



Estudio experimental de la eficacia de un sistema pasivo de captura de gases anestésicos (CONTRAfluran™) en un modelo de anestesia pediátrica inhalatoria

López García L, Reinoso Barbero F, Sanabria Carretero P, Alonso Prieto M, Cabezudo S, García Gómez R.
Hospital Universitario La Paz



Laura López García

Resumen

El Cambio Climático constituye la mayor amenaza para la salud mundial en el siglo XXI. El óxido nitroso (N_2O) y los gases halogenados como el isoflurano, sevoflurano y desflurano contribuyen de forma directa al calentamiento de la atmósfera (1). Los gases anestésicos residuales representan por sí solos el 3% de todas las emisiones de gases de efecto invernadero que implican al sector de la salud en Inglaterra (3-4-5).

Los anestesiólogos son conscientes de su responsabilidad ecológica por lo que existe en la actualidad un debate sobre cómo reducir la huella de carbono (CO_2e). (6-7-8-9) Otro inconveniente de los gases inhalatorios son los efectos directos en la salud de las personas que trabajan en los espacios donde se utilizan. (10-11-12-13-14-15-16).

Sin embargo, los gases anestésicos son fármacos que cuentan con enormes ventajas clínicas. Si se prohíbe o se limita su uso supondría una considerable limitación en el arsenal terapéutico, en ocasiones de primera elección como ocurre en la inducción anestésica inhalatoria en pediatría. (22-23-24-25-26-27-28).

Las mejores estrategias para disminuir los límites de contaminación en el área de trabajo inferiores al VLA-ED de seguridad son la extracción de gases anestésicos con sistemas homologados, el empleo de bajos flujos de gas fresco y una ventilación adecuada de la sala. (21).

Simultáneamente podemos emplear estrategias con sistemas de captación pasivos de gases asociados a filtros de carbón activado. Éstos funcionan mediante un filtro de carbón activo vegetal que captura los gases exhalados del circuito de anestesia mediante adsorción de forma pasiva y quedan fijados al carbón mediante fuerzas

físicas de “Van der Waals”. Los cartuchos saturados se cierran herméticamente, se procesan en un laboratorio para recuperar los gases capturados en el filtro y ser usados de nuevo, con lo que se genera una reutilización y economía circular.

El estudio que se realizó en el Servicio de Anestesiología Infantil del Hospital Universitario La Paz de Madrid entre enero de 2022 y diciembre de 2022, se centró en comprobar que el empleo de un sistema de extracción pasiva de gases anestésicos residuales dirigido hacia un filtro de carbón vegetal activado, denominado CONTRAfluran™, disminuía la salida de desflurano y sevoflurano tanto al ambiente laboral interior como a la atmósfera ambiental exterior; de esta forma se evitarían los efectos perjudiciales para la salud del personal expuesto y el efecto contaminante del medio ambiente.

Objetivos del proyecto o experiencia

Existen estrategias de captura de gases halogenados que pueden ser utilizadas en clínica humana sin ninguna restricción y permiten evitar el vertido de estos contaminantes a la atmósfera exterior y en la zona de trabajo. Los sistemas de captura de gases halogenados residuales funcionan mediante un filtro de carbón activo vegetal que captura gases halogenados (isoflurano, sevoflurano, desflurano) pero no tiene capacidad de captura del óxido nitroso (N₂O). El mecanismo de captura de los gases exhalados del circuito de anestesia es mediante adsorción de forma pasiva quedando fijado mediante fuerzas físicas de “Van der Waals”. Los gases anestésicos quedarían fijados al carbón activado de forma reversible, con lo que se evita así la exposición laboral, su salida a la atmósfera exterior y se previene el potencial efecto invernadero que tales gases generan. La saturación del filtro se detecta por una alarma de luz y sonido que emite un dispositivo electrónico que analiza la concentración de gas en el extremo distal del filtro y avisa cuando está lleno y así recambiarlo por uno nuevo. Los cartuchos saturados, se cierran herméticamente en bolsas especiales, y posteriormente se llevan a un laboratorio específico y mediante barrido y destilación, es posible recuperar nuevamente los gases anestésicos capturados en el filtro, para ser utilizados de nuevo en un futuro, con lo que se genera una reutilización y economía circular. (33-34-35-36).

El objetivo de este estudio es determinar que con un sistema de extracción pasiva de gases anestésicos exhalados dirigido hacia el filtro CONTRAfluran™, se evita la salida de desflurano y sevoflurano al ambiente laboral y también su salida a la atmósfera, lo que permite condiciones laborales seguras para la salud y simultáneamente se impide el efecto contaminante sobre el medio ambiente. De este modo, se consigue un entorno de trabajo seguro para el personal sanitario de las salas quirúrgicas y de exploraciones, sin riesgos a la exposición diaria a gases halogenados, y también, respetuosas con el medioambiente al no haber emisiones contaminantes.

Método

Con la aprobación del Comité Ético y de Investigación del Hospital Universitario La Paz de Madrid y el consentimiento informado de los padres, se realizó un estudio prospectivo en 1 sala de procedimientos y en 3 quirófanos, del bloque quirúrgico infantil en los que se instalaron cuatro sistemas electrónicos SENSOfluran™ de ZeoSys Medical GmbH (Alemania), que permiten analizar la saturación de los cartuchos de carbón activados CONTRAfluran™ de ZeoSys Medical GmbH (Alemania).

Los criterios de exclusión se aplicaron en aquellos pacientes que no fueron anestesiados con gases halogenados.

Para determinar la eficacia del sistema de captura se hicieron dos tipos de aproximaciones distintas.

En primer lugar, se comprobó que los cartuchos de CONTRAfluran adsorbían determinada cantidad de agente halogenado. Para ello se utilizó una báscula de alta precisión Asimed baby TM que permitía pesar entre 10 kg y 0,1 kg con un error de 0,005kg.

De este modo, se pesaron los cartuchos empleados en el bloque quirúrgico antes de empezar a utilizarlos y una vez que estaban totalmente llenos. Estas medidas se pusieron en relación con el peso de los frascos de desflurano y sevoflurano empleados durante el mismo periodo.

Igualmente, de modo aislado, se pesaron los cartuchos antes y después de las jornadas de trabajo en las que se había utilizado desflurano y/o sevoflurano. Al mismo tiempo, se pesaban los vaporizadores de desflurano y sevoflurano al inicio y al final de dichas jornadas a fin de relacionar el descenso de peso de los vaporizadores con el incremento de peso en los cartuchos de CONTRAfluran.

En segundo lugar, en jornadas de trabajo separadas, se comprobaron los niveles de exposición laboral a residuos ambientales anestésicos del personal sanitario expuesto y de este modo se determinó la capacidad extractora de gases del sistema pasivo de carbón activado CONTRAfluran, empleado en el estudio.

Se utilizó como analizador de gases en el aire ambiente (espectroscopia de infrarrojos fotoacústica de alta sensibilidad) el equipo Gasmeter DX-4030 FTIR Gas Analyzer (Gasmeter Technologies Oy, Helsinki, Finlandia). La tecnología de medición que utiliza esta unidad es espectroscopia infrarroja para el análisis químico. A lo largo de cada sesión el analizador de gases realizó una medida cada 30 segundos de la concentración ambiental (en ppm) de sevoflurano. (38).

Al ser un estudio observacional los datos se presentaron sin análisis de significación estadística.

Resultados obtenidos

El principal hallazgo de este estudio fue que, en procedimientos cortos de menos de 30 minutos, como los realizados en nuestras salas de procedimientos, con altos flujos 2-4 lpm y mascarilla laríngea la captura por los sistemas de recolección de residuos (CONTRAfluran™) fue del 90% para el agente desflurano y del 75% para el sevoflorane.

Por otra parte, el VLA-ED obtenido en 5 jornadas laborales de 7 horas con las mediciones captadas por el monitor de espectroscopia fotoacústica de infrarrojos dieron un valor promedio que resultó ser muy inferior al VLA-ED que establece no sobrepasar los 2 ppm (38). No se evidenciaron fugas de halogenados en el ambiente, excepto las ocasionadas durante la inducción inhalatoria con mascarilla facial y pérdida de sellado de la mascarilla laríngea durante la endoscopia digestiva alta. (37).

Durante el período que duró el estudio se anestesiaron en el Hospital Infantil de La Paz de Madrid un total de 8.432 pacientes y se emplearon 200 cartuchos de CONTRAfluran™. Se utilizaron 20 cartuchos para capturar desflurano y 180 cartuchos para capturar sevoflurano. Con la información obtenida mediante el peso de los botes de los agentes inhalatorios, los vaporizadores y el cartucho de CONTRAfluran™ y con el empleo de la fórmula de la Asociación de Anestesiistas Británicos para calcular el ahorro de GWP (39) en la que 1 mL de desflurano produce 3,7 kg equivalentes de CO₂ y 1 ml de sevoflurano produce 0,2 kg equivalentes de CO₂. (39) hemos obtenido las siguientes conclusiones:

- Desflurano: se produjeron 41 Tn de CO₂e. Se capturaron un total de 20 cartuchos x 350 gr = 7.000 gr o lo que es lo mismo 10.150 mL de desflurano equivalentes a 37,555 Tn de CO₂e.
- Sevoflurano: se produjeron 27 Tn de CO₂e. Se capturaron un total de 180 cartuchos x 385 gr = 69.300 gr o lo que es lo mismo que 106.722 mL de sevoflurano equivalentes a 21,344 Tn de CO₂e.

En conclusión, durante el año que duró el estudio realizado en el Hospital Infantil Universitario la Paz, con el empleo de un sistema de captura de gases, se liberaron 9.5 Tn de CO₂e a la atmósfera, en lugar de las 68 Tn de CO₂e que se hubieran liberado sin este sistema tan innovador.

INNOVACIÓN. ¿Cuáles son las características más novedosas del proyecto o experiencia que se presenta?

El servicio de anestesia y reanimación infantil del Hospital Universitario la Paz defiende una conciencia ecológica que permita reducir las emisiones de dióxido de carbono derivados de los gases anestésicos utilizados en el quirófano, como recomienda el Pacto Verde de la Unión Europea en el año 2030 cuyo objetivo final es ser climáticamente neutros en 2050.

Hasta el momento actual no existen sistemas obligatorios de captura de gases anestésicos de desecho para proteger al personal sanitario y al medio ambiente exterior. Por tanto, un porcentaje no despreciable es eliminado a través de los sistemas de ventilación de los quirófanos y a través de los sistemas activos de extracción de gases al exterior. Actualmente se están desarrollando tecnologías para capturar el gas anestésico de desecho antes de su emisión al medio ambiente, utilizando mecanismos pasivos de adsorción del agente inhalatorio exhalado mediante un carbón activado que actúa como adsorbente selectivo.

El CONTRAflutan™ es un cartucho de propileno reciclable contiene filtros de carbón activo vegetal de cáscaras de coco con una capacidad de 375ml, cuyos poros capturan por adsorción los gases anestésicos halogenados y los separan del aire exhalado del paciente. Sensofluran es el soporte para estos cartuchos que cuenta con un sensor para controlar el nivel de llenado de dicho cartucho, que emite una señal lumínica y sonora cuando está lleno y avisa de que debe cambiarse por otro nuevo. Una vez cambiado, es almacenado y enviado a plantas específicas de reciclaje para separar los gases anestésicos del carbón vegetal. El agente inhalatorio extraído se condensa en estado líquido para su almacenaje y posterior reutilización, con el objetivo final de generar un circuito circular de reciclaje.

La estrategia de captura de gases a filtros de carbón activo es eficaz y totalmente innovadora, ya que evita el vertido al exterior de aproximadamente el 90% de los gases anestésicos utilizados, con una vida media de duración en la atmosfera terrestre entre 1,5 años para el sevoflurano y 14 años para el desflurano, evitando el efecto invernadero y calentamiento global, permitiendo ser utilizados en la clínica, sin efectos adversos medioambientales. Dicha estrategia de captura y posterior reciclado, asociado al descenso de las emisiones con el uso de bajos flujos de gas fresco, cumple los pilares de las tres erres en sostenibilidad: Reducir, Reciclar y Reutilizar.

CALIDAD. ¿Qué mejoras en calidad se han obtenido al desarrollar el proyecto o experiencia?

Un grave inconveniente relacionado con los gases inhalatorios son los efectos perjudiciales para la salud de las personas que trabajan en los espacios donde se utilizan. (10-11-12-13-14-15-16). VLA-ED expresa la concentración media del agente químico en el área respiratoria del trabajador medida de forma ponderada con respecto al tiempo y representa las condiciones, basadas en los conocimientos científicos actuales, en las que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos 8 horas diarias durante su vida laboral sin sufrir efectos adversos para su salud. Estos valores se han determinado mediante estudios de investigación, de tal forma que en exposiciones a valores inferiores a tales límites no se han demostrado riesgos para la salud en el personal laboral expuesto. El VLA-ED obtenido en 5 jornadas laborales de 7 horas con las mediciones captadas por el monitor de espectroscopia fotoacústica de infrarrojos dieron un valor promedio que resultó ser muy inferior al

VLA-ED que establece no sobrepasar los 2 ppm (38). Por tanto, los resultados en nuestro estudio demostraron que este sistema de adsorción pasiva de gases mejora las condiciones laborales de los trabajadores expuestos.

Es evidente que los anestesiólogos estamos contribuyendo con la anestesia inhalatoria a la contaminación medioambiental y es nuestra responsabilidad disminuir este efecto en la huella de carbono. (3-4-5-6-7-8-9). Eliminar el N₂O ha resultado una medida sencilla que se ha llevado a cabo en el Hospital Universitario la Paz. Por otra parte, el empleo del desflurane y el sevoflorane son indispensable en nuestro arsenal anestésico actual (22-23-24-25-26-27-28).

La Captura de Halogenados con sistemas de captación pasivos asociados a filtros de carbón activados disminuye los efectos perjudiciales permite evitar la liberación a la atmósfera de una parte importante de la Tn de CO₂e, lo que disminuye el efecto invernadero.

Eliminar el empleo de desflurano como se propone en la Declaración de Glasgow (31) o limitarlo a partir del 2026 por parte del Parlamento Europeo (32) podría resultar una medida contraria al interés general del paciente si tenemos en cuenta la existencia de procedimientos que permiten capturar este agente halogenado mediante el empleo de un sistema de reciclaje de economía circular.

MEJORA DE LA GESTIÓN Y/O EVALUACIÓN EN SALUD. ¿Qué aportación realiza el proyecto o experiencia para la mejora de la gestión y/o la evaluación de resultados en salud?

La anestesia inhalatoria es de elección en muchas de las intervenciones quirúrgicas y procedimientos con anestesia, y de primera elección en cirugía infantil. Dichos agentes apenas sufren metabolismo (5% el sevoflurano y 0,2% el Desflurano) lo que los hace exentos de efectos tóxicos en los pacientes, pero son exhalados inalterados a la atmósfera, donde perduran un promedio de 1,5 años el sevoflurano y 14 años el desflurano, contribuyendo al calentamiento global. Dichos agentes se utilizan mezclados con óxido nitroso (N₂O) para ejercer efecto segundo gas y disminuir la MAC inhalada de ambos agentes. Sin embargo, este efecto apenas tiene relevancia clínica. El N₂O es un débil agente anestésico, que dura en la atmósfera terrestre de unos 150 años. Nuestra estrategia consiste:

- Eliminar el uso del N₂O. El gasto anual de N₂O estimado en el Hospital la Paz es aproximadamente 100.000 euros.
- Establecer estrategias de formación en el servicio de anestesia en materia de sostenibilidad para fomentar el uso de flujos de gas fresco eficientes (FGF), bajos y muy bajos, reduciendo las emisiones al exterior aproximadamente un 80% respecto al FGF convencionales (FGF convencional es igual al volumen minuto del paciente).

- Aplicar los filtros de carbón activado. Éstos tienen un coste de 45 euros por filtro e incluye el posterior reciclado. Cada cartucho captura 375 ml de anestésico volátil: 1.5 botes de sevoflurano (250 ml) o de desflurano (250 ml). La estimación de consumos en el hospital infantil sería: 9 salas de anestesia, se utiliza anestesia inhalatoria en el 100% de los procedimientos anestésicos, conlleva un gasto de 370 filtros anuales, que equivale a un gasto de 17000 euros. La estimación de gasto en el resto del hospital la Paz sería: 30 salas de anestesia con una utilización estimada de la anestesia inhalatoria inferior al 50%, conlleva un gasto de unos 660 filtros anuales, que supone unos 29.900 euros. La suma total en ngasto de filtros de carbón activado sería de 46.900 euros anuales. Con la clausura del N₂O se produce un ahorro de 100.000 euros, más que suficiente para financiar el gasto en filtros de carbón activado (46.900 euros), generando un ahorro de unos 50.000 euros, además de descender enormemente el impacto ambiental. Se evita la emisión del 100% del N₂O y entre un 70-90% la emisión de sevoflurano y desflurano. Permite aplicar estrategias de sostenibilidad (las tres erres: Reducir, Reciclar y Reutilizar) y de economía circular (Reciclar y Reutilizar).

APLICABILIDAD Y FACILIDAD DE EXTENSIÓN A OTRAS ORGANIZACIONES DEL SECTOR SALUD. ¿En qué medida es aplicable o extensible el proyecto o experiencia a otros centros u organizaciones del sector salud?

El planteamiento del estudio realizado en el Hospital Universitario la Paz defiende que los anesthesiólogos tenemos una misión importante en la gestión de la contaminación del medio ambiente. Los anesthesiólogos debemos estar concienciados del impacto de la práctica clínica de la anestesia en la contaminación global, así como de las diferentes medidas para reducirla. Nuestra práctica clínica diaria debe perseguir y alcanzar el objetivo de producir emisiones contaminantes que tiendan a cero.

Establecer estrategias de formación en el servicio de anestesia en materia de sostenibilidad para fomentar el uso de flujos de gas fresco eficientes (FGF), bajos y muy bajos, reduciendo las emisiones al exterior aproximadamente un 80% respecto al FGF convencionales (FGF convencional es igual al volumen minuto del paciente).

Fomentar la retirada del agente inhalatorio N₂O ha sido una medida ecológica puntera e innovadora del Hospital Universitario La Paz que puede ser aplicada fácilmente en el resto de los hospitales de nuestro país.

La implementación en nuestro hospital de un sistema de captura pasivo de gases como el Contrafloran ha demostrado una reducción drástica de las emisiones contaminantes y la posibilidad de llevar a cabo un proceso anestésico seguro y sostenible. Aplicar un sistema de las mismas características en hospitales, tanto en la red pública nacional de salud como en centros hospitalarios privados donde se realicen actos anestésicos con agentes inhalatorios, debería ser un objetivo prioritario a corto plazo.

Dicha estrategia de captura y posterior reciclado, asociado al descenso de las emisiones con el uso de bajos flujos de gas fresco, cumple los pilares de las tres erres en sostenibilidad: Reducir, Reciclar y Reutilizar.

Anexos

Anexo 1



Anexo 2



Anexo 3

