniciada la administración de óxido nítrico inhalado y diariamente mientras continúe el tratamiento. Se producen efectos deletéreos cuando la MetHb es < 5 %, en cuyo caso se debe suspender o disminuir la dosis de óxido nítrico inhalado.

Sin embargo, la administración de óxido nítrico inhalado puede asociarse a una serie de efectos adversos (**Recuadro 53-2**).

El óxido nítrico inhalado se considera el vasodilatador pulmonar selectivo por excelencia; sin embargo, también se dispone de otros vasodilatadores con efecto selectivo en la circulación pulmonar cuando se administran por vía inhalatoria.

Prostaglandinas

A diferencia de otras prostaglandinas (como la PGE₁), la PGI₂ no se inactiva en la circulación pulmonar, sino que se produce y libera hacia la circulación sistémica por las células endoteliales de la vasculatura pulmonar.

La PGI₂ produce una potente vasodilatación de todos los lechos vasculares, pero cuando se administra de forma inhalada actúa sólo sobre la vasculatura pulmonar, relajando los vasos de forma independiente a su tamaño. La PGI₂ es el inhibidor de la agregación plaquetaria más potente, e inhibe también la adhesión de los leucocitos a la pared endotelial. Durante las reacciones inflamatorias se produce la activación de la PGI₂, pero dicha acción se ejerce de forma fundamentalmente intravenosa.

Otros vasodilatadores pulmonares

La nitroglicerina y la milrinona causan vasodilatación pulmonar selectiva cuando se administran por nebulización, si bien esta vía de administración está fuera de ficha técnica. La ventaja de su administración inhalada es que reducen la presión arterial pulmonar sin causar hipotensión sistémica, ni alteraciones en la relación ventilación/perfusión.

Vasodilatadores sistémicos

El sildenafil es un inhibidor de la fosfodiesterasa 5, que ha demostrado su eficacia por vía oral y constituye un fármaco imprescindible tanto en el tratamiento pretrasplante como en el postoperatorio inmediato. Desde hace pocos años se dispone del sildenafil intravenoso que, administrado en perfusión, en dosis bajas, ayuda en la desconexión del óxido nítrico inhalado.

Para adecuar los fármacos en una situación de fracaso del ventrículo derecho, es necesario diferenciar diversas situaciones:

- **Con resistencias vasculares sistémicas (RVS) elevadas.** En esta situación, la milrinona puede ser un fármaco ideal por sus efectos sobre la disminución de las RVP, ya que los inhibidores de la fosfodiesterasa III tienen un potente efecto vasodilatador asociado a un efecto inotrópico positivo. Actualmente se desaconseja administrar dosis de carga por su tendencia a que se produzcan hipotensiones importantes. Asociada a dobutamina se ha mostrado eficaz en pacientes con disfunción ventricular moderada o grave. El levosimendán también es un fármaco de primera elección en esta situación de RVS elevadas. Tampoco hoy se recomienda administrar dosis en bolo intravenoso.
- **Con RVS bajas.** La asociación de dobutamina y noradrenalina o adrenalina puede ser la primera opción terapéutica. En estos casos es interesante iniciar el tratamiento con óxido nítrico inhalado para evitar el aumento de las RVP provocado por las catecolaminas. El óxido nítrico inhalado no actúa sobre las RVS. Además de disminuir las RVP por su efecto vasodilatador pulmonar, mejora la relación ventilación/perfusión y la oxigenación del paciente al disminuir el *shunt* pulmonar, debido a que dilata únicamente los vasos que se encuentran en contacto con el fármaco.
- **Con resistencias vasculares pulmonares (RVP) elevadas.** Cuando las RVP se encuentran elevadas es útil añadir un vasodilatador pulmonar: óxido nítrico o prostaglandinas inhaladas o, si las RVS lo permiten, un vasodilatador sistémico: sildenafil o prostaglandinas intravenosas, para favorecer la disminución de la impedancia del ventrículo derecho.
- **Con RVP elevadas y RVS bajas.** En el fracaso del ventrículo derecho es la situación más frecuente. El óxido nítrico inhalado es el fármaco más eficaz junto con las prostaglandinas inhaladas para disminuir las RVP sin afectar las RVS. Una buena combinación puede ser adrenalina en dosis bajas más dobutaminas asociadas a óxido nítrico inhalado más prostaglandinas. Si fuera necesario para mantener una presión arterial media adecuada, se administraría noradrenalina.

Otros fármacos utilizados son nitroprusiato, nitroglicerina y milrinona inhalados. Actúan principalmente sobre las RVP, afectando poco a las RVS.

El levosimendán es un fármaco con acción inotrópica y vasodilatadora. A través de su actuación directa sobre la troponina C, aumenta la sensibilidad de las proteínas contráctiles del miofilamento al calcio. Esta acción provoca un aumento de la contractilidad miocárdica sin elevar la cantidad del calcio intracelular y, por lo tanto, sin aumentar el consumo de oxígeno miocárdico (a diferencia de lo que ocurre en el tratamiento con catecolaminas). Por otro lado, el levosimendán estimula los canales de potasio dependientes del adenosintrifosfato, lo que produce vasodilatación arterial y venosa y disminuye la poscarga.

Otros efectos atribuidos a este fármaco son su actividad inhibitoria de la fosfodiesterasa III en dosis altas, los efectos antiaturdimiento en el miocardio postisquémico y la inhibición de la apoptosis miocítica.

La administración de levosimendán y prostaglandinas puede disminuir la presión arterial, lo que obliga frecuentemente a la combinación con inotrópicos vasopresores como la noradrenalina.

En caso de persistir el deterioro hemodinámico a pesar del uso de fármacos combinados, es necesaria la implantación de un dispositivo mecánico de soporte. El retraso del implante de una asistencia ventricular aumenta la mortalidad del paciente.

Oxigenación por membrana extracorpórea como asistencia cardiorrespiratoria

Uno de los sistemas ventriculares más usados como método de asistencia cardiorrespiratoria en la actualidad es la oxigenación con membrana extracorpórea (ECMO) (**Recuadro 53-3**).



La experiencia clínica del equipo médico-quirúrgico mejora los resultados, reduce las complicaciones y ofrece un soporte cardiopulmonar suficiente. Es fundamental una indicación temprana para evitar las complicaciones que supone una disfunción ventricular derecha mantenida. Su utilización en caso de *shock* secundario al fracaso ventricular permite ganar tiempo para una evaluación clínica adecuada a la hora de tomar decisiones.

El implante de ECMO se utiliza como técnica de rescate para el manejo de la hipertensión pulmonar antes y después

RECUADRO 53-3. Características de la oxigenación por membrana extracorpórea

- Posibilidad de acceso percutáneo (posibilidad del implante en la cama del paciente, sin necesidad de traslado al quirófano).
- Proporciona soporte respiratorio y circulatorio.
- Flujo máximo 7 l/min.
- Precisa anticoagulación (tiempo de coagulación activada 180-200 segundos).
- Duración de la asistencia hasta 14 días.

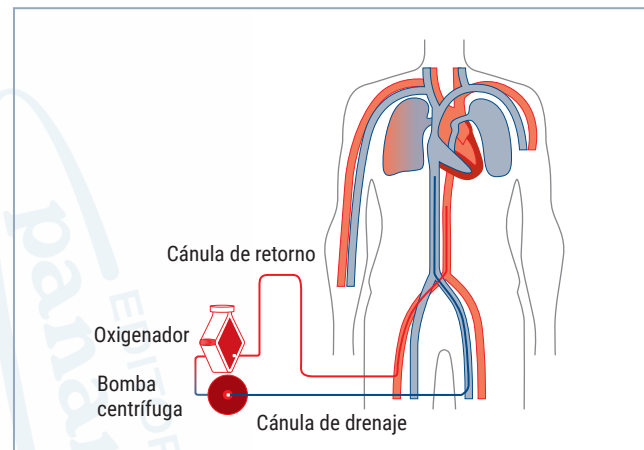


Figura 53-2. Esquema de una oxigenación por membrana extracorpórea venoarterial.

de la cirugía, cuando las restantes estrategias farmacológicas y médicas no han sido eficaces (**Fig. 53-2**).



PUNTOS CLAVE

- El ventrículo derecho difiere del ventrículo izquierdo en estructura, función y comportamiento. El conocimiento de estas diferencias ayuda al anestesiólogo al manejo de su disfunción.
- El ventrículo derecho tolera mejor los cambios de volumen de acuerdo con la ley de Frank-Starling. Cuando la precarga es excesiva, se producirá su dilatación.
- El ventrículo derecho tolera muy mal incrementos bruscos de poscarga. El incremento de las resistencias vasculares pulmonares aumenta la presión telediastólica del ventrículo derecho y produce también dilatación.
- La dilatación del ventrículo derecho supone, por el fenómeno de interdependencia ventricular, un desplazamiento del tabique interventricular hacia la izquierda, con disminución de la precarga del ventrículo izquierdo y descenso del gasto cardíaco.
- La dilatación del ventrículo derecho ocasiona un aumento de la presión de la aurícula derecha superior al de la presión de la aurícula izquierda, lo que condiciona un cortocircuito derecha-izquierda que cursará con hipoxia clínica si existe un foramen oval permeable.
- Ante el fracaso del ventrículo derecho se debe ajustar la precarga, disminuir la poscarga y mejorar la perfusión coronaria.
- Es fundamental el mantenimiento de una presión arterial media adecuada.
- Suelen ser necesarios varios fármacos para optimizar el ventrículo derecho: vasodilatadores pulmonares y en algunos casos sistémicos, inodilatadores y vasoconstrictores. El conocimiento de los fármacos y de las peculiaridades de la situación clínica es esencial para una correcta elección.
- Ante el fracaso mantenido del ventrículo derecho se debe valorar de forma precoz la colocación de una asistencia ventricular.

BIBLIOGRAFÍA

- Abel FL, Waldhausen JA. Effects of alterations in pulmonary vascular resistance on right ventricular function. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1967; 54: 886-94.
- Arrigo M, Huber LC, Winnik S et al. Right ventricular failure: pathophysiology, diagnosis and treatment. *Card Fail Rev* 2019; 5: 140-6.
- Buckberg G, Hoffman JI. Right ventricular architecture responsible for mechanical performance: unifying role of ventricular septum. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2014; 148: 3166-171.e4.
- Champion HC, Michelakis ED, Hassoun PM. Comprehensive invasive and noninvasive approach to the right ventricle-pulmonary circulation unit: state of the art and clinical and research implications. *Circulation* 2009; 120: 992-1007.
- Friedberg MK, Redington AN. Right versus left ventricular failure: differences, similarities, and interactions. *Circulation* 2014; 129: 1033-44.
- Gibson G, Blumer V, Mentz RJ, FACC. Universal definition and classification of heart failure: a step in the right direction from failure to function. American College of Cardiology. Expert analysis, 2021.
- Guazzi M, Naeije R. Pulmonary hypertension in heart failure: pathophysiology, pathobiology, and emerging clinical perspectives. *J Am Coll Cardiol* 2017; 69: 1718-34.
- Haddad F, Doyle R, Murphy DJ, Hunt SA. Right ventricular function in cardiovascular disease, part II: pathophysiology, clinical importance, and management of right ventricular failure. *Circulation* 2008; 117: 1717-31.
- Haddad F, Hunt SA, Rosenthal DN, Murphy DJ. Right ventricular function in cardiovascular disease, part I: anatomy, physiology, aging, and functional assessment of the right ventricle. *Circulation* 2008; 117: 1436-48.
- Iskandrian AS, Hakki AH, Ren JF et al. Correlation among right ventricular preload, afterload and ejection fraction in mitral valve disease: radionuclide, echocardiographic and hemodynamic evaluation. *J Am Coll Cardiol* 1984; 3: 1403-11.
- James TN. Anatomy of the crista supraventricularis: its importance for understanding right ventricular function, right ventricular infarction and delated conditions. *J Am Coll Cardiol* 1985; 6: 1083-95.
- Kapur NK, Paruchuri V, Jagannathan A et al. Mechanical circulatory support for right ventricular failure. *JACC Heart Fail* 2013; 1: 127-34.
- Konstam MA, Cohen SR, Salem DN et al. Comparison of left and right ventricular end-systolic pressure-volume relations in congestive heart failure. *J Am Coll Cardiol* 1985; 5: 1326-34.
- MacNee W. Pathophysiology of cor pulmonale in chronic obstructive pulmonary disease: part one. *Am J Respir Crit Care Med* 1994; 150: 883-52.
- Mehra MR, Park MH, Landzberg MJ, Lala A, Waxman AB; International Right Heart Failure Foundation Scientific Working Group. Right heart failure: toward a common language. *J Heart Lung Transplant* 2014; 33: 123-6.
- Pieri M, Pappalardo F, Impella RP in the treatment of right ventricular failure: what we know and where we go. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2018; 32: 2339-43.
- Ricci F, Mele D, Bianco F et al. Right heart-pulmonary circulation unit and cardiac resynchronization therapy. *Am Heart J* 2017; 185: 1-16.
- Sheehan F, Redington A. The right ventricle: anatomy, physiology and clinical imaging. *Heart* 2008; 94: 1510-5.
- Strueber M, O'Driscoll G, Jansz P et al. Multicenter evaluation of an intrapericardial left ventricular assist system. *J Am Coll Cardiol* 2011; 57: 1375-82.
- Tedford RJ. Determinants of right ventricular afterload (2013 Grover Conference Series). *Pulm Circ* 2014; 4: 211-9.
- Verbelen T, Claus P, Burkhoff D et al. Low-flow support of the chronic pressure-overloaded right ventricle induces reversed remodeling. *J Heart Lung Transplant* 2018; 37: 151-60.
- Yancy CW, Jessup M, Bozkurt B et al. Guideline for the management of heart failure: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation* 2013; 128: 1810-52.
- Zaffran S, Kelly RG, Meilhac SM, Buckingham ME, Brown NA. Right ventricular myocardium derives from the anterior heart field. *Circ Res* 2004; 95: 261-8.

ENLACES

www.ventilacionanestesia.com