



ACCESO  ABIERTO

Para citaciones: Puello Ávila, A., & Peñaranda Ortega, D. (2021). Predictores de extubación fallida en el paciente pediátrico y neonatal. *Revista Ciencias Biomédicas*, 10(4), 256-264.

<https://doi.org/10.32997/rcb-2021-3669>

Recibido: 7 de julio de 2021

Aprobado: 21 de septiembre de 2021

Autor de correspondencia:

Antonio Carlos Puello Ávila

apuello@unbosque.edu.co

Editor: Inés Benedetti. Universidad de Cartagena-Colombia.

Copyright: © 2021. Puello Ávila, A., & Peñaranda Ortega, D. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> la cual permite el uso sin restricciones, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre y cuando el original, el autor y la fuente sean acreditados.



Predictores de extubación fallida en el paciente pediátrico y neonatal

Predictors of failed extubation in the pediatric and neonatal patient

Antonio Carlos Puello Ávila¹  & Diana Peñaranda Ortega² 

¹ Fundación Cardioinfantil, Bogotá, Colombia.

² Hospital Universitario San Jorge, Pereira, Colombia.

RESUMEN

Introducción: uno de los aspectos de mayor relevancia en el cuidado intensivo pediátrico y neonatal, es el manejo de la ventilación. Los efectos adversos de la ventilación prolongada son deletéreos, principalmente a nivel pulmonar y están relacionados con aumento de la morbilidad y mortalidad. La decisión de extubar un paciente tiene consecuencias considerables, ya que tanto retrasar la extubación, como la extubación fallida también se asocia con una mayor duración de la ventilación mecánica y un aumento de la morbimortalidad. Las diferencias anatómicas de esta población hacen que sea más susceptible a resultados adversos o fracasos en el manejo de la vía aérea, y muchas de estas decisiones médicas se basan en experiencia y carecen de un adecuado soporte científico.

Objetivo: hacer una revisión acerca de los predictores de extubación fallida en pacientes en edad pediátrica y neonatal.

Métodos: se realizó una búsqueda de la literatura a través de PubMed, la búsqueda web de Google Scholar y la base de datos Cochrane de revisiones sistemáticas utilizando términos de búsqueda relevantes.

Resultados: el mayor conocimiento de la anatomía y la estandarización de protocolos en el manejo de la vía aérea del paciente pediátrico permite disminuir la incidencia de extubación fallida.

Conclusión: el desarrollo de prácticas seguras con suficiente evidencia científica permite disminuir la morbimortalidad de esta población.

Palabras Clave: extubación traqueal; fallo; neonatos; niños; respiración artificial; factores de riesgo.

ABSTRACT

Introduction: one of the most relevant aspects in pediatric and neonatal intensive care is ventilation management. The adverse effects of prolonged ventilation are deleterious, mainly at the pulmonary level and are related to increased morbidity and mortality. The decision to extubate a patient has considerable consequences, since both delaying extubation and failed extubation are also associated with a longer duration of mechanical ventilation and an

increase in morbidity and mortality. The anatomical differences in this population make it more susceptible to adverse outcomes or failures in airway management, and many of these medical decisions are based on experience and lack adequate scientific support.

Objective: to review the predictors of failed extubation in pediatric and neonatal patients.

Methods: the literature search was performed using PubMed, Google Scholar web search, and the Cochrane database of systematic reviews using relevant search terms.

Results: the greater knowledge of the anatomy and the standardization of protocols in the management of the pediatric airway makes it possible to reduce the incidence of failed extubation.

Conclusions: the development of safe practices with sufficient scientific evidence makes it possible to reduce the morbidity and mortality of this population.

Keywords: tracheal extubation; failure; neonates; kids; artificial respiration; risk factors.

INTRODUCCIÓN

Los efectos adversos de la ventilación mecánica prolongada son deletéreos a nivel pulmonar, están fuertemente asociados con resultados neurológicos adversos, y a un aumento de la morbilidad y mortalidad. La ventilación mecánica actúa como un factor agravante de las lesiones establecidas, principalmente a nivel pulmonar y que ocasiona alteraciones severas. Durante la ventilación mecánica se producen eventos de hipoxia, hiperoxia, hipercapnia e hipocapnia, acidosis, variaciones de la tensión arterial y el gasto cardiaco que pueden repercutir en el flujo sanguíneo cerebral y la oxigenación. En la literatura no se soporta si existe relación directa entre el daño pulmonar con el modo de ventilación utilizada, pero sí del correcto uso de esta (1). Una vez que se considera que el soporte ventilatorio ya no es necesario, el médico debe decidir extubar (2).

La necesidad de reintubación dentro de las 72 horas de la extubación planificada es un evento común, que ocurre en el 2 al 25% de los pacientes extubados (3). Los pacientes con discapacidad neurológica son los de mayor riesgo de fracaso en la extubación, con tasas del 36% (4). Los factores de riesgo para el

fracaso de la extubación incluyen principalmente ser paciente pediátrico; una mayor duración de la ventilación mecánica (5); uso de sedación intravenosa continua (6); y anemia en el momento de la extubación (7); además está fuertemente asociado a estancia más prolongada en la unidad de cuidado intensivo, y en el hospital (8), aumenta la necesidad de traqueotomía (9) y se asocia con una mayor mortalidad (10).

La primera fase de este proceso, denominada destete, centra la atención y la mayoría de las investigaciones actuales (11). La decisión de extubar tiene consecuencias considerables; tanto retrasar la extubación, como fracasar en el intento de extubar un paciente, se asocia con una mayor duración de ventilación mecánica y un aumento de la morbimortalidad (10,12). El desarrollo de herramientas predictivas y la optimización de las decisiones de extubación requieren del conocimiento de los factores de riesgo y las posibles causas que conllevan al fracaso de la extubación. La identificación oportuna de los pacientes con riesgo elevado de fracaso de la extubación debe ser un objetivo general en todas las unidades de cuidado intensivos y se necesitan predictores confiables para la preparación del paciente para la extubación.

MÉTODOS

Se realizó una búsqueda en las siguientes bases de datos: PubMed, Google Scholar y Cochrane utilizando términos de búsqueda relevantes. El objetivo fue hacer una revisión acerca de los predictores de extubación fallida en pacientes en edad pediátrica y neonatal. La búsqueda se limitó en los idiomas inglés y español, usando los descriptores DeCS (extubación traqueal, fallo; neonatos; niños; respiración artificial; factores de riesgo). La búsqueda arrojó 667 artículos. Se utilizaron aquellos artículos con carácter científico, medible, cuantificable, comparable y basado en evidencia; así como que su tiempo de publicación no fuera mayor de 5 años; finalmente se revisaron 115 artículos, de los cuales se utilizaron 53 para el desarrollo del presente artículo. Dentro de la revisión se incluyeron otros artículos que por su relevancia histórica era notoriamente importante resaltar en esta publicación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

¿Qué tanto influyen las características de la vía aérea del paciente pediátrico?

Las diferencias anatómicas de esta población hacen que sea más susceptible a resultados adversos o fracasos en el manejo de la vía aérea (13). De las edades pediátricas la vía aérea del neonato es la más complicada, no solamente por el tamaño de sus estructuras respiratorias sino por los cambios anatómicos y fisiológicos que representa (14). Las complicaciones derivadas de la anatomía de la vía aérea son inversamente proporcionales a la edad del niño; en los niños menores de un año una incidencia de 0.6%, en niños de edad preescolar 0.1%, y disminuye al 0.05% en niños mayores de 8 años (15).

¿Se puede predecir una vía aérea difícil en el paciente pediátrico?

La American Society of Anesthesiologist (2013), definió vía aérea difícil aquella en la que un experto tiene dificultad para ventilar con mascarilla facial, o intubar a un paciente. Hasta el momento no existe ninguna escala que permita predecir con certeza el grado de dificultad para intubar o ventilar a un niño.

Una adecuada exploración física, una revisión de los antecedentes y un análisis de la patología actual, pueden ayudar a determinar cuándo una vía aérea puede ser complicada (16). El puntaje de Mallampati, que evalúa la visibilidad de las estructuras faríngeas, se usa comúnmente en adultos para predecir dificultades con la intubación endotraqueal (17). Desafortunadamente, no existe una única prueba de predicción o una combinación de estas que se pueda aplicar universalmente en niños (18,19). Muchas de las medidas, escalas y puntuaciones sugeridas para la evaluación de las vías respiratorias que se usan comúnmente en adultos no se han validado en niños (20,21,22), por lo que no se puede predecir con precisión una vía aérea difícil en el paciente pediátrico.

¿Qué factores debemos considerar antes de la intubación?

La edad del paciente, el peso, la enfermedad de base y la anatomía de la vía aérea del paciente son factores que se deben considerar antes de intubar un niño. Existen diferencias anatómicas y funcionales de la vía aérea del niño en comparación con la del adulto (23), estos cambios determinan cual es la mejor hoja de laringoscopia, el mejor tubo orotraqueal y las características óptimas del equipo a utilizar. Tradicionalmente los tubos traqueales han sido seleccionados sin neumotaponador, porque el neumotaponador podría causar lesión de la región subglótica (24). Lo anterior fue derivado del concepto, ya reevaluado, de que la parte más estrecha de la vía aérea del niño era el cartílago cricoides.

Los tubos traqueales también han sido modificados estructuralmente, y hoy tenemos tubos de baja presión y alto volumen los cuales no han sido asociados a mayor daño de la vía aérea (25). La incidencia de daños de la vía aérea es igual con y sin neumotaponador en niños grandes (26). Es importante mencionar que la presión crítica a la cual se interrumpe el flujo sanguíneo capilar en el neonato no es bien conocida, por lo tanto, no se recomienda el uso del neumotaponador (24). En general, es más dañino colocar un tubo grande para la edad, porque puede lesionar la mucosa traqueal y

producir edema, isquemia o estenosis subglótica. Existen fórmulas para calcular el tamaño del tubo traqueal en menores de dos años; sin embargo, no hay una fórmula exacta (27).

¿Cómo se define: fracaso de la extubación?

Aunque están ligados, es importante resaltar las diferencias fisiopatológicas entre estos dos conceptos: falla en el destete como la incapacidad para tolerar la respiración espontánea sin soporte ventilatorio y fracaso en la extubación es la incapacidad para tolerar extracción del tubo translaríngeo. Los pacientes que tienen fallas al destete del ventilador tienen más riesgo de falla a la extubación (28). El fracaso de la extubación se define como la necesidad de reintubación dentro de las 48-72 horas posteriores al primer intento de extubación planificado (29).

¿Cuál es la pauta más recomendada para preparar un paciente para la extubación?

No existen pautas basadas en la evidencia para determinar cuál es la preparación más adecuada para la extubación en la unidad de cuidados intensivos pediátrica o neonatal, y la capacidad de los índices de destete tradicionales para discriminar entre niños extubados con éxito y niños reintubados, es muy escasa (30,31,32). Los factores asociados con el fracaso de la extubación fueron la mayor duración de la ventilación mecánica ($p < 0,0001$, OR 2,20); no administración de esteroides antes de la extubación ($p = 0,04$, OR 2,40); y el estridor postextubación ($p < 0,01$, OR 3,40) (33).

Muchas veces depender de los parámetros del ventilador y los gases arteriales previa a la extubación puede conducir a una prolongación innecesaria de la ventilación mecánica. Se recomiendan las pruebas de respiración espontánea para ayudar a seleccionar al grupo de pacientes que se benefician de una extubación. Los pacientes sometidos a pruebas de respiración espontánea tienen mayor éxito en la extubación comparados con aquellos a los que no se les realiza (83% frente al 68%, $p = 0,02$) y tienen estancias más cortas en la unidad de cuidado intensivo pediátrico (mediana 85, frente a 367 horas, $p < 0,0001$) (34). La finalización

satisfactoria de una prueba de respiración podría predecir una extubación satisfactoria con una sensibilidad del 95%, con un valor predictivo positivo del 92% y una razón de posibilidades de 12 (IC 95%, 1,3 - 53,7). La especificidad de esta prueba es del 37% con un valor predictivo negativo del 50% y una asociación significativa entre pasar la prueba de respiración espontánea y el éxito de la extubación ($p = 0,017$); pero un ensayo fallido, aunque está asociado con el fallo de la extubación, no lo predice con precisión (35).

Un protocolo de preparación para la extubación dirigido interprofesionalmente se puede implementar con éxito en una unidad de cuidado intensivo pediátrico sin eventos adversos, y combinar esta evaluación diaria y el uso de una prueba de respiración espontánea, confiere mayor éxito, con tiempos hasta la extubación más cortos, y menos tiempo de ventilación mecánica, sin aumentar la tasa de falla de extubación o la necesidad de ventilación no invasiva (36).

¿Debería extubarse a ventilación no invasiva a todos los pacientes pediátricos?

Sí, en casos seleccionados. La ventilación no invasiva se usa principalmente como medida preventiva (esto es, para evitar la intubación endotraqueal y la ventilación) o tras la extubación. La aplicación de presión positiva continua permite alcanzar una mayor capacidad funcional residual, con la consiguiente mejora de la oxigenación y la reducción del colapso alveolar. La mejora de la distensibilidad pulmonar se traduce en un incremento del volumen tidal y una mejor eliminación del CO₂. Se puede reducir el trabajo respiratorio y los eventos de apnea obstructiva son menos frecuentes (32,37,38,39,40).

Al momento de decidir si se extuba a CPAP (Continuous Positive Airway Pressure), NIVPP (Non Invasive Positive Pressure Ventilation) o a cánula nasal de alto flujo, no se encuentra significancia estadística al determinar cuál es el sistema de ventilación no invasiva más apropiado al cual se extuba un paciente (41); el impacto es en el tiempo de ventilación mecánica y este es el factor

determinante del fracaso de la extubación (33). Los niños ventilados durante más de 48 horas tienen una tasa de fracaso del 18,5% a pesar de pasar una prueba de preparación para la extubación antes de la extubación. La mayoría de las fallas en la extubación son el resultado de un intercambio de gases inadecuado atribuible a una disfunción del tracto respiratorio inferior; sin embargo, una prueba de preparación para la extubación puede ayudar a identificar a los pacientes que se beneficiarán de la extubación a la ventilación no invasiva (42).

¿Es de utilidad el NIRS en la programación de una extubación pediátrica?

Sí, diferentes estudios avalan su uso para predecir el fracaso en la extubación. Las mediciones de NIRS (espectroscopía cercana al infrarrojo) cerebral y somático no fueron estadísticamente diferentes entre los que fueron extubados con éxito y los que fallaron, pero los valores previos a la extubación fueron significativamente más altos en los recién nacidos que se extubaron con éxito. Un aumento de los valores NIRS cerebral en $\geq 5\%$ desde el inicio de la ventilación hasta el momento de la extubación tuvo un valor predictivo positivo para el éxito de la extubación del 98,6% (IC del 95%: 91,1-99,8%) (43). Una disminución en el NIRS somático mínimo de al menos un 10% durante un ensayo de preparación para la extubación tienen una probabilidad 6 veces mayor de fracaso de la extubación ($p = 0,02$; 95 % IC, 1,26-29,8). Una disminución mínima del 12% predice mejor el fracaso de la extubación con una sensibilidad del 54% y una especificidad del 82%, por lo tanto, se asocia con un mayor riesgo de fracaso de la extubación después de una prueba de preparación para la extubación exitosa y por lo tanto se recomienda la adición de mediciones de NIRS somática y cerebral a una prueba de preparación para la extubación para mejorar la capacidad para predecir el resultado de la extubación (44).

Especialmente, en el posoperatorio de cirugía cardíaca según lo recomendado en el consenso de expertos del POQI-6 (the Sixth Perioperative Quality Initiative)(45).

¿Los corticosteroides previenen fallos en la extubación?

Sí, la administración de corticoides sistémicos es una estrategia que se debe considerar en todos los pacientes con alto riesgo de fracaso de la extubación. Los corticosteroides reducen la incidencia de extubación fallida y también disminuyen el edema de la vía aérea en pacientes críticamente enfermos en todos los grupos de edad, en quienes tienen tiempos amplios de intubación prolongada. Existen registros significativamente más bajos de reintubación cuando se utilizan corticosteroides previos a la extubación (OR 0,56; IC del 95%: 0,41 a 0,77; I2 = 38%, número necesario a tratar [NNT] = 35 eventos prevenidos por cada 1000 extubaciones; 13 estudios), con disminución del edema laríngeo relacionado con el croup post extubación o la estenosis subglótica (OR 0,36; IC del 95%: 0,27 a 0,49; I2 = 71%, NNT absoluto = 84 por 1000; 9 estudios) (46). La administración de corticoides sistémicos es una estrategia costo efectiva que reduce la morbilidad asociada (47,48,49).

¿El heliox disminuye la tasa de extubación fallida?

No. Debido a su menor densidad, la inhalación de heliox da como resultado una turbulencia significativamente menor, particularmente en las porciones más distales de las vías respiratorias inferiores. Este efecto se traduce en una mayor proporción de flujo laminar y una menor resistencia general de las vías respiratorias. La disminución del efecto de turbulencia da como resultado un aumento de las tasas de flujo hasta en un 50% durante la inhalación de heliox (50). El uso de heliox asociado a ventilación no invasiva en pretérminos expuestos a ventilación prolongada, no es eficaz para disminuir el fracaso de la extubación, pero mejora su función respiratoria (51). En poblaciones de niños más grandes Heliox ha mostrado resultados un poco más favorables como medida para prevenir la reintubación en pacientes con croup postextubación, aunque sigue siendo controvertido su verdadera utilidad (52). Otros ensayos resaltan más su ventaja si esta administración es antes de la intubación en pacientes con patologías con componente inflamatorio subglótico (53).

CONCLUSIONES

El fracaso de la extubación se asocia con una duración prolongada en la unidad de cuidado intensivo pediátrico y un costo excesivo. No existen pautas basadas en la evidencia para determinar cuál es la preparación más adecuada para la extubación en la unidad de cuidado intensivo pediátrico, y neonatal, y la capacidad de los índices de destete tradicionales para discriminar entre niños extubados con éxito y niños reintubados es muy escasa. Las pruebas únicas de destete de la ventilación en la preparación para la extubación, basadas en una única medición de una variable fisiológica, a menudo son poco predictivas del resultado de la extubación de la vía aérea porque examinan sólo un aspecto de la función fisiológica que afecta el resultado de la extubación. Es importante conocer como primera medida las características de la vía aérea del paciente pediátrico, y neonatal, su anatomía y su fisiología, además de sus cambios con el aumento de su edad cronológica. Más que una escala de predicción de extubación fallida, se deberían crear protocolos o construcción de modelos de árbol de decisiones, que incluyan múltiples variables y que consideren que los cambios de estas variables puedan predecir con mayor precisión una extubación exitosa.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES:

ACPA y DPO: concepción y diseño del estudio, revisión crítica, redacción del artículo, aprobación de la versión final y responsables de la veracidad e integridad del artículo.

CONFLICTOS DE INTERÉS: ninguno que declarar.

FINANCIACIÓN: la presente investigación no ha recibido ayudas específicas provenientes de agencias del sector público, sector comercial o entidades sin ánimo de lucro.

REFERENCIAS

1. Mora Carpio AL, Mora JI. Ventilator Management. In: *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; May 7, 2021.

2. Shalish W, Keszler M, Davis PG, Sant'Anna GM. Decision to extubate extremely preterm infants: art, science or gamble? [published online ahead of print, 2021 Feb 24]. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 2021; fetalneonatal-2020-321282.
3. Demling RH, Read T, Lind LJ, Flanagan HL. Incidence and morbidity of extubation failure in surgical intensive care patients. *Crit Care Med*. 1988;16(6):573-577.
4. Namen AM, Ely EW, Tatter SB, et al. Predictors of successful extubation in neurosurgical patients. *Am J Respir Crit Care Med*. 2001;163(3 Pt 1):658-664.
5. Edmunds S, Weiss I, Harrison R. Extubation failure in a large pediatric ICU population. *Chest*. 2001;119(3):897-900.
6. Kollef MH, Levy NT, Ahrens TS, Schaiff R, Prentice D, Sherman G. The use of continuous i.v. sedation is associated with prolongation of mechanical ventilation. *Chest*. 1998;114(2):541-548.
7. Beigmohammadi MT, Hussain Khan Z, Samadi S, et al. Role of Hematocrit Concentration on Successful Extubation in Critically Ill Patients in the Intensive Care Units. *Anesth Pain Med*. 2016;6(1): e32904.
8. Baisch SD, Wheeler WB, Kurachek SC, Cornfield DN. Extubation failure in pediatric intensive care incidence and outcomes. *Pediatr Crit Care Med*. 2005;6(3):312-318
9. Cohn EC, Robertson TS, Scott SA, Finley AM, Huang R, Miles DK. Extubation Failure and Tracheostomy Placement in Children with Acute Neurocritical Illness. *Neurocrit Care*. 2018;28(1):83-92.
10. Kurachek SC, Newth CJ, Quasney MW, et al. Extubation failure in pediatric intensive care: a multiple-center study of risk factors and outcomes [published correction appears in *Crit Care Med*. Jul;32(7):1632-3. Scanlon Mathew [corrected to Scanlon Matthew]]. *Crit Care Med*. 2003;31(11):2657-2664
11. Valenzuela J, Araneda P, Cruces P. Weaning from mechanical ventilation in paediatrics. State of the art. *Arch Bronconeumol*. 2014 Mar;50(3):105-12). and outcomes [published correction appears in *Crit Care Med*. Jul;32(7):1632-3. Scanlon Mathew [corrected to

- Scanlon Matthew]]. *Crit Care Med.* 2003;31(11):2657-2664.
12. Fischer JE, Allen P, Fanconi S. Delay of extubation in neonates and children after cardiac surgery: impact of ventilator-associated pneumonia. *Intensive Care Med.* 2000;26(7):942-949.
 13. Navaratnarajah J, Black AE. Assessment and management of the predicted difficult airway in babies and children. *Anaesth Intensive Care Med* 2012; 13:226-233.
 14. Ríos Á, Gómez LM, Aguirre O, Ocampo F. La vía aérea pediátrica: algunos conceptos para tener en cuenta en el manejo anestésico. *Rev Colomb Anesthesiol* 2012; 40:199-202.
 15. Marín PCE, Engelhardt T. Algoritmo para el manejo de la vía aérea difícil en pediatría. *Rev Colomb Anesthesiol.* 2014; 42:325-334.
 16. Shirgoska B, Netkovski J. Predicting difficult airway in apparently normal adult and pediatric patients. *Pril (Makedon Akad Nauk Umet Odd Med Nauki).* 2013;34(1):155-159.
 17. Roth D, Pace NL, Lee A, et al. Airway physical examination tests for detection of difficult airway management in apparently normal adult patients. *Cochrane Database Syst Rev.* 2018;5(5):CD008874.
 18. Maddali MM, Ali Al-Zaabi HM, Salim Al-Aamri IS, Arora NR, Panchatcharam SM. Preoperative predictors of poor laryngoscope views in pediatric population undergoing cardiac catheterization. *Ann Card Anaesth.* 2018;21(4):376-381.
 19. D A, Jafra A, Bhardwaj N, Jain D, Luthra A, Malik MA. Evaluation of various anthropometric airway parameters as predictors of difficult airway in neonates: A prospective observational study. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2020; 138:110387.
 20. Heinrich S, Birkholz T, Ihmsen H, Irouschek A, Ackermann A, Schmidt J. Incidence and predictors of difficult laryngoscopy in 11,219 pediatric anesthesia procedures. *Paediatr Anaesth.* 2012;22(8):729-736.
 21. Mansano AM, Módolo NS, Silva LM, et al. Bedside tests to predict laryngoscopic difficulty in pediatric patients. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2016; 83:63-68.
 22. Kiss EE, Olomu P, Johnson RF. Determining the Odds of Difficult Airway Resolution Among Pediatric Patients: A Case Series [published online ahead of print, 2021 Jan 19]. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2021;194599820986570.
 23. Bingham RM, Proctor LT. Airway management. *Pediatr Clin North Am.* 2008;55(4):873-x.
 24. Fischer M, Grass B, Kemper M, Weiss M, Dave MH. Cuffed pediatric endotracheal tubes-Outer cuff diameters compared to age-related airway dimensions. *Paediatr Anaesth.* 2020;30(4):424-434.
 25. Weiss M, Dullenkopf A, Gysin C, Dillier CM, Gerber AC. Shortcomings of cuffed paediatric tracheal tubes. *Br J Anaesth.* 2004;92(1):78-88.
 26. Veder LL, Joosten KFM, Schlink K, et al. Post-extubation stridor after prolonged intubation in the pediatric intensive care unit (PICU): a prospective observational cohort study. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2020;277(6):1725-1731.
 27. Rafiq M, Wani TM, Moore-Clingenpeel M, Tobias JD. Endotracheal tubes and the cricoid: Is there a good fit? [published correction appears in *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2016 Nov;90:70]. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2016; 85:8-11.
 28. Khemani RG, Sekayan T, Hotz J, et al. Risk Factors for Pediatric Extubation Failure: The Importance of Respiratory Muscle Strength. *Crit Care Med.* 2017;45(8):e798-e805
 29. Fuchs H, Nicolai T, Schmid MB, Krüger M. Respiratorentwöhnung--Definition und klinischer Kontext aus Sicht der Pädiatrie [Current concepts of weaning children from invasive ventilation]. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther.* 2013;48(10):622-625.
 30. Farias JA, Alía I, Retta A, et al. An evaluation of extubation failure predictors in mechanically ventilated infants and children. *Intensive Care Med.* 2002;28(6):752-757.

31. Newth CJ, Venkataraman S, Willson DF, et al. Weaning and extubation readiness in pediatric patients. *Pediatr Crit Care Med.* 2009;10(1):1-11.
32. Newth CJ, Hotz JC, Khemani RG. Ventilator Liberation in the Pediatric ICU. *Respir Care.* 2020;65(10):1601-1610.
33. Laham JL, Breheny PJ, Rush A. Do clinical parameters predict first planned extubation outcome in the pediatric intensive care unit?. *J Intensive Care Med.* 2015;30(2):89-96.
34. Ferreira FV, Sugo EK, Aragón DC, Carmona F, Carlotti APCP. Spontaneous Breathing Trial for Prediction of Extubation Success in Pediatric Patients Following Congenital Heart Surgery: A Randomized Controlled Trial. *Pediatr Crit Care Med.* 2019;20(10):940-946.
35. Chavez A, de la Cruz R, Zaritsky A. Spontaneous breathing trial predicts successful extubation in infants and children. *Pediatr Crit Care Med.* 2006;7(4):324-328.
36. Foronda FK, Troster EJ, Farias JA, 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(11):2526-2533.
37. Perkins GD, Mistry D, Gates S, et al. Effect of Protocolized Weaning With Early Extubation to Noninvasive Ventilation vs Invasive Weaning on Time to Liberation From Mechanical Ventilation Among Patients With Respiratory Failure: The Breathe Randomized Clinical Trial. *JAMA.* 2018;320(18):1881-1888.
38. Shioji N, Kanazawa T, Iwasaki T, et al. High-flow Nasal Cannula Versus Noninvasive ventilation for Postextubation Acute Respiratory Failure after Pediatric Cardiac Surgery. *Acta Med Okayama.* 2019;73(1):15-20.
39. Shehadeh AMH. Non-invasive respiratory support for preterm infants following extubation from mechanical ventilation. A narrative review and guideline suggestion. *Pediatr Neonatol.* 2020;61(2):142-147.
40. Barrington KJ, Bull D, Finer NN. Randomized trial of nasal synchronized intermittent mandatory ventilation compared with continuous positive airway pressure after extubation of very low birth weight infants. *Pediatrics* 2001; 107:638-41.
41. Li Y, Li H, Zhang D. Comparison of T-piece and pressure support ventilation as spontaneous breathing trials in critically ill patients: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care.* 2020;24(1):67.
42. 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(6): e330-e335).
43. Gradidge EA, Grimaldi LM, Cashen K, et al. Near-infrared spectroscopy for prediction of extubation success after neonatal cardiac surgery. *Cardiol Young.* 2019;29(6):787-792.
44. Foster CB, Spaeder MC, McCarter RJ, Cheng YI, Berger JT. The use of near-infrared spectroscopy during an extubation readiness trial as a predictor of extubation outcome. *Pediatr Crit Care Med.* 2013;14(6):587-592.
45. Thiele RH, Shaw AD, Bartels K, et al. American Society for Enhanced Recovery and Perioperative Quality Initiative Joint Consensus Statement on the Role of Neuromonitoring in Perioperative Outcomes: Cerebral Near-Infrared Spectroscopy. *Anesth Analg.* 2020;131(5):1444-1455.
46. McCaffrey J, Farrell C, Whiting P, Dan A, Bagshaw SM, Delaney AP. Corticosteroids to prevent extubation failure: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med.* 2009;35(6):977-986.
47. Kimura S, Ahn JB, Takahashi M, Kwon S, Papatheodorou S. Effectiveness of corticosteroids for post-extubation stridor and extubation failure in pediatric patients: a systematic review and meta-analysis. *Ann Intensive Care.* 2020;10(1):155.
48. Wang J, Walline JH, Yin L, et al. Efficacy of prophylactic methylprednisolone on reducing the risk of post-extubation stridor in patients after an emergency intubation: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials.* 2021;22(1):30.
49. Manrique G, Butragueño-Laiseca L, González R, et al. Effectiveness of steroids versus placebo in preventing upper airway obstruction after extubation in critically ill children: rationale and design of a multicentric,

- double-blind, randomized study. *Trials*. 2020;21(1):341.
50. Hashemian SM, Fallahian F. The use of heliox in critical care. *Int J Crit Illn Inj Sci*. 2014;4(2):138-142.
51. Dani C, Fontanelli G, Lori I, Favelli F, Poggi C. Heliox non-invasive ventilation for preventing extubation failure in preterm infants. *J Matern Fetal Neonatal Med*. 2013;26(6):603-607.
52. Vorwerk C, Coats T. Heliox for croup in children. *Cochrane Database Syst Rev*. 2010;(2):CD006822.
53. Connolly KM, McGuirt WF Jr. Avoiding intubation in the injured subglottis: the role of heliox therapy. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 2001;110(8):713-717.