



Revisión

Retirada de la ventilación mecánica en pediatría. Estado de la situación

Jorge Valenzuela^{a,b,*}, Patricio Araneda^b y Pablo Cruces^{b,c}^a Facultad de Medicina Clínica Alemana, Universidad del Desarrollo, Santiago, Chile^b Área de Cuidados Críticos, Hospital Padre Hurtado, Santiago, Chile^c Centro de Investigación de Medicina Veterinaria, Escuela de Medicina Veterinaria, Facultad de Ecología y Recursos Naturales, Universidad Andres Bello, Santiago, Chile

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 18 de noviembre de 2012

Aceptado el 4 de febrero de 2013

On-line el 29 de marzo de 2013

Palabras clave:

Ventilación mecánica

Destete

Extubación

Pediatría

RESUMEN

La retirada de la ventilación mecánica es una de las temáticas con mayor volumen y solidez en medicina basada en la evidencia en adultos gravemente enfermos. La protocolización del destete y la interrupción diaria de la sedación han sido instauradas, reduciendo la duración de la ventilación mecánica y la morbilidad asociada en esta población. En pediatría la información reportada es menos consistente, propiciando que el destete y la extubación no cuenten aún con criterios de inicio objetivos y reproducibles. Diversos índices han sido desarrollados para predecir el resultado del destete; sin embargo, estos no han logrado reemplazar el juicio clínico, aunque algunas mediciones complementarias pudieran facilitar esta decisión.

© 2012 SEPAR. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

Weaning From Mechanical Ventilation in Paediatrics. State of the Art

ABSTRACT

Weaning from mechanical ventilation is one of the greatest volume and strength issues in evidence-based medicine in critically ill adults. In these patients, weaning protocols and daily interruption of sedation have been implemented, reducing the duration of mechanical ventilation and associated morbidity. In paediatrics, the information reported is less consistent, so that as yet there are no reliable criteria for weaning and extubation in this patient group. Several indices have been developed to predict the outcome of weaning. However, these have failed to replace clinical judgement, although some additional measurements could facilitate this decision.

© 2012 SEPAR. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Keywords:

Mechanical ventilation

Weaning

Extubation

Paediatric

Introducción

La ventilación mecánica (VM) es una terapia de soporte vital que busca mantener una adecuada ventilación alveolar y un intercambio gaseoso efectivo en pacientes críticamente enfermos. El porcentaje de pacientes pediátricos hospitalizados en unidades de cuidados intensivos (UCI) que requieren VM varía entre el 30 y el 64%¹. Si bien la VM mejora la sobrevida en estos pacientes, esta puede producir complicaciones tales como daño pulmonar², neumonía asociada a VM³ y disfunción del ventrículo derecho⁴, por lo que su desconexión debe realizarse tan pronto como el paciente sea capaz de sostener su respiración espontánea.

La desconexión del respirador mecánico incluye en un sentido amplio dos situaciones completamente diferentes aunque relacionadas: el descenso progresivo de la asistencia respiratoria (destete) y la remoción del tubo endotraqueal (extubación).

El destete puede ser definido como la reducción gradual del soporte respiratorio, asignando un tiempo de respiración espontánea que permita al paciente asumir la responsabilidad de un intercambio gaseoso aceptable⁵. Este proceso puede durar entre el 40 al 50% del tiempo total de la estancia en VM. Sin embargo, algunos pacientes fracasan, prolongando la permanencia en el respirador. Diversas condiciones fisiopatológicas han sido vinculadas a dicho fracaso, como sobrecarga ventilatoria, disfunción hemodinámica, incompetencia neuromuscular (central y/o periférica), debilidad muscular diafragmática, alteraciones nutricionales y trastornos metabólicos, entre otros⁶. No obstante, identificar el mecanismo predominante sigue representando un desafío para el equipo tratante, ya que este habitualmente es complejo y multifactorial.

* Autor para correspondencia.

Correos electrónicos: jvalenzuela@hurtadohosp.cl, jvalenzuelavasq@gmail.com (J. Valenzuela).

La extubación consiste en la remoción del tubo endotraqueal. Generalmente este momento coincide con la determinación de que el paciente es capaz de mantener un intercambio gaseoso efectivo sin soporte del respirador o con un soporte adicional mínimo. Sin embargo, la extubación presenta predictores de éxito y/o fracaso específicos, los cuales habitualmente están relacionados con la habilidad de protección de la vía aérea, el manejo de secreciones y la permeabilidad de la vía aérea superior⁷.

El término *fracaso de extubación* (FE) representa un conjunto de condiciones que determinan la necesidad de reintubación y restablecimiento de la VM dentro de las primeras 24 a 72 h posteriores al retiro del tubo endotraqueal⁵⁻⁸. En adultos, cerca de 55 estudios (33.000 pacientes aproximadamente) reportan una tasa media de FE del 12,5% (rango, 2-25%). En pediatría, la tasa de FE es igual de heterogénea, y varía entre el 4,9 y el 29%⁹. Existe controversia acerca de la tasa de FE óptima, ya que valores muy reducidos pudieran reflejar la prolongación innecesaria de la VM, lo que derivaría en un aumento del riesgo de neumonía asociada a VM, de la estancia hospitalaria y de la mortalidad. En este sentido, Kurachek et al.⁷ reportaron que el 62,5% de 136 extubaciones no planificadas no requirieron reintubación, por lo que muchos de estos niños pudieron ser extubados antes de lo planeado. En contraposición, valores muy elevados indicarían una extubación prematura, la que se asocia a potenciales morbilidades catastróficas, fundamentalmente hemodinámicas y respiratorias¹⁰. De todas maneras, ambas situaciones pueden incrementar la duración de la VM, la estancia en la UCI y hospitalaria y, por ende, los costos en salud¹¹⁻¹³. De este modo, la decisión tanto de iniciar el proceso de destete así como la extubación deben estar basados en criterios objetivos y reproducibles, lo que en pediatría cuenta con un nivel de evidencia aún limitado.

El objetivo de esta revisión fue analizar la información disponible sobre el destete y la extubación en pediatría, realizando una comparación con los principales estudios de la misma temática en la población adulta. Basándonos en la información actual, sugerimos una forma de abordar esta decisión en niños gravemente enfermos.

Protocolos de destete

La decisión de iniciar el destete depende del cumplimiento de ciertos criterios clínicos, tales como el control de la causa que motivó la conexión a VM, el intercambio gaseoso efectivo, la condición neuromuscular apropiada, el nivel de conciencia adecuado que permita la protección de la vía aérea y un estado hemodinámico estable¹⁴. Habitualmente esta decisión recae en el médico intensivista, quien inicia el proceso cuando sospecha que el destete puede ser exitoso⁶. Sin embargo, la aplicación de protocolos de destete guiados tanto por enfermeras como por terapeutas respiratorios sugiere que la identificación precoz de pacientes en condiciones de realizar un ensayo de respiración espontánea (ERE), a través de la evaluación de criterios clínicos específicos, logra reducir el tiempo de destete, la duración de la VM y la estancia en la UCI en pacientes adultos¹⁵⁻²¹. Uno de los primeros reportes sobre la temática fue realizado por Ely et al.²¹, quienes mostraron que el empleo de una evaluación diaria de ciertos criterios ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \geq 200$, presión positiva al final de la espiración (*positive pressure end-expiratory* [PEEP]) ≤ 5 cmH₂O, presencia del reflejo de tos, relación frecuencia respiratoria/volumen tidal ($\text{FR}/\text{V}_T \leq 105$, sin vasopresores y agentes sedantes) junto a la aplicación del ERE redujo la duración y las complicaciones asociadas a la VM, disminuyendo los costos en salud.

En pediatría, la eficacia de los protocolos de destete aún es controvertida²²⁻²⁴. Schultz et al.²² expusieron que el empleo de un protocolo redujo el tiempo destinado al destete respecto a la intervención guiada por el médico intensivista. Sin embargo, tanto la

Tabla 1

Criterios clínicos para iniciar el destete en pacientes pediátricos sometidos a ventilación mecánica

1.	Resolución o mejoría de la causa de fallo respiratorio
2.	Estabilidad hemodinámica: ausencia o disminución progresiva de fármacos vasoactivos
3.	Nivel de conciencia adecuado (COMFORT ≥ 18)
4.	Esfuerzo respiratorio espontáneo
5.	Suspensión de la sedación
6.	Suspensión de los relajantes musculares al menos 24 h
7.	Ausencia de signos clínicos de sepsis
8.	Reflejo de tos presente
9.	Corrección de desequilibrios metabólicos y electrolíticos importantes
10.	Intercambio gaseoso adecuado con $\text{PEEP} \leq 8$ cmH ₂ O y $\text{FiO}_2 \leq 0,5$

duración de la VM como el tiempo de extubación no mostraron diferencias significativas entre ambos grupos. Un estudio multicéntrico y prospectivo realizado por el grupo de investigación PALISI mostró que el empleo de un protocolo de destete en pacientes pediátricos sometidos a VM, quienes habían experimentado un fracaso de destete previo, no redujo de forma significativa el tiempo de destete, así como tampoco la tasa de FE, en comparación con la intervención estándar. Además, los autores advirtieron que el sobreempleo de fármacos sedantes retrasaba el tiempo de destete. En este estudio sugieren que la evaluación de criterios clínicos específicos, sumada a la interrupción diaria de la sedación, podrían ser medidas efectivas para reducir la duración de la VM en pacientes pediátricos²⁴.

En este sentido, la administración excesiva de fármacos sedantes durante la VM representa una problemática importante, prolongando la estancia en el respirador. En adultos, Kress et al.²⁵ observaron que la interrupción diaria de la sedación no solo redujo la duración de la VM y la estancia en la UCI, sino que además no aumentó la tasa de eventos adversos y permitió una mejor evaluación neurológica. En pediatría, Jin et al.²⁶ reportaron que la implementación de un protocolo de sedación, el cual incluyó la escala COMFORT, redujo la duración de la VM, la estancia en la UCI, la dosis total de sedantes y la incidencia de síndrome de abstinencia. Recientemente, Foronda et al.²⁷ implementaron la estrategia de la evaluación diaria sumada a la aplicación de un ERE en 294 niños sometidos a VM por más de 24 h, logrando reducir la duración de la VM sin aumentar la tasa de FE. Según los autores, las diferencias con los resultados obtenidos por Randolph et al.²⁴ se asociaron a la selección de pacientes, ya que en este último trabajo solo se incluyeron pacientes que habían experimentado un fracaso de destete previo. Por otra parte, cabe señalar que en el estudio de Foronda et al.²⁷, a pesar de que los parámetros programados en el respirador previo a la aplicación del ERE eran relativamente elevados, no representaron un factor de riesgo de FE, por lo que los autores especulan que las diferencias obtenidas entre ambos grupos se podrían atribuir a la aplicación de una evaluación diaria con criterios conservadores y a la reticencia a realizar un ERE en pacientes con asistencia respiratoria elevada, como ocurrió en el grupo control.

En este sentido, creemos que la evaluación diaria a través de parámetros clínicos y funcionales integrados podría abreviar la identificación de pacientes aptos para realizar un ERE²⁸. A pesar de la disparidad en los criterios empleados por diversos autores, en nuestra unidad utilizamos los criterios descritos en la [tabla 1](#).

Técnicas de destete

El método de destete más empleado en pediatría es la reducción gradual de los parámetros del respirador durante una modalidad de ventilación intermitente mandatorio sincronizado (*synchronized intermittent mandatory ventilation* [SIMV])¹. A través de esta práctica, el retiro de la VM se realiza cuando se alcanzan bajos

niveles de frecuencia respiratoria. Además, este modo suele programarse con una presión de soporte, la cual garantiza un volumen tidal específico de acuerdo con las necesidades del paciente y eventualmente tendría la ventaja de aminorar el trabajo respiratorio adicional impuesto por el tubo endotraqueal y el circuito del respirador mecánico^{5,29}. Sin embargo, en adultos se ha evidenciado que este método prolonga la estancia en VM comparado con el empleo del ERE diario y presión de soporte^{30,31}. Esteban et al.³⁰ reportaron que la duración del destete depende de la técnica utilizada, donde la realización diaria de un ERE reduce el tiempo de destete en comparación con el modo de SIMV y presión de soporte. Concomitantemente, 2 estudios mostraron que no todos los niños requieren esta reducción gradual para lograr un destete exitoso^{22,29}.

Métodos de ensayo de respiración espontánea

El ERE es una prueba que se realiza mientras el paciente está intubado y evalúa su tolerancia cardiorrespiratoria para sostener una respiración espontánea con soporte respiratorio mínimo o nulo, permitiendo identificar a los pacientes en condiciones de ser extubados. Durante esta prueba se miden variables asociadas a la fatiga muscular respiratoria y al logro de un intercambio gaseoso efectivo^{27,29,31}. Diversos reportes en pacientes adultos han mostrado que entre el 60 y el 80% de los pacientes en VM pueden ser extubados sin inconvenientes después de tolerar exitosamente un ERE^{13,30-33}.

Los métodos de ERE más empleados son: la presión positiva continua en la vía aérea (*continuous positive airway pressure* [CPAP]), el tubo T y la presión de soporte. En pediatría, la elección del método dependerá fundamentalmente de la experiencia del equipo tratante, ya que no se ha evidenciado que un método sea superior a otro^{29,34}. Sin embargo, un estudio reciente sugiere que el empleo de altos niveles de presión de soporte programados según el diámetro del tubo endotraqueal podría sobrestimar el éxito del ERE en pacientes pediátricos, contribuyendo a elevar la tasa de FE³⁵.

Jones et al.³³ compararon la técnica de CPAP y tubo T durante 60 min en 106 pacientes adultos, no encontrando diferencias en la tasa de FE. Concordantemente, Esteban et al.¹³ no encontraron diferencias entre tubo T y presión de soporte de 7 cmH₂O durante 120 min. Estos resultados fueron además corroborados recientemente por Molina-Saldarriaga et al.³⁶ en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

Farias et al.²⁹ replicaron estos estudios en 257 pacientes pediátricos sometidos a VM por al menos 48 h, sin encontrar diferencias entre tubo T y presión de soporte de 10 cmH₂O, tanto en la tolerancia al ERE como en la tasa de FE. Posteriormente, los mismos autores evaluaron a través de un método similar a 418 pacientes pediátricos, observando que la frecuencia respiratoria (FR), el volumen tidal (V_T), la relación entre FR y V_T indexada al peso (FR/ V_T) y presión inspiratoria máxima (PI_{max}) medidos durante el ERE eran pobres predictores de FE³⁷.

La duración del ERE también es un tema controvertido. La mayoría de los trabajos ha establecido una duración del ERE de 120 min^{13,29,30,32}. Sin embargo, un estudio prospectivo, aleatorio y multicéntrico de 526 pacientes adultos mostró que un ERE de 30 min permite identificar de manera equivalente a un ERE de 120 min a los pacientes en condiciones de extubarse, sin diferencias en la tasa de FE³¹. Por otra parte, Chavez et al.³⁸ utilizaron una modalidad novedosa de ERE, adaptando una bolsa de anestesia de flujo continuo (3 l/min para lactantes y 10 l/min para niños mayores) ajustada para otorgar 5 cmH₂O de CPAP durante 15 min, observando que de 70 pacientes pediátricos, el 7,8% experimentaron FE. Sin embargo, cabe mencionar que los pacientes sometidos a ERE ya se encontraban en condiciones de ser extubados según el criterio del médico intensivista a cargo, por lo que la aplicación del ERE podría haber sido innecesaria.

Índices predictores de fracaso de extubación

En adultos se han estudiado más de 50 predictores de destete, sin embargo solo 5 han mostrado una modesta capacidad de predecir el retiro de la VM (PI_{max} , volumen minuto [V_m], FR, V_T , FR/ V_T)¹⁰. En este sentido, la medición de índices que integran más de una variable, como el FR/ V_T y el índice CROP (del inglés *compliance, resistance, oxygenation, pressure index*) han mostrado ser más precisos respecto a mediciones como la PI_{max} y el V_m , con una capacidad predictiva moderada en adultos³⁹. Sin embargo, estudios en pediatría han reportado que tanto el FR/ V_T como el índice CROP presentan un bajo poder predictivo^{8,40,41}, y solo un trabajo ha mostrado que el índice CROP podría ser útil para predecir el resultado de la extubación⁴². Esta discrepancia podría atribuirse tanto al amplio rango de edad y peso de los pacientes pediátricos, como a la disparidad en el empleo de estos predictores en pediatría respecto a la población adulta^{37,39}.

Thiagarajan et al.⁴³ mostraron que una FR ≤ 45 respiraciones/min (rpm), un $V_T \geq 5,5$ ml/kg, FR/ V_T indexado al peso ≤ 8 rpm/ml/kg e índice CROP $\geq 0,15$ ml/kg/rpm fueron valores de corte para predecir el éxito de la extubación. Por otra parte, Baumeister et al.⁴² emplearon el FR/ V_T y el índice CROP para predecir el éxito de la extubación, mostrando diferentes valores de corte respecto a los reportados por Thiagarajan et al.⁴³ (FR/ $V_T \leq 11$ rpm/ml/kg y el índice CROP $\geq 0,1$ ml/kg/rpm). Contrariamente, Manczur et al.⁴¹ reportaron que las mediciones tanto del V_T como del V_m previo a la extubación fueron más sensibles y específicas respecto a mediciones multivariadas para determinar el pronóstico de la extubación en pacientes pediátricos. Venkataraman et al.⁴⁴ expusieron que el análisis de variables como el V_T , la presión inspiratoria pico, la elasticidad dinámica, el cociente entre el V_T y el tiempo inspiratorio previo a la extubación lograron predecir FE en 312 pacientes pediátricos ventilados por más de 24 h. En concordancia con Manczur et al.⁴¹, los autores observaron que tanto el FR/ V_T como el índice CROP no eran índices útiles para predecir el resultado de la extubación.

Por otra parte, se ha evidenciado que la habilidad para sostener una respiración espontánea durante el destete depende del control respiratorio central, de la capacidad de los músculos inspiratorios y de la carga impuesta sobre ellos⁴⁵⁻⁴⁹. Manczur et al.⁴⁵ observaron que la presión negativa medida posterior a la oclusión de la vía aérea en 0,1 s ($P_{0,1}$) fue más baja en los pacientes pediátricos que experimentaron FE. Este resultado fue atribuido a un pobre control respiratorio central, a la disminución de la fuerza muscular inspiratoria y a la hiperinflación.

Así mismo, trabajos en adultos han mostrado que el índice tensión-tiempo (TTI) y el balance carga/fuerza, que son mediciones relacionadas con la resistencia a la fatiga de los músculos respiratorios, permiten optimizar la precisión en el pronóstico del destete^{47,48}. Sin embargo, estudios en pediatría han revelado resultados contradictorios respecto a la utilidad de estos índices^{46,49,50}. Harikumar et al.⁴⁶ reportaron que la medición de TTI logró una sensibilidad y una especificidad del 100% para predecir FE, con un punto de corte de 0,18. En contraposición, Noizet et al.⁴⁹ señalaron que el TTI, entre otros índices multivariados, fue incapaz de predecir el FE, aludiendo que la principal causa de ineficacia de estos índices se relaciona con el momento de la medición, la cual se realiza cuando el paciente ya se encuentra con criterios para lograr un destete exitoso. Recientemente, Johnston et al.⁵⁰ reportaron que las mediciones de V_T , V_m , PI_{max} y el balance carga/fuerza permitieron predecir FE en pacientes con diagnóstico de bronquiolitis aguda severa. Los valores del balance carga/fuerza fueron significativamente inferiores en el grupo extubado exitosamente respecto al grupo que presentó FE, aunque la capacidad predictiva de este índice fue baja.

En este contexto, los índices univariados aparecen como una mejor alternativa respecto de los índices integrados para predecir

Tabla 2
Índices predictores según el resultado de la extubación y sus valores de corte en pacientes pediátricos

Referencia	Autor principal (año)	Predicción	Índices
42	Baumeister (1997)	Éxito	FR/V _T < 11 rpm/ml/kg CROP ≥ 0,1 ml/kg/rpm
8	Farías (1998)	Fracaso	FR/V _T > 11 rpm/ml/kg V _T ≤ 4 ml/kg
43	Thiagarajan (1999)	Éxito	FR ≤ 45 rpm V _T ≥ 5,5 ml/kg FR/V _T ≤ 8 rpm/ml/kg CROP ≥ 0,15 ml/kg/rpm
41	Manczur (2000)	Fracaso	V _T < 6 ml/kg V _m < 180 ml/kg
44	Venkataraman (2000)	Fracaso	V _T ≤ 3,5 ml/kg
37	Farías (2002)	Fracaso	FR ≥ 45 rpm V _T ≤ 4 ml/kg FR/V _T ≥ 11 rpm/ml/kg P _{I,max} ≤ 20 cmH ₂ O PaO ₂ /FiO ₂ ≤ 200 P _{I,max} ≤ 32,6 cmH ₂ O P _{0,1} > 4,45 cmH ₂ O
46	Harikumar (2009)	Fracaso	FR/V _T ≥ 6,7 rpm/ml/kg P _{I,max} ≤ 50 cmH ₂ O V _m < 0,8 ml/kg/min
50	Johnston (2010)	Fracaso	

CROP: compliance, resistance, oxigenation, pressure index; FiO₂: fracción inspirada de oxígeno; FR: frecuencia respiratoria; PaO₂: presión parcial de oxígeno; P_{I,max}: presión inspiratoria máxima; P_{0,1}: presión negativa medida posterior a la oclusión de la vía aérea en 0,1 s; rpm: respiraciones por minuto; V_m: volumen minuto; V_T: volumen tidal.

el FE. Sin embargo, aún quedan por establecer valores de corte que engloben a la totalidad de la población pediátrica, así como también determinar el momento idóneo para realizar estas mediciones. Los índices predictores según el resultado de la extubación y sus valores de corte en pacientes pediátricos se resumen en la [tabla 2](#).

Fracaso de extubación en pediatría

En adultos, el FE ha sido asociado con aumento en la duración de la VM, en la estancia en UCI, en los costos en salud y en la tasa de mortalidad, por lo que su prevención es de vital relevancia. No obstante, hasta la fecha no existen mediciones que permitan prevenir el FE con exactitud, lo que nos lleva a estar alerta a los factores de riesgo asociados al FE con el fin de optimizar la decisión de extubar a un paciente sometido a VM⁵¹.

Entre las causas más frecuentes de FE se encuentra la obstrucción de la vía aérea superior posterior a la extubación^{7,50-52}. Predecir esta condición es complejo, ya que un ERE solo indaga la tolerancia cardiorrespiratoria para respirar espontáneamente. Wrattney et al.⁵² reportaron que la medición de un test de fuga previo al retiro del tubo endotraqueal no debería emplearse como criterio único para decidir la extubación del paciente pediátrico, ya que la ausencia de fuga al aplicar una presión de vía aérea igual o superior a 30 cmH₂O (test de fuga negativo) fue común en esta población y no se observó asociación con la presencia de estridor laríngeo y/o necesidad de reintubación. No obstante, frente a la posibilidad de FE por obstrucción de vía aérea superior, la administración profiláctica de esteroides ha demostrado reducir la incidencia de estridor posterior a la extubación en la población neonatal y pediátrica⁵³.

Estudios en pediatría han mostrado resultados disímiles respecto a la tasa de FE y sus factores de riesgo asociados^{7,24,54-57}. Esto ha sido atribuido en parte al diseño de los trabajos (retrospectivo vs. prospectivo), a los criterios de inclusión y a la cantidad de centros involucrados⁵ ([tabla 3](#)). En un estudio retrospectivo, Baisch et al.⁵⁴ observaron una tasa de FE del 4,1% en 3.193 pacientes pediátricos retirados de VM. Las causas de FE fueron multifactoriales, predominando la obstrucción de la vía aérea superior. Los factores de riesgo asociados a FE fueron la corta edad, la permanencia en VM, la estancia en la UCI y hospitalaria, sin asociación con el riesgo de mortalidad hospitalaria. Por su parte, Edmunds et al.⁵⁵ mostraron

una tasa de FE del 7,9% en 280 pacientes intubados por al menos 48 h. La obstrucción de vía aérea superior nuevamente fue la causa más común de FE, estableciendo además una asociación entre la duración de la VM y FE. Fontela et al.⁵⁶ reportaron una tasa de FE del 10,5%, observando que la principal causa de FE fue el fallo respiratorio. En este estudio, los factores de riesgo asociados a FE fueron la corta edad, la estancia en VM > 15 días, el índice de oxigenación > 5, el uso de inótrópos y la administración de fármacos sedantes intravenosos > 10 días. Kurachek et al.⁷, en un estudio prospectivo y multicéntrico que incluyó a 16 UCI, reportaron una tasa de FE del 6,2% (rango, 1,5-8,8%) y una estancia promedio en VM de 4,8 días en 1.459 pacientes pediátricos intubados por al menos 24 h, estableciendo que los factores de riesgo de FE fueron una edad menor de 24 meses, síndrome genético, alteración respiratoria y neurológica crónica, además de la necesidad de reemplazar el tubo endotraqueal al ingreso. La incidencia de obstrucción de vía aérea superior posterior a la extubación fue del 37%, y los autores no observaron asociación entre la duración de la VM y la tasa de FE. Sin embargo, al realizar un análisis más riguroso de la tasa de FE, esta aumentó al incluir solo a pacientes que permanecieron más de 48 h en VM (del 4,2 al 8%). Nuestra experiencia coincide con los estudios mencionados previamente, ya que observamos una tasa de FE del 5,3% asociada directamente con la estancia en VM y la duración de la administración continua de opiáceos y benzodiacepinas⁵⁷.

Rol de la ventilación no invasiva en el destete

En adultos, se han descrito 3 indicaciones comunes de ventilación no invasiva (VNI) durante el destete: a) modalidad alternativa de destete en pacientes con fracaso del ERE; b) profilaxis posterior a la extubación en pacientes con alto riesgo de reintubación pero sin fallo respiratorio, y c) soporte en pacientes extubados con fallo respiratorio dentro de las primeras 48 h posterior a la extubación. La primera estrategia tiene como objetivo facilitar el destete, y las 2 últimas intentan evitar la reintubación^{6,58}. Sin embargo, los estudios relacionados con la temática han mostrado resultados contradictorios respecto a la utilidad de la VNI durante el destete⁵⁸⁻⁶².

En un metaanálisis, Burns et al.⁵⁹ evaluaron el empleo de la VNI como modalidad alternativa para facilitar el destete temprano, observando que esta estrategia se asoció a una significativa reducción de la mortalidad, incidencia de neumonía y duración de la VM.

Tabla 3

Análisis de diferentes artículos relacionados a la retirada de la ventilación mecánica en pediatría

Ref	Autor principal (año)	Diseño	n	Edad promedio (meses)	Protocolo destete		Duración VM (días)	Fracaso de extubación		Motivo principal FE (%)
					Evaluación diaria	ERE - Tipo		Índices predictores	Tasa	
40	Khan (1996)	Prospectivo	208	39,4	No	No	5,1	$V_T, FR/V_T$	16,3	Aumento del trabajo respiratorio (41,2)
42	Baumeister (1997)	Prospectivo	47	36,5	No	No	ND	$FR/V_T, CROP$	19,1	ND
8	Farías (1998)	Prospectivo	84	7,5 ^a	No	Tubo T, 120 min	8,5 ^a	$V_T, FR/V_T$	16,0	Disminución del nivel de conciencia (33,3)
43	Thiagarajan (1999)	Prospectivo	227	49,9	No	No	6,1	$FR, V_T, FR/V_T, CROP$	11,0	Aumento del trabajo respiratorio (82,1)
41	Manczur (2000)	Prospectivo	47	46,8	No	No	ND	V_T, V_m	14,9	Aumento del trabajo respiratorio (42,9), hipoventilación (42,9)
44	Venkataraman (2000)	Prospectivo	312	ND	No	No	No	V_T, FiO_2 pre extubación, PMVA, IO, FrVe, PIP, E_{din} , V_T/Ti	16,0	Aumento del trabajo respiratorio (40,0)
45	Manczur (2000)	Prospectivo	42	14,4	No	No	ND	$P_{0,1}, P_{0,1}/P_{0,1 \max}, P_{0,1}/PI_{\max}$	14,3	ND
22	Schultz (2001)	Prospectivo	219	55,4	No	No	3,4	No	2,7	ND
29	Farias (2001)	Prospectivo	257	11,0	No	Tubo T o PS 10 cmH ₂ O, 120 m	6	No	13,9	Multifactorial (82,1)
55	Edmunds (2001)	Retrospectivo	548	52,4	No	No	6,5	No	4,9	Estridor (22,2)
24	Randolph (2002)	Prospectivo	182	ND	Si	PS, 120 m	8,7	No	18,4	Fallo respiratorio agudo bajo (54,2)
37	Farias (2002)	Prospectivo	418	9,9	No	Tubo T o PS 10 cmH ₂ O 120 m	6,6	$V_T, FR, PI_{\max}, FR/V_T, PaO_2/FiO_2$	14,0	ND
7	Kurachek (2003)	Prospectivo	2.794	15,5 ^a	No	No	4,6	No	6,2	Obstrucción de vía aérea superior (37,3)
23	Restrepo (2004)	Prospectivo	187	32,8	No	No	2,1	No	4,3	ND
49	Noizet (2005)	Prospectivo	57	28	No	Tubo T, 30 min	4,4	$FR, FR/V_T, P_{0,1} \times FR/V_T, PI_{\max}, IPT, TTI_1, TTI_2$	21,1	Fallo respiratorio (50,0)
54	Baisch (2005)	Retrospectivo	3.193	55,0	No	No	5,2	No	4,1	Multifactorial (32,3)
56	Fontela (2005)	Prospectivo	124	19,5	No	No	6	No	10,5	Fallo respiratorio (76,9)
38	Chavez (2006)	Prospectivo	70	16,5 ^a	No	Bolsa anestesia de flujo continuo, 15 min	3,27 ^a	No	11,0	Fallo respiratorio (45,5)
57	Cruces (2008)	Retrospectivo	151	9,7	No	No	4,2	No	5,3	Estridor (37,5)
46	Harikumar (2009)	Prospectivo	80	25,2	No	CPAP 5 cmH ₂ O	3	$T_i/T_{TOT}, P_{0,1}, PI_{\max}, PI/PI_{\max}, CRF/kg, TT_{mus}, PIP, FiO_2$	10,0	Fallo respiratorio (100)
50	Johnston (2010)	Prospectivo	40	4,2	No	No	6,3	$V_T, V_m, PI_{\max}, balance carga/fuerza, FR/V_T$	15,0	ND

Tabla 3 (Continuación)

Ref	Autor principal (año)	Diseño	n	Edad promedio (meses)	Protocolo destete		Duración VM (días)	Fracaso de extubación		Motivo principal FE (%)
					Evaluación diaria	ERE - Tipo		Índices predictores	Tasa	
27	Foronda (2011)	Prospectivo	260	11,3	Sí	PS 10 cmH ₂ O, 120 min	4,1	No	12,7	Obstrucción vía aérea superior (57,5)
35	Ferguson (2011)	Retrospectivo	538	48	Sí	PS según diámetro del TET, 120 min	1,5	No	11,2	Fallo respiratorio bajo (54)

CPAP: presión continua en la vía aérea; CMF/kg: capacidad residual funcional indexada al peso del paciente; CROP: compliance, resistance, oxygenation, pressure index; E_{am} : elasticidad dinámica; ERE: ensayo de respiración espontánea; FE: fracaso de extubación; FiO_2 : fracción de oxígeno; FR: frecuencia respiratoria; FrVe : fracción de la ventilación minuto total entregada por el respirador; IO: índice de oxigenación; IPT: índice presión tiempo; ND: no hay datos; $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$: cociente presión arterial de oxígeno/fracción inspirada de oxígeno; $\text{P}/\text{P}_{\text{Imax}}$: presión inspiratoria máxima; $\text{P}/\text{P}_{\text{Imax}}$: cociente entre la presión inspiratoria de la vía aérea y la presión inspiratoria máxima; PP: presión inspiratoria pico; PMVA: presión negativa medida posterior a la oclusión de la vía aérea en 0,1 s; $\text{P}_{0,1}$: presión negativa medida posterior a la oclusión de la vía aérea en 0,1 s; PS: presión de soporte; TET: tubo endotraqueal; TT_1 : índice tensión tiempo obtenido desde $\text{P}_{0,1}$; TT_2 : índice tensión tiempo obtenido desde la PMVA; $\text{T}_i/\text{T}_{\text{TOT}}$: cociente tiempo inspiratorio/tiempo total del ciclo respiratorio; TT_{mus} : índice tensión tiempo muscular; VM: ventilación mecánica; V_m : volumen minuto; V_T : volumen tidal; V_T/Ti : flujo inspiratorio promedio.

^a Resultado expresado en mediana.

Además, en el análisis de subgrupos, los autores señalaron que los beneficios de la VNI en la mortalidad fueron mayores en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

Por su parte, Ferrer et al.⁶⁰ mostraron que la VNI utilizada como terapia de rescate inmediatamente posterior a la extubación redujo el riesgo de fallo respiratorio agudo en pacientes con insuficiencia respiratoria crónica hipercápnica durante el ERE, logrando incluso disminuir la mortalidad a los 90 días. Contrariamente, 2 estudios no reportaron diferencias en la tasa de reintubación al comparar el uso de VNI respecto a la terapia estándar en pacientes con fallo respiratorio posterior a la extubación^{61,62}. Además, Esteban et al.⁶² describieron una mayor mortalidad en el grupo de pacientes que recibieron VNI, probablemente asociada al retraso de la reintubación.

En pediatría, la experiencia sobre el uso de VNI durante el destete es limitada, debido a que la información disponible proviene de estudios no controlados y series de casos con pocos pacientes⁶³. Mayordomo-Colunga et al.⁵⁴ reportaron que la VNI fue más efectiva evitando la reintubación cuando se empleó precozmente en pacientes con alto riesgo de FE respecto a su uso como terapia de rescate en pacientes con fallo respiratorio establecido. Además, los autores observaron que la reducción de FR y FiO_2 al cabo de 6 h se asoció al éxito de la VNI. Así mismo, James et al.⁶⁵ coincidieron en que ambas mediciones, sumadas al pH y a la patología subyacente, son criterios a tomar en cuenta cuando se desea predecir la efectividad de la VNI en pacientes pediátricos.

En otra interesante faceta de la VNI, Fauroux et al.⁶⁶ reportaron recientemente efectos beneficiosos durante el proceso de decanulación en un grupo selecto de pacientes pediátricos con obstrucción grave de la vía aérea superior, así como en el tratamiento del fallo respiratorio posterior a la decanulación.

De todas maneras, la integración de la VNI en el destete requiere de criterios preestablecidos de inicio y de fracaso que aún no están completamente definidos y validados en pediatría. En el futuro, el uso transitorio de VNI en un proceso de retirada de la VM podría considerarse exitoso si facilita el destete y/o evita la reintubación⁶⁷.

Conclusiones

Basándonos en la información previamente expuesta, creemos que la evaluación diaria de criterios clínicos y funcionales específicos junto a la aplicación de un ERE es una metodología que permite identificar precozmente a los pacientes en condiciones de ser destetados del respirador mecánico. La suspensión diaria de la sedación permite acortar la duración de la VM, y la evaluación a través de la escala COMFORT evita la sedación excesiva en los pacientes pediátricos. La medición de predictores univariados previo al retiro del respirador parece ser más efectiva para determinar el pronóstico de la extubación. No todos los pacientes pediátricos requieren una estrategia de destete protocolizada. Esta medida puede ser más efectiva en pacientes pediátricos que presentan factores de riesgo, como por ejemplo corta edad, mayor duración de la VM, síndromes genéticos, alteraciones respiratorias y neurológicas crónicas, pacientes habitualmente excluidos en los estudios pediátricos de destete. A pesar de la elevada incidencia de FE por obstrucción de la vía aérea superior, la ausencia de fuga audible alrededor del tubo endotraqueal aplicando una presión de vía aérea superior a 30 cmH₂O no debería retrasar la decisión de extubar, ya que la administración profiláctica de esteroides ha demostrado resultados positivos, atenuando esta condición. No existen suficientes estudios para recomendar de forma rutinaria el uso de VNI posterior a la extubación, aunque se han establecido algunas indicaciones prometedoras en grupos seleccionados de pacientes pediátricos. En pacientes con fallo respiratorio establecido que requieran VNI se debería objetivar la respuesta clínica, considerando la posibilidad

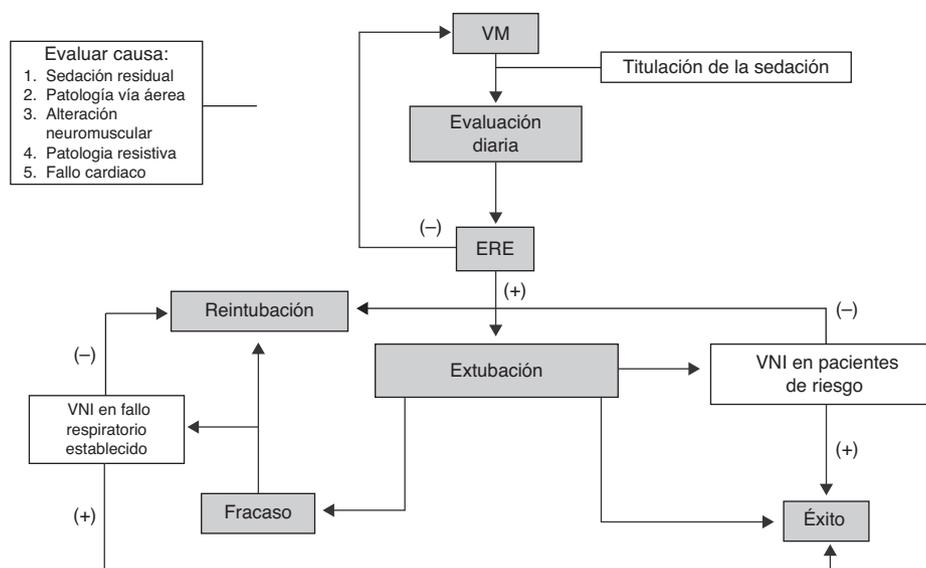


Figura 1. Diagrama de flujo que representa el proceso de retirada de la ventilación mecánica en pediatría.

de aumento de la mortalidad debido al retraso de la reintubación. Nuestra propuesta de algoritmo de retirada de la VM en pacientes pediátricos se detalla en la [figura 1](#). Finalmente, creemos en la necesidad de realizar nuevos estudios que comparen métodos y protocolos de destete en pacientes más complejos, ya que probablemente serán ellos los más beneficiados de una elección adecuada de estrategia de retirada.

Financiación

No se ha contado con financiación.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener potenciales conflictos de intereses.

Agradecimientos

Los autores agradecen el aporte de los fisioterapeutas Ramón Pinochet y Máximo Escobar en la revisión minuciosa del manuscrito.

Bibliografía

- Farias JA, Frutos F, Esteban A, Flores JC, Retta A, Baltodano A, et al. What is the daily practice of mechanical ventilation in pediatric intensive care units. A multicenter study. *Intensive Care Med.* 2004;30:918-25.
- Slutsky AS. Ventilator-induced lung injury: From barotrauma to biotrauma. *Respir Care.* 2005;50:646-59.
- Diaz E, Lorente L, Valles J, Rello J. Mechanical ventilation associated pneumonia. *Med Intensiva.* 2010;34:318-24.
- Pinsky MR. Breathing as exercise: The cardiovascular response to weaning from mechanical ventilation. *Intensive Care Med.* 2000;26:1164-6.
- Newth CJ, Venkataraman S, Willson DF, Meert KL, Harrison R, Dean JM, et al. Weaning and extubation readiness in pediatric patients. *Pediatr Crit Care Med.* 2009;10:1-11.
- Boles JM, Bion J, Connors A, Herridge M, Marsh B, Melot C, et al. Weaning from mechanical ventilation. *Eur Respir J.* 2007;29:1033-56.
- Kurachek SC, Newth CJ, Quasney MW, Rice T, Sachdeva RC, Patel NR, et al. Extubation failure in pediatric intensive care: A multiple-center study of risk factors and outcomes. *Crit Care Med.* 2003;31:2657-64.
- Farias JA, Alía I, Esteban A, Golubicki AN, Olazarri FA. Weaning from mechanical ventilation in pediatric intensive care patients. *Intensive Care Med.* 1998;24:1070-5.
- Farias JA, Monteverde E. We need to predict extubation failure. *J Pediatr.* 2006;82:322-4.
- Epstein SK. Weaning from ventilatory support. *Curr Opin Crit Care.* 2009;15:36-43.
- Epstein SK, Ciubotaru RL, Wong JB. Effect of failed extubation on the outcome of mechanical ventilation. *Chest.* 1997;112:186-92.
- Torres A, Gatell JM, Aznar E, el-Ebiary M, Puig de la Bellacasa J, González J, et al. Re-intubation increases the risk of nosocomial pneumonia in patients needing mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med.* 1995;152:137-41.
- Esteban A, Alía I, Gordo F, Fernández R, Solsona JF, Vallverdú I, et al. Extubation outcome after spontaneous breathing trials with T-tube or pressure support ventilation. The Spanish Lung Failure Collaborative Group. *Am J Respir Crit Care Med.* 1997;156:459-65.
- Alía I, Esteban A. Weaning from mechanical ventilation. *Crit Care.* 2000;4:72-80.
- Kollef MH, Shapiro SD, Silver P, St John RE, Prentice D, Sauer S, et al. A randomized, controlled trial of protocol-directed versus physician-directed weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Med.* 1997;25:567-74.
- Marelich GP, Murin S, Battistella F, Inciardi J, Vierra T, Roby M. Protocol weaning of mechanical ventilation in medical and surgical patients by respiratory care practitioners and nurses: Effect on weaning time and incidence of ventilator-associated pneumonia. *Chest.* 2000;118:459-67.
- Ely EW, Meade MO, Haponik EF, Kollef MH, Cook DJ, Guyatt GH, et al. Mechanical ventilator weaning protocols driven by nonphysician health-care professionals: Evidence-based clinical practice guidelines. *Chest.* 2001;120:S454-63.
- Chan PK, Fischer S, Stewart TE, Hallett DC, Hynes-Gay P, Lapinsky SE, et al. Practising evidence-based medicine: The design and implementation of a multidisciplinary team-driven extubation protocol. *Crit Care.* 2001;5:349-54.
- Tonnellier JM, Prat G, Le Gal G, Gut-Gobert C, Renault A, Boles JM, et al. Impact of a nurses' protocol-directed weaning procedure on outcomes in patients undergoing mechanical ventilation for longer than 48 hours: A prospective cohort study with a matched historical control group. *Crit Care.* 2005;9:R83-9.
- Chaiwat O, Sarima N, Niyompanitattana K, Komoltri C, Udomphorn Y, Kongsayreepong S. Protocol-directed vs physician-directed weaning from ventilator in intra-abdominal surgical patients. *J Med Assoc Thai.* 2010;93:930-6.
- Ely EW, Baker AM, Dunagan DP, Burke HL, Smith AC, Kelly PT, et al. Effect on the duration of mechanical ventilation of identifying patients capable of breathing spontaneously. *N Engl J Med.* 1996;335:1864-9.
- Schultz TR, Lin RJ, Watzman HM, Durning SM, Hales R, Woodson A, et al. Weaning children from mechanical ventilation: A prospective randomized trial of protocol-directed versus physician-directed weaning. *Respir Care.* 2001;46:772-82.
- Restrepo RD, Fortenberry JD, Spainhour C, Stockwell J, Goodfellow LT. Protocol-driven ventilator management in children: Comparison to nonprotocol care. *J Intensive Care Med.* 2004;19:274-84.
- Randolph AG, Wypij D, Venkataraman ST, Hanson JH, Gedeit RG, Meert KL, et al. Effect of mechanical ventilator weaning protocols on respiratory outcomes in infants and children: A randomized controlled trial. *JAMA.* 2002;288:2561-8.
- Kress JP, Pohlman AS, O'Connor MF, Hall JB. Daily interruption of sedative infusions in critically ill patients undergoing mechanical ventilation. *N Engl J Med.* 2000;342:1471-7.
- Jin HS, Yum MS, Kim SL, Shin HY, Lee EH, Ha EJ, et al. The efficacy of the COMFORT scale in assessing optimal sedation in critically ill children requiring mechanical ventilation. *J Korean Med Sci.* 2007;22:693-7.
- Foronda FK, Troster EJ, Farias JA, Barbas CS, Ferraro AA, Faria LS, et al. The impact of daily evaluation and spontaneous breathing test on the duration of pediatric mechanical ventilation: A randomized controlled trial. *Crit Care Med.* 2011;39:2526-33.

28. Martínez de Azagra A, Casado Flores J, Jiménez García R. Ventilación mecánica en pediatría. ¿Cómo y cuándo extubar? *Med Intensiva*. 2003;27:673–5.
29. Farias JA, Retta A, Alía I, Olazarri F, Esteban A, Golubicki A, et al. A comparison of two methods to perform a breathing trial before extubation in pediatric intensive care patients. *Intensive Care Med*. 2001;27:1649–54.
30. Esteban A, Frutos F, Tobin MJ. A comparison of four methods of weaning patients from mechanical ventilation. *N Engl J Med*. 1995;332:345–50.
31. Brochard L, Rauss A, Benito S, Conti G, Mancebo J, Rekiq N, et al. Comparison of three methods of gradual withdrawal from ventilatory support during weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med*. 1994;150:896–903.
32. Esteban A, Alía I, Tobin MJ, Gil A, Gordo F, Vallverdú I, et al. Effect of spontaneous breathing trial duration on outcome of attempts to discontinue mechanical ventilation. Spanish Lung Failure Collaborative Group. *Am J Respir Crit Care Med*. 1999;159:512–8.
33. Jones DP, Byrne P, Morgan C, Fraser I, Hyland R. Positive end-expiratory pressure vs T-piece. Extubation after mechanical ventilation. *Chest*. 1991;100:1655–9.
34. Hoshi K, Ejima Y, Hasegawa R, Saitoh K, Satoh S, Matsukawa S. Differences in respiratory parameters during continuous positive airway pressure and pressure support ventilation in infants and children. *Tohoku J Exp Med*. 2001;194:45–54.
35. Ferguson LP, Walsh BK, Munhall D, Arnold JH. A spontaneous breathing trial with pressure support overestimates readiness for extubation in children. *Pediatr Crit Care Med*. 2011;12:e330–5.
36. Molina-Saldarriaga FJ, Fonseca-Ruiz NJ, Cuesta-Castro DP, Esteban A, Frutos-Vivar F. Spontaneous breathing trial in chronic obstructive pulmonary disease: Continuous positive airway pressure (CPAP) versus T-piece. *Med Intensiva*. 2010;34:453–8.
37. Farias JA, Alía I, Retta A, Olazarri F, Fernández A, Esteban A, et al. An evaluation of extubation failure predictors in mechanically ventilated infants and children. *Intensive Care Med*. 2002;28:752–7.
38. Chavez A, de la Cruz R, Zaritsky A. Spontaneous breathing trial predicts successful extubation in infants and children. *Pediatr Crit Care Med*. 2006;7:324–8.
39. Yang KL, Tobin MJ. A prospective study of indexes predicting the outcome of trials of weaning from mechanical ventilation. *N Engl J Med*. 1991;324:1445–50.
40. Khan N, Brown A, Venkataraman ST. Predictors of extubation success and failure in mechanically ventilated infants and children. *Crit Care Med*. 1996;24:1568–79.
41. Manczur TI, Greenough A, Pryor D, Rafferty GF. Comparison of predictors of extubation from mechanical ventilation in children. *Pediatr Crit Care Med*. 2000;1:28–32.
42. Baumeister BL, el-Khatib M, Smith PG, Blumer JL. Evaluation of predictors of weaning from mechanical ventilation in pediatric patients. *Pediatr Pulmonol*. 1997;24:344–52.
43. Thiagarajan RR, Bratton SL, Martin LD, Brogan TV, Taylor D. Predictors of successful extubation in children. *Am J Respir Crit Care Med*. 1999;160:1562–6.
44. Venkataraman ST, Khan N, Brown A. Validation of predictors of extubation success and failure in mechanically ventilated infants and children. *Crit Care Med*. 2000;28:2991–6.
45. Manczur TI, Greenough A, Pryor D, Rafferty GF. Assessment of respiratory drive and muscle function in the pediatric intensive care unit and prediction of extubation failure. *Pediatr Crit Care Med*. 2000;1:124–6.
46. Harikumar G, Egberongbe Y, Nadel S, Wheatley E, Moxham J, Greenough A, et al. Tension-time index as a predictor of extubation outcome in ventilated children. *Am J Respir Crit Care Med*. 2009;180:982–8.
47. Vassilakopoulos T, Zakynthinos S, Roussos C. The tension-time index and the frequency/tidal volume ratio are the major pathophysiologic determinants of weaning failure and success. *Am J Respir Crit Care Med*. 1998;158:378–85.
48. Vassilakopoulos T, Routsis C, Sotiropoulou C, Bitsakou C, Stanopoulos I, Roussos C, et al. The combination of the load/force balance and the frequency/tidal volume can predict weaning outcome. *Intensive Care Med*. 2006;32:684–91.
49. Noizet O, Leclerc F, Sadik A, Grandbastien B, Riou Y, Dorkenoo A, et al. Does taking endurance into account improve the prediction of weaning outcome in mechanically ventilated children. *Crit Care*. 2005;9:R798–807.
50. Johnston C, de Carvalho WB, Piva J, Garcia PC, Fonseca MC. Risk factors for extubation failure in infants with severe acute bronchiolitis. *Respir Care*. 2010;55:328–33.
51. Rothaar RC, Epstein SK. Extubation failure: Magnitude of the problem, impact on outcomes, and prevention. *Curr Opin Crit Care*. 2003;9:59–66.
52. Wratney AT, Benjamin Jr DK, Slonim AD, He J, Hamel DS, Cheifetz IM. The endotracheal tube air leak test does not predict extubation outcome in critically ill pediatric patients. *Pediatr Crit Care Med*. 2008;9:490–6.
53. Markovitz BP, Randolph AG. Corticosteroids for the prevention of reintubation and postextubation stridor in pediatric patients: A meta-analysis. *Pediatr Crit Care Med*. 2002;3:223–6.
54. Baisch SD, Wheeler WB, Kurachek SC, Cornfield DN. Extubation failure in pediatric intensive care incidence and outcomes. *Pediatr Crit Care Med*. 2005;6:312–8.
55. Edmunds S, Weiss I, Harrison R. Extubation failure in a large pediatric ICU population. *Chest*. 2001;119:897–900.
56. Fontela PS, Piva JP, Garcia PC, Bered PL, Zilles K. Risk factors for extubation failure in mechanically ventilated pediatric patients. *Pediatr Crit Care Med*. 2005;6:166–70.
57. Cruces P, Donoso A, Montero M, López A, Fernández B, Díaz F, et al. Predicción de fracaso de extubación en pacientes pediátricos. Experiencia de dos años en una UCI polivalente. *Rev Chil Med Intensiva*. 2008;23:12–7.
58. Antonelli M, Bello G. Noninvasive mechanical ventilation during the weaning process: facilitative, curative, or preventive? *Crit Care*. 2008;12:136.
59. Burns KE, Adhikari NK, Meade MO. A meta-analysis of noninvasive weaning to facilitate liberation from mechanical ventilation. *Can J Anaesth*. 2006;53:305–15.
60. Ferrer M, Sellarés J, Valencia M, Carrillo A, Gonzalez G, Badia JR, et al. Non-invasive ventilation after extubation in hypercapnic patients with chronic respiratory disorders: Randomised controlled trial. *Lancet*. 2009;374:1082–8.
61. Keenan SP, Powers C, McCormack DG, Block G. Noninvasive positive-pressure ventilation for postextubation respiratory distress: A randomized controlled trial. *JAMA*. 2002;287:3238–44.
62. Esteban A, Frutos-Vivar F, Ferguson ND, Arabi Y, Apezteguía C, González M, et al. Noninvasive positive-pressure ventilation for respiratory failure after extubation. *N Engl J Med*. 2004;350:2452–60.
63. Najaf-Zadeh A, Leclerc F. Noninvasive positive pressure ventilation for acute respiratory failure in children: A concise review. *Ann Intensive Care*. 2011;1:15.
64. Mayordomo-Colunga J, Medina A, Rey C, Concha A, Menéndez S, Los Arcos M, et al. Non invasive ventilation after extubation in paediatric patients: A preliminary study. *BMC Pediatr*. 2010;10:29.
65. James CS, Hallowell CP, James DP, Wade A, Mok QQ. Predicting the success of non-invasive ventilation in preventing intubation and re-intubation in the paediatric intensive care unit. *Intensive Care Med*. 2011;37:1994–2001.
66. Fauroux B, Leboulanger N, Roger G, Denoyelle F, Picard A, Garabedian EN, et al. Noninvasive positive-pressure ventilation avoids recannulation and facilitates early weaning from tracheotomy in children. *Pediatr Crit Care Med*. 2010;11:31–7.
67. Leclerc F, Noizet O, Botte A, Binoche A, Chaari W, Sadik A, et al. Weaning from invasive mechanical ventilation in pediatric patients (excluding premature neonates). *Arch Pediatr*. 2010;17:399–406.