

CONTAMINACION Y COSTOS DE OPERACION EN ANESTESIA PEDIATRICA CON EL USO DE DOS CIRCUITOS ANESTESICOS: CIRCUITO CERRADO Y CIRCUITO SEMIABIERTO

*HÉCTOR LEOR-MOROR

**MARTE LORENZANA-JIMENEZ

***ESTELA MELMAN-SZTEYN

***EDUARDO ZEPEDA-ELIZONDO

RESUMEN

Por el método analítico de cromatografía de gases, se realizó la identificación y cuantificación del anestésico halogenado presente en la sangre y en el área respiratoria del anestesiólogo y en la sangre de los pacientes, durante el empleo de halotano en dos circuitos anestésicos usados para anestesia pediátrica. Los circuitos utilizados fueron: el circuito cerrado (de reinhalación total) y el circuito semiabierto (de no reinhalación).

El primero, con flujos de gas fresco equivalentes al consumo metabólico de oxígeno por minuto, empleando la técnica de Anestesia Cuantitativa con inyección del anestésico en la manguera espiratoria del circuito. Como grupo testigo se utilizó al grupo anestesiado con la técnica de circuito de no reinhalación.

Los resultados muestran que de los circuitos utilizados, el cerrado es el menos contaminante al ambiente, al anestesiólogo y, que las concentraciones sanguíneas de halotano en los pacientes son menores pero eficaces y seguras para el acto quirúrgico, comparado con el circuito semiabierto, quien requirió de mayor dosis de administración de halotano y produjo más contaminación al ambiente, al anestesiólogo y con mayor concentración del anestésico en la sangre de los pacientes.

El uso de circuito cerrado en anestesia pediátrica con la técnica de Anestesia Cuantitativa es económico, poco contaminante, seguro y práctico.

Palabras claves: Circuitos anestésicos. Contaminación quirófanos.

SUMMARY

The identification and quantification of the halogenated anesthetic present in the patients' blood and breathing zone of the anesthesiologist, was possible by using the Analytic Method of Gas Chromatography while using halothane in two anesthetic circuits employed in pediatric anesthesia. The two circuits were: Closed System (complete rebreathing) and Semiopen System (Nonrebreathing). The first circuit, is merely the circle system with very low flowrates. At inflow the closed system just satisfies the patient's metabolic oxygen requirement, and the uptake of anesthetic agents. The technique Quantitative Anesthesia with injection of the anesthetics at a wide-bore corrugated expiratory of circuit was employed. As a witness group the technique of semiopen breathing system was used. This method used in pediatric patients proved to add improved humidification, reduce pollution, give lower but efficient blood concentration of halothane, and to be less expensive. The closed systems conserve respiratory moisture better than any other. The use of low flow or closed system techniques can also diminish the level of waste gas contamination in the operating room. On the other hand, the semiopen breathing system showed the need of higher flow of anesthetic gases (in this case, halothane), more pollution in the breathing zone and higher concentrations in the patients' blood.

The use of the closed system in pediatric anesthesia with the techniques of quantitative anesthesia is less expensive, produces less pollution, is secure and practical.

Key words: Anesthetic systems. Operating room pollution.

*Médico Residente.

**Maestro en Ciencias Biomédicas. Facultad de Medicina. UNAM.

***Médico Jefe. Departamento de Anestesiología y Terapia Respiratoria. Hospital Infantil de México "Federico Gómez".

****Médico Anestesiólogo. Hospital Regional "20 de Noviembre", ISSSTE.

Trabajo recibido del Hospital Infantil de México "Federico Gómez".

Recibido: 15 de enero de 1987. Aceptado: 20 de abril de 1987.

Sobretiros: Héctor Leor Moror. Depto. Anestesiología. Hospital Infantil de México "Federico Gómez".

El empleo de la técnica anestésica por inhalación fue utilizada por primera vez por Crawford Long, quien anestesió con eter dietílico a un paciente en el año de 1841.^{1,2} Han pasado ya 146 años y los avances obtenidos en el campo de la anestesiología han sido grandes, ya que los anestésicos más utilizados por vía inhalatoria desde entonces son: eter etílico, óxido nitroso, cloroformo, ciclopropano, Tricloroetileno fluororeno, halotano, metoxifluorano, enflurano e isofluorano. Como algunos de éstos son inflamables y explosivos, se han reemplazado por agentes no inflamables y no explosivos como el halotano, el enflurano, el isofluorano y el óxido nitroso. De éstos, el halotano y el óxido nitroso son los más usados actualmente.

El halotano es un etano halogenado, el cual fue descubierto por Raventos en 1956 e introducido en la práctica clínica por Bryce y O'Brien en ese mismo año.³

A partir de 1958 se inició el desarrollo de trabajos a nivel mundial, con el objeto de evaluar el efecto que tiene la contaminación de las zonas quirúrgicas sobre los anestesiólogos y sobre el personal que labora en estos sitios, y en sitios adyacentes.

Algunos estudios sugieren los posibles efectos deletéreos en el personal que labora en los quirófanos al respirar por largos periodos una atmósfera contaminada con vapores y gases anestésicos.

En dichos estudios se ha observado aumento de abortos espontáneos en anestesiólogas, esposas de anestesiólogos y enfermeras que trabajan en quirófanos, así como anomalías congénitas en sus hijos. Por otra parte, es más frecuente la cefalea, irritabilidad, depresión, fatiga, anorexia, náusea, pérdida de la memoria, deterioro en la función mental, así como enfermedades hepáticas, linfomas, cáncer del sistema retículo-endotelial, suicidios, infecciones y reacciones en la piel, comparada con la población médica que no trabaje en el área de quirófanos.^{4,22}

En este trabajo se hace un estudio comparativo entre dos circuitos anestésicos empleados en pacientes pediátricos, evaluando el costo operacional y la contaminación en el área respiratoria del anestesiólogo, cuantificando sus niveles sanguíneos de halotano, así como los niveles sanguíneos de los pacientes durante el transanestésico.

En los quirófanos del Hospital Regional "20 de Noviembre", donde se manejan pacientes pediátricos, el circuito anestésico semiabierto (de no reinhalación), es el circuito más utilizado en anestesia general inhalatoria.

El objetivo principal de este trabajo es mostrar los niveles de contaminación en las salas de operaciones donde se manejan pacientes pediátricos, según sea el tipo de circuito empleado para la anestesia.

Ante la problemática planteada (con relación a las

alteraciones orgánicas y psicológicas producidas por la inhalación de una atmósfera contaminada por anestésicos); es una magnífica opción para el anestesiólogo disminuir el riesgo al que se encuentra expuesto diariamente por el uso del circuito semiabierto, al utilizar en la anestesia el circuito cerrado que conduce a la disminución en la contaminación del ambiente de quirófano, con menor consumo de oxígeno y anestésicos, lo que beneficia económicamente a la institución, disminuyendo el riesgo del paciente a la exposición de mayor dosis y concentración en su sangre de anestésicos halogenados.

MATERIAL Y METODO

En los quirófanos del Hospital Regional "20 de Noviembre" se llevó a cabo este trabajo, siendo de tipo prospectivo, transversal, comparativo y abierto.

Se estudiaron 32 pacientes pediátricos de ambos sexos, con edad de 1 a 8 años y con un rango de peso de 10 a 25 kgs., quienes ameritaban cirugía general programada con duración no mayor de 90 minutos y con clasificación anestesiológica A.S.A.: I, A 6 B, E (Sociedad Americana de Anestesiólogos).²³

Todos los pacientes se premedicaron media hora antes del acto anestésico quirúrgico con atropina a la dosis de 10 a 20 microgramos por kg. de peso (mcg/kg) y con diazepam a dosis de 100 a 200 mcg/kg de peso I.M.

Los eventos anestésicos estudiados se dividieron en dos grupos y los pacientes fueron colocados al azar en uno de ellos.

Grupo 1. Se estudiaron 16 pacientes para el evento anestésico con la técnica de circuito cerrado (reinhalación total), utilizando un equipo tipo circular Bloomquist modificado Modelo Ohio Infant 60, con absorbedor de bióxido de carbono y con flujos de oxígeno equivalentes al consumo metabólico por minuto. El flujo de oxígeno fluctuó entre 150 a 300 ml/min., para evitar que la bolsa se desinflara. El anestésico fue inyectado al circuito en la manguera de la válvula espiratoria mediante el esquema de anestesia cuantitativa, no usando vaporizador.^{21,22} (Ver apéndice pag. 21).

Grupo 2. Se estudiaron 16 pacientes, con circuito semiabierto para su evento anestésico (Tipo Mapleson D: Circuito Bain y circuito García López). Este grupo fue el grupo control. El flujo de gas fresco de oxígeno fluctuó entre 2.5 a 4.5 litros/min., según su peso.²⁴ EL anestésico fue suministrado por vaporizador Mark III y Dragager, con máquinas de anestesia marca Ohio y Plarre.

Los pacientes de ambos grupos fueron monitorizados en forma continua con un electrocardioscopio marca Datamedix Modelo = ST 541, y además se les añadió a los del grupo 1 un monitor de oxígeno (oxímetro) marca

Hudson Modelo 5552, integrado a la manguera espiratoria del circuito Bloomquist. Previos signos vitales basales se monitorizó la tensión arterial y la frecuencia cardíaca con un baumanómetro pediátrico aneróide marca BMS y un estetoscopio precordial marca Littmann durante el transanestésico cada 5 minutos. La inducción anestésica en todos los pacientes se realizó con tiopental a la dosis de 5 mg/kg de peso, seguida de succinil colina a la dosis de 1 a 2 mg/kg de peso para facilitar la intubación endotraqueal. A partir de la inducción anestésica se hiperventiló a los pacientes por tres minutos con el fin de desnitrogenizarlos, utilizando en los pacientes del grupo 1 un flujo de oxígeno de 2 litros/min., antes de cerrar el circuito anestésico. En el grupo 2 se dejó con el flujo de oxígeno que le correspondía según su peso.

Para el mantenimiento anestésico se utilizó exclusivamente halotano y oxígeno. Una vez terminada la cirugía se abrió el circuito para el grupo 1 aumentando a dos litros por minuto de oxígeno hasta el momento de la extubación, y para el grupo 2 se mantuvo su mismo flujo de oxígeno hasta la extubación.

La toma de muestras de aire ambiente del quirófano se realizó con tubos Vacutainer cerrados al vacío, los cuales están recubiertos en la cara interna del tapón con una pequeña y fina capa de glicerina que favorece su sellado. Los tubos miden 1.3 cms. de diámetro por 10 cms. de longitud, alcanzando a succionar aproximadamente 7 ml. de aire. La toma se hizo en el área respiratoria del anestesiólogo, definida como aquella comprendida entre 20 a 30 cms. frente a su nariz, a una altura aproximada de 1.20 metros del piso. Las muestras se tomaron a temperatura ambiente ($24 \pm 1^\circ\text{C}$) quitando el tapón de los tubos por un lapso de 10 segundos. En cada evento anestésico se tomaron tres muestras en las forma siguiente:

M1: Antes del inicio de la cirugía.

M2: A la mitad de la cirugía.

M3: AL finalizar la cirugía.

La toma de muestras sanguíneas en los pacientes se obtuvo mediante jeringas de tuberculina desechables estériles con una décima de solución de heparina (1:1000), extrayendo 0.5 ml. de sangre venosa del paciente durante el transanestésico a los minutos 1, 5, 10, 20, 30, 40, 60, 90 Y en el momento de la extubación. Las muestras de sangre así obtenidas fueron inyectadas cada una en tubos de vidrio sellados con un tapón de hule reforzado con un casquillo de aluminio. La medida de los tubos fué de 2 cms. de diámetro por 6 cms. de alto, con un volumen de 15 ml.

Las muestras sanguíneas del anestesiólogo fueron tres; se tomaron al mismo tiempo que las muestras del aire ambiente. Se tomó 0.5 ml. de sangre venosa con jeringas estériles de tuberculina con una décima de solu-

ción de heparina (1:1000), e inyectadas a los tubos ya descritos.

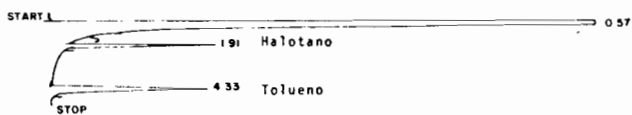
Después de 6 a 8 horas de tomadas las muestras, se procedió a la identificación y cuantificación del anestésico, utilizando un cromatógrafo de gases. Para ello se inyectó a temperatura ambiente ($24 \pm 1^\circ\text{C}$) con una jeringa desechable de tuberculina, 0.5 ml. de fase gaseosa de cada muestra, fuera de sangre de los pacientes o del área respiratoria del anestesiólogo a un cromatógrafo de gases (Marca Hewlett Packard Modelo 5840 A) con detector de ionización de flama. La columna empleada fue de acero inoxidable de 6 pies por 1/8 de pulgada, empacada con Carbowax 20 M al 10% en Cromosorb WHP 80/100, operada a la temperatura de 70°C , con un flujo de nitrógeno de 22 ml/min.; la temperatura del inyector y del detector fué de 150°C . La sensibilidad a la que se programó al cromatógrafo para las muestras sanguíneas de los pacientes fue de ATTN 218 SLP SENS 3.0, y para las muestras de aire y de sangre del anestesiólogo fue de ATTN 210.0, SLP SENS 0.0.

La identificación de los compuestos se realizó por comparación con los tiempos de retención del anestésico previamente obtenido. Diariamente se realizaron curvas de calibración para los tubos de aire y de igual manera para los tubos de las muestras sanguíneas. El promedio de retención del halotano fué de 2. (Figura 1).

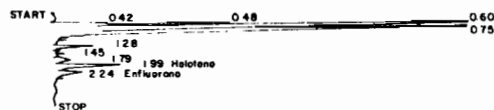
Para las curvas de calibración de las muestras de aire, se inyectó con jeringa de Hamilton un microlitro de halotano en un frasco de vidrio de 500 ml. que contenía aire a la temperatura y humedad ambiente, dejándose un tiempo de estabilización de 5 minutos, para posteriormente tomar volúmenes conocidos de la mezcla



A.- Cromatograma de las muestras sanguíneas del anestesiólogo



B.- Cromatograma de las muestras sanguíneas de los pacientes



C.- Cromatograma de las muestras del Área Respiratoria del Anestesiólogo

Figura 1.

gaseosa de este frasco y hacer diluciones en otro frasco de la misma capacidad.

Las curvas de calibración de las muestras sanguíneas se hicieron colocando 0.5 ml. de sangre fresca que contenían una décima de solución de heparina (1:1000), mediante una jeringa de tuberculina desechable en los tubos de vidrio ya descritos con capacidad de 15 ml., colocando a su vez con una jeringa de Hamilton en un volumen de un microlito, diluciones de halotano diluidas con hexano previamente hechas. Con un tiempo de estabilización de 5 minutos se procedió a extraer de estos frascos 0.5 ml. de fase gaseosa con una jeringa de tuberculina desechable e inyectándola inmediatamente al cromatógrafo de gas. Los resultados obtenidos de las curvas de calibración del aire y de la sangre fueron lineales, con un índice de correlación de 0.99. Los resultados obtenidos se expresaron en microgramos/ml. para las muestras de sangre, y en microgramos/litro las muestras de aire.

Los resultados obtenidos en los dos grupos estudiados se sintetizaron en términos de promedios (\bar{x}), desviaciones estandar (DE) error tipo (ET) y se compararon

entre sí utilizando la T de Student. La comparación de las concentraciones sanguíneas de halotano en los dos grupos de tratamiento (según el circuito utilizado), a los minutos: 1, 5, 10, 20, 30, 40 y 60, se hizo por medio de un Análisis de Varianza de dos factores (tratamiento y tiempo), con mediciones repetidas de un factor (tiempo).

RESULTADOS

De los dos grupos estudiados, 24 sujetos fueron del sexo masculino y 8 del sexo femenino, el promedio de edad y sexo de ambos grupos fué de 4 años y 17 kgs. respectivamente. Las especialidades médicas pediátricas que tomaron parte en las cirugías por orden de frecuencia fueron: Cirugía General Pediátrica, Cirugía Plástica y Reconstructiva, Urología, Ortopedia y Oftalmología.

Las características generales de los pacientes de ambos grupos se muestran detalladamente en los cuadros Nos. I, II y III.

El promedio de flujo de oxígeno por minuto durante el transoperatorio con circuito cerrado fue de 212.5 ml., y para el circuito semiabierto fue de 3.45 litros. El promedio en la cantidad total de oxígeno utilizado en

CUADRO I
CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS PACIENTES ASIGNADOS AL

C I R C U I T O					C E R R A D O					
PACIENTE	FLUJO	CANTIDAD	OXIMETRIA	DOSIS	DOSIS DE HALOTANO		DOSIS	TIEMPO	CONSUMO	
#	O ₂ x'	TOTAL O ₂	% SATU- RACION	HALOTANO x PESO (ml)	Teó- ricas	Adicio- nales	# Total	TOTAL HALOTANO (ml)	Qx. (min)	DE HALOTANO (ml/min)
	ml/min	(litros)								
1	300	12.9	95	0.41	7	1	8	3.70	43	0.086
2	200	18.0	97	0.28	11	3	14	3.92	90	0.043
3	200	14.8	97	0.28	11	3	14	3.36	74	0.045
4	200	14.8	94	0.23	9	1	10	2.30	74	0.031
5	200	4.0	90	0.30	5	1	5	1.50	20	0.075
6	200	12.8	95	0.21	8	1	9	1.78	64	0.027
7	250	21.8	90	0.41	10	1	11	4.51	87	0.051
8	250	13.8	93	0.37	8	1	10	3.70	55	0.067
9	200	5.8	95	0.25	6	1	7	1.75	29	0.060
10	300	27.0	94	0.41	10	1	12	4.92	90	0.054
11	200	18.0	95	0.28	10	1	11	3.10	90	0.034
12	150	13.5	95	0.20	9	1	10	2.00	90	0.022
13	150	9.6	96	0.21	8	1	9	1.90	64	0.029
14	200	13.6	96	0.31	8	1	9	2.80	68	0.041
15	200	9.2	94	0.30	7	1	8	2.40	46	0.052
16	200	18.0	93	0.41	9	6	17	6.97	90	0.077
\bar{x}	212.5	14.2	94	0.30	8	1.5	10	3.16	67	0.050

\bar{x} = Media estadística
Qx. = Quirúrgico

cirugía en el grupo 1 fue de 14.2 litros, y para el grupo 2 fue de 200.3 litros, encontrando diferencia estadística significativa con $P < 0.00005$. La oximetría monitorizada en forma continua con el oxímetro registró una saturación media de 94% en la manguera espiratoria del circuito Bloomquist. La cantidad promedio total de oxígeno en 60 minutos de cirugía para el grupo 1 fue de 12.7 litros, y para el grupo 2 fue de 203 litros. (Ver cuadros Nos. I y III, Figura 2).

La administración de halotano con el esquema de anestesia cuantitativa en el grupo de circuito cerrado se encuentra en detalle en los cuadros I y II.

El promedio en el consumo de halotano por minuto para el grupo de circuito cerrado fue de 0.050 ml./min., en cambio, para el grupo de circuito semiabierto fue de 0.24 ml./min. La dosis media total de halotano utilizada en cirugía en el grupo 1 fue de 3.16 ml. y para el grupo 2 fue de 14.14 ml., encontrando diferencia estadística significativa con $P < 0.00005$ (Ver cuadros I y III). El promedio de dosis total de halotano por 60 minutos de cirugía en los grupos 1 y 2 fue de 2.82 ml. y 14.37 ml. respectivamente (figura 3).

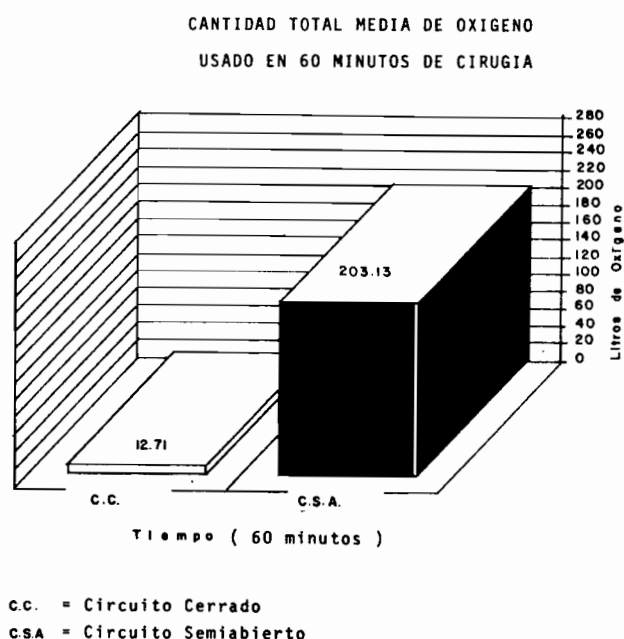


Figura 2

CUADRO II

CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS PACIENTES ASIGNADOS AL

C I R C U I T O C E R R A D O

PACIENTE #	# DE BRODY	VO ₂ ml/min	Q (dl/min)	TENSION - ARTERIAL (mm Hg) Variación	PAM	FREC. CARDIACA POR MINUTO Variación	ULTIMA DOSIS DE HALOTA- NO A # (min)	# A EXTUBACION (min)
1	11.1	156.5	22.2	90/60-130/80	97	96-120	108	3
2	7.6	106.7	15.2	70/50-100/60	75	96-120	110	9
3	7.6	106.7	15.2	70/50-100/60	75	140-160	150	17
4	6.3	88.2	12.6	60/40- 80/50	75	120-150	135	10
5	8.3	117.2	16.7	70/50-110/80	81	96-120	108	11
6	5.7	80.0	11.4	80/60-110/80	86	120-150	135	15
7	12.0	168.0	24.0	70/50-100/70	77	120-144	130	23
8	10.2	143.6	20.5	80/60-95/60	76	100-124	111	6
9	6.8	95.8	13.6	70/50-100/60	75	120-144	131	4
10	11.1	156.5	22.2	90/70-110/80	90	96-144	137	9
11	7.8	109.4	14.6	70/50-90/70	73	90-110	101	9
12	5.6	78.4	11.2	50/30-80/60	48	120-140	124	26
13	5.8	81.6	11.6	55/45-90/70	60	120-140	129	15
14	8.5	119.1	17.2	70/50-100/70	71	130-150	135	19
15	8.3	116.2	16.6	90/60-100/60	83	110-120	115	10
16	11.1	156.5	22.3	90/60-120/70	99	80-124	102	9
\bar{x}				73/53- 99/67	77	110-135	122	12.1

DE BRODY = Peso 3/4
VO₂ = Consumo metabólico de oxígeno
Q = Gasto cardíaco
PAM = Presión arterial media
= Fin de cirugía

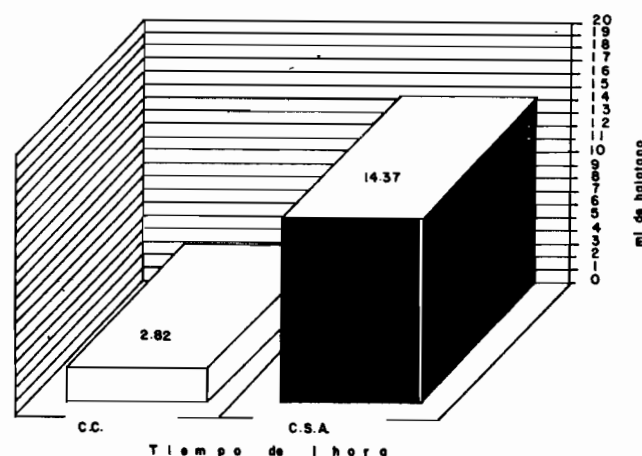
6.75

El tiempo quirúrgico promedio en los grupos 1 y 2 fue de 67 y 59 minutos respectivamente (cuadros I y III). El tiempo medio transcurrido desde el fin de cirugía hasta el momento de la extubación fue de 6'45", pa-

ra el grupo de circuito cerrado, y de 8'30" para el grupo de circuito semiabierto, mostrando diferencia estadística no significativa con $P < 0.05$ (cuadros II y III).

La frecuencia cardíaca (FC) y la tensión arterial (T/A) entre los dos grupos durante el transanestésico mostró los siguientes valores: En el grupo 1, la T/A promedio varió de 73/53 a 99/67 mm Hg, con una presión arterial media promedio (PAM) de 77 mm Hg. La FC promedio fluctuó de 110 a 135 por minuto con una media de 122 por minuto (cuadro II). En el grupo 2 la T/A promedio fluctuó de 72/52 a 97/65 mmHg con PAM promedio de 72 mm Hg. La FC osciló de 113 a 139 por minuto con una media de 125 por minuto (cuadro III). Estos resultados no muestran diferencias estadísticas significativas con $P > 0.10$. Es importante señalar que a pesar de no haber diferencias significativas entre los dos grupos en la T/A; se observó en el registro de T/A de cada paciente que las mayores variaciones se iniciaban y registraban dentro de los primeros minutos de iniciado el acto anestésico quirúrgico, mostrando los siguientes datos: En los pacientes de circuito cerrado el 37% cursaron con una disminución del 1-20% de la T/A sistólica basal (SB), el 43% disminuyó más del 20% su T/A SB, el 12% aumento del 1-10% su T/A

DOSIS TOTAL MEDIA DE HALOTANO
EN 60 MINUTOS DE CIRUGIA



cc. = Circuito Cerrado
C.S.A. = Circuito Semiabierto

Figura 3

CUADRO III

CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS PACIENTES ASIGNADOS AL
C I R C U I T O S E M I A B I E R T O

PACIENTE #	TENSION - ARTERIAL (mm Hg) VARIACION	PAM	FREC. CARDIACA POR MINUTO VARIACION	\bar{x}	FLUJO O ₂ x' (Ltrs)	CANTIDAD TOTAL O ₂ (Ltrs)	TIEMPO Qx (min)	DOSIS TOTAL HALOTANO (ml)	N A EX-TUBACION (min)	CONSUMO DE HALOTANO (ml/min)
1	50/30-100/70	57	120-60	136	2.6	156.0	60	15.0	8	0.25
2	60/40-100/60	66	140-160	143	2.6	122.2	47	9.0	12	0.19
3	80/60-100/50	72	130-140	133	3.4	303.0	90	21.0	10	0.23
4	70/50-90/60	70	84-110	99	4.0	68.0	17	6.1	7	0.35
5	70/50-90/60	64	120-140	125	3.0	270.0	90	20.1	7	0.22
6	70/50-90/60	68	120-128	121	3.5	140.0	40	9.0	10	0.22
7	60/40-80/60	65	92-130	118	4.0	80.0	20	4.5	10	0.22
8	80/60-110/70	82	105-140	119	4.4	259.6	59	18.7	12	0.31
9	60/40-90/60	64	120-160	138	3.0	279.0	90	21.5	10	0.23
10	80/60-110-80	84	112-120	119	4.0	260.0	65	16.2	6	0.24
11	70/50-90/60	71	110-140	124	3.0	210.0	70	14.0	7	0.20
12	80/50-110/60	76	110-140	121	3.0	255.0	85	15.0	4	0.17
13	70/50-100/80	73	120-130	122	3.2	147.0	46	11.0	6	0.23
14	90/70-110/80	83	113-140	133	4.0	112.0	28	9.0	9	0.32
15	80/60-110/70	80	120-130	125	4.0	360.0	90	22.0	7	0.24
16	90/60-110/60	81	96-160	128	3.6	180.0	50	14.4	10	0.28
\bar{x}	72/52-97/65	72	113-139	125	3.45	200.3	59	14.1	8.4	0.24

N = Fin de cirugía
PAM = Presión arterial media

SB, y el 6% mantuvo su T/A SB. La T/A diastólica se comportó en forma muy similar a la T/A sistólica. En los pacientes de circuito semiabierto el 50% disminuyó del 1-20% su T/A SB, y el 50% restante de los pacientes disminuyó más del 20% su T/A SB. La T/A diastólica se comportó como sigue: el 25% disminuyó del 1-20% su T/A diastólica basal (DB), el 37% disminuyó más del 20% su T/A DB, el 31% mantuvo su T/A DB y el 6% restante aumentó más del 10% su T/A DB (cuadro IV).

El promedio de las concentraciones de halotano en las tres muestras sanguíneas venosas del anestesiólogo observadas durante el manejo del grupo de circuito cerrado fue de 0. Para el grupo manejado con circuito semiabierto las concentraciones sanguíneas del anestesiólogo en las muestras 1, 2 y 3 fueron: 9.3, 0.2 Y 0.3 mcg/ml respectivamente. (Ver cuadro V y figura 4).

Las concentraciones medias de halotano observadas en el área respiratoria del anestesiólogo en las muestras 1, 2 y 3 del grupo 1 reportaron: 9.62, 11.28 y 5.84 mcg/litro respectivamente, y en el grupo 2, las concentraciones de las muestras 1, 2 y 3 fueron de 88.76, 207.78 y 205.12 mcg/litro respectivamente (ver cuadro VI y figura 5). Al comparar los datos obtenidos del área respiratoria del anestesiólogo en los grupos 1 y 2, encontramos que en la muestra 1 no hay diferencia estadística

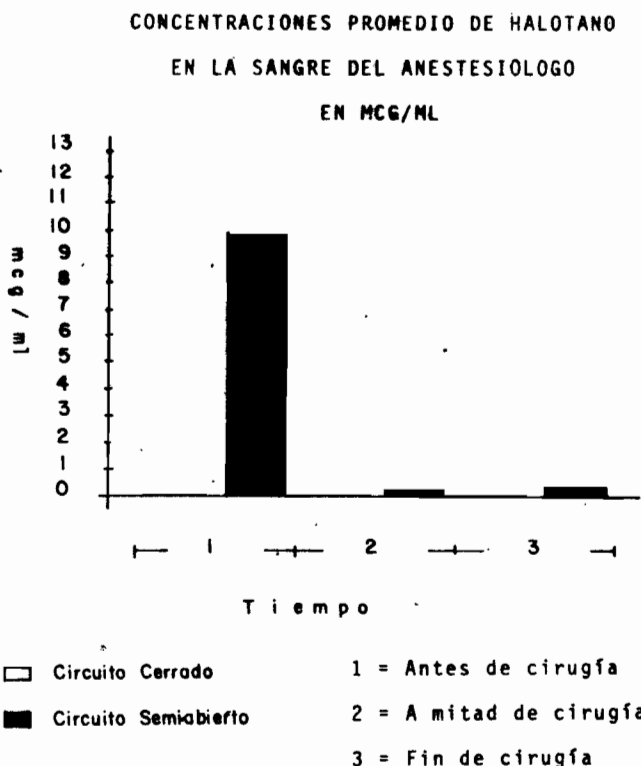


Figura 4

CUADRO IV

VARIACIONES DE PRESION ARTERIAL EN LOS PRIMEROS
5 MINUTOS EN EL TRANSANESTESICO EN LOS GRUPOS
I Y II EN MM DE HG

CIRCUITO CERRADO					CIRCUITO SEMIABIERTO				
PACIENTE #	T/A Basal	T/A 5'	% DE VARIACION Sistólica	% DE VARIACION Diastólica	PACIENTE #	T/A Basal	T/A 5'	% DE VARIACION Sistólica	% DE VARIACION Diastólica
1	130/80	90/60	-30.7	-25.0	1	100/70	90/60	-10.0	-14.2
2	100/60	80/60	-20.0	0.0	2	110/60	60/40	-45.4	-33.3
3	80/50	70/50	-12.5	0.0	3	100/50	80/60	-20.0	+20.0
4	70/50	60/40	-14.2	-20.0	4	90/50	70/50	-22.2	0.0
5	110/80	80/60	-27.2	-25.0	5	90/60	70/50	-22.2	-16.6
6	110/80	80/50	-27.2	-37.5	6	90/60	70/50	-22.2	-16.6
7	100/70	90/60	-10.0	-14.2	7	80/60	70/50	-12.5	-16.6
8	85/55	90/70	+ 5.8	+27.2	8	110/70	80/60	-27.2	-14.2
9	110/60	70/50	-30.0	-16.6	9	90/60	80/60	-11.1	0.0
10	110/70	90/70	-10.0	0.0	10	110/80	80/60	-27.2	-25.0
11	90/60	80/50	-11.1	-16.6	11	90/70	70/50	-22.2	-28.5
12	80/60	60/40	-25.5	-33.3	12	100/60	90/60	-10.0	0.0
13	90/70	70/50	-22.2	-28.5	13	100/80	70/50	-30.0	-37.5
14	100/70	70/50	-30.0	-28.5	14	90/70	80/70	-11.1	0.0
15	90/60	90/70	0.0	+16.6	15	100/80	80/60	-20.0	-25.0
16	110/70	100/80	- 9.1	+14.2	16	100/70	90/50	-10.0	-28.5
$\bar{x} = -17.1$				-11.7	$\bar{x} = -20.2$				-14.7

T/A = Tensión arterial .

CONCENTRACIONES PROMEDIO DE HALOTANO EN EL
AREA RESPIRATORIA DEL ANESTESIOLOGO
EN MCG/LT DE AIRE

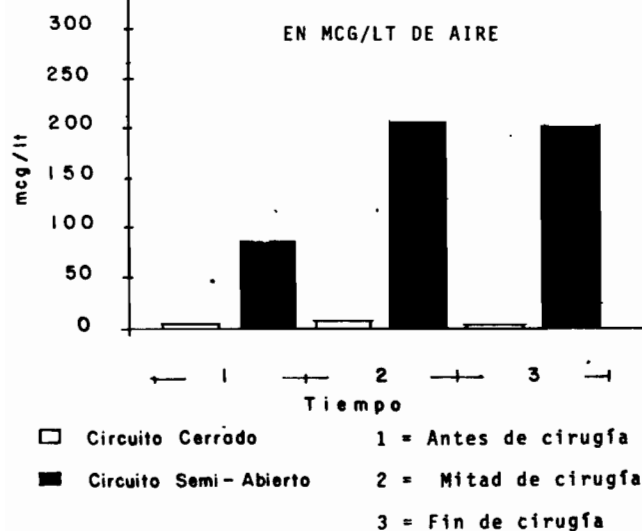


Figura 5

significativa, sin embargo en las muestras 2 Y 3 la diferencia estadística fué muy significativa con $P < 0.000005$ y $P < 0.0000005$ respectivamente.

Las concentraciones medias de halotano en las muestras sanguíneas de los pacientes durante el transoperatorio de los dos grupos estudiados se encuentran en la figura 6. La comparación de concentraciones sanguíneas de halotano en los dos grupos de tratamiento a los minutos 1, 5, 10, 20, 30, 40 y 60, utilizando un análisis de varianza de dos factores (tratamiento y tiempo) muestran diferencia estadística atribuible al factor tratamiento con $P < 0.01$. No se encontró diferencia significativa debida a interacción tratamiento tiempo.

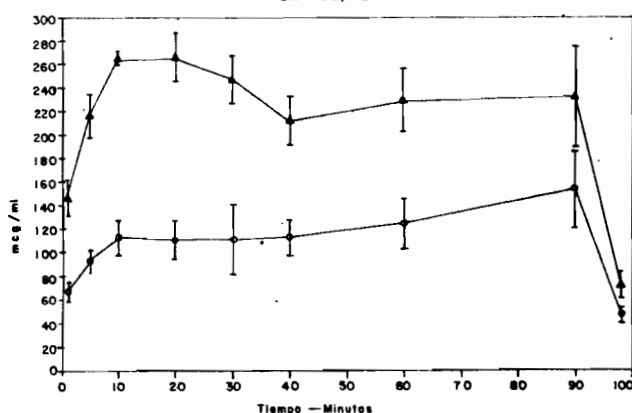
Con relación al costo operacional en el año de 1987, el metro cúbico de oxígeno a precio de gobierno es de \$950.00, lo que resultaría en \$0.95 por litro. El frasco de halotano de 250 ml., a precio de gobierno cuesta \$30,000.00, siendo de \$120.00 cada ml. de halotano. En el grupo 1, el costo operacional por cada 60 minutos

CUADRO V
CONCENTRACIONES SANGUINEAS DE HALOTANO
EN EL ANESTESIOLOGO
EN MCG/ML

CIRCUITO - - - CERRADO				CIRCUITO -- SEMIABIERTO			
PACIENTE	M1	M2	M3	PACIENTE	M1	M2	M3
#				#			
1	0	0	0	1	0.0	0.0	0.0
2	0	0	0	2	0.0	0.0	0.0
3	0	0	0	3	0.0	0.0	0.0
4	0	0	0	4*	0.3	0.0	0.0
5	0	0	0	5	0.0	0.0	0.0
6	0	0	0	6	0.0	0.0	0.0
7	0	0	0	7	0.0	0.0	0.0
8	0	0	0	8	0.0	0.0	0.0
9	0	0	0	9*	149.6	3.7	5.2
10	0	0	0	10	0.0	0.0	0.0
11	0	0	0	11	0.0	0.0	0.0
12	0	0	0	12	0.0	0.0	0.0
13	0	0	0	13	0.0	0.0	0.0
14	0	0	0	14	0.0	0.0	0.0
15	0	0	0	15	0.0	0.0	0.0
16	0	0	0	16	0.0	0.0	0.0
\bar{x}	0	0	0	\bar{x}	9.3	0.2	0.3

*= Trabajé previamente en la sala de quirófano un paciente con circuito semiabierto. [Por tal razón los valores encontrados en la sangre del anestesiólogo no son evaluables] .

CONCENTRACIONES MEDIAS SANGUÍNEAS DE HALOTANO
DE LOS PACIENTES EN EL TRANSANESTÉSICO
EN MCG/ML



Los valores se expresan en $\bar{x} \pm ET$

▲ = Circuito Semiabierto

○ = Circuito Cerrado

P < 0.01, Para el Tratamiento

Análisis de Varianza de dos factores con mediciones repetidas de uno.

Figura 6

de cirugía fue de \$350.00, y para el grupo 2 fue de \$1,917.00.

DISCUSIÓN

La técnica anestésica que se utilizó en el grupo 1 está basada en informes y estudios realizados previamente por O'Leary,²¹ Lowe²² y recientemente por Cuoto da Silva²³ quien trabajó con pacientes pediátricos.

Los resultados obtenidos en las concentraciones de halotano en el área respiratoria del anesthesiologo, concuerdan con los obtenidos por Munguía²⁶ y Granados,²⁷ siendo éstos muy superiores a los niveles permisibles máximos de seguridad (0.5 a 1 partes por millón), mostrando una alta contaminación en las salas de quirófanos, principalmente en aquellas donde se manejan circuitos de no reinhalación. Si agregamos además la inadecuada e insuficiente sistema de ventilación y extracción del aire de quirófanos hacia el exterior.

La razón de reportar nuestros resultados de las concentraciones del área respiratoria del anesthesiologo en mcg/litro de aire, es por ser una de las indicadas por el

CUADRO VI
CONCENTRACIONES DE HALOTANO EN EL AREA RESPIRATORIA
DEL ANESTESIOLOGO EN
MCG/LITRO DE AIRE

CIRCUITO - - - CERRADO				CIRCUITO -- SEMIABIERTO			
PACIENTE	M1	M2	M3	PACIENTE	M1	M2	M3
#				#			
1	0.00	0.00	0.00	1	75.57	188.63	81.49
2	0.00*	36.70*	0.00*	2	8.65	223.54	1020.00
3	0.00*	16.00*	0.00	3	0.00*	137.30*	264.20
4	0.00*	0.00*	55.40	4+	775.47	92.72	148.29
5	0.00	0.00	0.00	5	154.65	189.56	220.14
6	0.00	0.00	0.00	6	0.00*	485.23	148.07
7	29.90	28.90	9.37	7	0.00*	112.12	171.53
8	86.15	63.46	28.71	8	0.00*	592.42*	156.70*
9	0.00	0.00*	0.00*	9+	73.50	201.80	145.70
10	0.00	0.00*	0.00*	10	0.00*	55.13	382.70
11	0.00*	0.00*	0.00*	11	0.00*	146.60*	501.60*
12	0.00	35.50	0.00	12	270.80*	185.10*	149.20*
13	0.00*	0.00*	0.00*	13	0.00	192.30*	334.00*
14	0.00*	0.00*	0.00*	14	0.00*	172.80	181.80
15	37.90	0.00*	0.00*	15	61.60*	114.10*	223.40*
16	0.00*	0.00*	0.00*	16	0.00*	235.40	71.10
\bar{x}	9.62	11.28	5.84	\bar{x}	88.76	207.80	205.12

+ = Trabajé previamente en la misma sala de quirófano un paciente con circuito semiabierto.

* = Presencia de concentraciones de ETHRANE [No se cuantificaron].

M1 = Antes del inicio de cirugía.

M2 = Mitad de cirugía.

M3 = Fin de cirugía.

Sistema Internacional de Unidades,²⁸ además por ser más comprensible que el de partes por millón. Sin embargo, si se desea convertir nuestros resultados a partes por millón como se reporta en la literatura mundial, divídanse nuestros resultados entre 1.87.²⁹

Con relación a los niveles de halotano en la sangre del anestesiólogo, se encontró resultados positivos únicamente en el grupo manejado con circuito semiabierto en dos pacientes; quienes el anestesiólogo había trabajado previamente en la misma sala 60 y 90 minutos respectivamente con circuito de no reinhalación. Esto reafirma el hecho de que entre más tiempo se trabaja expuesto en forma continua a circuitos semiabiertos, los niveles sanguíneos de anestésicos halogenados en el anestesiólogo aumentarán directamente proporcional y en forma acumulativa al tiempo expuesto a ellos. Los niveles sanguíneos en el anestesiólogo son comparables con los encontrados por Azar.³⁰

Es importante señalar que a pesar de haber encontrado concentraciones altas de halotano en el área respiratoria del anestesiólogo en los pacientes del grupo 2, principalmente en las muestras 2 y 3, no se encontró en 14 pacientes concentraciones de halotano en la sangre del anestesiólogo, reafirmando lo siguiente:

- 1.- Las dosis sub-anestésicas de agentes anestésicos volátiles estimulan su biotransformación entre 5 y 8 veces más que si se reciben dosis anestésicas.³¹

2. Existe un aumento en la inducción enzimática por agentes anestésicos volátiles entre más se está en contacto continuo con ellos.³¹

3. Las concentraciones de halotano son tan pequeñas que no son detectadas por el cromatógrafo de gas aún a su máxima sensibilidad.

4. El tiempo de exposición del anestesiólogo al halotano fue corto que no hubo efecto acumulativo del anestésico.

El hecho de no haber encontrado concentraciones de halotano en la sangre del anestesiólogo en el grupo manejado en circuito cerrado, unido al hecho de haber encontrado (únicamente en 6 pacientes) concentraciones de halotano bajas en el área respiratoria del anestesiólogo, nos confirma que el uso del circuito cerrado es por mucho, menos contaminante.

A pesar de no haber utilizado enflurane en la anestesia, se detectó la presencia de éste en el área respiratoria del anestesiólogo, concordando con estudios realizados por Samulksa,³² Murray,³³ Nicholson³⁴ y Granados,²⁷ relacionados con la fijación de los anestésicos a algunas partes de la máquina de anestesia.

El consumo de halotano por minuto registrado en el grupo 1, fué cinco veces menor con relación al grupo 2. En reportes realizados por Fuentes y Melman³⁵ quienes utilizaron circuito cerrado con flujos bajos y vaporizador, lograron resultados muy similares a los obtenidos

en este estudio; siendo notorio el factor tiempo, ya que nuestro promedio en tiempo quirúrgico fué de 60 minutos en comparación con el tiempo reportado por ellos que fue de 3 horas.

Las concentraciones de halotano sanguíneas de los pacientes del grupo 1 son similares a las reportadas por Titel y Lowe³⁶ quienes utilizaron circuito cerrado en niños y adultos.

La limitación con la que nos enfrentamos en la realización de este trabajo fué la carencia de un cromatógrafo de gas disponible dentro del hospital, ya que las muestras tomadas fueron procesadas de 6 a 8 horas después, fuera del mismo.

Queremos resaltar el hecho de que en el grupo 1, el tiempo de fin de cirugía al momento de extubación fué 25% menor con relación al grupo 2, y a su vez estos resultados resultaron tres veces menores que los reportados por Cuoto da Silva quien reportó un tiempo de fin de cirugía a extubación de 20 minutos.

El flujo de oxígeno por minuto que usamos en el grupo de circuito cerrado fué poco mayor que el consumo metabólico de oxígeno que les correspondía, ya que las sondas endotraqueales pediátricas carecen de globo, y pequeñas cantidades de gas se fugan por ellas desinflándose la bolsa.

El uso de circuito cerrado con inyección del anestésico en la manguera de la válvula espiratoria mediante el esquema de anestesia cuantitativa resultó segura, como se muestra en los resultados de las oximetrías: además nos permite conservar el calor y humedad de las vías respiratorias del paciente, con ahorro en la administración de anestésico halogenado y en la reducción en el flujo de oxígeno empleado. Nos ahorra la compra, conservación y mantenimiento de un vaporizador. El uso correcto de este circuito nos permite proporcionar a cada paciente en forma matemática y exacta el consumo metabólico de oxígeno, la producción de CO₂, el gasto cardíaco, el volumen ventilatorio por minuto y sus requerimientos basales de líquidos.

Las variaciones de T/A en los primeros 5 minutos durante el transanestésico en ambos grupos nos muestran una ligera pero mejor estabilidad cardiovascular en los pacientes manejados con circuito cerrado, cuya causa nosotros se la atribuimos a una mejor redistribución del anestésico.

El promedio de cirugías pediátricas en el Hospital Regional "20 de Noviembre", durante el año escolar 1986-1987, fué de 1000, con una duración promedio aproximada de 60 minutos. El uso de circuito cerrado en estos pacientes hubiera costado a la institución \$350,000.00. Por el costo operacional en el manejo de circuito semiabierto, la institución pagó aproximadamente \$1'917,000.00.

Conclusiones: EL uso de circuito cerrado en aneste-

sia pediátrica con la inyección del anestésico en la manguera de la válvula espiratoria con el esquema de anestesia cuantitativa, mantiene grandes ventajas en comparación con el circuito semiabierto:

1. Menor consumo de oxígeno.
2. Menor consumo de anestésico halogenado.
3. Menor contaminación para el anestesiólogo y para el personal que labora en quirófanos.
4. Su empleo correcto es más económico y seguro.
5. Mantiene en los primeros minutos del transanestésico ligera pero mejor estabilidad cardiovascular.
6. Requiere menor concentración sanguínea de anestésico halogenado para el evento quirúrgico, por lo tanto despiertan con mayor rapidez.

APENDICE

La aplicación de la técnica del esquema de anestesia cuantitativa en circuito cerrado, requiere el conocimiento de ciertas fórmulas y parámetros que a continuación estudiaremos en forma breve y resumida: (usaremos un ejemplo con un paciente de 10 kgs., en cada fórmula).

1. Número de Brody = Peso al cubo, raíz cuarta, ejem.:

$$\text{Peso al cubo} = 10 \times 10 \times 10 = 1000$$

$$\text{Raíz cuarta} = \sqrt[4]{1000} = 5.32$$

$$\text{Número de Brody} = 5.32$$

2. Gasto Cardíaco: (Q) = Número de Brody \times 2 (dl/min), ejem.: $5.32 \times 2 = 11.24$ (dl/min.)

$$Q = 11.24$$

3. Consumo Metabólico de Oxígeno ($\dot{V}O_2$) = Número de Brody \times 14 = $5.32 \times 14 = 78.72$ (ml/min).

Nota: Para calcular el consumo metabólico de O_2 , multiplicamos el número de Brody por 14, según el último reporte proveniente de London, Inglaterra; escrito

por Lindahl³⁷ y no por 10 como lo describe Brody.³⁸ (Se aplicó únicamente en niños).

4. Producción Metabólica de CO_2 ($\dot{V}CO_2$):

$$\dot{V}CO_2 = \dot{V}O_2 \times .8 \text{ (ml/min)}, \text{ Ejem.: } 78.72 \times .8 = 62.98 \text{ } \dot{V}CO_2 = 62.98 \text{ ml/min.}$$

5. Dosis calculada de halotano:

5. Dosis calculada de halotano:

$$2 \times \frac{1.3 \text{ (MAC)} \times \text{Coef. Sol. S/gas} \times Q \text{ (dl/min)}}{\text{Vapor de 1 ml. de anestésico liq.}}$$

Ejem.: (usando como anestésico halotano en un paciente de 10 kg.)

$$2 \times \frac{1.3 (.75) \times 2.3 \times 11.24}{243} = 0.20 \text{ ml.}$$

Dosis calculada de Halotano = 0.20 ml.

6. Aplicación de las Dosis Calculadas de halotano en la manguera espiratoria: Se cierra el circuito con el flujo de O_2 calculado según el peso del paciente y se inyecta el anestésico en la forma siguiente:

Dosis No. 1: al minuto 0 (doble dosis)

Dosis No. 2: al minuto 1

Dosis No. 3: al minuto 4

Dosis No. 4: al minuto 9

Dosis No. 5: al minuto 16

Dosis No. 6: al minuto 25

Dosis No. 7: al minuto 36

Dosis No. 8: al minuto 49

Dosis No. 9: al minuto 64

Dosis No. 10: al minuto 81

Dosis No. 11: al minuto 100

Si el paciente requiere dosis adicionales, se aplicarán cuando sea necesario, inyectando siempre la dosis calculada.

REFERENCIAS

1. BROWN B R, SYPES G, SAGALYN A M. Mechanisms of acute hepatic toxicity: chloroform, halothane and glutathione. *Anesthesiology* 1974; 41:554-560.
2. WYLIE W D, CHURCHILL-DAVIDSON H C. Anestesiología 2a. Edición. Edit. Salvat, 1974.
3. RAVENTOS J. The action of fluothane. A new volatile Anaesthetic. *Br J Pharmacol* 1956; 11:394-410.
4. 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.
5. COHEN E N, BELVILL J M, BROWN B W. Anesthesia, pregnancy and miscarriage. A study of operating room nurses and anesthesiologists. *Anesthesiology* 1971; 35:343-347.
6. KNILL J R P, MOIR D D, RODRIGUEZ L V. Anesthetic practice and pregnancy: controlled survey of women anesthesiologists in the United Kingdom. *Lancet* 1972; 2:1326-1328.
7. CORBETT H, R G, ENDERS J L, LIEDING K. Birth defects among children of nurse-anesthetists. *Anesthesiology* 1974; 41:341-344.
8. PHAROAH P O, ALBERMAN E, DOYLE P. Outcome pregnancy among women in anesthetic practice. *Lancet* 1977; 1:34-35.
9. CORBETT T, CORNELL R G, LIEDING K, ENDERS L J. Incidence of cancer among Michigan nurse anesthetists. *Anesthesiology* 1973; 38:260-263.
10. BRUCE D L. Acute and chronic Anesthetic actions of Leukocytes. *Canad Anaesth Soc J* 1973; 20:55-63.
11. MATHIEU A, MATHIEU D, KERNAN R. Inmonological defects in anesthesiologists and other operation room (or) personnel 7th World Congress of anesthesiologists. Hamburg E.R.G. Abstracts. Excerpta Medica, Amsterdam-Oxford-Princeton, 1980, pp 178.
12. KLATSKIN G, KIMBERG D V. Recurren hepatitis atributable to halothane sensibilization in an anesthetists. *New Engl J Med* 1969; 280:515-519.
13. DE LILLE F R. Contaminación ambiental en la sala de operaciones y sus consecuencias para el anestesiólogo y personal que labora

- con ellos. Rev Mex Anest 1985; 8:121-124.
14. BRUCE D L, BACH M J. *Psychological studies of human performance as affected by traces of enflurane and nitrous oxide.* Anesthesiology 1974; 40:453-458.
 15. FERSTANDING L L. *Trace concentrations of anesthetic Gases: A critical Review of their Disease Potential.* Anesth Analg 1978; 57: 328-345.
 16. BRUCE D L, EIDE K A, LINDE H W, ECKENHOFF J E. *Causes of Death among Anesthesiologists: A 20-Year Survey.* Anesthesiology 1968; 29:565-569.
 17. LEW E A. *Mortality experience among anesthesiologists 1954-1976.* Anesthesiology 1979; 51:195-199.
 18. HUSUM B, WULF H C, NIEBHUR E. *Monitoring of sister chromatid Exchanges in Lymphocytes of Nurse Anesthetists.* Anesthesiology 1985; 62:475-479.
 19. HUSUM B, WULF H C, NIEBHUR E. *Sister chromatid Exchanges in Lymphocyte after anesthesia with halothane or fluorexene.* Br J Anaesth 1982; 54:987-990.
 20. HUSUM B, WULF H C, NIEBHUR E, KYST A, VALENTIN N. *Sister chromatid exchanges in lymphocytes of humans anaesthetized with isoflurane.* Br J Anaesth 1984; 56:559-564.
 21. O'LEARY P M. *Clinical Use of closed circuit Anaesthesia.* Department of Anesthesia, Sinai Hospital of Detroit. Comunicación personal.
 22. 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 Distribution: 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.
 23. SCHNEIDER A J L. *Assessment of risk factors and surgical outcome.* Surg Clin North Am 1983; 63:1113.
 24. CONWAY C M. *Anaesthetic breathing sistems.* Br J Anaesth 1985; 57:649-657.
 25. CUOTO DA SILVA J M, TUBINO P J, VIEIRA Z, SARAIVA R A. *Closed Circuit anesthesia in infants and children.* Anesth Analg 1984; 63: 765-769.
 26. MUNGUÍA F Y. *Contaminación de quirófanos por halotano y óxido nítrico en el Centro Hospitalario "20 de Noviembre".* Rev Mex Anest 1982; 5:73-78.
 27. GRANADOS T S. *Contaminación por Anestésicos Halogenados durante el uso de tres circuitos anestésicos.* Rev Mex Anest 1986; 9:159-167.
 28. GARCÍA M. *El Sistema internacional de Unidades en la Práctica Médica.* Rev Fac Med UNAM 1988; 26:376-399.
 29. HALLEN B, EHNER S H, THOMASSON M. *Measurements of Halothane in the atmosphere of an operating theatre and in expired air and blood of personal During Routine anaesthetic work.* Acta Anesth Scandinav 1970; 14:17-27.
 30. AZAR I. *Anesthetic gas spillage and scavenging.* Internacional Anesthesiology Clinics. 1981; 19:149-163.
 31. PRADO B S, MENDOZA F V, BECERRIL M M, GARCÍA P E, CASTILLO V F, IRIGOYEN M, PÉREZ T L. *Alteraciones Hepáticas e Inmunológicas en Anestesiólogos producidas por residuos de anestésicos inhalatorios.* Rev Mex Anest 1985; 8:115-120.
 32. SAMULKSA H M, RAMAJAH S, NOBLE W H. *Unitented exposure to halothane in surgical patients. Halothane washout studies.* Canad Anaesth Soc J 1972; 19:35-41.
 33. MURRAY W J, FLEMING P. *Patient exposure to residual fluorinated anaesthetic agents in anesthesia-machine circuits.* Anaesth Analg 1973; 52:23-26.
 34. NICHOLSON J A, TSUNEO S, ALDRETE J A. *Residual Halothane Patient and, Personal exposure.* Anest Analg 1975; 54:449-454.
 35. FUENTES V, ARROYO E M, FERNÁNDEZ DE LARA E, MELMAN E. *Modified Close Circuit in Pediatric Patients.* The Circular July-August 1985; 14-17.
 36. TITEL J, LOWE H, ELLAN J, GROSHOLZ J. *Quantitative Close Circuit Halothane Anesthesia.* Anest Analg 1968; 5:560-569.
 37. LINDAHL S G, MULSE M G, HATCH D J. *Metabolic Correlates in Infants and Children During Anaesthesia and Surgery.* Acta Anaesthesiol Scand 1984; 28:52-56.
 38. BRODY S. *Bioenergetics and Growth.* New York: Reinhold 1945.