

Manuale di ventilazione meccanica

Dalla fisiologia alla pratica clinica

Manuel Herrera Carranza

Doctor en Medicina, Universidad de Sevilla.

Especialista en Medicina Intensiva,

Hospital Virgen del Rocío, Sevilla.

Jefe del Servicio de Cuidados Críticos y Urgencias, Jubilado,

Hospital Universitario Juan Ramón Jiménez, Huelva.

Edizione italiana a cura di **Lorenzo Ball** e **Chiara Robba**

Presentazione di **Giacomo Grasselli**

Con il coordinamento editoriale di Jacopo D'Andria Ursoleo

Traduzione di Carlotta Delmastro

PICCIN

Titolo originale:
Ventilación Mecánica para novales. Desde la fisiología pulmonar al manejo del respirador
The original Spanish language work has been published by:
Editorial Médica Panamericana, S.A.

Madrid, Spain
Copyright © 2025, EDITORIAL MÉDICA PANAMERICANA, S.A.

Opera coperta dal diritto d'autore - Tutti i diritti sono riservati, inclusi quelli relativi a TDM (text and data mining), al training dell'intelligenza artificiale e/o di tecnologie similari.

Questo testo contiene materiale, testi ed immagini, coperto da copyright e non può essere copiato, riprodotto, distribuito, trasferito, noleggiato, licenziato o trasmesso in pubblico, venduto, prestato a terzi, in tutto o in parte, o utilizzato in alcun altro modo, compreso l'uso per TDM, training dell'intelligenza artificiale e/o tecnologie similari, o altrimenti diffuso, se non previa espressa autorizzazione dell'Editore. Qualsiasi distribuzione o fruizione non autorizzata del presente testo, così come l'alterazione delle informazioni elettroniche, costituisce una violazione dei diritti dell'Editore e dell'Autore e sarà sanzionata civilmente e penalmente secondo quanto previsto dalla L. 633/1941 e ss.mm.

AVVERTENZA

Poiché le scienze mediche sono in continua evoluzione, benché siano stati compiuti tutti gli sforzi necessari per pubblicare dati e informazioni affidabili, l'Editore non si assume alcuna responsabilità legale per eventuali errori od omissioni contenuti in questo volume. Né l'Editore né gli Autori o Collaboratori possono ritenersi responsabili per qualsiasi conseguenza e/o per qualsiasi lesione o danno a persone, animali o cose derivanti dall'applicazione delle informazioni contenute in quest'opera. L'Editore desidera precisare che qualsiasi opinione espressa in questo libro dai singoli Autori o Collaboratori è personale e non riflette necessariamente il punto di vista/l'opinione dell'Editore. Le informazioni o le indicazioni contenute in questo libro sono destinate all'uso da parte di professionisti del settore sanitario e/o scientifico e sono fornite esclusivamente come integrazione del giudizio del medico o di altri professionisti, della loro conoscenza dell'anamnesi del paziente, delle istruzioni del produttore e delle linee guida appropriate. Qualsiasi informazione o consiglio su dosaggi, procedure o diagnosi deve essere verificata in modo autonomo sotto stretta sorveglianza specialistica e attenendosi alle istruzioni per l'uso e alle controindicazioni contenute nei foglietti illustrativi. Questo libro non indica se un particolare trattamento sia appropriato o adatto a un determinato individuo. In ultima istanza, è responsabilità esclusiva del professionista sanitario formulare il proprio giudizio professionale, in modo da consigliare e trattare i singoli pazienti in modo adeguato.

Il nome di società o prodotti commerciali può corrispondere a ragioni sociali, marchi o marchi registrati ed è utilizzato esclusivamente per l'identificazione da parte del lettore e per la spiegazione dei concetti e dei case studies senza alcun intento pubblicitario o di utilizzo in violazione alla normativa vigente.

ISBN 978-88-299-3681-6

Presentazione dell'edizione italiana

La conoscenza e la corretta gestione della ventilazione meccanica sono competenze fondamentali nella cura dei pazienti critici, ma possono apparire complesse per chi vi si avvicina per la prima volta. Le numerose modalità ventilatorie disponibili, i parametri da impostare e le diverse tecniche di monitoraggio possono disorientare chi ha poca esperienza. Per acquisire le competenze necessarie serve innanzitutto una buona conoscenza della fisiopatologia respiratoria, applicata quotidianamente al letto del paziente.

Il manuale di Manuel Herrera Carranza offre un aiuto concreto a chi affronta questo percorso. Il testo è ben scritto e si legge con facilità, anche nei passaggi dedicati agli argomenti più complessi. Le spiegazioni guidano il lettore dai principi fisiologici fino all'impostazione del ventilatore, con il supporto di figure e tabelle che facilitano lo studio e la comprensione della materia. L'edizione italiana affianca alla traduzione dell'opera spagnola due capitoli originali, che ne completano i contenuti ampliando l'offerta formativa.

Ho apprezzato l'organizzazione del volume, che segue l'intero percorso del paziente: dalla scelta del trattamento alla sua impostazione, dal monitoraggio alla gestione delle complicanze, fino allo svezzamento dalla ventilazione meccanica. Questo consente al lettore di acquisire dimestichezza con ogni aspetto del supporto respiratorio, in relazione alle condizioni del paziente e agli obiettivi della cura.

Consiglio questo libro ai medici in formazione, agli infermieri e a tutti i professionisti che si avvicinano alla ventilazione meccanica. È un testo da studiare, ma anche da riprendere in mano quando la pratica clinica fa emergere nuovi dubbi. Mi auguro che aiuti i lettori a comprendere meglio ciò che osservano al letto del paziente e a confrontarsi con più consapevolezza con i colleghi di maggiore esperienza.

Giacomo Grasselli

Professore Ordinario di Anestesiologia

Dipartimento di Fisiopatologia Medico-Chirurgica e dei Trapianti

Università degli Studi di Milano La Statale

Presentazione

Scrivere la presentazione di un libro è sempre motivo di profonda soddisfazione. Tale soddisfazione deriva, da un lato, dal riconoscimento e dall'affetto che l'autore manifesta nei confronti di chi scrive la presentazione e, dall'altro, dal grande piacere che procura annunciare un'opera nuova, diversa e singolare in tutto e per tutto.

In questo caso, entrambe le premesse trovano ampia conferma nel trattato che ho il piacere di presentare ai lettori. Potrei riassumerlo in questa breve frase: non è un nuovo libro, ma un "libro nuovo". Ma ciò rischierebbe di offuscare le luci che illuminano questo testo, perché *Manuale di ventilazione meccanica* è un manuale necessario per rendere accessibili a specializzandi di discipline quali Medicina Intensiva, Anestesia o Pneumologia e ai professionisti di Medicina Interna, Pronto Soccorso ed Emergenze, Medicina di Famiglia e Comunitaria, le basi fisiopatologiche per avvicinarsi appieno a una risorsa così indispensabile in medicina come è la gestione di un ventilatore.

Leggendo il titolo qualcuno potrebbe pensare che si tratti di un'opera minore, ma la realtà è ben altra. Dall'inizio della ventilazione meccanica, il 26 agosto 1952, quando il Dottor Ibsen applicò una pressione positiva a una bambina durante l'epidemia di poliomielite che colpì la Danimarca, le strategie, i concetti e le macchine si sono evoluti notevolmente. Questo libro chiarisce le possibili aree di mistero e di esclusività dell'uso della ventilazione meccanica, solitamente riservata agli addetti ai lavori, e ne consente l'accesso grazie alla conoscenza progressiva e dettagliata che guida il lettore, passo dopo passo, seguendo la struttura del testo: "comprendere, applicare, mantenimento della ventilazione meccanica, gestione dei problemi clinici e liberazione dalla ventilazione meccanica", il tutto supportato dal rigore didattico e da un'iconografia accattivante e completa.

Il "modello di riferimento" di questo trattato è il suo autore. Il Dottor Herrera Carranza è uno specialista in Medicina Intensiva e Medicina Interna, è stato primario del Servicio de Cuidados Críticos y Urgencias dell'Hospital Universitario Juan Ramón Jiménez di Huelva e ha sempre dimostrato una dedizione speciale alla ventilazione meccanica, come attestano la pubblicazione di quattro manuali, sedici capitoli e numerosi articoli su riviste scientifiche nazionali e internazionali. Si è dedicato inoltre all'arresto cardiorespiratorio, alle aritmie cardiache, al miglioramento della qualità dell'assistenza e alla gestione delle emergenze ospedaliere. È anche un grande docente, come dimostra la sua presenza costante presso la Escuela Andaluza de Salud Pública, la Escuela Universitaria de Enfermería di Huelva, l'Universidad Internacional de Andalucía e la Fundación IAVANTE de la Consejería de Salud de la Junta de Andalucía.

Il corollario che traduce la sua profonda vena umanistica, aspetto che non può mancare in nessun grande medico, è la sua attività divulgativa attraverso

libri, articoli e conferenze nazionali e internazionali sull'affascinante opera dei grandi medici dell'epoca andalusa (Maimónides, Avenzoar, Abulcasis, Ibn Jatima, Al-Kattani), al fine di mantenere viva la loro preziosa eredità scientifica e far conoscere i loro contributi più rilevanti e originali alla storia della medicina.

Carlos Ortiz Leyba

Académico de número de la Real Academia de Medicina de Sevilla.

Especialidad en Medicina Intensiva.

Profesor Asociado de Medicina de la Universidad de Sevilla.

Director del programa docente del Real e Ilustre Colegio de Médicos de Sevilla.

Prefazione

La ventilazione meccanica (VM) è una tecnica di supporto vitale che ha rivoluzionato la medicina. Attorno ad essa sono nate le unità di terapia intensiva (UTI), che hanno permesso di trattare pazienti con insufficienza respiratoria acuta grave e altre insufficienze organiche critiche con indici di sopravvivenza ragionevoli; allo stesso modo, la VM ha contribuito allo sviluppo di tecniche chirurgiche sempre più audaci ed efficaci. Non cura la malattia di base, ma supporta la funzione respiratoria, guadagnando tempo affinché la terapia eziologica possa modificarne il decorso. Il progresso tecnologico, i ventilatori da trasporto e, in particolare, l'ascesa della ventilazione non invasiva applicata con maschera facciale senza via aerea artificiale hanno ampliato il suo ambito assistenziale al di fuori dell'UTI e della sala operatoria fino al pronto soccorso ospedaliero, alle emergenze primarie (UTI mobile), ai servizi di pneumologia, alle aree di risveglio o rianimazione post-chirurgica e a varie unità di degenza come le cure intermedie, i reparti di alta dipendenza, ecc.

Questa espansione ha aumentato e diversificato il personale medico e infermieristico che necessita di formazione e addestramento specifico: intensivisti, anestesisti, pneumologi, medici di pronto soccorso, internisti, ecc. Questi specialisti devono padroneggiare i metodi di assistenza respiratoria precedenti e successivi alla ventilazione meccanica (VM), sia invasiva che non invasiva (NIV), quali l'ossigenoterapia convenzionale, l'ossigenoterapia nasale ad alto flusso (HFNO) e la pressione positiva continua delle vie aeree (CPAP). La recente pandemia di COVID-19 causata dal virus SARS-CoV-2 ha moltiplicato esponenzialmente il numero di pazienti con insufficienza respiratoria grave che necessitavano di VM e ha costretto a elaborare piani di emergenza e ad allestire e attrezzare, in modo temporaneo, nuovi spazi ospedalieri come UTI allestite per l'emergenza. Di conseguenza, si è reso necessario assumere e formare personale inesperto nella gestione dei pazienti che necessitavano di VMI, NIV, HFNO, CPAP, ecc. Gli epidemiologi ritengono che probabilmente ci saranno nuove ondate di questo o altri virus che metteranno nuovamente alla prova il sistema sanitario nazionale.

Come si può dunque ottenere una curva di apprendimento rapida? Quali conoscenze essenziali devono essere trasferite al personale neoassunto o a quello di "riserva sanitaria"? Ci sono due idee chiave che i numerosi corsi tenuti su questo argomento mi hanno rivelato. La prima è che la VM affonda le sue radici in *principi fisiologici*, che sono quelli che guidano la pratica clinica; se non si comprendono i concetti di base della fisiopatologia respiratoria, la gestione dei ventilatori si riduce a regole empiriche o a ricette automatiche non ragionate. L'altra è che tutto ciò che riguarda l'operatività di routine della VM, ad esempio indicazioni, impostazione dei parametri,

sorveglianza, monitoraggio, effetti avversi, adattamento, miglioramento degli scambi gassosi, svezzamento, ecc., ha una *metodologia* di approccio e di presa di decisioni. Senza questi due strumenti c'è insicurezza; con essi, un medico è meglio preparato a effettuare gli opportuni aggiustamenti della VM man mano che le condizioni del paziente cambiano nel tempo. Pertanto, per assistere un paziente con insufficienza respiratoria acuta (IRA) sottoposto a VM non solo bisogna sapere *cosa fare*, ma anche *come e perché lo si fa*. Con questa strategia didattica, i capitoli del manuale sono stati raggruppati e ordinati in cinque sezioni generiche sulla VM: “Comprendere”, “Applicare”, “Mantenimento della ventilazione meccanica”, “Gestione dei problemi clinici” e “Liberazione dalla ventilazione meccanica”. Allo stesso modo, ho deciso di inserire alcuni *consigli* sotto forma di raccomandazioni che spero siano utili ed evitino gli errori più comuni. Se questo libro aiuterà in questo compito didattico, il suo obiettivo sarà raggiunto.

Infine, desidero ringraziare José María Rodríguez Rodríguez per il suo inestimabile aiuto e contributo alla progettazione delle illustrazioni di questo libro.

Manuel Herrera Carranza

Edizione italiana

Curatori

Lorenzo Ball

Professore Associato di Anestesiologia
Dipartimento di scienze chirurgiche e diagnostiche integrate
Università di Genova

Chiara Robba

Professoressa Associata di Anestesiologia
Dipartimento di scienze chirurgiche e diagnostiche integrate
Università di Genova

Con la collaborazione di

Simon Corrado Serafini
Anestesia e Rianimazione, Ospedale Santa Corona di Pietra Ligure

Coordinamento editoriale di

Jacopo D'Andria Ursileo
IRCCS Ospedale San Raffaele, Milano

Indice generale

SEZIONE I. COMPRENDERE

1

1. **La ventilazione meccanica: un nuovo sistema respiratorio (I)**.....3
Fisiologia degli scambi gassosi: anidride carbonica e ossigeno
2. **La ventilazione meccanica: un nuovo sistema respiratorio (II)**.....15
Condizionamento dei gas e interazione sicura tra paziente e ventilatore
3. **Il primo approccio con un ventilatore**.....25
Struttura e funzionamento di base
4. **Le modalità di ventilazione meccanica invasiva e non invasiva**.....39
Come avviene l'interazione paziente-ventilatore
5. **La macchina di anestesia**.....45
Conoscere il ventilatore della sala operatoria
Capitolo redatto da Simon Corrado Serafini e Lorenzo Ball e aggiunto per la presente edizione italiana

SEZIONE II. APPLICARE

53

6. **La gestione dell'insufficienza respiratoria acuta**.....55
L'approccio terapeutico graduale: dall'ossigeno alla ventilazione invasiva
7. **Ossigenoterapia convenzionale e ad alto flusso nasale**.....65
Il primo trattamento dell'insufficienza respiratoria acuta
8. **Pressione positiva continua nelle vie aeree**.....75
Supporto a pressione positiva e reclutamento senza ventilazione meccanica
9. **La decisione di sottoporre un paziente a ventilazione meccanica**.....85
Obiettivi e indicazioni della ventilazione meccanica invasiva e non invasiva
10. **Primum non nocere**.....93
Effetti avversi e complicanze della ventilazione meccanica invasiva e non invasiva
11. **Programmazione della ventilazione meccanica invasiva**.....101
Scelta e regolazione dei parametri del ventilatore
12. **Programmazione della ventilazione meccanica non invasiva**.....111
Interfaccia e protocollo di applicazione della ventilazione bilevel non invasiva

13. Una ventilazione meccanica per ogni patologia respiratoria.....	121
<i>Impostazioni specifiche nel paziente con polmone normale, ostruttivo e restrittivo</i>	
14. Sindrome da distress respiratorio acuto.....	131
<i>Aumentare la superficie alveolare utile senza arrecare danno</i>	
15. La ventilazione meccanica in sala operatoria.....	143
<i>Impostazione e individualizzazione del supporto respiratorio durante l'anestesia</i>	
Capitolo redatto da Simon Corrado Serafini e Lorenzo Ball e aggiunto per la presente edizione italiana	

SEZIONE III. MANTENIMENTO DELLA VENTILAZIONE MECCANICA 147

16. Sorveglianza e monitoraggio della ventilazione meccanica.....	149
<i>Verificare l'efficacia, individuare e prevenire le complicanze</i>	
17. Il monitoraggio grafico della ventilazione meccanica.....	161
<i>Curve respiratorie, valutazione respiratoria fisiologica ed ecografia toracica di base</i>	
18. Assistenza al paziente con supporto respiratorio.....	169
<i>Soddisfare i bisogni primari del paziente ventilato</i>	

SEZIONE IV. GESTIONE DEI PROBLEMI CLINICI 179

19. Problemi clinici nella ventilazione meccanica.....	181
<i>Classificazione, origine, cause, identificazione e gestione</i>	
20. Sedazione e analgesia del paziente in ventilazione meccanica.....	195
<i>Farmaci ipnotici, analgesici e miorilassanti</i>	
21. Trasporto del paziente in ventilazione meccanica.....	203
<i>Come effettuare un trasferimento in sicurezza</i>	

SEZIONE V. LIBERAZIONE DALLA VENTILAZIONE MECCANICA 209

22. La sospensione della ventilazione meccanica: tempistica e approccio.....	211
<i>Requisiti, criteri e tecniche di svezamento dal ventilatore</i>	

Bibliografia	223
--------------------	-----

Acronimi e abbreviazioni

- A/C**: assistita/controllata.
AD: atrio destro.
ADH: ormone antidiuretico.
APRV: ventilazione con rilascio di pressione nelle vie aeree (*airway pressure release ventilation*).
ARDS: sindrome da distress respiratorio acuto.
ASV: ventilazione a supporto adattivo (*adaptive support ventilation*).
ATC: compensazione automatica del tubo tracheale.
Auto-PEEP: pressione positiva intrinseca di fine espirazione (*intrinsic positive end expiratory pressure*).
BDZ: benzodiazepina.
BPCO: broncopneumopatia cronica ostruttiva.
C: *compliance*.
CaO₂: contenuto di ossigeno nel sangue arterioso.
Cdin: *compliance* dinamica.
CFR: capacità funzionale residua.
CO₂: anidride carbonica.
CPAP: pressione positiva continua nelle vie aeree (*continuous positive airway pressure*).
CPT: capacità polmonare totale.
Csr: *compliance* del sistema respiratorio.
Cst: *compliance* statica.
Ctot: *compliance* dinamica totale.
CV: capacità vitale.
CVF: capacità vitale forzata.
D (A-a)O₂: differenza alveolo-arteriosa di ossigeno.
DO₂: trasporto di ossigeno.
ECG: elettrocardiogramma.
ECMO: ossigenazione extracorporea a membrana.
EMG: elettromiografia.
EMGdi: elettromiografia diaframmatica.
EPA: edema polmonare acuto.
EPAP: pressione positiva espiratoria delle vie aeree (*expiratory positive airways pressure*).
Fc: frequenza cardiaca.
FEM: flusso espiratorio massimo.
FEV₁: volume espiratorio forzato in 1 secondo (*forced expiratory volume in 1 s*).
FI: flusso inspiratorio.
fi: fuga interna.
FI_{max}: flusso inspiratorio massimo.
FiO₂: frazione inspiratoria di ossigeno.
FR: frequenza respiratoria.
GC: gittata cardiaca.
HA: umidità assoluta.
HCO₃⁻: bicarbonato.
HFNO: ossigenoterapia nasale ad alto flusso.
HR: umidità relativa.
I:E: rapporto inspirazione-espirazione.
IMV: ventilazione mandatoria intermittente (*intermittent mandatory ventilation*).
IOT: intubazione orotracheale.
IPAP: pressione positiva inspiratoria delle vie aeree (*inspiratory positive airways pressure*).
IPPV: ventilazione a pressione positiva intermittente (*intermittent positive pressure ventilation*).
IRA: insufficienza respiratoria acuta.
IRC: insufficienza respiratoria cronica.
IRV: ventilazione con rapporto inverso inspirazione/espirazione (*inverse ratio ventilation*).
MP: potenza meccanica (*mechanical power*).
N₂: azoto.
NAVA: ventilazione meccanica regolata neuralmente (*neurally adjusted ventilatory assist*).
NIV: ventilazione non invasiva.
O₂: ossigeno.
OHS: sindrome da obesità e ipoventilazione (*obesity hypoventilation syndrome*).
P: pressione.
P_{0,1}: pressione di occlusione delle vie aeree.
Pa/c: pressione assistita/controllata.
P_A: pressione alveolare.
P_ACO₂: pressione alveolare di anidride carbonica.

- PaCO₂**: pressione arteriosa di anidride carbonica.
- PAF**: fattore di attivazione piastrinica (*platelet-activating factor*).
- P_AO₂**: pressione alveolare dell'ossigeno.
- PaO₂**: pressione parziale dell'ossigeno nel sangue arterioso.
- PAP**: pressione arteriosa polmonare.
- PAS**: pressione arteriosa sistolica.
- PAV**: ventilazione assistita proporzionale (*proportional assisted ventilation*).
- Paw**: pressione delle vie aeree.
- PB (o P_{Atm})**: pressione atmosferica o barometrica.
- PC**: pressione controllata.
- PCa/c**: pressione controllata assistita/controllata.
- PCP**: pressione capillare polmonare.
- PCR**: arresto cardiorespiratorio.
- PEEP**: pressione positiva di fine espirazione (*positive end expiratory pressure*).
- PEEP_e**: pressione positiva di fine espirazione estrinseca (*extrinsic positive end expiratory pressure*).
- PEEP_i**: pressione positiva di fine espirazione intrinseca (*intrinsic positive end expiratory pressure*).
- PEF**: flusso espiratorio massimo o di picco (*peak expiratory flow*).
- Pel**: pressione di ritorno elastico polmonare o resistenza elastica.
- PE_{max}**: pressione espiratoria massima.
- P_{et}CO₂**: pressione di anidride carbonica espiratoria finale (*end-tidal CO₂ pressure*).
- PI**: pressione inspiratoria.
- PI_{max}**: pressione inspiratoria massima.
- Pins**: pressione inspiratoria.
- P_{mus}**: pressione muscolare.
- P_{picco}**: pressione di picco.
- Ppl**: pressione pleurica.
- P_{plat}**: pressione di plateau o di pausa post-inspiratoria.
- P_{plat}**: pressione di *plateau*.
- Pres**: pressione resistiva delle vie aeree.
- PRVC**: volume controllato regolato dalla pressione.
- PS**: pressione di sostegno.
- PSV**: ventilazione a pressione di supporto.
- P_{tot}**: pressione totale.
- P_{tp}**: pressione transpolmonare.
- Pvent**: pressione del ventilatore.
- PVR**: resistenza vascolare polmonare.
- Q**: perfusione polmonare.
- R**: quoziente respiratorio.
- Raw**: resistenza delle vie aeree (*airway resistance*) o al flusso d'aria.
- R_{rs}**: resistenza del sistema respiratorio.
- SaO₂**: saturazione arteriosa di ossigeno.
- SIMV**: ventilazione mandatoria intermittente sincronizzata (*synchronized intermittent mandatory ventilation*).
- SIMV-PS**: ventilazione mandatoria intermittente sincronizzata con pressione di supporto.
- SLA**: sclerosi laterale amiotrofica.
- SNC**: sistema nervoso centrale.
- SpO₂**: saturazione di ossigeno misurata tramite pulsossimetria.
- SvO₂**: saturazione venosa mista di ossigeno.
- SVR**: resistenza vascolare sistemica.
- Te**: tempo espiratorio.
- τ_e**: costante di tempo espiratoria.
- TET**: tubo endotracheale.
- Ti**: tempo inspiratorio.
- T_{tot}**: tempo del ciclo totale ($T_{tot} = T_i + T_e$).
- UTI**: unità di terapia intensiva.
- V/Q**: rapporto ventilazione/perfusione.
- V**: volume.
- V_A**: ventilazione alveolare o volume alveolare minuto.
- VAP**: polmonite associata a ventilazione meccanica.
- VC**: volume controllato.
- Vc**: volume corrente.
- VCa/c**: volume controllato assistito/controllato.
- VCO₂**: produzione di anidride carbonica.
- Vd/Vt**: rapporto volume dello spazio morto-volume corrente.
- Vd**: volume dello spazio morto (*dead*).
- VEMS**: volume espiratorio massimo nel primo secondo.
- Vm**: ventilazione minuto.
- V_{Ma}/c**: ventilazione meccanica assistita-controllata.
- VMI**: ventilazione meccanica invasiva.
- VO₂**: consumo di ossigeno.
- VR**: volume residuo.
- VRE**: volume di riserva espiratoria.
- VRI**: volume di riserva inspiratoria.