

11202



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
SUBDIVISIÓN DE ESPECIALIDADES MÉDICAS

INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
DELEGACIÓN SUR DEL DISTRITO FEDERAL
UMAE HOSPITAL DE ESPECIALIDADES
CMN SXXI

PRODUCCIÓN DE FORMALDEHÍDO CON ADMINISTRACIÓN
DE SEVOFLURANE MÁS AMSORB PLUS COMPARADO
CON SEVOFLURANE MÁS CAL SODADA

TESIS DE POSGRADO
PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN
ANESTESIOLOGÍA

PRESENTA:
DRA. ERIKA LEÓN ALVAREZ

ASESOR DE TESIS:
DR. ABDIEL ANTONIO OCAMPO



MÉXICO, D. F.

OCTUBRE 2005.

m 351721



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

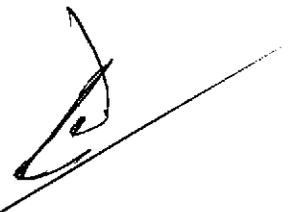
Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

UMA E
HOSPITAL ESPECIALIDADES
C.M.N. SIGLO XXI
RECEBIDO
19 OCT 2005
DIRECCION DE EDUCACION
E INVESTIGACION EN SALUD

PA


DRA. NORMA L. JUÁREZ DÍAZ GONZÁLEZ
Directora de Educación e Investigación en la Salud de la
UMA E Hospital de Especialidades "Dr. Bernardo Sepúlveda G"
CMNS XXI



DR. ANTONIO CASTELLANOS OLIVARES
Jefe del Servicio de Anestesiología y Profesor Titular del curso
UMA E Hospital de Especialidades "Dr. Bernardo Sepúlveda G"
CMNS XXI





SUBDIVISIÓN DE ESPECIALIZACIÓN
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
FACULTAD DE MEDICINA
U.N.A.M.

DR. ABDIEL ANTONIO OCAMPO
Médico Especialista adscrito al Servicio de Anestesiología
UMA E Hospital de Especialidades "Dr. Bernardo Sepúlveda G"
CMNS XXI

AGRADECIMIENTOS

A Dios porque desde que inicie esta bonita profesión, me ha acompañado y protegido y ha puesto en mi camino a gente buena que me ha ayudado a salir adelante y a reforzar el amor que le tengo a la medicina.

A mi Madre porque gracias a ella he llegado hasta donde estoy, enseñándome a ser responsable e inculcándome el amor por el trabajo y la superación profesional. Por estar siempre conmigo.

A mi hermana Arnely por ser una niña linda, dispuesta a compartir su tiempo libre conmigo, ayudándome en ocasiones a realizar algunas de mis actividades profesionales, sin importarle desvelarse conmigo otorgándome su apoyo.

A mi Padre y hermanos, Geycel y Anwar, por estar siempre dispuestos a ayudarme en lo que les pida, porque sé que me apoyan y disfrutan conmigo mis triunfos y yo los de ellos, y porque me gustaría que entendieran que todo lo que hago es por ellos y, así como yo quiero superarme, quisiera que ellos también lo hicieran.

A mis maestros, que han creído en mí y me han impulsado a seguir adelante en este largo pero bonito camino de la medicina. Por que gracias a sus comentarios hacia mi persona quiero ser de las mejores anesthesiólogas.

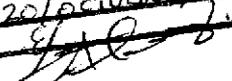
A toda mi familia, por tolerarme, entenderme y aceptar el que no les brinde el tiempo necesario para estar con ellos. Quisiera aprovechar para decirles que los quiero mucho y, aunque no se los diga, todo lo que hago es por ellos y por su superación personal y profesional. Gracias.

Al personal del Laboratorio de Salud en el Trabajo del H.G.Z. núm 32 del I.M.S.S. por las facilidades prestadas para la realización de este trabajo.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: ERICA LEON ALVAREZ

FECHA: 20/ OCTUBRE/ 2005

FIRMA: 

ÍNDICE

a) AGRADECIMIENTOS.....	2
b) RESUMEN	4
c) INTRODUCCIÓN.....	7
d) JUSTIFICACIÓN	18
e) OBJETIVOS	19
f) MATERIAL Y MÉTODOS	20
g) RESULTADOS	22
h) DISCUSIÓN	24
i) CONCLUSIONES	27
j) ANEXO 1	28
k) ANEXO 2	29
l) BIBLIOGRAFIA	30

RESUMEN

Objetivos: Demostrar si el Amsorb plus es capaz de producir menos Formaldehído en comparación con Cal Sodada en la anestesia general balanceada al utilizar sevoflurane como anestésico volátil.

Material y métodos: Una vez autorizado el proyecto de investigación por el comité local de investigación de la UMAE HECMN Siglo XXI y previo consentimiento informado; se estudió a 12 pacientes, con un rango de edad de 23 a 48 años, 6 hombres y 6 mujeres, ASA II, sometidos a anestesia general balanceada, sometidos a cirugía mayor electiva (endarterectomía, miringoplastia izquierda, exploraciones arteriales, resección transesfenoidal de adenoma hipofisiario, etc), con sevoflurane como anestésico volátil y cal sodada o amsorb plus como absorbedor de CO₂. Se excluyó del estudio a todos los pacientes con patología renal, pulmonar, hepática, oftalmológica y algún tipo de cáncer ya diagnosticado. De forma no aleatoria se formaron dos grupos, el grupo A en el que se utilizó cal sodada con sevoflurane a 1.6-3 Vol%, y el grupo B en el que se utilizó Amsorb plus con sevoflurane a 1.6-3 Vol%. Una vez intubado el paciente y conectado a ventilación mecánica controlada, FiO₂ del 100% con flujo de O₂ de 2-3vol%, se conectó a la pieza en T del circuito anestésico los tubos indicadores activos colorimétricos en los que se hizo pasar determinada cantidad de gas del circuito, forzado por una bomba a un flujo de 110.5 ml/min, por un tiempo de 67 a 111 minutos. Las muestras se enviaron al Laboratorio de Salud en el Trabajo del H.G.Z. núm 32 del IMSS para realizar la detección de formaldehídos por cromatografía de gases, reportando los resultados en mg y realizando la posterior conversión a ppm.

Análisis estadístico.- Se calculó con medidas de tendencia central $X \pm DE$ y el análisis bivariable se hizo por t para muestras independientes. Los resultados tuvieron significancia cuando $p < 0.05$

Resultados.- Divididos en 2 grupos; el grupo A con 6 pacientes, 3 hombres y 3 mujeres, con absorbedor de CO₂ cal sodada, edad promedio de 42.8 ± 11.99 años, el tiempo anestésico promedio fue de 2 horas 10 minutos.

El grupo B conformado por 6 pacientes, 3 hombres y 3 mujeres, con absorbedor de CO₂ Amsorb Plus, edad promedio de 44 ± 7.4 años, y tiempo anestésico promedio de 3 horas 15 minutos.

Las constantes cardiovasculares para el grupo A fueron: EKG en ritmo sinusal en DII, PAM de 82.5 ± 12.45 mmHg, con frecuencia cardíaca de 67.3 ± 11.9 latidos por minuto. Sus constantes respiratorias fueron: FR de 10.6 ± 1.03 por minuto, ETCO₂ de 28 ± 1.54 mmHg y SpO₂ de $98.6 \pm 1.36\%$; la temperatura fue de $36.0 \pm 0.10^\circ\text{C}$. El tiempo de obtención de la muestra para colorimetría fue de 96.8 ± 3.18 minutos.

Las constantes cardiovasculares para el grupo B fueron: EKG en ritmo sinusal en DII, PAM de 70 ± 8.9 mmHg, FC de 75.3 ± 5.1 latidos por minuto. Las constantes respiratorias fueron: FR de 11.3 ± 1.03 por minuto, ETCO₂ de 27.8 ± 2.22 mmHg y SpO₂ de $98.8 \pm 0.4\%$; la temperatura fue de $36.03 \pm 0.32^\circ\text{C}$. El tiempo de obtención de la muestra para colorimetría fue de 93.8 ± 14.77 minutos. En estas constantes no se encontraron diferencias significativas.

En los valores de la producción de formaldehído para el grupo de cal sodada fue de 3.83 ± 3.18 ppm y, en el grupo de amsorb plus fue de 0.21 ± 0.01 ppm, lo cual mostró una diferencia significativa con $p=0.0000766$.

Conclusiones.- Amsorb plus es un absorbedor de CO₂ que hemos demostrado degrada en menor cantidad sevoflurane a formaldehído, inclusive cuando esta seco. Cuando esta agotado, su cambio de color es permanente, lo que permite que se cambie en el momento apropiado, evitando su desperdicio, además de que no absorbe en forma significativa el agente anestésico, lo que lo hace seguro para todo tipo de pacientes.

Palabras clave.- Formaldehído, sevoflurane, amsorb plus y cal sodada.

INTRODUCCION

A temperatura ambiente el formaldehído es un gas inflamable, incoloro de olor penetrante característico, de alta pungencia, soluble en agua. Se le conoce también como metanal, óxido de metileno, metaldehído, aldehído fórmico y oxometano (HCHO). Pequeñas cantidades son producidas en forma natural en el cuerpo.

Se prepara por oxidación del metanol, para ello se hacen pasar vapores de este alcohol, mezclados con aire, a través de un tubo que contiene una espiral de cobre enrojecida; una vez empezada la reacción, el calor que desprende basta para mantener la espiral al rojo. En el comercio se encuentra una disolución acosa al 35 o 40%, que se denomina formol o formalina. Cuando esta disolución, acidulada débilmente, se abandona a la evaporación espontánea, el aldehído se polimeriza en parte, dando un producto sólido, blanco y amorfo, que se llama oximetileno o paraformo (1).

Se usa en la producción de abonos, papel, madera contrachapada y resinas de urea-formaldehído. También se utiliza como conservador en ciertos alimentos y en una variedad de productos en el hogar, tales como antisépticos, medicamentos y cosméticos.

Cerca del 50% del aldehído total en el aire contaminado es formaldehído y 5% es acroleína, sustancias que probablemente aporten su olor al smog fotoquímico y expliquen la irritación ocular que causa. (2)

Cuando entra al medio ambiente el formaldehído se disuelve fácilmente, pero no dura mucho en el agua. La mayor parte en el aire se degrada durante el

día, esto debido a su gran reactividad. Sus productos de descomposición son ácido fórmico y monóxido de carbono.

Como ya se comentó, el smog es una de las principales fuentes de exposición al formaldehído; también cigarrillos y otros productos de tabaco, cocinas y hornos de gas y chimeneas abiertas al aire. Se usa en muchas industrias, hospitales y laboratorios. Es liberado como gas en la manufactura de productos de madera. La cantidad de formaldehídos en los alimentos es muy pequeña. Fuentes domésticas incluyen fibra de vidrio, alfombras, telas que no requieren planchado, productos de papel y ciertos limpiadores caseros.

En el cuerpo el formaldehído a niveles bajos puede producir irritación en la piel, los ojos (quemazón, prurito, epífora), la nariz y la faringe. Gente que padece asma es probablemente más susceptible a los efectos de inhalación, ya que la ruta de exposición más común es la respiratoria.

Ingerir grandes cantidades de formaldehído puede causar intenso dolor, náusea, vómitos, coma y posiblemente la muerte. Algunos estudios en seres humanos expuestos a formaldehído en el aire de trabajo observaron más casos de cáncer en la nariz y la faringe que lo esperado, sin embargo otros estudios no han confirmado estos resultados. En estudios en animales, ratas expuestas a altos niveles de formaldehído en el aire, contrajeron cáncer en la nariz. El Departamento de salud y Servicios humanos (DHHS) ha determinado que es razonable predecir que el formaldehído es carcinogénico.

Es común encontrar formaldehído en el aire y, en general, los niveles son mayores dentro de edificios (1ppm) o casas que al aire libre. Abriendo ventanas y usando ventiladores para acarrear aire fresco al interior son las maneras más

fáciles para disminuir los niveles en el hogar, sellando la superficie de productos de madera no terminados, y lavando ropa nueva que no requiere planchado antes de usarla, también son de utilidad para disminuir los niveles en el hogar.

Hay exámenes de laboratorio que pueden medir formaldehído en la sangre, orina y aliento, pero éstos exámenes no nos dicen a cuanto formaldehído se ha expuesto o si ocurrirán efectos nocivos. El muestreo y la medición del formaldehído son de la siguiente manera:

- A) **Muestreo activo: Captación activa con circulación forzada del aire a través del captador por aspiración. Con un volumen de muestreo de 30ml y tiempo de 30 minutos. Procedimiento analítico: UV-VIS con una sensibilidad de 0.015 mg/m³.**
- B) **Muestreo pasivo: Captación por difusión con un filtro impregnado con bisulfito sódico, con una sensibilidad de 1.0 mg/h/m³. Procedimiento analítico: UV-VIS**
- C) **Tubos colorimétricos, con una sensibilidad de 0.24mg/m³. (3) Las muestras se recolectan en tubos sólidos absorbentes (10% 2-hidroximetil piperidina) a un flujo de 0.01 a 0.10 L/min. Con técnica de cromatografía de gases y con un rango de determinación de 0.24 a 16 ppm (0.3 a 20mg/m³).**

Los tubos colorimétricos son tubos indicadores activos en los que se fuerza el paso de aire mediante una bomba, a través de los mismos; consisten de un tubo de vidrio sellado en ambos extremos, que contiene un material granulado inerte en el que se ha absorbido el reactivo. Para

utilizarlos se rompen los extremos del tubo y se hace pasar por él una cantidad medida de aire para que se coloree el interior del tubo. El tono del color y la longitud de la banda comparados con la cantidad de gas que ha pasado, indicarán la concentración del contaminante.

La cromatografía de gases (GC), se lleva a cabo en columnas de separación que contienen absorbentes líquidos no volátiles, soportados en sustratos sólidos. Las moléculas de la muestra pasan por las columnas a velocidades proporcionales a sus volatilidades y a su afinidad por el absorbente, y se descomponen en sus componentes por medio de procesos de absorción y desorción. El cromatógrafo de gases consta esencialmente de una columna que está a temperatura controlada, un sistema para introducir cantidades medidas de un gas inerte en dicha columna, un sistema de inyección de la muestra a la entrada de la columna y un detector a la salida que determina la masa. Se pueden elegir diferentes detectores para sensibilidades específicas de determinados compuestos, entre los que se tienen el detector de ionización de flama, el de captura de electrones y el de fotoionización entre otros. El cromatógrafo de gases es uno de los instrumentos de aplicaciones más diversas en el análisis de contaminantes atmosféricos, ya que puede separar mezclas complejas que comprenden gran variedad de compuestos en columnas diferentes y además puede estandarizar con exactitud un gas de calibración. Existen cromatógrafos adaptados para determinar en forma continua varios

contaminantes al mismo tiempo. Y son aparatos sencillos de operar, resistentes y relativamente baratos. (4)

El gobierno federal ha hecho algunas recomendaciones para proteger la salud, y son las siguientes:

1. La EPA (Agencia de Protección Ambiental) recomienda que los adultos no tomen agua que contenga más de 1 miligramo de formaldehído por litro de agua (1mg/L) para exposición de por vida, y que los niños no tomen agua que contenga más de 10 mg/L por un periodo de un día o 5 mg/L por 10 días.

2. La Administración de salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) ha establecido un límite permisible de 0.75 partes de formaldehído por cada millón de partes de aire (0.75 ppm) durante una jornada diaria de 8 horas durante una jornada semanal de 40 hrs.

3. El Instituto Nacional de Seguridad Ocupacional y Salud (NIOSH) recomienda un límite de exposición de 0.016 ppm.

El formaldehído representa un factor de riesgo laboral de tipo químico ampliamente estudiado, cuyos efectos tóxicos dependen de su concentración (ppm) y del tiempo de exposición al mismo. Altera la función de las células provocando daño renal, daño hepático, inflamación intestinal con cólicos, lesión cardíaca, daño ocular y cerebral. El ácido fórmico como tal provoca edema pulmonar, provocando cambios en el metabolismo o funcionamiento del equilibrio del organismo en especial la respiración y el intercambio químico del

organismo. Se han informado las siguientes concentraciones relacionadas con el daño:

- *0.05-1.0 Umbral de olor irritante.
- *0.05-2.0 Irritación Ocular y efectos neurofisiológicos.
- *0.10-2.5 Irritación de la nariz y faringe.
- *5.11-20.0 Máxima lagrimación, tos y disnea.
- *Más de 20.0 Edema pulmonar, neumonía.

Sevoflurane (anestésico inhalatorio de uso común en la práctica anestésica) puede ser degradado a compuestos potencialmente tóxicos cuando es expuesto a absorbedores de dióxido de carbono (CO₂) que contienen hidróxido de sodio (NaOH) y/o hidróxido de potasio (KOH). Uno de los productos de esta reacción base-catalizada es el formaldehído.

El NIOSH recomienda que la exposición de empleados a formaldehído en el medio ocupacional sea controlada a una concentración no mayor de 1ppm por un periodo de prueba de 30 minutos. Sevoflurane es degradado a formaldehído cuando pasa a través de absorbedores de CO₂ secos que contienen álcalis fuertes, y fue asociado con las altas temperaturas del canister. (5)

El formaldehído se ha detectado sólo con cal sodada seca. Sin KOH, la formación de formaldehído se redujo a menos del 50%. Hubo un aumento moderado en la concentración de fluoruros después de 20 min. El contenido de

agua en los absorbedores de CO₂ influye importantemente en el grado de degradación, absorción y solubilidad de los anestésicos inhalados.

La irritación de la vía aérea es causada primero por ácido fórmico, el cual es generado en concentraciones isoosmolares con metanol desde formaldehído y no por ácido fluórico el cual alcanza la pieza en T en cantidades bajas. Las diferencias en reactividad de los absorbedores, indican una mayor importancia de KOH sobre NaOH. Ambos hidróxidos álcalis se han adicionado para incrementar la capacidad de absorción de CO₂. (6)

La absorción de CO₂ hace posible la reinhalación, conservando de este modo los gases y agentes volátiles, disminuyendo la contaminación y evitando el riesgo de reinhalación de CO₂. La máxima cantidad de dióxido de carbono que puede absorber es de 26L de CO₂ por 100g de absorbente. Sin embargo el paso del gas a través de los gránulos puede reducir considerablemente esta eficiencia y permitir que sólo 10-20 L de CO₂ se absorban en realidad. (7)

Dos son los absorbentes de CO₂ de uso clínico más común en anestesia general: la cal sodada (soda lime) y el hidróxido de cal baritado (baralyme).

La cal sodada está compuesta de 94% de hidróxido de calcio, 2-4% de hidróxido de sodio, 1-3% de hidróxido de potasio, 14-19% de contenido de agua y un tamaño de gránulos de 4-8 mesh. Tiene un indicador de agotamiento (etil-violeta) y se le agrega sílice para producir silicato de sodio y de calcio. Éste se utiliza como endurecedor y disminuye la formación de polvo, el cual es cáustico e irritante. La eficiencia de la absorción varía en forma inversa a la dureza. El hidróxido de sodio es el catalizador de las propiedades absorbentes del CO₂ de la cal sodada. La reacción química es la siguiente:

1. $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{CO}_3$
2. $\text{H}_2\text{CO}_3 + 2\text{NaOH} (\text{o KOH}) = \text{Na}_2\text{CO}_3 (\text{o K}_2\text{CO}_3) + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{energía}$
3. $\text{Na}_2\text{CO}_3 (\text{o K}_2\text{CO}_3) + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCO}_3 + 2 \text{NaOH} (\text{o KOH})$

La reacción 1 es la de neutralización, la 3 es la segunda reacción de neutralización y la regeneración del activador. CaCO_3 es un precipitado insoluble.

El hidróxido de cal baritado (baralyme), contiene 80% de hidróxido de calcio, puede contener algo de hidróxido de potasio, 20% de hidróxido de bario, un contenido de agua del 13% (como agua de cristalización) y un tamaño de los gránulos de 4-8 mesh. También contiene indicador de agotamiento (cambiando de blanco a rosa o azul-gris). Es más estable y no contiene endurecedor. El hidróxido de bario octahidrato ($\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) es el catalizador de las propiedades absorbentes del CO_2 del baralyme. Es más denso y 15% menos eficiente que la cal sodada. La reacción química es la siguiente:

1. $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{BaCO}_3 + 9 \text{H}_2\text{O} + \text{energía.}$
2. $9 \text{H}_2\text{O} + 9 \text{CO}_2 = 9 \text{H}_2\text{CO}_3$
3. $9 \text{H}_2\text{CO}_3 + 9 \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCO}_3 + 18 \text{H}_2\text{O} + \text{Calor.}$

Las bases fuertes (activadores NaOH , KOH) que contienen éstos absorbedores, están convincentemente implicadas en la generación de monóxido de carbono, compuesto A y formaldehído por sevoflurane. Eliminando los activadores en tales absorbentes, se tienen las mismas características físicas y

eficacia en la absorción de CO₂ (aunque esto es controvertido), comparado con cal sodada.

Nuevos absorbedores han sido creados para ayudar en parte con los problemas de los anestésicos volátiles modernos (desflurane, sevoflurane).

La Drager North American hizo un absorbedor con menor cantidad de NaOH y sin KOH, el Dragorsorb 800 plus, que contiene 80% de hidróxido de calcio, 2% de hidróxido de sodio, 2% de hidróxido de potasio y 14% de contenido de agua.

Datex-Ohmeda hizo Medisorb, el cual tiene una composición similar: 70-80% de hidróxido de calcio, 1-2% de hidróxido de sodio, 0.003% de hidróxido de potasio y 16-20% de contenido de agua.

El hidróxido de litio es también un absorbedor de CO₂ efectivo.

Y el absorbedor más nuevo, Amsorb, fue planeado para introducción a los Estados Unidos en el año 2000 por Abbot (8). AMSORB no contiene bases fuertes y consiste de 83% de hidróxido de calcio, 1% de polivinilpirrolidona, 1% de sulfato de calcio (que le da más dureza y porosidad), 1% de cloruro de calcio (humectante) y 14.5% de contenido de agua (9). Como indicador de agotamiento, cambia de color blanco a violeta, este cambio de color resulta específicamente de una pérdida de humedad y no de una reacción química con oxígeno (como en los otros absorbedores), y esto es por la ausencia de bases fuertes. (10) Knolle y cols. encontraron que durante el secado la pérdida de hidróxidos solubles en un absorbente parece precipitar hidróxido de calcio, así que el número de iones OH disminuye, y el pH disminuye por abajo del pH crítico (10.3) indicador de

agotamiento, lo que produce el cambio de color a violeta. (11) La presencia de polivilpirrolidona, cloruro de calcio y sulfato de calcio en Amsorb parece suprimir la producción de productos tóxicos. (9) Por lo tanto este nuevo absorbedor es ideal porque no degrada los anestésicos volátiles a compuesto A, monóxido de carbono y/o formaldehídos. Aunque su capacidad de absorción es la mitad que de Medisorb o Sodalime y la diferencia en la capacidad de absorción de CO₂ entre Amsorb y Sodalime o Medisorb es casi constante, sin importar el canester empleado. (12) Es importante mencionar que la diferencia en la capacidad de absorción entre Amsorb y Sodalime también es afectada por la humedad y por la concentración final de CO₂. La humedad disminuye el tiempo total de uso de Sodalime, pero no de Amsorb. Es posible que la humedad se produzca por la reacción entre el CO₂ y los absorbedores de CO₂ como tal. (13)

Amsorb es superior a Sodalime con respecto a la concentración de compuesto A en un sistema circular durante la anestesia con sevoflurane a bajos flujos; lo mismo se espera para formaldehído. Sin embargo, la vida media de uso de Amsorb es sólo la mitad que de Sodalime. (14) Más sin embargo, de Amsorb, se ha diseñado Amsorb Plus, absorbente de nueva generación específicamente diseñado para una anestesia de bajo o mínimo flujo. Su intensidad, capacidad de absorción, vida media y uniformidad en el cambio de color han sido mejorados del original Amsorb. La composición química permanece inalterable, pero el proceso de fabricación ha sido cuidadosamente desarrollado para proporcionar una capacidad de absorción mejorada.

En investigaciones recientes, dimetoximetano, el cual forma formaldehído en agua, se detectó y cuantificó además de metanol y compuesto A. En los

experimentos de Funk y colaboradores, se detectaron menos dimetoximetano y metanol con sodalime que con Dragorsorb 800. (15)

El formaldehído y productos fluorinados tales como ácido fórmico (irritantes de la vida aérea), eluden el análisis directo, por lo que se intentó disolverlos en NaOH 0.01 mol/Litro. Este procedimiento ha permitido la detección de formaldehído y fluoruros y la determinación de una mínima exposición. Ambas sustancias son altamente solubles en agua alcalina. Sin embargo, la cantidad absoluta inhalada por un paciente puede ser ligeramente alta (6) y, aún en cantidades diminutas, la inhalación de formaldehído provocará náusea y vómito considerable hasta por 48hrs.

En conclusión, un absorbente de CO₂ desarrollado nuevamente no debe ser usado hasta excluir posibles reacciones con diferentes anestésicos. (16) La habilidad de Amsorb Plus para prevenir la degradación de anestésicos es suficientemente ventajosa para justificar su uso clínico rutinario. (17)

JUSTIFICACIÓN

Existe mucha controversia relacionada al potencial que tienen la cal sodada y baralyme de degradar el vapor anestésico por deshalogenación y producir, de esta reacción, niveles peligrosos de productos tóxicos, temperatura excesiva durante su empleo y la absorción del agente anestésico. Estos conceptos básicos han sido bien documentados pero largamente ignorados, por lo que los anestesiólogos no monitorizamos de rutina la presencia de estos compuestos tóxicos durante la anestesia o en el postoperatorio. El potencial de cal sodada de poner en riesgo la seguridad del paciente, depende de la presencia de un álcali fuerte y el grado de humedad en su interior. Cuando se absorbe CO_2 se libera agua como parte de una reacción exotérmica, esta agua se condensa en las paredes del canister, en los tubos y partes frías de la máquina de anestesia. Cuando el contenido de agua del absorbedor se ha reducido a un 5% aproximado, el álcali fuerte degrada el agente anestésico, dando lugar a la producción de monóxido de carbono (CO), Compuesto A (un haloalqueno) y formaldehído, cuando se emplea sevoflurane. (18)

Amsorb ha mostrado tener muchas ventajas, con respecto a la producción de productos tóxicos para el organismo, sobre otros absorbedores, precisamente porque no contiene esos álcalis fuertes; pero en nuestro ámbito de trabajo nunca se ha cuantificado la producción de formaldehídos ni su impacto clínico por el uso de absorbedores de CO_2 (sin bases fuertes) motivo por el cual es necesario estudiar si existe producción y, en qué grado, de formaldehídos con este nuevo absorbedor.

OBJETIVO

Demostrar si el Amsorb plus es capaz de producir menos Formaldehído en comparación con Cal Sodada en la anestesia general balanceada al utilizar sevoflurane como anestésico volátil.

MATERIAL Y MÉTODOS

Una vez autorizado el proyecto de investigación por el comité local de ética e investigación de la UMAE HECMN Siglo XXI y previo consentimiento informado por el paciente o familiares; se estudió a 12 pacientes, con un rango de edad de 23 a 48 años, 6 hombres y 6 mujeres, ASA II, sometidos a anestesia general balanceada, sometidos a cirugía mayor electiva (endarterectomía, miringoplastia izquierda, exploraciones arteriales, resección transesfenoidal de adenoma hipofisario, etc), con sevoflurane como anestésico volátil y cal sodada o amsorb plus como absorbedor de CO₂. Se excluyó del estudio a todos los pacientes con patología renal, pulmonar, hepática, oftalmológica y algún tipo de cáncer ya diagnosticado, además de aquellos que no quisieron participar en el estudio. De forma no aleatoria se formaron dos grupos, el grupo A en el que se utilizó cal sodada con sevoflurane a 1.6-3 Vol%, y el grupo B en el que se utilizó Amsorb plus con sevoflurane a 1.6-3 Vol%. Se vigiló los signos vitales del paciente (frecuencia cardiaca, cardioscopio con derivaciones en DII y V5, SPO₂, ETCO₂, PANI o PAM), MAC del sevoflurane, y flujo de O₂, con monitor multiparámetros digital Datex AS/3, se utilizó un solo tipo de canister, con una capacidad aproximada de 1L en volumen. Una vez intubado el paciente y conectado a ventilación mecánica controlada, con circuito respiratorio semicerrado, FiO₂ del 100% con flujo de O₂ de 2-3vol%, se conectó a la pieza en T del circuito anestésico los tubos indicadores activos colorimétricos de 10 cm de longitud, 6 mm de DE y 4mm de DI, conteniendo dos secciones de 2-hydroximetil-piperidina (XAD-2) en los que se hizo pasar determinada cantidad de gas del circuito, forzando la aspiración con una bomba SKC serie 691165, calibrada con 15

determinaciones a un flujo de 110.5 ml/min por personal capacitado. Los tubos se colocaron en el circuito anestésico por un tiempo de 67 a 111 minutos. Las muestras se enviaron al Laboratorio de Salud en el Trabajo del H.G.Z. núm 32 del IMSS, donde el personal correspondiente realizó la determinación de formaldehídos con técnica de cromatografía de gases, detector de ionización de flama, y columna capilar de 30m x 0.32mm de DI, a una temperatura del inyector de 250 grados centígrados. Los resultados se reportaron en mg/m³ y realizando la posterior conversión a ppm.

Análisis estadístico.- Para la variable formaldehído, expresada en escala de razón se calculó con medidas de tendencia central $\bar{X} \pm DE$ y el análisis bivariable t para muestra independientes. Los resultados tendrán significancia cuando $p < 0.05$

RESULTADOS

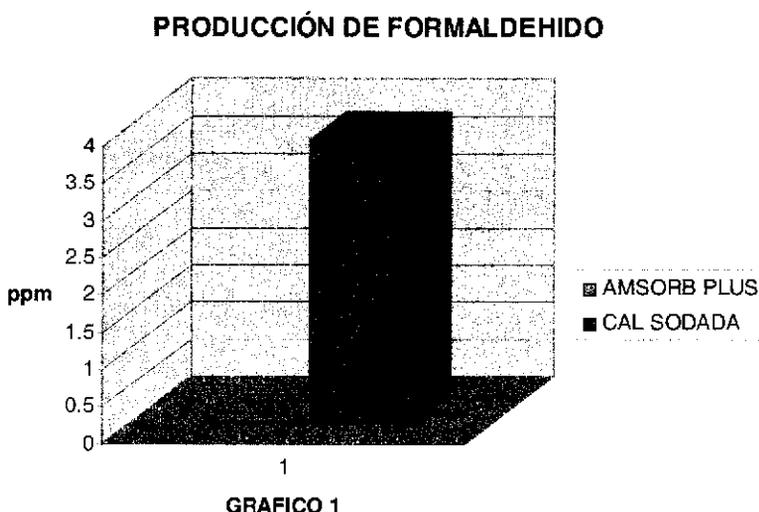
Se estudió una muestra de 12 pacientes, todos manejados con Anestesia General Balanceada en circuito semicerrado con absorbedor de CO₂, a quienes se les realizó cirugía programada con diferentes diagnósticos. Se dividieron en dos grupos por muestreo no probabilístico. El grupo A conformado por 6 pacientes, 3 hombres y 3 mujeres, con absorbedor de CO₂ cal sodada, con edad promedio de 42.8 ± 11.99 años, clasificados como ASA II, el tiempo anestésico promedio fue de 2 horas 10 minutos.

El grupo B conformado por 6 pacientes, 3 hombres y 3 mujeres, con absorbedor de CO₂ Amsorb Plus, edad promedio de 44 ± 7.4 años, clasificados como ASA II y tiempo anestésico promedio de 3 horas 15 minutos.

Las constantes cardiovasculares para el grupo A fueron: EKG en ritmo sinusal en DII, PAM de 82.5 ± 12.45 mmHg, con frecuencia cardiaca de 67.3 ± 11.9 latidos por minuto. Sus constantes respiratorias fueron: FR de 10.6 ± 1.03 por minuto, ETCO₂ de 28 ± 1.54 mmHg y SpO₂ de $98.6 \pm 1.36\%$; la temperatura fue de $36.0 \pm 0.10^\circ\text{C}$. El tiempo de obtención de la muestra para colorimetría fue de 96.8 ± 3.18 minutos.

Las constantes cardiovasculares para el grupo B fueron: EKG en ritmo sinusal en DII, PAM de 70 ± 8.9 mmHg, FC de 75.3 ± 5.1 latidos por minuto. Las constantes respiratorias fueron: FR de 11.3 ± 1.03 por minuto, ETCO₂ de 27.8 ± 2.22 mmHg y SpO₂ de $98.8 \pm 0.4\%$; la temperatura fue de $36.03 \pm 0.32^\circ\text{C}$. El tiempo de obtención de la muestra para colorimetría fue de 93.8 ± 14.77 minutos. En estas constantes no se encontraron diferencias significativas.

En los valores de la producción de formaldehído para el grupo de cal sodada fue de 3.83 ± 3.18 ppm y, en el grupo de amsorb plus fue de 0.21 ± 0.01 ppm, lo cual mostró una diferencia significativa $t= 11.71$ $p=0.0000766$. (Ver gráfico 1)



Como podemos observar, y de acuerdo a los valores relacionados con el daño, con Amsorb plus sólo se alcanza el umbral de olor irritante en la vía respiratoria, y con Cal Sodada se alcanza el umbral que produce tos y disnea, pero con ni uno de los dos se llega a niveles de edema pulmonar, neumonía o carcinogénesis. Con Cal sodada se rebasan los límites de seguridad permitidos por la NIOSH y con Amsorb plus no.

DISCUSIÓN

Como ya se ha comentado, el formaldehído representa un factor de riesgo de tipo químico ampliamente estudiado, cuyos efectos tóxicos dependen de su concentración (ppm) y del tiempo de exposición al mismo. Altera la función de las células provocando daño renal, daño hepático, inflamación intestinal con cólicos, lesión cardíaca, daño ocular y cerebral. Provocando cambios en el metabolismo o funcionamiento del equilibrio del organismo en especial la respiración y el intercambio químico del organismo. Ingerir grandes cantidades de formaldehído puede causar intenso dolor, náusea, vómitos, coma y posiblemente la muerte. Algunos estudios en seres humanos expuestos a formaldehído en el aire de trabajo observaron más casos de cáncer en la nariz y la faringe que lo esperado.

Sevoflurane, puede ser degradado a compuestos potencialmente tóxicos cuando es expuesto a absorbedores de dióxido de carbono (CO_2) que contienen hidróxido de sodio (NaOH) y/o hidróxido de potasio (KOH). Uno de los productos de esta reacción base-catalizada es precisamente el formaldehído. Mucha de la cal sodada disponible, e inclusive algunas de las nuevas generaciones de absorbedores (Dragersorb 800 plus, Medisorb e hidróxido de litio), mencionan ser seguras para utilizar bajo flujo de anestesia. Sin embargo, éstos aún contienen hidróxido de sodio y algo de hidróxido de potasio y, algunas investigaciones han demostrado que la presencia de hidróxido de sodio, en cualquier nivel, proporciona la base para la deshalogenación del sevoflurane. En cambio,

Amsorb plus no contiene estas bases fuertes y la adición de sulfato de calcio en su composición asegura que puede intercambiar humedad por dióxido de carbono sin ocasionar que los gránulos se desintegren o absorban la humedad exotérmica, propiedad que no tienen los absorbedores de CO₂ convencionales. Además de que la formación de polvo es mínima.

Es importante mencionar que investigaciones han comprobado que la capacidad de absorción de cualquier absorbente de CO₂ depende mucho del diseño y tamaño del canister, viéndose disminuida la capacidad de absorción cuando se usan cartuchos de menor volumen. Idealmente, el volumen del canister debe ser de 1.5 L en volumen, en el que contendrá 1.2 kg de absorbente.

(19) Para fines de este proyecto, se utilizaron canister de aproximadamente 1L en volumen, con capacidad aproximada de 400 g de absorbente. Siendo los disponibles en los quirófanos del HECMN Siglo XXI. Pudimos observar que una vez agotado el Amsorb Plus cambia de color a violeta y preserva su cambio de color, lo que permite que sea utilizado hasta que este completamente agotado y se cambie en el momento apropiado, evitando su desperdicio; a diferencia de los otros absorbedores que aún agotados revierten a su color original, lo que en muchas ocasiones hace que se reutilicen (poniendo en riesgo la seguridad del paciente), o bien, se cambie diario el absorbedor y, por lo tanto se desperdicie en caso de no estar agotados aún.

Bedi et al en el 2001 detecto 8.53 ppm de formaldehído en la cal sodada desecada, cifra que se compara con los niveles de seguridad de exposición ocupacional del NIOSH, los cuales deben ser menores a 1 ppm en un periodo de 30 minutos. Bedi señala además que el formaldehído es “un irritante potente del

tracto respiratorio, carcinogénico, además de que ha mostrado producir en el postoperatorio náusea y vómito". (18)

Otro problema que podemos encontrar al utilizar absorbentes de CO₂ desecados, con periodos mayores a una hora, es la pérdida de hasta un 89% en la concentración del anestésico que se está administrando, lo que nos puede ocasionar problemas durante la inducción y mantenimiento de la anestesia, lo que a su vez resulta en un incremento en las dosis que se tienen que administrar del agente anestésico, como refiere Versichelen et al, 2002. También se ha mencionado el potencial de que se produzca calor intenso en el circuito respiratorio, que ocurre como resultado de una fuerte reacción exotérmica entre la cal sodada y el sevoflurane. Amsorb Plus produce una temperatura promedio de 36.0°C.

Como se puede observar, después de describir estos problemas potenciales, Amsorb plus ha demostrado ser una alternativa segura, no contiene álcalis fuertes y no reacciona con los vapores de los agentes anestésicos, por lo tanto, no produce compuestos tóxicos, inclusive cuando está desecado, además de que no absorbe en forma significativa el agente anestésico, lo que lo hace altamente recomendable para su empleo en comparación con cal sodada. Además a la mayor seguridad que ofrece AMSORB PLUS, se suma que puede ser utilizado para reducir con seguridad el consumo de sevoflurane al permitir usar flujos bajos de gases frescos, como pudimos observar al utilizar flujos de O₂ de 2 L x minuto y sevoflurane hasta de 1.6 MAC.

CONCLUSIÓN.

Amsorb plus es un absorbedor de CO₂ que hemos demostrado degrada en menor cantidad sevoflurane a formaldehído, inclusive cuando esta seco. Sin existir modificaciones significativas en las constantes vitales. Cuando esta agotado, su cambio de color es permanente, lo que permite que se cambie en el momento apropiado, evitando su desperdicio, además de que no absorbe en forma significativa el agente anestésico, lo que lo hace seguro para todo tipo de pacientes.

BIBLIOGRAFÍA

1. Gisper C. Enciclopedia Autodidáctica. México, Ed. Océano, 1ª ed., 1988. Vol. 5, p.1238.
2. Goodman Gilman A.; Ruddon, R.W.; Molinoff, P.B.: Las Bases Farmacológicas de la Terapéutica. México, Ed. McGraw Hill Interamericana, 9ª ed. 1996 Td. 9a. ed. pp.1784. Cap 67.
3. NIOSH. Manual of Analytical Methods. Ohio, Ed. Cincinnati, 3ª ed., 1984.
4. NIOSH. Manual of Analytical Methods. Ohio, Ed. Cincinnati, 4ª ed., 1994.
5. Bedi A.; Gallagher A. C.; H. Fee J.P.; Et al: The In Vitro Degradation of Sevoflurane to formaldehyde Following exposure to CO2 Absorbents. Anesthesiology. 95: A1190. 2001.
6. Funk W.; Gruber K.; Hobbhahn W.: Dry Soda Lime Markedly Degrades Sevoflurane During Simulated Inhalation Induction. Br j Anaesth. 82: 193-198. 1999.
7. Barash P., Cullen B., Stoelting R.: Sistemas De Administración Para Anestésicos Inhalables. En: J. Jeff Andrews. Absorción del Dióxido de Carbono. Philadelphia, Ed. McGraw-Hill Interamericana. 3ª Ed., 1999 pp. 648-649.
8. P. Dosch M.: The Anesthesia Gas Machine. Anesthesiology. 91: 1342-1348. 1999.
9. Stabernack, C. R.; Brown, R. B.; Laster, M.J.; Et al: Absorbents Differ Enormously in Their Capacity to Produce Compound A and Carbon Monoxide. Anesth Analg. 90: 1428-1435. 2000.

10. Knolle E.; Linert, W.; Gilly, H.; Amsorb Changes Color on Drying Because of the Absence of Strong Base. *Anesthesiology*. 96: A1155. 2002.
11. Knolle E.; Linert, W.; Gilly, H.; The Missing Color Change from Drying in Strong Base-Containing absorbents Is Not Due to the Hygroscopic Properties of NaOH and KOH. *Anesthesiology*. 96: A1156. 2002.
12. Higuchi, H.; Adachi, Y.; Arimura, S.; Et al: The Carbon Dioxide absorption Capacity of Amsorb is Half That of Soda Lime. *Anesth Analg*. 93: 1210-1213. 2001.
13. Kobayashi, S.; Bito, H.; Katoh, T.; Sato, S.; Effect of Water Content and End Point of CO₂ Rebreathing on CO₂ Absorption Capacity of Amsorb and Standard Soda Lime. *Anesthesiology*. 96: A84. 2002.
14. Kobayashi, S.; Bito, H.; Katoh, T.; Et al: Compound A Concentration and CO₂ Absorption Capacity Using Amsorb During Low-Flow Sevoflurane Anesthesia a Comparison of Amsorb and Standard Soda Lime. *Anesthesiology*. 96: A82. 2002.
15. Wissing, H.; Kuhn, L.; Warnken, U.; Et al: Dry Soda Lime Degrades Sevoflurane During Simulated Inhalation Induction. *Br. J. Anaesth*. 83: 353-355. 1999.
16. Warnken, U.; Forster, H. Transhalogenation of Sevoflurane Catalysed by Dry Amsorb. *Anesthesiology*. 95: A1140. 2001.
17. Schuler, H.G.; Frink, E.; Reigle, K.; Et al: Duration of Activity and Regeneration Potential of a New Carbon Dioxide Absorbent (Amsorb) Compared to Four Other Currently Used Absorbents. *Anesthesiology*. 95: A510. 2001.

18. Versichelen L.F.M: New Generation CO₂ absorbents, Conference Notes, ALFA Congress 2002, Pisa, Italy. Armstrong Medical Limited pp 1-6. 2004
19. Knolle E. et al; Small Carbon Monoxide Formation in Absorbents Does Not Correlate With Small Carbon Dioxide Absorption. *Anesthesia & Analgesia*. 95: 650-655. 2002



ANEXO 1

INSTITUTO MEXICAN DEL SEGURO SOCIAL
 HOSPITAL DE ESPECIALIDADES "DR. BERNARDO SEPULVEDA G."
 CENTRO MEDICO NACIONAL SIGLO XXI
 HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

FECHA: _____

Nombre: _____

Afilación: _____

Edad: _____ Sexo: _____

ASA: _____ Servicio tratante: _____

Diagnóstico prequirúrgico: _____

Diagnóstico postquirúrgico: _____

Cirugía realizada: _____

Tiempo quirúrgico: _____

Tiempo Anestésico: _____

TA o PAM: _____ mmHg FC: _____ x'

FR: _____ x' Temperatura: _____ g.c.

SpO2 : _____ % ETCO2 : _____ mmHg

Flujo de bomba : _____ Tiempo de medición : _____

Absorbedor de CO2 utilizado : _____

ANEXO 2



CONSENTIMIENTO INFORMADO

México D.F. a _____ de _____ del 2005

Por medio de la presente acepto participar en el proyecto de investigación titulado: "PRODUCCIÓN DE FORMALDEHIDO CON LA ADMINISTRACIÓN DE SEVOFLURANE MAS ABSORB PLUS COMPARADO CON SEVOFLURANE MAS CAL SODADA".

Declaro que me han informado ampliamente sobre el objetivo del proyecto así como de los beneficios derivados de mi participación en la investigación Médica. El investigador principal me informa que no existe riesgo para ni salud y también de los medios alternativos para el manejo de mi procedimiento anestésico si fuera necesario.

Entiendo que conservo el derecho de NO aceptar ser incluido en cualquier momento de dicho proyecto y cuando lo considere conveniente, sin que ello afecte la atención Médica que recibo del Instituto Mexicano del Seguro Social.

FIRMA DEL PACIENTE

MEDICO RESPONSABLE