VENTILACIÓN MECÁNICA: CONCEPTOS BÁSICOS Y ESTADO ACTUAL

Dr. Francisco Javier Ruza Tarrío
Profesor Emérito. Facultad de Medicina. UAM

Objetivos Clínicos Globales

1. Mantener el intercambio de gases **sin causar LPIV**:

- Oxigenar → ↑ PaO_2
  - Indicación → hipoxemia (PaO_2 < 70 mmHg) con FiO_2 > 0,5
  - Objetivo → evitar la hipoxia tisular usando $FiO_2 \leq 0,6$
    - Oxigenación arterial suficiente (PaO_2 > 60 mmHg y $SatO_2 \approx 90$ %)

- Eliminar CO_2 → ÷ $PaCO_2$
  - Indicación → Hipovent. aguda → $PaCO_2$ > 55-60 mmHg
  - Objetivo : mantener ventilación alveolar
    - Normalizar la $PaCO_2$ ó
      mantenerla con valores aceptables (hipercapnia permisiva)

Objetivos Clínicos Prácticos

1. Ofertar oxígeno a la célula
2. Limpiar y eliminar el CO_2 de su metabolismo

- Proceso integral completo (Respiración)

Ventilación pulmonar (Ventilación)

↑ ↓

Transporte sanguineo (Qt)

↑ ↓

Perfusión tisular (Célula)

Sistemas actuales de Ventilación

Amplitud de posibilidades

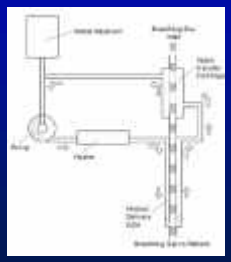
Más sencillas:
Oxigenoterapia

Más complejas:
NAVA
VAFO

Hemodinámico-Respiratorias
ECMO veno-venoso

Sistemas de Alto Flujo: Vapotherm ®

Vapotherm 2000i :
diagrama del circuito



Aplicación clínica

Sistemas de Alto Flujo

Dispositivo Alto Flujo
Vapotherm®

Dispositivo Alto Flujo
Fisher&Paykel®

Preparación en la UCIP

Sistemas de Alto Flujo

Posibles mecanismos de actuación del Alto Flujo

- A nivel Naso-Faríngeo:
  - *Disminución del VD.*
  - *Reducción de la resistencia inspiratoria*
- A nivel pulmonar:
  - *Aumento de la CRF.*
  - *Freno al flujo espiratorio.*
  - *¿Genera efecto CPAP?*
- Reducen el trabajo respiratorio.
- Disminución de la energía calentamiento y humidificación del gas inspirado.

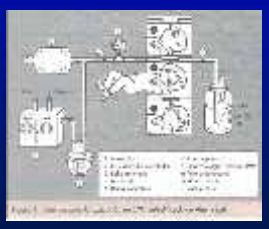
Dysartk et al:Respiratory Medicine 2008;103:1400-5

CPAP (Presión Positiva Continua en Vía Aérea)

Respiración espontanea con un aporte constante de gas a presión superior a la atmosférica (>3 cms H_2O)

Efectos: Mejora Oxigenación
- Aumento de la CRF
- Mejora la VA/Qp
- Mejora la difusión

Controles:
FiO_2, $SatO_2$ y PO_2;
Presión en vía aérea
Temp. y humidificación del gas



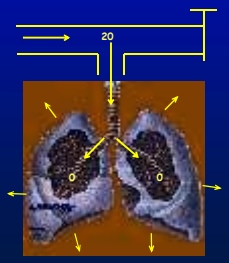
Sistemas actuales de Ventilación

Sistemas predominantes en la ventilación mecánica
Sistemas de Presión Positiva Continua en la vía Aérea (CPAP)
Sistemas de alto flujo
- Vapotherm o similar
Sistemas de ventilación no invasiva (VNI)
Presión Positiva Intermitente convencional
- Ventilación en controlada
- Ventilación Asistida/Controlada
- Ventilación Mandatoria Intermitente Sincronizada
- Presión de Soporte (complementario en las VM con componente de V. espontánea)
Sistemas auto - regulados
- Ventilación adaptada al paciente . MMV . Automode
- Ventilación por estimulación desde el frénico . NAVA
- VAFO
Otros métodos de Oxigenación
- ECMO con Qt garantizado

Fundamento de la Ventilación Mecánica

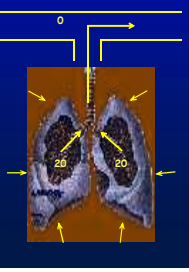
Fase inspiratoria:

Gradiente de presión positiva (20 cms) "vía aérea proximal - alveolo" con entrada de aire.



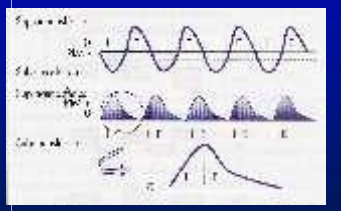
Fase espiratoria:

Gradiente invertido "alveolo - vía aérea proximal" con salida del aire.

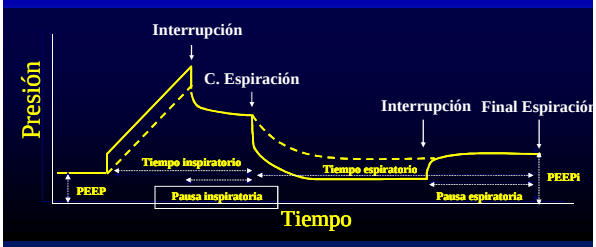


Comparación Respiración espontanea y PPI

- En respiración espontánea: ondas bifásicas
- En PPI: solamente hay ondas positivas
- La PIM en PPI es positiva
  (⬇ retorno venoso; posible repercusión hemodinámica)

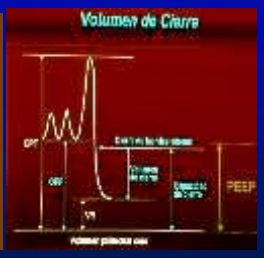


Curva presión-tiempo en la ventilación por Volumen

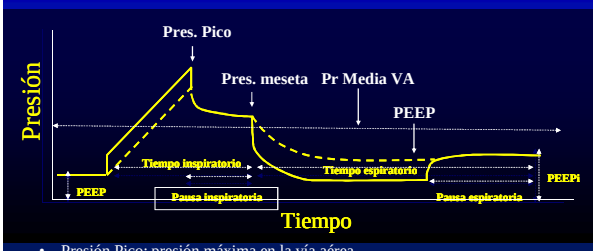


- La línea continua representa la presión en la vía aérea
- La línea discontinua representa la presión alveolar
- Las pausas inspiratoria y espiratoria se generan tras la oclusión de la vía aérea: Flujo cero

Repercusión de la PEEP sobre la CRF y sobre VA/QP



Curva presión-tiempo en la ventilación por Volumen



- Presión Pico: presión máxima en la vía aérea
- Presión meseta: representa la presión alveolar (flujo cero)
- PEEP: presión al final de la espiración (aumento de la CRF)

Sistemas actuales de Ventilación

Sistemas predominantes en la ventilación mecánica

Sistemas de Presión Positiva Continua en la vía Aérea (CPAP)
Sistemas de alto flujo
- Vapotherm o similar

Sistemas de ventilación no invasiva (VNI)
Presión Positiva Intermitente convencional
- Ventilación en controlada
- Ventilación Asistida/Controlada
- Ventilación Mandatoria Intermitente Sincronizada
- Presión de Soporte (complementario en las VM con componente de V. espontánea)

Sistemas auto - regulados
- Ventilación adaptada al paciente
  - . MMV
  - . Automode
- Ventilación por estimulación desde el frénico
  - . NAVA
- VAFO

Otros métodos de Oxigenación
- ECMO con Qt garantizado

Sistemas actuales de Ventilación

NAVA

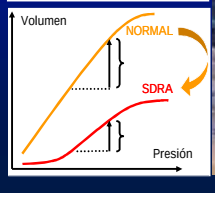
Inventor
PhD Christer Sinderby

Sistemas actuales de Ventilación

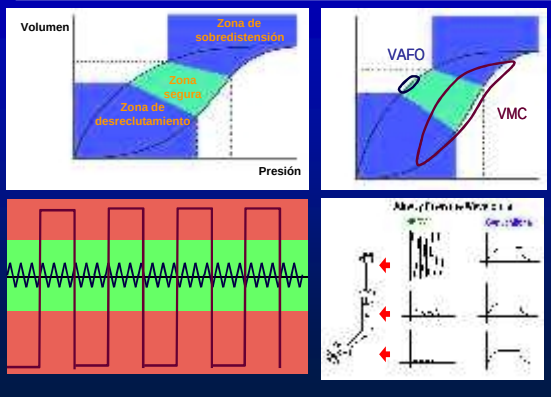
Actividad eléctrica diafragmática (Edi)

Sistemas actuales de Ventilación

VAFO



Sistemas actuales de Ventilación



¿ Cuando aplicar VMC en 2015 ?

•*VMC* no exenta de riesgos y efectos adversos:

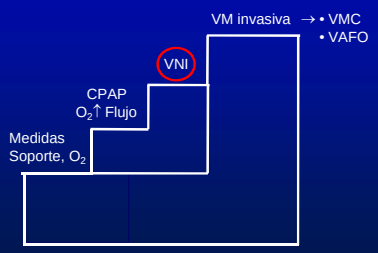
- Infección nosocomial
- Daño traqueal y pulmonar
- Inestabilidad hemodinámica
- Necesidad de sedación
- Disfunción digestiva
- Retención hídrica

} ↑ Tiempo de ingreso y morbi-mortalidad

• Su indicación depende de los "***objetivos clínicos***" a conseguir.

• Estos objetivos deben ser tenidos en cuenta para iniciarla y para retirarla tan pronto como sea posible.

Técnicas de soporte ventilatorio en UCIP



¿ Cuando aplicar VNI ?

"…. hay mucho que ganar y poco que perder con un ensayo de VNI. Para ello, estos pacientes deben ser cuidadosamente monitorizados por un equipo motivado y bien entrenado en Cuidados Intensivos, porque su situación puede deteriorarse rápidamente y el riesgo de retrasar la intubación no es aceptable".

Elliot, 2003

Predictive factors for the outcome of noninvasive ventilation in pediatric acute respiratory failure

Juan Ignacio Muñoz Bonet, Eva M. Flor Macián, Juan Brines, Patricia M. Roselló Millet, M. Cruz Llopis, José L. López-Prats, Silvia Castillo

Pediatr Crit Care Med 2010 Vol. 11, No. 6: 675-680

Sistemas actuales de Ventilación

¿ Cual es la ventaja de la Ventilación Mecánica No Invasiva (VNI)?

Evitar las complicaciones por:

- **Pérdida de los mecanismos de defensa de la VA**
- **la intubación y VM convencional (VMC)**
- **la extubación**

VNI en la IRA pediátrica

	Estudio (n)	Ventilador/ modo	Interfase	IPAP (rango)	EPAP (rango)	IT (%)
Muñoz-Bonet (2010)	P (47)	Evita 2Dura (CPAP/BIPAP+PS)	Buconasal	**19 ï 2.7 (15 - 25)**	**6 ï 1.2 (4 - 9)**	**19.1**
Bernet (2005)	P (42)	Evita 4 (CPAP/BIPAP+PS)	Nasal/ Buconasal	**- (8-18)**	**- (4-10)**	**43**
Padman (1998)	P (34)	Específico [a] (BIPAP S ó S/T)	Nasal	**10 (5-20)**	**4.3 (2-10)**	**8.8**
Thill (2004) IRA (OVB)	P (20)	Específico [a] (BIPAP-S ó S/T)	Nasal / Buconasal	**10**	**5**	**5**
Piastra (2006) Reagudiz IRC	P (10)	Servo 300	Buconasal/ Helmet	**18,5ï4 (12-25)**	**6,3ï2,4 (4-12)**	**20**
Essouri (2006)	R (114)	Evita 2Dura (CPAP+PS)	Nasal/ Buconasal	**15 ï 3 (10-22)**	**6 ï 1 (4-9)**	**27**
Fortenberry (1995)	R (28)	Específico (BIPAP-S)[a]	Nasal	**12 (8-16)**	**6 (5-8)**	**10.7**
Medina (2005)	R (24)	Específicos y convencionales*	Variadas	**16.3ï4.1 (11-25)**	**7.5ï2.1 (4-12)**	**20.8**
Ottonello (2007)	R (20)	Servo 300 y específicos	Nasal o Buconasal	**(14-20)**	**(4-8)**	**25**

VNI en la IRA pediátrica

	Estudio (n)	Ventilador/ modo	Interfase	IPAP (rango)	EPAP (rango)	IT (%)
Muñoz-Bonet (2010)	P (47)	Evita 2Dura (CPAP/BIPAP+PS)	Buconasal	19 ï 2.7 (15 - 25)	6 ï 1.2 (4 - 9)	19.1
Bernet (2005)	P (42)	Evita 4 (CPAP/BIPAP+PS)	Nasal/ Buconasal	- (8-18)	- (4-10)	43
Padman (1998)	P (34)	Específico [a] (BIPAP S ó S/T)	Nasal	10 (5-20)	4.3 (2-10)	8.8
Thill (2004) IRA (OVB)	P (20)	Específico [a] (BIPAP-S ó S/T)	Nasal / Buconasal	10	5	5
Piastra (2006) Reagudiz IRC	P (10)	Servo 300	Buconasal/ Helmet	18,5 ï 4 (12-25)	6,3 ï 2,4 (4-12)	20
Essouri (2006)	R (114)	Evita 2Dura (CPAP+PS)	Nasal/ Buconasal	15 ï 3 (10-22)	6 ï 1 (4-9)	27
Fortenberry (1995)	R (28)	Específico (BIPAP-S)[a]	Nasal	12 (8-16)	6 (5-8)	10.7
Medina (2005)	R (24)	Específicos y convencionales*	Variadas	16.3 ï 4.1 (11-25)	7.5 ï 2.1 (4-12)	20.8
Ottonello (2007)	R (20)	Servo 300 y específicos	Nasal o Buconasal	(14-20)	(4-8)	25

Ventilación No Invasiva

Criterios de Selección pacientes Agudos

Síntomas y signos de distrés agudo

- Disnea moderada a severa
- FR aumentada
- Uso musculatura resp. accesoria o respiración paradójica

Alteraciones del intercambio gaseoso: IRA

- Hipoxémica (tipo 1): PaO_2 <60 torr ó $SatO_2$ <90% con FiO_2 >0,5
- PaO2 / FiO2 < 200
- IRA Hipercapnica (tipo 2): PaCO2 > 50 mm Hg, pH < 7,35

Ventilación No Invasiva

Criterios de Exclusión pacientes Agudos

- Parada respiratoria
- Inestabilidad hemodinámica
- Incapacidad para proteger la vía aérea
- Secreciones excesivas
- Agitación o falta de cooperación
- Problemas naso-faciales: traumas, quemaduras, malformaciones

Ventilación No Invasiva

Factores Predictivos pronósticos en la VNI en FRA en niños

- 47 pacientes.
- 9 precisaron IET (19%) entre 3ª y 87ª horas (33,6±29,6 hs).
- La evolución clínica de la VMNI se asoció:
  - *Menor edad* (p<0,04)
  - *SDRA* (p= 0,013)
  - *Empeoramiento R-X Tórax a 24 y/o 48-72 hs* (p<0,001)
  - *Menor descenso FC:2ª y 4ª h. post-VMNI* (p<0,001)
  - *Menor descenso PCO_2: 2ª y 4ª h. post-VMNI* (p<0,007)

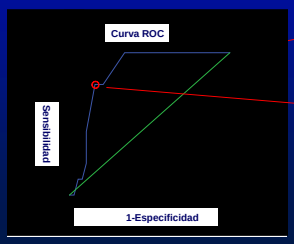
- *Análisis multivariante: Solo discriminaron éxito/fracaso de la VMNI*
  - *PMA máxima: < 11,5 $cmsH_2O$*
  - *F_iO_2 < 0,57*

•Muñóz Bonet JI et al: PCCM; 2010;11:675-80

VNI: Predicción éxito/fracaso

Análisis discriminante

	Tamaño efecto	Potencia prueba
PM máxima	32%	99,4%
FiO_2 asist. máx.	17,3%	85%

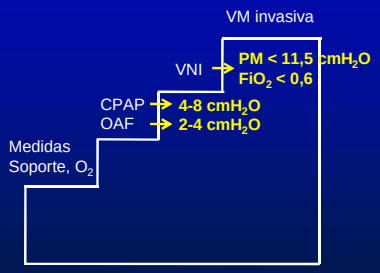


PM máx.: 11,5 cmH_2O
(S 88,9%, E 81,6%)

FiO_2 asist. máx: 0,57
(S 77,8 %, E 84,2 %)

Muñoz Bonet JI et al: PCCM 2010;11:675-80

¿ Cuando aplicar VMC ?



Muñoz Bonet JI et al: PCCM 2010;11:675-80

¿ Como aplicar la VMC en 2015 ?

Objetivo → mejorar resultados mediante cambio estrategia ventilación:

Optimizar ventilación y oxigenación → Protección pulmonar

↓ LPIV

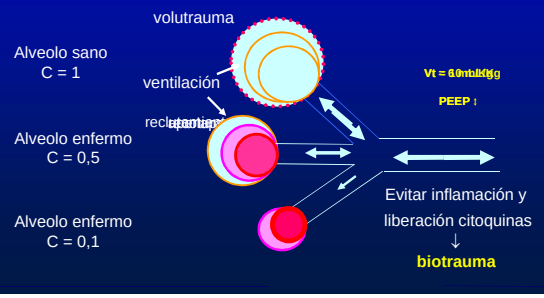
(histopatología ≈ LPA → edema, membranas hialinas, inflamación)

- Barotrauma (Medicine 1944) → Fugas aéreas
- Volutrauma (A Rev Resp Dis 1988)
  - ↑ P con Vt ↓ (no estiramiento) → no edema
  - ↑ P con Vt ↑ (estiramiento) → edema, daño alv. difuso
- Atelectrauma (apertura y cierre repetido)

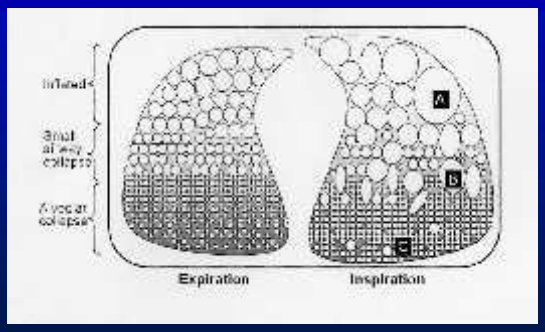
} BIOTRAUMA (inflamación local y sistémica) → SDMO

Estrategia de protección pulmonar

- Evitar sobredistensión alveolar → **baro-volutrauma**
- Evitar recolapso alveolar → **atelectrauma**

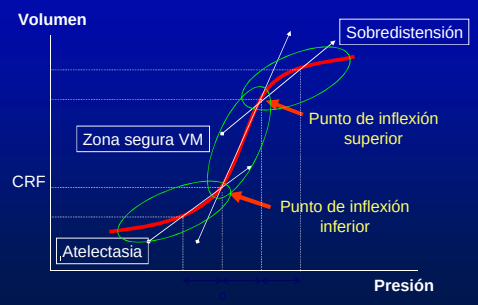


Estrategia de protección pulmonar

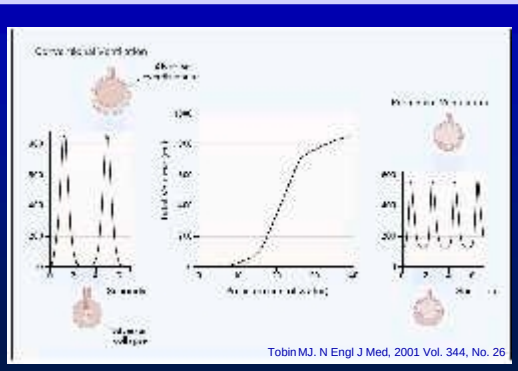


Curva de Complianza Estática

Puntos de inflexión (Rama Inspiratoria)

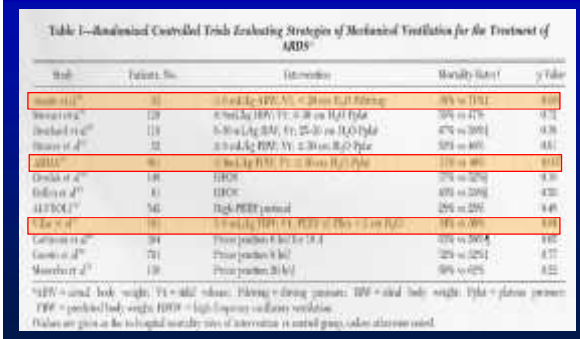


Estrategia de protección pulmonar



Tobin MJ. N Engl J Med, 2001 Vol. 344, No. 26

Estrategia de protección pulmonar
Ensayos clínicos



Estrategia de protección pulmonar
Vt bajo vs Vt convencional

	Vt bajo	vs	Vt convencional	
• Vt	6,2 ± 0,8		11,8 ± 0,8 mL/kg	P<0,001
• Pmeseta	25 ± 6		33 ± 8 cmH_2O	P<0,001
• FR	29 ± 7		16 ± 6 rpm	P<0,05

CONCLUSIONES - 4

En pacientes con ALI / ARDS la VM con Vt bajos y Pm < de 30 cmH_2O disminuyó la mortalidad e incrementó los días sin ventilación mecánica.

N Engl J Med 2000; 342: 1301-8

¿Cómo aplicar la VMC en el paciente pediátrico?

1. ¿PIP / P. meseta? → **P. transpulmonar** = P. meseta – P. pleural
   mejor indicador de sobredistensión
   (ojo → esfuerzo importante del paciente aumenta la Ptp)

⇩

Pm < 30 cmH_2O, Gradiente P < 20 cmH_2O

2. **Vt** → ajustar según Pm
   - Pm < 25 cmH_2O → Vt 8-10 mL/kg
   - Pm 25-30 cmH_2O → Vt 6-7 mL/kg
   - Pm > 30 cmH_2O → Vt 4-5 mL/kg

¿Cómo calcular el Vt? → Peso Corporal Ideal ⇒ tallar a los niños

¿Cómo aplicar la VMC en el paciente pediátrico?

3. **PEEP** → Niveles de PEEP habituales (5-10 cmH_2O)
   → Puede programarse más alto en los pacientes más graves (SDRA)

⇩

Terapia de rescate

4. **Maniobras de reclutamiento**
   - **¿Cuándo?** → valorar cuando pueda esperarse mejoría
     - ARDS extrapulmonar (sepsis)
     - 1ªs 72 h de evolución (fase exudativa)
     - Pacientes con Vt bajo y PEEP normal
     - Posición en decúbito supino
     - Complianza pared torácica conservada
     - Tras desreclutamiento por desconexión y aspiración ET

¿Cómo aplicar la VMC en el paciente pediátrico?

Ingreso paciente IET, VMC, .. → Estabilización Ajustes tto → Mejoría Liberación + animación

Liberación → despertar al enfermo
Animación → movilizar al enfermo

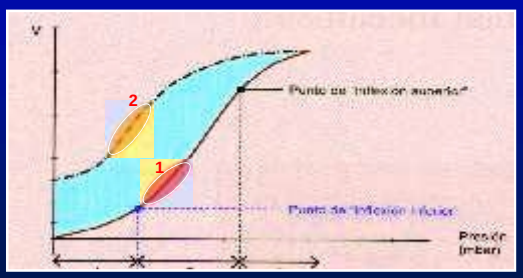
⇩

A B C D E de la recuperación en UCI

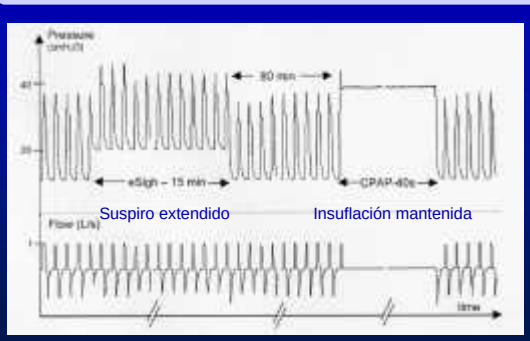
- A → Awakening → ↓ sedación tan pronto como sea posible
  - BZD → Mórficos → Haloperidol, Dexmedetomidina
  - Vacaciones sedación
- B → Breathing → participación del paciente → retirar ventilación
- C → Content → contenido, acompañamiento familiar, terapia ocupacional
- D → Delirium monitoring
- E → Early exercise → movilización temprana, ejercicio

¡¡ Muchas gracias por la atención !!

Pulmón abierto: Maniobras de reclutamiento
(Ventilación sobre la rama espiratoria de la Curva P-V)



Pulmón abierto: Maniobras de reclutamiento



¿Cómo aplicar la VMC en el paciente pediátrico?

4. Maniobras de reclutamiento

- **Complicaciones:**
  - Caída del GC e hipotensión
  - ↓ Perfusión cerebral (no en HTEC)
  - LPIV → Baro-volutrauma (NTX, neumomediastino)
  - Biotrauma → translocación bacteriana, lib citoquinas proinflamat

- **¿Cómo aplicarlas?** → evitar sobredistensión
  - No sobrepasar punto inflexión superior (máx→ Pm programada)
  - Suspiro extendido → útil para reconocer PEEP óptima
  - No repetir si ausencia mejora en oxigenación y complianza

⇩

Terapia de rescate