

71202

281-33



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Medicina
División de Estudios Superiores
Centro Hospitalario "20 de Noviembre"
I.S.S.S.T.E.

CONTAMINACION POR ANESTESICOS HALOGENADOS
DURANTE EL USO DE TRES CIRCUITOS ANESTESICOS

T E S I S

Que para obtener el título de:
ESPECIALISTA EN ANESTESIOLOGIA

p r e s e n t a

DR. SERGIO OCTAVIO GRANADOS TINAJERO



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

México, D. F.

1986



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 está 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.

I N D I C E

	PAG.
RESUMEN	1
INTRODUCCION	1
MATERIAL Y METODOS	3
RESULTADOS	6
DISCUSION	9
CONCLUSIONES	11
BIBLIOGRAFIA	12
APENDICE	16

CONTAMINACION POR ANESTESICOS HALOGENADOS DURANTE EL USO DE TRES CIRCUITOS ANESTESICOS.

R E S U M E N .

Por cromatografía de gases, se realizó la identificación y cuantificación de los anestésicos halogenados, presentes en el área de respiración del anestesiólogo durante el empleo de halotano en tres circuitos anestésicos. Los circuitos usados fueron: 1) De no reinhalación, 2) De reinhalación parcial y 3) Cerrado (reinhalación total). Este último con flujos de oxígeno equivalentes al consumo metabólico, con la técnica de inyección del anestésico en la manguera de la válvula espiratoria. Como grupo testigo se incluyó una serie de procedimientos con anestesia regional. Los resultados muestran, que de los tres circuitos anestésicos, el cerrado es el menos contaminante, ya que en promedio produjo concentraciones muy semejantes a las detectadas en los quirófanos en donde se trabajó con anestesia regional. Se observó que el enflorano persiste durante más tiempo que el halotano en el ambiente y en los conductos de la máquina de anestesia. Por otra parte se demuestra que el empleo del circuito cerrado con la técnica de inyección del anestésico en dosis calculada, además de económico y poco contaminante, resulta seguro.

I N T R O D U C C I O N .

En el devenir de su existencia, el hombre ha estado constantemente expuesto a fuerzas físicas y compuestos químicos, que dependiendo de su concentración en el ambiente, pueden llegar a resultar tóxicos. La predominancia evolutiva que hasta el momento, aparentemente el hombre conserva, se debe en parte a su gran capacidad de adaptación a un ambiente en constante cambio, la cual está siendo seriamente desafiada

en los últimos años por una enorme y variada cantidad de agentes contaminantes, producidos por una sociedad industrializada cada vez más dependiente del consumismo.

El medio en el que se desenvuelve el anestesiólogo no escapa a esta tendencia. El quirófano puede jactarse de contar casi en forma exclusiva con sus propios contaminantes ambientales, los cuales han permanecido en él, con el beneplácito del personal que comunmente labora en estas áreas, cuando menos en lo que respecta a nuestro país.

Desde 1958, se han desarrollado diversos trabajos a nivel mundial, con el fin de evaluar los efectos que tiene la contaminación ambiental en las zonas de quirófanos, sobre los anestesiólogos y personal que labora en ellos. Un número importante de estos estudios, establece para este grupo laboral, una mayor incidencia de cefalea, fatiga, irritabilidad, agresividad, alteraciones perceptivas, cognoscitivas y motoras, padecimientos infecciosos debidos a inmunosupresión, incremento en el riesgo de presentar aborto espontáneo y en la incidencia de anomalías congénitas entre sus hijos, mayor frecuencia de padecimientos hepáticos, renales y neoplasias sobre todo en tejidos linfático y retículoendotelial, así como mayor incidencia de suicidios y padecimientos malignos como causa de muerte.¹⁻¹⁵ A pesar de las aparentes evidencias que proporcionan estos estudios, recientemente se han publicado varios artículos que señalan algunas de las fallas de los modelos de revisión epidemiológica, en los intentos por establecer relación entre ciertos padecimientos y la exposición a concentraciones residuales de anestésicos inhalados.¹⁶
⁻²¹ Sin embargo, resulta irrefutable el hecho, de que a pesar de la falta de evidencias contundentes sobre la peligrosidad de los gases anestésicos residuales, tampoco se puede sostener que la exposición a estos gases sea segura, y menos aún

benéfica.

Si bien, en algunos reportes procedentes del extranjero, se manifiesta la existencia de una relación directa entre el número de litros de oxígeno y óxido nitroso empleados y el grado de contaminación ambiental;^{22,23} la única experiencia registrada en nuestro país, además de negar tal relación, señala la detección de niveles de anestésicos residuales, mucho más altos que los reportados en el extranjero.²⁴ Debido a esta disparidad de resultados, y con el propósito de establecer un método tendiente a disminuir los niveles de contaminación por agentes anestésicos inhalatorios presentes en el área de trabajo del anestesiólogo, tratando además de abatir los costos de operación, al disminuir la cantidad empleada de anestésicos inhalados, y de los litros de oxígeno usados para su transporte, mediante el uso de la técnica de inyección del anestésico en la manguera de la válvula espiratoria, en circuito cerrado eliminando el vaporizador; se realizó la identificación y cuantificación de los anestésicos halogenados presentes en el área de respiración del anestesiólogo, durante el empleo de halotano en tres circuitos anestésicos diferentes, partiendo de la hipótesis de que los niveles de contaminación, en las áreas de quirófanos por concentraciones residuales de anestésicos inhalados, dependen del tipo de circuito anestésico empleado.

MATERIAL Y METODOS.

Para alcanzar los objetivos mencionados, se desarrolló un estudio observacional, transversal, comparativo y abierto en los quirófanos del Centro Hospitalario "20 de Noviembre" del I.S.S.S.T.E. (Fig. 1). El sistema de ventilación (inyección de aire fresco filtrado), se mantuvo funcionando en condiciones normales. Se emplearon para el estudio 60 eventos

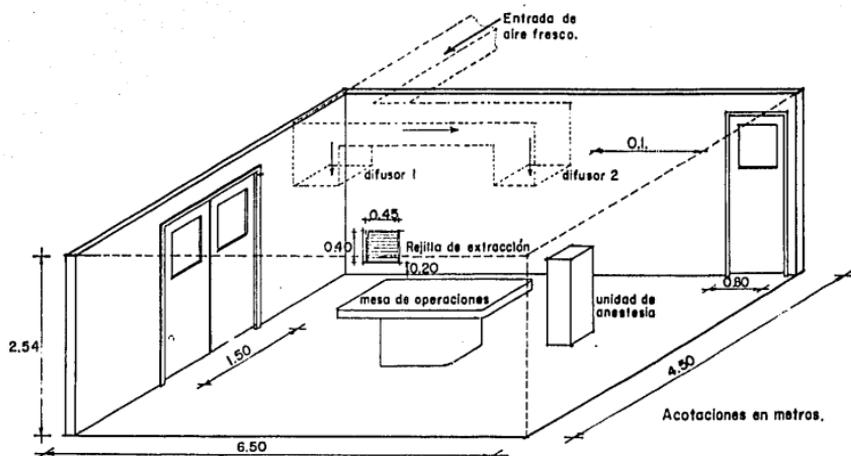


FIGURA 1.- REPRESENTACION ESQUEMATICA DE UN QUIROFANO TIPO, CON DOS ENTRADAS DE AIRE FRESCO EN EL PLAFON, Y UNA REJILLA PARA EXTRACCION EN UNO DE LOS MUROS LATERALES

anestésicos de pacientes programados para cirugía electiva, que requiriera de un mínimo de 120 minutos de exposición al agente anestésico. El estado físico de los pacientes fue - grados 1 y 2 de acuerdo a la clasificación de la A.S.A. (Sociedad Americana de Anestesiólogos).

Los eventos anestésicos estudiados se dividieron en 4 grupos de la siguiente manera:

Grupo No. 1.- 15 procedimientos anestésicos a base de bloqueos peridurales y subaracnoideos (considerado como grupo testigo).

Grupo No. 2.- 15 procedimientos anestésicos con circuito circular cerrado (reinhalación total), con absorbedor de bióxido de carbono, con flujos de oxígeno equivalentes al consumo metabólico (siempre menores de 350 ml/min.), con la técnica de inyección del anestésico en la manguera de la válvula espiratoria mediante el esquema de anestesia cuantitativa.^{25,26} (ver apéndice No. 1).

Grupo No. 3.- 15 procedimientos anestésicos con circuito circular de reinhalación parcial con absorbedor de bióxido de carbono, con flujos de oxígeno iguales al volumen corriente minuto.

Grupo No. 4.- 15 procedimientos anestésicos con circuitos de no reinhalación (circuito Bain en adultos, y Mapleson B en pacientes con peso menor a los 20 Kg), con flujos de oxígeno de 3 a 10 l/min.

Los pacientes manejados con circuito cerrado, utilizando solamente el consumo metabólico de oxígeno, se monitorizaron con gasometrías arteriales cada 30 minutos. De este gru-

po se excluyeron todos los pacientes con peso inferior a los 20 Kg.

Todos los pacientes que se manejaron con anestesia general inhalatoria, recibieron 30 minutos antes de iniciar la anestesia, 100-200 mcg/Kg de Diazepan I.M. como medicación preanestésica. La inducción se realizó con Tiopental 5mg/Kg. I.V. y la relajación se obtuvo con succinilcolina 1 mg/Kg. I. V. para facilitar la intubación endotraqueal, posteriormente se mantuvo solo cuando resultó necesaria con bromuro de pancuronio 40 mcg/Kg. I.V. El mantenimiento de la anestesia, fue exclusivamente con halotano y oxígeno, utilizando vaporizadores Fluotec Mark III en los grupos 3 y 4. En ningún procedimiento se utilizó Enflurano.

Para la toma de muestras del aire ambiente del quirófano, se utilizaron tubos Vacutainer cerrados al vacío, de los empleados comunmente para la toma de muestras de sangre con tapón rojo, el cual viene recubierto en su cara interna con una fina capa de glicerina para favorecer el sellado. Los tubos miden 10 x 1.3 cm y la succión aproximada es de 7 ml. Las muestras se tomaron en varias salas quirúrgicas, a la temperatura ambiente (20-22°C), antes de iniciar el primer procedimiento anestésico del día, a la hora y a las 2 horas de iniciado el mismo. Las muestras se obtuvieron retirando el tapón de los tubos durante 10 segundos en el área de respiración del anestesiólogo (1.20 m de altura desde el piso y 20-30 cm adelante de su cabeza). Después de 6 a 8 horas de tomadas las muestras, se procedió a la identificación y cuantificación de los anestésicos en las mismas. Para ello, se inyectaron, a una temperatura ambiente de $23 \pm 1^\circ\text{C}$, utilizando una jeringa desechable de tuberculina, 0.5 ml de fase gaseosa de cada muestra a un cromatógrafo de gases (Hewlett Packard modelo 5840 A) con detector de ioniza-

ción de flama. La columna empleada, fue de acero inoxidable de 6' x 1/8", se empacó con Carbowax 20 M al 10 % en Chromosorb WHP 80/100, operada a la temperatura de 70°C, con flujo de Nitrógeno de 22 ml/min: la temperatura del inyector y del detector fue de 150°C. La identificación de los compuestos se realizó, por comparación con los tiempos de retención de los anestésicos previamente obtenidos (en promedio 2.00 minutos para el halotano, y 2.26 para el enflurano. Fig. 2).

Para la cuantificación se hicieron curvas de calibración todos los días en que se procesaron muestras. Las curvas de calibración se obtuvieron, haciendo diluciones de anestésicos en frascos de 500 ml que contenían aire a la temperatura y humedad ambiente, con tapón de cierre hermético. Generalmente se aplicó un microlitro de anestésico medido con jeringa Hamilton a uno de los frascos, se permitió un tiempo de estabilización de 5 minutos, para después empezar a tomar muestras de la mezcla de este frasco, y poder hacer las demás diluciones en otros frascos con las mismas características. Al finalizar las determinaciones, se hicieron segundas inyecciones de los frascos con las diluciones de anestésicos, con el propósito de confirmar las señales y evitar errores de interpretación de las áreas integradas.

Los resultados obtenidos se expresaron en términos de microgramos de anestésico por litro de aire. Los valores obtenidos en los diferentes grupos estudiados, se compararon utilizando un análisis de varianza para el modelo con un criterio de clasificación.

R E S U L T A D O S .

El promedio de las concentraciones de halotano observa

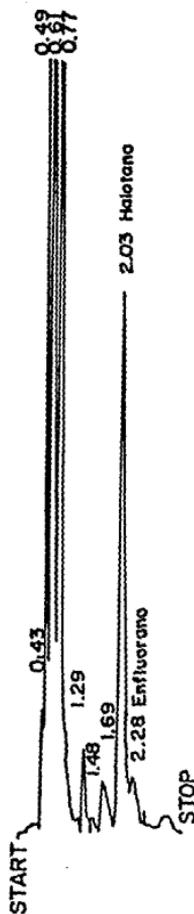
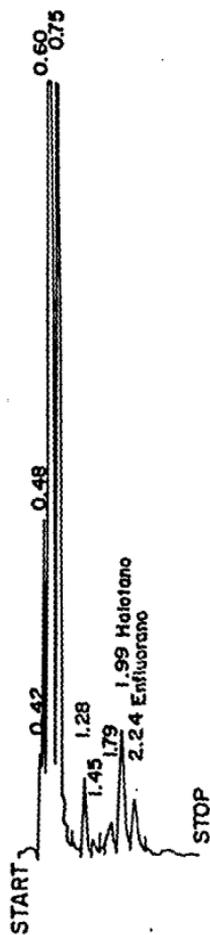


FIGURA 2

das en el grupo de pacientes manejados con bloqueos a la hora 0, 1, y 2, fueron respectivamente 0.0, 5.75, y 6.86 mcg/l. En el grupo de pacientes manejados con circuito cerrado, en el mismo orden: 0.79, 5.28, y 6.57 mcg/l. En el grupo de circuito de reinhalación parcial: 7.99, 69.57 y 91.4 mcg/l. En el grupo de pacientes manejados con el circuito de no reinhalación: 5.87, 170.87 y 426.19 mcg/l.

A pesar de que en ninguno de los eventos anestésicos monitorizados en este estudio, se empleó enflorano, se obtuvieron las siguientes determinaciones correspondientes a este anestésico: En el grupo de bloqueos, los promedios a la hora 0, 1 y 2 fueron respectivamente de 10.91, 56.55 y 22.28 mcg/l. En el grupo de circuito cerrado: 18.49, 59.7 y 23.99 mcg/l. En el grupo manejado con circuito de reinhalación parcial: 17.25, 63.03, y 64.87 mcg/l. Y en el grupo manejado con el circuito de no reinhalación: 22.47, 39.18 y 31.47 mcg/l.

Las lecturas de los anestésicos para los 4 grupos se detallan en las tablas 1 a la 4.

El análisis de varianza no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los resultados obtenidos en la hora 0 en los 4 grupos, tanto para halotano, como para enflorano. Se observó diferencia estadísticamente significativa al comparar los datos obtenidos en la hora 1 y 2 de los 4 grupos para el halotano, con $p = 0.0001$, y 0.0040 respectivamente. En el caso del enflorano, no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas, al comparar los resultados obtenidos en las horas 0, 1 y 2 en los 4 grupos.

Al comparar las tres series de datos obtenidos para halotano, tanto en el grupo de bloqueos, como el de circuito cerrado no se observaron diferencias estadísticamente signifi-

GRAFICA DE CONCENTRACIONES AMBIENTALES DE HALOTANO EN MICROGRAMOS POR LITRO DE AIRE

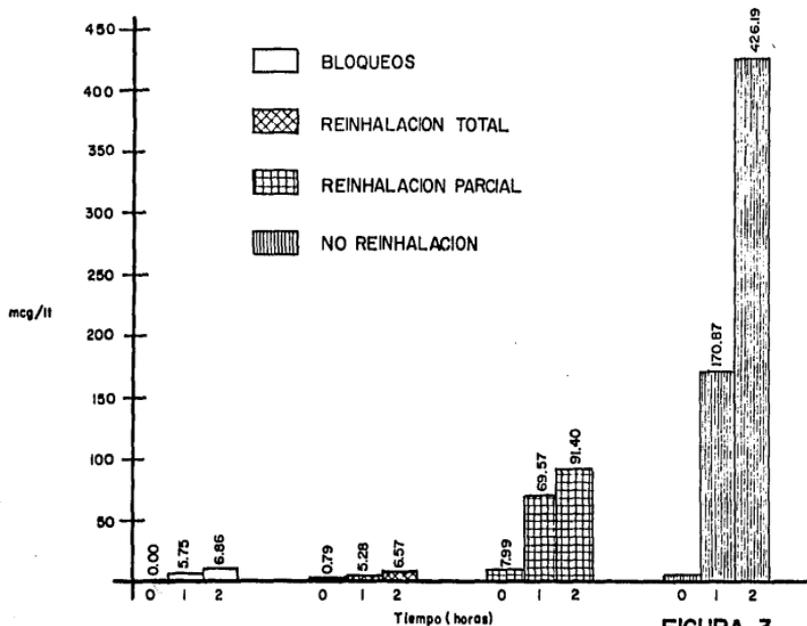


FIGURA 3

GRAFICA DE CONCENTRACIONES AMBIENTALES DE ENFLUORANO EN MICROGRAMOS POR LITRO DE AIRE

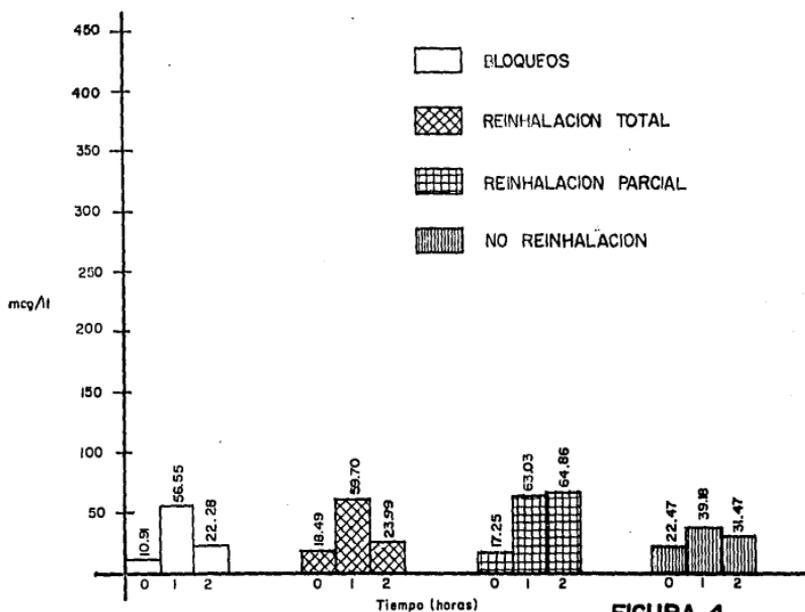


FIGURA 4

TABLA # 1 GRUPO DE BLOQUEOS (microgramos/litro)

Caso	Hora 0		Hora 1		Hora 2	
	HALOTANO	ENFLUORANO	HALOTANO	ENFLUORANO	HALOTANO	ENFLUORANO
1	0	13.2	2.6	0	0	10.2
2	0	0	0	107.6	0	0
3	0	0	0	193.4	0	0
4	0	17.8	0	110.8	0	88.9
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	18.5	0	11.0
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	0	61.5	5.0	62.9	0	47.3
11	0	0	0	0	0	0
12	0	0	6.5	0	0	0
13	0	37.6	0	0	0	0
14	0	33.6	26.1	183.2	28.6	92.9
15	0	0	46.1	171.8	58.6	78.9
\bar{X}	0	10.91	5.75	56.55	6.86	22.28

TABLA # 2 CIRCUITO CERRADO (microgramos/litro)

Caso	Hora 0		Hora 1		Hora 2	
	HALOTANO	ENFLUORANO	HALOTANO	ENFLUORANO	HALOTANO	ENFLUORANO
1	0	21.0	0	105.8	15.0	66.8
2	0	19.3	0	96.7	0	57.2
3	0	42.8	0	101.6	23.9	53.9
4	0	53.9	0	93.0	15.3	91.4
5	0	0	0	0	0	30.1
6	0	0	0	212.8	14.6	0
7	0	14.0	0	59.9	3.2	22.8
8	0	13.1	0	42.1	0	0
9	0	0	0	13.2	0	0
10	0	0	8.4	24.8	11.2	0
11	0	0	6.3	73.2	0	10.9
12	0	0	64.5	72.4	0	0
13	11.8	45.2	0	0	9.7	26.8
14	0	34.4	0	0	0	0
15	0	33.6	0	0	5.7	0
\bar{X}	0.79	18.49	5.28	59.7	6.57	23.99

TABLA # 3 CIRCUITO DE REINHALACION PARCIAL (microgramos/litro)

Caso	Hora 0		Hora 1		Hora 2	
	HALOTANO	ENFLUORANO	HALOTANO	ENFLUORANO	HALOTANO	ENFLUORANO
1	0	0	53.2	0	0	0
2	0	0	93.3	101.1	35.8	65.3
3	0	0	49.0	17.6	36.6	12.8
4	0	0	39.9	25.6	134.6	0
5	22.6	25.8	34.2	76.8	66.7	52.0
6	0	0	60.9	0	103.4	0
7	71.5	79.5	112.1	212.1	100.5	128.3
8	25.8	43.1	234.8	261.9	426.5	445.2
9	0	0	135.2	0	80.2	0
10	0	0	91.4	0	109.4	0
11	0	14.4	7.3	12.0	18.7	23.7
12	0	0	67.6	76.8	67.7	52.0
13	0	20.7	44.3	120.8	70.5	118.0
14	0	18.6	8.4	21.9	69.8	31.2
15	0	56.6	12.0	18.8	50.6	44.4
\bar{X}	7.99	17.25	69.57	63.03	91.4	64.86

TABLA # 4 CIRCUITO DE NO REINHALACION (microgramos/litro)

Caso	Hora 0		Hora 1		Hora 2	
	HALOTANO	ENFLUORANO	HALOTANO	ENFLUORANO	HALOTANO	ENFLUORANO
1	0	0	405.9	0	129.6	0
2	0	13.5	70.2	43.1	498.1	53.8
3	0	0	274.7	0	289.8	0
4	0	0	105.1	0	75.6	0
5	0	0	135.7	66.9	283.8	76.8
6	0	9.2	50.4	19.7	76.3	72.0
7	88.1	51.3	58.3	101.5	44.6	0
8	0	0	33.7	0	84.9	124.3
9	0	56.7	36.2	0	127.1	0
10	0	0	49.7	30.8	89.2	50.4
11	0	136.7	53.8	111.0	135.0	0
12	0	69.6	461.3	0	1 929.3	0
13	0	0	132.3	106.2	42.5	94.8
14	0	0	78.1	36.4	379.0	0
15	0	0	617.6	72.1	2 208.1	0
\bar{x}	5.87	22.47	170.87	39.18	426.19	31.47

ficativas. En cambio, al comparar las tres series de datos obtenidas también para halotano en los grupos de pacientes manejados con los circuitos de reinhalación parcial y de no reinhalación, se observaron diferencias estadísticamente significativas, con $p = 0.0049$ y 0.024 respectivamente.

Para el enflorano, al comparar las tres series de datos (hora 0, 1 y 2), tanto en el grupo del circuito de reinhalación parcial, como en el de no reinhalación, no se observaron diferencias significativas. En cambio, al comparar los datos de los grupos manejados con bloqueos y con circuito cerrado, sí se observaron diferencias estadísticamente significativas, con $p = 0.04$ y 0.01 respectivamente.

A los resultados de las gasometrías arteriales realizadas cada 30 minutos a los pacientes sometidos a manejo anestésico con el circuito cerrado se les calcularon promedio, desviación estándar y varianza. Estos cálculos se enlistan en la siguiente tabla:

GASOMETRIAS ARTERIALES

	\bar{X}	Desviación Estándar	Varianza
pH	7.408	± 0.056	0.0031
PO ₂	296.84	± 42.70	1823.900
PaCO ₂	31.68	± 4.10	16.88
HCO ₃	19.51	± 1.099	1.20
E.B.	-3.71	± 1.17	1.38
CO ₂	19.87	± 1.80	3.26

D I S C U S I O N

Se decidió la utilización de tubos Vacutainer cerrados al vacío para la toma de muestras de aire ambiente, después de realizar una serie de pruebas, comparándolos incluso con las esferas de vidrio con 2 válvulas, operadas con bombas de vacío comunmente relatadas en la literatura extranjera; resultando los tubos más confiables, manejables y económicos. Los resultados se reportan en microgramos de anestésico por litro de aire, por ser esta relación una de las indicadas por el Sistema Internacional de unidades,²⁷ tratando de este modo de alejarnos de las tradicionales unidades de medidas para estas determinaciones, las partes por millón (p.p.m.) y partes por billón (p.p.b.), las cuales engañosamente resultan fáciles de comprender, pero en realidad se prestan a importantes confusiones. Baste señalar por ejemplo, que un billón en algunos países equivale a mil millones (Francia y Estados Unidos de América), mientras que en otros (México) equivale a un millón de millones.

De cualquier forma, si el lector desea convertir las unidades empleadas en nuestro reporte a partes por millón, no tiene más que dividir nuestros datos entre 1870 (atendiendo a la gravedad específica o densidad del halotano líquido a 20°C), los reportes de enflorano para hacer esta conversión deben dividirse entre 1520 por la misma razón. Atendiendo además a la norma de que para gases y vapores en aire se recurre a la relación volumen/volumen (v/v), en donde 1 p.p.m. es igual a 0.0001 vol. %; y en caso de tener determinaciones de halotano en sangre, 1 p.p.m. (v/v) = 0.187 mg %, mientras que para el enflorano equivaldría a 0.152 mg %.²⁸

En lo que se refiere al grado de contaminación producido por los 3 diferentes circuitos anestésicos empleando halota

no, el menos contaminante fue el circuito cerrado, produciendo niveles de contaminación por halotano, prácticamente iguales a los detectados en los quirófanos donde el procedimiento anestésico fue a base de bloqueos peridurales y subaracnoideos. Si bien las ventajas del circuito cerrado son tan frecuentemente exageradas por sus simpatizantes, como lo son sus riesgos por sus detractores; resulta ostensible la disminución de la contaminación ambiental en el quirófano durante su empleo. Por otra parte, el uso del circuito cerrado, con flujos de oxígeno equivalentes al consumo metabólico, con inyección del anestésico en la manguera de la válvula espiratoria mediante el esquema de anestesia cuantitativa, resultó bastante segura, como lo muestran los reportes de las gasometrías arteriales; además del ahorro que implica el evitar el desperdicio de anestésico, la reducción en el flujo de oxígeno empleado, la compra de un vaporizador por cada anestésico usado, y los costos por su mantenimiento en condiciones óptimas de funcionamiento. Además, nos permite conservar el calor y la humedad en las vías aéreas del paciente. El uso racional de este circuito, nos permite proporcionar con seguridad, el consumo metabólico de oxígeno, además de proporcionarnos algunos parámetros respiratorios y cardiovasculares, tales como la producción de CO_2 , el volumen ventilatorio minuto, gasto cardíaco aproximado y los requerimientos basales de líquidos.

A pesar de que en ninguno de los procedimientos anestésicos se utilizó enfluran, este anestésico generalmente se detectó en el ambiente del quirófano, incluyendo a algunas de las muestras obtenidas en los 4 grupos a la hora 0, tendiendo a aumentar a la hora 1 y posteriormente disminuir a la segunda hora. Este fenómeno concuerda con las observaciones hechas por Samulksa,²⁹ Murray³⁰ y Nicholson³¹ relacionadas con la fijación de los anestésicos a los materiales de algunos de los elementos de la máquina de anestesia, a pesar de haber trans-

currido varias horas después de su empleo. Posiblemente este fenómeno también explique, los bajos niveles de contaminación por enflorano, detectados con el circuito de no reinhalación, debido a la menor superficie de contacto y fijación entre el circuito y este anestésico. Paradójicamente este circuito resultó ser el más contaminante para el anestésico que se estuvo empleando, el halotano.

El empleo de un anestésico que goza de ciertas ventajas, pero de tan alto costo como resulta ser el isoflurano, en países con dificultades económicas, será más fácil de lograr mediante su uso en circuito cerrado.

C O N C L U S I O N E S .

1.- El empleo del circuito cerrado, con la técnica de inyección del anestésico en dosis calculada, además de económico y poco contaminante, resulta seguro.

2.- La cromatografía de gases, es una técnica segura, eficaz y disponible en nuestro país para la realización de un monitoreo más extenso de las condiciones ambientales en los quirófanos.

3.- Los tubos Vacutainer cerrados al vacío, empleados en la recolección de muestras de aire ambiente en las áreas de quirófanos resultan confiables, manejables y económicos.

4.- Dado que el mayor grado de contaminación se alcanza durante el uso del circuito de no reinhalación, hay que reservar su empleo a los pacientes en quienes resulte estrictamente necesario.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- A National Study. Occupational Disease among Operating Room Personnel. Report of an Ad Hoc Committee on The Effect of Trace Anesthetics on the Health of Operating Room Personnel, American Society of Anesthesiologists. Anesthesiology 1974; 41: 321-340.
- 2.- Cohen E N, Belvill J W, Brown B W: Anesthesia, pregnancy and miscarriage. A study of operating room nurses and anesthesiologists. Anesthesiology 1971; 35: 343-347
- 3.- Knill-Jones R P, Moir D D, Rodriguez L V, et al: Anesthetic practice and pregnancy: controlled survey of women anesthesiologists in the United Kingdom. Lancet 1972; 2: 1326-1328.
- 4.- Corbett T H, Cornell R. G, Enders J L, Lieding K: Birth defects among children of nurse-anesthetists. Anesthesiology 1974; 41: 341-344.
- 5.- Pharoah P O, Alberman E, Doyle P: Outcome pregnancy among women in anesthetic practice. Lancet 1977; 1: 34-36.
- 6.- Corbett H T, Cornell R G, Lieding K, Enders L J: Incidence of cancer among Michigan nurse anesthetists, Anesthesiology 1973; 38: 260-263.
- 7.- Bruce D L: Acute and chronic Anesthetic actions on Leukocytes. Canad Anaesth Soc J 1973; 20: 55-63
- 8.- Mathieu A, Mathieu D, Kerman R: Immunological defects in anesthesiologists and other operating room (or) personnel. 7th World Congress of Anaesthesiologists. Hamburg F.R.G.

Abstracts. Excerpta Medica, Amsterdam-Oxford-Princeton, 1980, pp 178.

- 9.- Klatskin G, Kimberg D V: Recurrent hepatitis attributable to halothane sensitization in an anesthetist. *New Eng J Med* 1969; 280: 515-519.
- 10.- De Lille F: Contaminación ambiental en la sala de operaciones y sus consecuencias para el anestesiólogo y personal que labora en ellos. *Rev. Mex. Anest.* 1985; 8: 121-124.
- 11.- Bruce D L, Bach M J: Psychological studies of human performance as affected by traces of enflurane and nitrous oxide. *Anesthesiology* 1975; 42: 194-196.
- 12.- Bruce D L, Bach M J, Arbit J: Trace anesthetic effects on perceptual cognitive and motor skills. *Anesthesiology* 1974; 40: 453-458.
- 13.- Ferstandig LL: Trace concentrations of Anesthetic Gases: A critical Review of their Disease Potential. *Anesth Analg* 1978; 57: 328-345.
- 14.- Bruce D L, Elde K A, Linde H W, Eckenhoff J E: Causes of Death among Anesthesiologists: A 20-Year Survey. *Anesthesiology* 1968; 29: 565-569.
- 15.- Lew E A: Mortality experience among anesthesiologists 1954-1976. *Anesthesiology* 1979; 51: 195-199.
- 16.- Husum B, Wulf H C, Niebuhr E: Monitoring of sister chromatid Exchanges in Lymphocytes of Nurse Anesthetists. *Anesthesiology* 1985; 62: 475-479.

- 17.- Husum B, Wulf H C, Niebuhr E: Sister chromatid Exchanges In Lymphocytes after anaesthesia with halothane or enflurane. Acta Anaesth Scandinav 1981; 25: 97-98.
- 18.- Husum B, Wulf H C, Niebuhr E: Sister chromatid exchanges In human lymphocytes after anaesthesia with fluroxene. Br J Anaesth 1982; 54: 987-990.
- 19.- Husum B, Wulf H C, Niebuhr E, Kyst A, Valentin N: Sister Chromatid exchanges In lymphocytes of humans anaesthetized with Isoflurane. Br J Anaesth 1984; 56: 559-564.
- 20.- Mazze R I: The Health of Operating Room Personnel. Anesthesiology 1985; 62: 226-228.
- 21.- Buring J E, Hennekens C H, Mayent S L, Rosner B, Greenberg E R, Colton T: Health Experiences of operating room personnel. Anesthesiology 1985; 62: 325-330.
- 22.- Usublaga L, Aldrete J A, Fiserova-Bergerova V: Influence of gas flows and operating room ventilation on the daily exposure of anesthetics (halothane). Anesth Analg 1972; 51: 968-973.
- 23.- Whitcher Ch E, Cohen E N, Trudell J R: Chronic Exposure to Anesthetic Gases in the operating room. Anesthesiology 1971; 35: 348-353.
- 24.- Húnguía F Y: Contaminación de quirófanos por halotano y óxido nitroso en el C. H. 20 de Noviembre. Rev. Mex. Anest. 1982; 5: 73-78.
- 25.- O' Leary P M: Clinical Use of closed circuit Anesthesia. Department of Anesthesia, Sinal Hospital of Detroit.

Comunicación personal.

- 26.- Lowe H J, Ernest E A: History of closed circuit Anesthesia, Why Should Closed Circuit Anesthesia Be Practiced?, Uptake and Distribution: Model Developmen, Uptake and Distribu-tion: Square Root of Time Model, Using Volatile Agents. The Quantitative Practice of Anesthesia. Copyright, 1981. Baltimore. Williams and Wilkins. Pag. 3-10, 11-26, 53-66, 67-98, 175-206.
- 27.- García Sainz M: El Sistema Internacional de Unidades en la práctica médica. Rev. Fac. Med. 1983; 26: 376-399.
- 28.- Hallén B, Ehrner-Samuel H, Thomason M. Measurements of Halothane in the atmosphere of an operating theatre and in expired air and blood of the personnel During Routine anaesthetic work. Acta Anaesth Scandinv. 1970 Vol. 14: pag 17-27.
- 29.- Samulksa H M, Ramaiah S, Noble W H: Unintented exposure to halothane in surgical patients: Halothane washout studies. Canad Anaesth Soc J. 1972; 19: 35-41.
- 30.- Murray W J, Fleming P: Patient exposure to residual fluoridated anaesthetic agents in anesthesia-machine circuits. Anesth Analg 1973; 52: 23-26.
- 31.- Nicholson J A, Tsuneo S, Aldrete J A: Residual Halothane Patient and Personnel exposure. Anesth Analg 1975; 54: 449-454.
- 32.- Couto Da Silva J M, Tubino P J, Vielra Zeg, Saraiva R A: Closed Circuit anesthesia in infants and children. Anesth Analg 1984; 63: 765-769.

A P E N D I C E No. 1

CIRCUITO CERRADO CON INYECCION DEL ANESTESICO EN LA
 MANGUERA DE LA VALVULA ESPIRATORIA MEDIANTE EL
 ESQUEMA DE ANESTESIA CUANTITATIVA.^{25,26,32.}

Debido a que esta técnica anestésica, prácticamente no se realiza en nuestro país, más que por falta de difusión, por la aparente dificultad de su cabal entendimiento; y ya que uno de los objetivos del presente estudio, es el de evidenciar algunas de las ventajas de esta técnica, se hace a continuación una descripción lo más explicativa posible.

Esta técnica proporciona con seguridad el consumo de oxígeno, además de algunos parámetros respiratorios y cardiovascular, tales como la producción de bióxido de carbono, el volumen ventilatorio minuto, el gasto cardíaco aproximado y los requerimientos basales de líquidos.

La base de esta técnica parte del cálculo del número de Brody, el cual se obtiene elevando el peso en Kg del paciente a la tercera potencia, y posteriormente obteniendo la raíz cuarta. Si se tiene, por ejemplo un paciente de 70 Kg, se procede como sigue:

$$\begin{aligned}
 70^{3/4} &= \sqrt[4]{70^3} \\
 &= \text{raíz cuarta de } 70 \times 70 \times 70 \\
 &= \text{raíz cuarta de } 343\ 000
 \end{aligned}$$

que equivale a la raíz cuadrada de la raíz cuadrada de 343000, que equivale a la raíz cuadrada de 585.66201 = 24.200 (# de Brody para este paciente).

Este # es la base del esquema de Brody, el cual se desarrolla así:

de Brody x 5 = requerimientos basales de líquidos en ml/hr.

de Brody x 2 = Gasto cardíaco en dl/minuto.

de Brody x 10 = Consumo metabólico de oxígeno en ml/minuto.

El consumo metabólico de oxígeno en ml/minuto x 0.8 = Producción de bióxido de carbono en ml/minuto.

$$\frac{\text{Producción de CO}_2 \text{ (ml/min)}}{\text{Pa CO}_2 \text{ deseada}} = \text{Ventilación alveolar (ml/min.)}$$

P. Barométrica - 47

Ventilación Alveolar + Ventilación de espacio muerto = Ventilación total (ml/min.)

De acuerdo con el ejemplo anterior (paciente de 70 Kg), la producción de CO₂ es de 242 x 0.8 = 193.6 ml/min., lo cual equivale a 11.61 litros/hora; y ya que 100 gr de cal sodada absorben 20 litros de CO₂, se tiene un amplio margen de seguridad en lo que se refiere a la producción de CO₂ en el transoperatorio, por lo que si antes de iniciar el procedimiento anestésico se cambia la cal sodada, la única posibilidad de hipercarbía estará relacionada con deficientes patrones de ventilación. El consumo de oxígeno, debe ajustarse en casos de aumento en la temperatura corporal, incrementándolo en un 10-20% por cada °C de aumento.

Tanto estudios empíricos como cálculos matemáticos, han demostrado que una ecuación de saturación exponencial, puede predecir la velocidad con la que el cuerpo capta un agente anestésico. Así, se ha observado que la velocidad de captación disminuye inversamente a la raíz cuadrada del tiempo de administración, o dicho de otra manera, el # de dosis acumulativa del anestésico es directamente proporcional a la raíz cua

drada del tiempo de aplicación de la dosis. De tal modo que las dosis de anestésicos son inyectadas en la manguera de la válvula espiratoria a intervalos que corresponden al cuadrado del número de la dosis.

# de Dosis	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
# de Dosis ² =												
(minuto de aplicación)	0	1	4	9	16	25	36	49	64	81	100	121
Intervalo en mins.		1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21

El cálculo de la dosis unitaria de anestésico se basa en factores que influyen la captación del agente anestésico, tales como el nivel de anestesia deseado (factor MAC), gasto cardíaco, y el coeficiente de solubilidad sangre/gas del agente anestésico en cuestión, por lo que la dosis unitaria se calculará considerando todos estos factores.

(Factor MAC).- Si con la concentración alveolar mínima se evita la reacción generalizada de los músculos estriados ante un estímulo quirúrgico estándar (incisión), en el 50 % de los pacientes, este 50 % se incrementa a más del 90 % si se utiliza 1.3 veces la concentración alveolar mínima, por lo que en general nuestros cálculos se basan en la multiplicación del MAC x 1.3; de modo tal que la dosis unitaria en volumen de anestésico líquido, es igual a :

$$2 \frac{1.3 \text{ MAC} \times \text{Coef. Sol. S/gas} \times \text{G.C en dl/min.}}{\text{Vapor de 1 ml de anestésico líquido}}$$

Si continuamos haciendo el ejemplo para un paciente de 70 Kg, la dosis unitaria de Halotano será:

ESTA TESTA
SALIR DE LA
19.
NO DEBE
BIBLIOTECA

$$2 \frac{1.3 (0.75) \times 2.3 \times 48.4}{243} = 0.8933 \text{ ml de Halotano.}$$

En caso de que se deseara administrar enfluranio mediante este esquema, se substituirían sus valores en la fórmula.

$$2 \frac{1.3(1.68) \times 1.8 \times 48.4}{184} = 2.06 \text{ ml de Enfluranio}$$

Estas dosis calculadas se disminuyen un 20 % cuando se emplea el bromuro de pancuronio en el mantenimiento de la relación transanestésica. En nuestro estudio, además se hizo otro ajuste para nuestra población, disminuyendo entre un 10 a 15 % la dosis calculada recomendada. Por otra parte, la dosis unitaria debe disminuirse un 10 % por cada década de la vida a partir de los 60 años.

Para la dosis inicial (dosis cero), hay que emplear de 1.5 a 2 veces la dosis unitaria para impregnar la máquina de anestesia. El mantenimiento de la anestesia se consigue aplicando las dosis unitarias calculadas en los tiempos recomendados, ajustándolas a las condiciones clínicas, profundidad anestésica requerida, estimulación quirúrgica, y estado cardiovascular del paciente. Aproximadamente al momento de aplicar la dosis # 4 (minuto 16), se estará en condiciones anestésicas adecuadas para dar inicio a la cirugía.

Terminación de la Anestesia.- Si por ejemplo, en el minuto 64 se observa que es posible que la cirugía termine alrededor del minuto 81, la dosis que normalmente se aplicaría en el minuto 64 se omite y la anestesia se mantiene en estas condiciones hasta el minuto 81, o si se considera necesario, de acuerdo a la valoración individual del caso se pueden aplicar

dosís fraccionadas adicionales. Una vez terminada la cirugía, o en caso de profundización importante e indeseable del plano anestésico, se abre el circuito, y se emplean flujos de 5 a 10 l/min. de oxígeno al 100%. Para mayores detalles consultar - las fichas 25, 26 y 32.