Sedación inhalatoria en Cuidados Intensivos Pediátricos

Alba Palacios Cuesta[1], Antonio Vázquez Florido[2], Francisco Javier Portero Prados[3]
[1]UCIP. Hospital Universitario Materno-Infantil 12 de Octubre. Madrid
[2]Hospital Infantil Virgen del Rocío. Sevilla
[3]Enfermería. UCIP. Hospital Infantil Virgen del Rocío. Sevilla

Palacios Cuesta A, Vázquez Florido A, Portero Prados FJ. Sedación inhalatoria en Cuidados Intensivos Pediátricos
Protoc diagn ter pediatr. 2021;1:119-29.

RESUMEN

La sedación inhalatoria con gases halogenados constituye una vía alternativa a la vía intravenosa en cuidados intensivos. Puede utilizarse como agente único, asociado a opiáceos u otros hipnóticos, o en sustitución temporal de agentes intravenosos (recuperación de receptores *drug holiday*).

Los anestésicos volátiles actúan primariamente en las zonas más rostrales del cerebro, como la corteza cerebral, e incluso a bajas concentraciones pueden deprimir completamente la consciencia manteniendo las funciones autonómicas (control térmico, tensión arterial o respiración). La recuperación de la consciencia habitualmente es brusca y puede haber un corto periodo de excitación. Se puede decir que los anestésicos volátiles actúan como una especie de interruptores de la consciencia.

El sevoflurano y el isoflurano tienen escasa solubilidad en sangre, por lo que el inicio de acción y la recuperación son rápidos. Tienen efecto hipnótico-sedante, broncodilatador y escasamente analgésico.

Palabras claves: anestésicos por inhalación; sedación profunda; Unidades de Cuidados Intensivos Pediátricos.

Inhaled sedation in pediatric intensive care

ABSTRACT

Inhaled sedation with halogenated gases constitutes an alternative to intravenous sedation in Intensive Care. It can be used as a sole agent, associated to opioid or other hipnotic agents, or eventually as a substitute to intravenous agents for receptor recovery.

©Asociación Española de Pediatría. Prohibida la reproducción de los contenidos sin la autorización correspondiente.
Protocolos actualizados al año 2021. Consulte condiciones de uso y posibles nuevas actualizaciones en **www.aeped.es/protocolos/**
ISSN 2171-8172

Inhaled agents act primarily in rostral areas of brain, and even at low concentrations can depress consciousness, keeping autonomic functions (temperature control, blood pressure, breathing). Recovery of consciousness is abrupt, and can be followed by a transient excitatory state.

Sevoflurane and isoflurane have low solubility in blood, so onset and offset of action are fast. Effects are sedation, broncodilation and light analgesia.

Key words: anesthetics, Inhalation; Deep Sedation; Intensive Care Units, Pediátric.

1. INTRODUCCIÓN

El sevoflurano y el isoflurano son gases anestésicos halogenados con un efecto hipnótico sedante y parece que pueden tener algún papel en la transmisión del dolor a nivel espinal.

Tienen un importante efecto broncodilatador. Son útiles en el estatus epiléptico.

Ventajas de la vía inhalatoria:

- Menor depresión respiratoria a las dosis utilizadas para sedación en cuidados intensivos pediátricos (CIP).
- Menor disminución de la motilidad intestinal.
- Permiten extubación planificada.
- Permiten ventanas de sedación.
- Fácil monitorización y dosificación.
- Ausencia de tolerancia en la administración prolongada (taquifilaxia).
- Escasa acumulación.
- Independiente de las funciones renal y hepática.
- No necesita vía venosa.

El principal problema del uso de la vía inhalatoria en CIP es la necesidad de un sistema de evacuación de gases y de respiradores especiales de anestesia, o bien respiradores modificados conectados a un vaporizador. Este problema queda resuelto con el dispositivo AnaConDa®, que permite utilizar cualquier tipo de respirador, pudiendo conectar la salida de gases del respirador, bien a una toma de vacío, bien a un canister.

2. INDICACIONES

El uso de estos gases en pediatría no está aprobado para sedación en CIP, así que constituye un uso *off-label*.

En principio pueden utilizarse en cualquier paciente ventilado (a través de tubo endotraqueal o traqueostomía) si se reúnen los requisitos técnicos.

Puede constituir una buena alternativa a los sedantes habituales en los siguientes casos:

- Pacientes difíciles de sedar.
- Estatus asmático: su efecto broncodilatador no actúa como el de la mayoría de los fár-

©Asociación Española de Pediatría. Prohibida la reproducción de los contenidos sin la autorización correspondiente.
Protocolos actualizados al año 2021. Consulte condiciones de uso y posibles nuevas actualizaciones en **www.aeped.es/protocolos/**
ISSN 2171-8172

macos por la vía de los receptores de acetilcolina ni beta-2, por lo que puede utilizarse asociado a estos, en los que, además, por su efecto sedante, permite la adecuada adaptación a la ventilación mecánica.

- Estatus epiléptico refractario a otros tratamientos.
- Pacientes en los que la infusión de agentes intravenosos para la sedación haya desarrollado efectos adversos que desaconsejan su continuidad.
- Pacientes sedados que han desarrollado una creciente tolerancia a los agentes intravenosos utilizados en su sedación, en los que es necesario aumentar excesivamente las dosis de estos medicamentos.
- Cuando se precisa la interrupción de la administración de medicamentos intravenosos, lo que se conoce como *drug holiday* o descanso del medicamento.

3. CONTRAINDICACIONES

Absolutas:

- Susceptibilidad conocida para desarrollar hipertermia maligna (personal o familiar).
- Antecedentes conocidos de hipersensibilidad al sevoflurano o isoflurano.
- Enfermedad neuromuscular, entre otras, las miopatías.
- Asociación con inhibidores de la monoaminoxidasa (IMAO) no selectivos.

Relativas:

- El sevoflurano puede producir elevación en los niveles plasmáticos de flúor inorgánico con el uso prolongado. Sin embargo, no se ha visto que los niveles muy superiores hayan provocado manifestaciones de toxicidad o daño renal. No obstante, no se recomienda un uso superior a 48 horas sin control de la función renal. El isoflurano produce un menor acúmulo de flúor.

4. UTILIZACIÓN DE ANAESTHETIC CONSERVING DEVICE (AnaConDa®)

Para la administración de gases anestésicos en CIP se utilizará el dispositivo AnaConDa®. Este dispositivo es, básicamente, un filtro intercambiador de calor y humedad modificado que, intercalado en el circuito de ventilación del paciente, permite administrar agente halogenado por medio de una cámara de vaporización conectada a una jeringa con anestésico líquido.

Es un dispositivo de pequeño tamaño, de fácil colocación, adaptable a todo tipo de ventilador y que permite la reutilización del gas, con el consiguiente ahorro de anestésico inhalatorio. Es un dispositivo de un solo uso y debe cambiarse cada 24 horas. Contiene 50 ml de espacio muerto. Puede utilizarse con isoflurano o con sevoflurano.

4.1. Dosificación

Se monitorizará al paciente mediante un analizador de gases que mide la concentración de gas al final de la espiración (ETgas). También podrá apoyarse en las escalas clínicas (COMFORT-B) y en la monitorización del índice biespectral.

©Asociación Española de Pediatría. Prohibida la reproducción de los contenidos sin la autorización correspondiente.
Protocolos actualizados al año 2021. Consulte condiciones de uso y posibles nuevas actualizaciones en **www.aeped.es/protocolos/**
ISSN 2171-8172

Tabla 1. Dosificación gases inhalados

Agente halogenado	Volumen de purga	Ritmo de la jeringa	Valores objetivo ETgas
Sevoflurano	1,2 ml	4-10 ml/h	0,5-1,4 %
Isoflurano	1,2 ml	2-7 ml/h	0,2-0,7 %

La concentración alveolar mínima (CAM-MAC) es la medida de la potencia de cada gas anestésico: es la concentración alveolar mínima con la que el 50 % de los pacientes no se mueven ante un estímulo doloroso (incisión quirúrgica).

La MAC del sevoflurano es 2,3 y la del isoflurano, 1,5. Aumentan en niños menores de un año y disminuyen en edades avanzadas.

Para la dosificación en CIP es más interesante la MAC-awake, que es la concentración alveolar mínima que produce pérdida de conciencia, pero permite respuesta adecuada a órdenes verbales. Esta concentración para el sevoflurano se encuentra en 0,5-1,4 %, y para el isoflurano, en 0,2-0,7 %, y disminuyen con la edad y con el uso concomitante de otros sedantes u opiáceos.

Como regla general, si un paciente sedado por vía intravenosa va a recibir un anestésico volátil, los requerimientos de opiáceos disminuirán a menos de la mitad, por lo que puede ser útil suspender su infusión temporalmente hasta que baje la concentración en sangre.

Por otra parte, las dosis bajas de opiáceos permitirán una reducción del ET. Por su acción en el tronco cerebral facilitan la tolerancia al tubo endotraqueal (TET) y suprimen el reflejo tusígeno y la excitación que se produce cuando se interrumpe la administración del anestésico volátil o se administra en concentraciones demasiado bajas.

4.2. Montaje de AnaConDa®

El equipo requerido para la administración de gases anestésicos mediante este dispositivo es:

- Dispositivo AnaConDa® y jeringa específica de 50 ml.
- Adaptador de llenado específico para botella de gas: antes de colocar la jeringa en la bomba se rellena de agente anestésico líqui-

Figura 1. Elementos requeridos para la administración de gases anestésicos

©Asociación Española de Pediatría. Prohibida la reproducción de los contenidos sin la autorización correspondiente.
Protocolos actualizados al año 2021. Consulte condiciones de uso y posibles nuevas actualizaciones en www.aeped.es/protocolos/
ISSN 2171-8172

Figura 2. Elementos para la administracion de gases inhalados anestesicos

do por medio de un adaptador especial que conecta la botella de anestésico con la jeringa, y evita así las fugas y la contaminación ambiental. La jeringa y la línea de infusión deben ser las suministradas por el fabricante, ya que los anestésicos volátiles pueden disolver los materiales plásticos habitualmente utilizados en las jeringas estándar.

- Bomba de infusión para jeringa: sirve para conducir el anestésico líquido al evaporador controlando la velocidad de infusión. Puede ser necesario anular la alarma de presión.

- Sistema de eliminación de gases espirados: recipiente con material absorbedor de anestésicos halogenados como el filtro FlurABSORB®. También puede conectarse la salida de gases del respirador al sistema de evacuación del hospital.

- Monitor de gases anestésicos.

4.3. Modo de empleo

1. El anestésico (sevoflurano o isoflurano) se carga de la botella en la jeringa de 50 ml utilizando el adaptador específico destinado a tal fin.

2. Cuando se rellena la jeringa se debe tener cuidado para evitar la formación de burbujas en su interior, ya que los anestésicos volátiles se evaporan en estas burbujas y las hacen crecer si la jeringa se expone a altas temperaturas, lo que puede dar lugar a sobredosificación. Por ello:

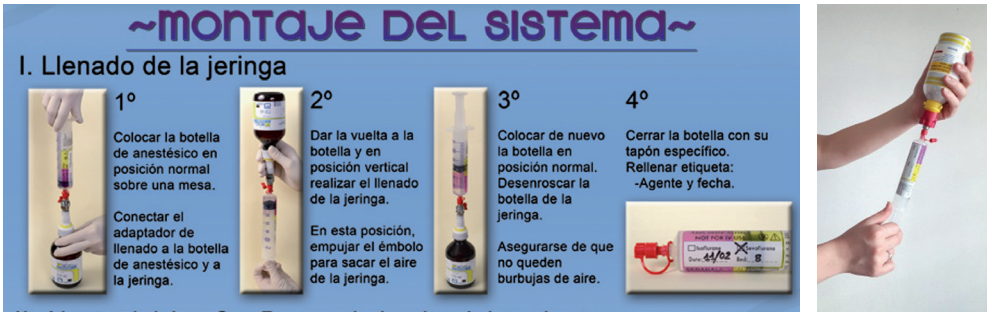
   a. Los gases deben almacenarse a temperatura ambiente.

   b. La jeringa debe cargarse sin burbujas.

   c. La jeringa debe estar alejada de fuentes de calor.

©Asociación Española de Pediatría. Prohibida la reproducción de los contenidos sin la autorización correspondiente.
Protocolos actualizados al año 2021. Consulte condiciones de uso y posibles nuevas actualizaciones en **www.aeped.es/protocolos/**
ISSN 2171-8172

Figura 3. Montaje del sistema: llenado de jeringa para administrar gases inhalados anestesicos



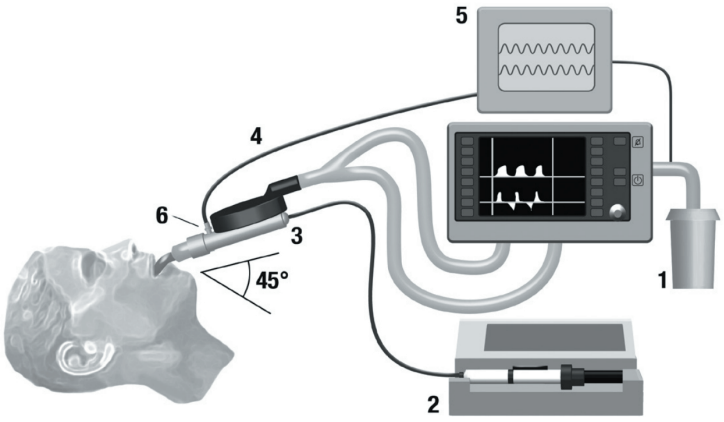
3. La línea que sale de la jeringa va al dispositivo AnaConda®. Este dispositivo tiene un filtro y un vaporizador que hace que el líquido se convierta en gas.

4. Colocación del dispositivo:

   a. En >25 kg, con VT >250 ml, el dispositivo se coloca después de la Y de las tubuladuras, ya que en esta posición parte del anestésico se recupera en la espiración y se consume mucho menos. El dispositivo hará las veces de filtro humidificador, así que no será necesario poner ningún otro filtro. Además, no se podrá utilizar un sistema de humidificación activa.

   b. En <25 kg, con VT <250 ml, en los que no se puede asumir ese incremento del espacio muerto, se colocará el dispositivo en la rama inspiratoria (a la salida del respirador). Así, se evita el efecto de aumento de espacio muerto, pero no se aprovecha el efecto de conservación de anestésico, con lo que se consume más gas. En este caso se deberá utilizar un sistema de humidificación activa, y la carcasa irá colocada después del dispositivo AnaConDa®.

Figura 4. Montaje del sistema: administracion de gases inhalados anestesicos



©Asociación Española de Pediatría. Prohibida la reproducción de los contenidos sin la autorización correspondiente.
Protocolos actualizados al año 2021. Consulte condiciones de uso y posibles nuevas actualizaciones en www.aeped.es/protocolos/
ISSN 2171-8172

Figura 5. Montaje del sistema y monitorización: administración de gases inhalados anestésicos

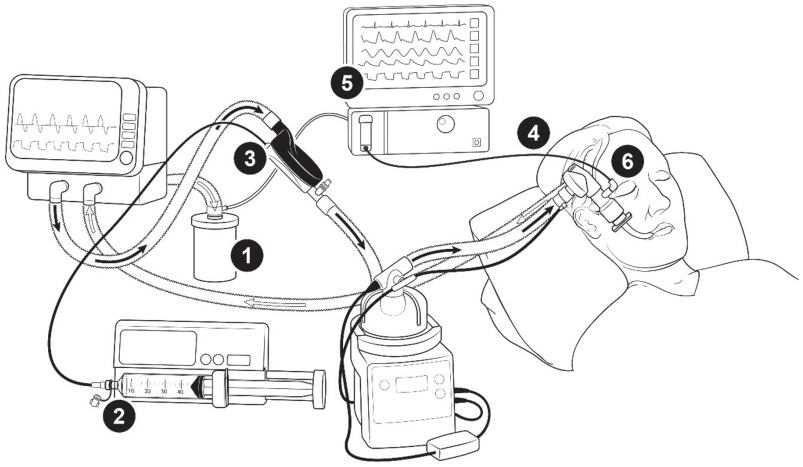
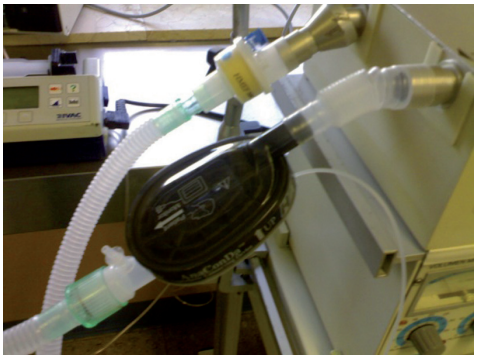
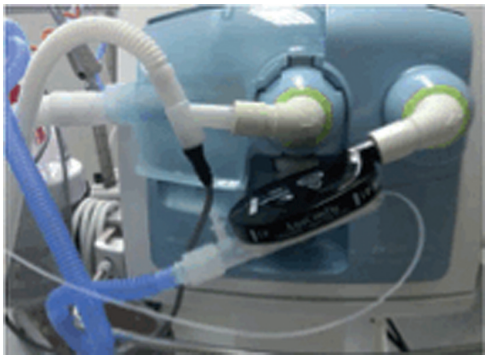


Figura 6. Montaje del sistema en ramas inspiratorias de ventilación mecánica invasiva





5. Monitorización del gas espirado:

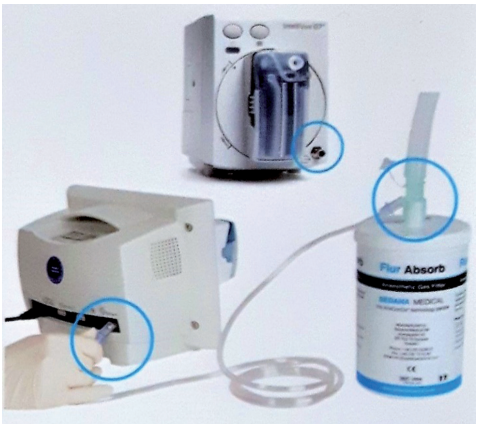
   a. Cuando se coloca el dispositivo después de la Y, se colocará la línea de muestra en la conexión destinada a ese fin del dispositivo AnaConDa® y de ahí, al analizador de gases.

   b. Cuando se coloca en la rama inspiratoria, la monitorización del gas espirado se hará con la pieza del analizador de gases colocada entre la pieza en Y y el tubo endotraqueal.

6. Colocar sistema de evacuación de gases: recipiente con material absorbedor de gases anestésicos halogenados que se conecta a la salida de gases del respirador. El filtro absorbedor tiene una capacidad máxima que se debe conocer (por ejemplo, flurabsorb, 10 jeringas). Si se utiliza un analizador de gases con toma de muestra se debe conectar también la salida de gas del monitor analizador al absorbedor.

©Asociación Española de Pediatría. Prohibida la reproducción de los contenidos sin la autorización correspondiente.
Protocolos actualizados al año 2021. Consulte condiciones de uso y posibles nuevas actualizaciones en **www.aeped.es/protocolos/**
ISSN 2171-8172

Figura 7. Analizador de gases en la administracion de anestésicos inhalados



7. Cuando esté todo conectado, hay que purgar la jeringa con 1,2 ml con la bomba de infusión antes de conectar al paciente. Nunca debe purgarse de forma manual para evitar sobredosificación. A continuación, se programa un ritmo inicial de 5-7 ml/h en el caso de usar sevoflurano y 3-5 ml/h en el caso de usar isoflurano, hasta que se empiece a detectar el gas espirado; se vigilará la aparición de efectos secundarios (vasodilatación, hipotensión arterial, etc.). En pacientes > 25 kg, en los que el dispositivo se coloca después de la Y de las tubuladuras se puede fijar el ritmo de la infusión según el normograma que facilita el fabricante (serán ritmos inferiores).

8. Para titular el efecto se debe monitorizar el gas espirado, que debe estar entre 0,5-1,4 % en el caso del sevoflurano y entre 0,2-0,7 % en el caso del isoflurano. En pocos minutos el analizador de gases mostrará los valores de la fracción alveolar de gas que se vayan obteniendo. En unos 10-20 minutos estos valores se estabilizarán.

9. A partir de ese momento, la tasa de infusión raramente necesita modificación. Solo hay que tener en cuenta que cuando modifiquemos en el respirador el volumen minuto (la FR, el VT o ambos), a veces se precisa un reajuste (aproximadamente 0,5-1 ml) de la velocidad de infusión para mantener constante la concentración de agente administrada. Esto es aplicable siempre y cuando no se modifique sustancialmente la condición hemodinámica o ventilatoria del paciente.

10. Durante el uso de AnaConDa®, si es necesario aspirar secreciones, lo óptimo es que el paciente tenga conectado un sistema de aspiración cerrada, lo que evitará la desconexión del circuito. En caso de que no lleve aspiración cerrada, para evitar la polución ambiental, se debe parar la jeringa de infusión, desconectar el circuito, parar el respirador, aspirar las secreciones y reconectar el circuito; después se volverán a poner en marcha el respirador y la jeringa de infusión.

11. Pueden administrarse bolos de gas con la bomba de 0,1-0,3 ml antes de aspiraciones, manipulaciones, aseo, etc.

12. Cuando se decida finalizar la sedación con el sistema AnaConDa®, hay que parar la bomba de infusión, desconectar el AnaConDa® del circuito del paciente, desconectar la línea de gases y, por último, desconectar la jeringa de la línea de infusión.

4.4. Aspectos que tener en cuenta

- El isoflurano y el sevoflurano tienen poco o ningún efecto analgésico, por lo que deben

©Asociación Española de Pediatría. Prohibida la reproducción de los contenidos sin la autorización correspondiente.
Protocolos actualizados al año 2021. Consulte condiciones de uso y posibles nuevas actualizaciones en **www.aeped.es/protocolos/**
ISSN 2171-8172

combinarse con fármacos analgésicos si es previsible que el paciente tenga dolor.

- El isoflurano y el sevoflurano producen vasodilatación periférica, por lo que hay que valorar riesgo/beneficio en pacientes inestables.

- Como regla general, cuando un paciente está con opioides y se inicia la administración de sevoflurano, los opioides se pueden bajar a menos de la mitad. Es conveniente asociarlos, al menos a dosis bajas, ya que permiten mantener el mismo nivel de sedación con menores concentraciones de gas espirado y además facilitan la tolerancia al tubo endotraqueal.

- Está descrita la presencia de disfunción psicomotriz reversible al suspender el gas anestésico, consistente en agitación, movimientos anormales (corea, mioclonías), etc. Esta agitación puede tratarse con benzodiacepinas o alfa-2-agonistas.

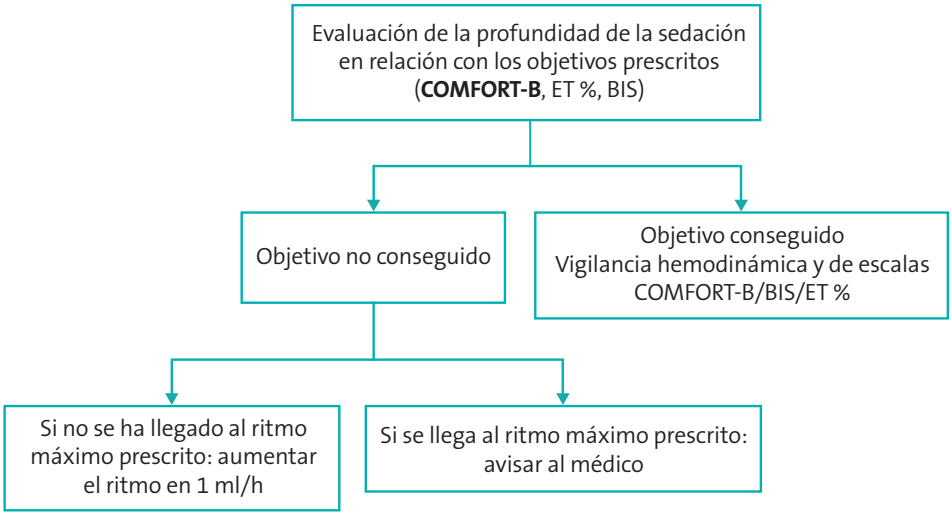
5. GUÍA RÁPIDA

Secuencia de evaluación de la necesidad de sedación:

Fase 1. Inicio de la sedación

Purgar el sistema con 1,2 ml de isoflurano o sevoflurano
Empezar con un ritmo en la jeringa de 3 ml/h
Supervisión hemodinámica en los primeros minutos tras la conexión

Fase 2. Evaluación, mantenimiento de la sedación y supervisión (repetir el esquema cada 5 min)



©Asociación Española de Pediatría. Prohibida la reproducción de los contenidos sin la autorización correspondiente.
Protocolos actualizados al año 2021. Consulte condiciones de uso y posibles nuevas actualizaciones en www.aeped.es/protocolos/
ISSN 2171-8172

BIBLIOGRAFÍA

1. Ariyama J, Hayashida M, Shibata K, *et al.* Risk factors for the development of reversible psychomotor dysfunction following prolonged isoflurane inhalation in the general intensive care unit. J Clin Anesth. 2009;21:567-73.

2. Bratton SL, Odetola FO, McCollegan J, *et al.* Regional variation in ICU care for pediatric patients with asthma. J Pediatr. 2005;147:355-61.

3. Breslin M, Warner J, Helfaer MA, *et al.* Assessing exposure of healthcare workers to isoflurane in the pediatric critical care setting. Crit Care Med. 1999;27:A121.

4. Carrié S, Anderson TA. Volatile anesthetics for status asthmaticus in pediatric patients: a comprehensive review and case series. Pediatr Anesth. 2015;25:460-7.

5. Carroll CL, Zucker AR. The increased cost of complications in children with status asmaticus. Pediatr Pulmonol. 2007;42:914-9.

6. Char DS, Ibsen LM, Ramamoorthy C, *et al.* Volatile anesthetic rescue therapy in children with acute asthma: innovative but costly or just costly? Pediatric Crit Care Med. 2013;14:343-50.

7. Constant I, Seeman R. Inhalational anesthetics in pediatric anesthesia. Curr Opin Anaesthesiol. 2005;18:277-81.

8. Davidson AJ, Wong A, Knottenbelt G, *et al.* MAC-awake of sevoflurano in children. Pediatr Anesth. 2008;18:702-7.

9. Eifinger F, Hunseler C, Roth B, *et al.* Observations on the effects of inhaled isoflurane in long-term sedation of critically ill children using a modified AnaConDa®-system. Klin Padiatr. 2013;225:206-11.

10. Jung C, Granados M, Marsol P, Murat I, *et al.* Use of sevoflurane sedation by the AnaConDa® device as an adjunct to extubation in a pediatric burn patient. Burns 2007.

11. Kihara S, Inomata S, Yaguchi Y, *et al.* The awakening concentration of sevoflurane in children. Anesth Analg. 2000;91:305-8.

12. Masuda Y, Tatsumi H, Goto K, *et al.* Treatment of life-threatening hypercapnia with isoflurane in an infant with status asthmaticus. J Anesth. 2014;28:610-2.

13. Mesnil M, Capdevila X, Bringuier S, *et al.* Long-term sedation in intensive care unit: a randomized comparison between inhaled sevoflurane and intravenous propofol or midazolam. Intensive Care Med. 2011;37:933-41.

14. Meyer NE, Schotz S. Relief of intractable bronchial asthma with cyclopropane anesthesia: report of case. J Allergy. 1939;10:239-40.

15. Migliari M, Bellani G, Rona R, *et al.* Short-term evaluation of sedation with sevoflurane administered by the anesthetic conserving device in critically ill patients. Intensive Care Med. 2009;35:1240-6.

16. Patel SS, Goa KL. Sevoflurane. A review of its pharmacodynamics and pharmacokinetic properties and its clinical use in general anaesthesia. Drugs. 1996;51:658-700.

17. Restrepo RD, Pettignano R, DeMeuse P. Halothane, an effective infrequently used drug, in the treatment of paediatric status asthmaticus: a case report. J Asthma. 2005;42:649-51.

18. Roberts JS, Bratton SL, Brogan TV. Acute severe asthma: differences in therapies and outcomes among pediatric intensive care units. Crit Care Med. 2002;30:581-5.

©Asociación Española de Pediatría. Prohibida la reproducción de los contenidos sin la autorización correspondiente.
Protocolos actualizados al año 2021. Consulte condiciones de uso y posibles nuevas actualizaciones en **www.aeped.es/protocolos/**
ISSN 2171-8172

19. Sackey PV, Martling CR, Nise G, *et al*. Ambient isoflurane pollution and isoflurane consumption during intensive care unit sedation with the anesthetic conserving device. Crit Care Med. 2005;33:585-90.

20. Sackey PV, Martling CR, Radell P. Three cases of PICU sedation with isoflurane delivered by the "AnaConDa®". Pediatr Anesth. 2005;15:879-85.

21. Sackey PV, Martling CR, Radell P. Three cases of PICU sedation with isoflurane delivered by the "AnaConDa®". Pediatr Anesth. 2005;15:879-85.

22. Schutte D, Zwitserloot AM, Houmes R, *et al*. Sevoflurane therapy for life-threatening asthma in children. Br J Anaesth. 2013;111:967-70.

23. Shankar V, Churchwell KB, Deshpande JK. Isoflurane therapy for severe refractory status asthmaticus in children. Intensive Care Med. 2006;32:927-33.

24. Tobias JD. Inhalation anesthesia: basic pharmacology, end organ effects, and application in the treatment of status asthmaticus. J Int Care Med. 2009;24:361-71.

25. Turner DA, Heitz D, Cooper MK, *et al*. Isoflurane for life threatening bronchospasm: a 15-year single-center experience. Respi Care. 2012;57:1857-64.

26. Vaschetto R, Bellotti E, Turucz E, *et al*. Inhalational anesthetics in acute severe asthma. Curr Drug Targets. 2009;10:826-32.

27. Wheeler DS, Clapp CR, Ponaman ML, *et al*. Isoflurane therapy for status asthmaticus in children: A case series and protocol. Pediatr Crit Care Med. 2000;1:55-9.

©Asociación Española de Pediatría. Prohibida la reproducción de los contenidos sin la autorización correspondiente.
Protocolos actualizados al año 2021. Consulte condiciones de uso y posibles nuevas actualizaciones en **www.aeped.es/protocolos/**
ISSN 2171-8172