

11202
29/37.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

División de Estudios Superiores
Instituto Mexicano del Seguro Social
Hospital de Especialidades del
Centro Médico "La Raza"

EVALUACION CLINICA DEL HALOTANO
ENFLURANO E ISOFLURANO EN CIRCUITO
ANESTESICO CERRADO CON FLUJOS BAJOS

La Raza
[Signature]



TRABAJO DE INVESTIGACION TESIS
Presentado para obtener el
Grado de Especialista en
ANESTESIOLOGIA
P R E S E N T A :

DR. OCTAVIO AUGUSTO DE LA HOZ ORDOÑEZ



La Raza
[Signature]

México, D. F.

Febrero 1988

TESIS CON
FALTA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

EVALUACION CLINICA DEL HALOTANO, ENFLURANO
E ISOFLUORANO EN CIRCUITO ANESTESICO CERRADO
CON FLUJOS BAJOS.

DR. OCTAVIO AGUSTO DE LA HOZ ORDONEZ	*
DR. HILARIO ALVARADO H.	**
DR. JUAN A. TERRONES NILA	**
DR. REFUGIO PAISANO CUAUTLE	**
DR. LUIS PEREZ TAMAYO	***

La medicina moderna cada día trata de superarse a través de investigaciones que deparen mayor y mejor beneficio para la seguridad de la vida humana. El campo de la anestesiología no es la excepción y por el contrario hoy en día es una de las especialidades cuyos avances se ven reflejados en datos estadísticos que muestran la baja incidencia de mortalidad y morbilidad en los hospitales modernos.

Hospital de Especialidades

Centro Médico "La Raza"

Instituto Mexicano del Seguro Social

Departamento de Anestesiología

* Médico Becario (RII)
** Anestesiólogo de Base
*** Jefe del Departamento de Anestesiología

Por muchos años, en el área de la anestesiología, se utilizaron básicamente tres anestésicos inhalatorios: el óxido nitroso, el éter dietílico y el ciclopropanol, siendo el primero de ellos un agente de escasa potencia, causa influyente del fracaso del dentista Horacio Wells en 1845 en el Hospital General de Massachusetts conocidas más tarde sus propiedades farmacológicas. El éter Dietílico y el Ciclopropano resultaron muy explosivos e inflamables y fueron causas de accidentes explosivos e incendios en el área del quirófano² en épocas anestésicas pretéritas. Durante década tras década, las investigaciones clínicas condujeron a la síntesis de nuevos medicamentos anestésicos que no tuviesen el peligro de la inflamabilidad ya que el progreso de la cirugía así lo exigía por la aparición de una serie de equipos eléctricos dependientes de altos voltajes que potencialmente podrían ser factores precipitantes de accidentes. La utilización de circuitos cerrados era impuesta para evitar dichos eventos y durante muchos años se usó rutinariamente en la práctica de la anestesia general.

Con el venir de los años y el advenimiento de gases no inflamables ni explosivos e igualmente menos tóxicos y con margen de seguridad amplios, como lo son los hidrocarburos fluorados, se continuaron usando los circuitos cerrados para administración de los mismos, siendo más tarde cambiados por circuitos semicerrados con flujos altos de Oxígeno, debido quizás a la aparición de complicaciones relacionadas con el uso del Halotano en circuitos cerrados, cuyas características funcionales se conocen mejor ahora.

El cambio de usar circuitos semicerrados con flujos altos de Oxígeno a sistemas totalmente cerrados, puede conducir a aprehensión en anestesiólogos no familiarizados con dicho circuito, creando desconfianza en la utilización del sistema cerrado³.

Se pretende con este trabajo de investigación, efectuar una valoración clínica y paraclínica de los tres anestésicos inhalatorios más comúnmente usados en nuestros hospitales hoy en día, tratando de contribuir a la familiarización y enseñanza de una técnica, otrora de uso cotidiana, en receso durante muchos años y ahora en etapa de renacimiento, como lo es el circuito anestésico cerrado.

MATERIAL Y METODO

El presente trabajo es de tipo prospectivo, transversal, comparativo y abierto, en el cual se integraron tres grupos de pacientes adultos, de diez c/u, que fuesen a ser intervenidos quirúrgicamente de tipo electivo ó con carácter urgente sin importar el tipo de operación, patología presente y/o asociada, ni el estado físico, sin existir criterios de exclusión para el mismo, habiendo sido escogidos al azar el número de pacientes incluidos en el presente estudio. Los pacientes fueron seleccionados en el grupo de Halotano, Enflurano ó Isoflurano de acuerdo a las consideraciones anestésicas y clínicas de cada caso en particular, con visita preanestésica para el caso de las electivas.

El tipo de anestesia utilizado fue general balanceada en circuito cerrado. Una vez ingresado el paciente a la sala de operaciones éste fue debidamente monitorizado con valoración de signos vitales basales, medicados en quirófanos con fentanyl dosis de 1mcg/kg y diazepam 100mcg/kg vía endovenosa.

Previamente se efectuó desnitrogenización pulmonar mediante respiración espontánea y asistida de Oxígeno al 100% durante tres minutos (5Ltsx') con mascarilla facial, continuando inmediatamente con la inducción a base de tiopental dosis respuesta I.V. seguido de succinilcolina para facilitar la intubación a dosis de 1mg/Kg. Una vez intubado el paciente se conectó al circuito cerrado de anestesia disminuyendo el flujo de Oxígeno a niveles bajos de 10ml/Kg y abriendo el vaporizador del anestésico elegido, regulado éste por la vigilancia y valoración del plano anestésico. A todos los pacientes se les monitorizó presión arterial por el método indirecto, frecuencia cardíaca mediante estetoscopio esofágico, actividad eléctrica car-

dfaca por cardioscopio (Electronics for Medicine^R), llenado capilar, diuresis, medición de fracción inspirada de Oxígeno (FiO₂) y gasometría arterial de muestra tomada durante el transanestésico.

Para la determinación de la FiO₂ se utilizó un Analizador de Oxígeno marca Beckman^(R) modelo D2, que se conectó, mediante aguja estéril, a la luz de la sonda endotraqueal en el extremo más próximo a la boca del paciente, efectuando mediciones de la FiO₂ cada veinte (20') minutos en la fase inspiratoria de la ventilación. Se efectuó una toma de muestra de arteria radial, previa prueba de Allen, para determinación de gases, una sola vez durante el acto anestésico, cumpliendo con los requisitos de la técnica para valor real de resultados.

La ventilación fue controlada mecánicamente con ventilador Ohio de presión, graduado para ciclado de acuerdo a requerimientos de cada paciente. El relajante muscular no despolarizante usado varió del bromuro de Pancuronio a dosis de 60mcg/Kg de peso, al Besilato de Attracurium dosis de 600mcg/kg de peso de acuerdo al tipo de cirugía, tiempo quirúrgico y patología del paciente. Cuando fue necesario revertir efecto residual de bloqueo neuromuscular se utilizó combinación farmacológica de prostigmine-atropina endovenoso a dosis-respuesta. Durante el mantenimiento transanestésico, éste estuvo balanceado con Fentanyl aplicado endovenosamente a dosis de 3mcg/Kg/hora tratando de prevenir la necesidad de revertir efectos narcóticos. Los aparatos de anestesia utilizados en el estudio al igual que los vaporizadores (Fluotec-Etranec-Fortec) estaban debidamente funcionando y calibrados, asegurando la integridad funcional de la cal sodada y ausencia de fugas en el sistema.

Durante todo el acto anestésico-quirúrgico se efectuaron mediciones de signos vitales constantemente, valorándose función cardiorrespiratoria. El análisis estadístico de los datos incluyó los valores absolutos (media \pm desviación estándar) del tiempo anestésico (minutos), flujo de oxígeno usado (Ltsxmin), Fracciones inspiradas de Oxígeno (por ciento), Porcentaje del anestésico usado (%), presión arterial de oxígeno (mmHg), presión arterial de Bióxido de Carbono y parametros hemodinámicos, presión arterial y frecuencia cardíaca. El contraste de las diferencias se hizo por análisis de varianza, búsqueda de T y P.

RESULTADOS

Se estudiaron un total de treinta pacientes divididos en tres grupos de diez (n=10) para cada grupo de halogenado: Grupo I: Halotano n=10. Grupo II Enflurano: n=10. Grupo III: Isoflurano n=10. De los treinta pacientes, doce (12) fueron del sexo masculino y dieciocho (18) pertenecieron al femenino. La distribución por sexo para cada grupo se puede observar en el cuadro (1).

En lo que se refiere a la edad, peso y talla de los pacientes no se encontraron grandes diferencias ($p > 0.05$), teniendo el grupo I de Halotano un promedio de edad ligeramente inferior. (Cuadro 2).

Todos los pacientes estaban clasificados en los estados físicos del I al IV de la A.S.A. sin existir alguno con E.F. V. Del E.F. I existieron tres (3) pacientes, predominando más del Estado Físico II y III con once (11) y diez (10) pacientes respectivamente y sólo seis (6) con el E.F. IV (ver cuadro 3).

Las intervenciones quirúrgicas a que fueron sometidos los pacientes fueron muy diversas desde simple plástica de pared abdominal hasta cirugía de corazón con circulación extracorpórea pasando por neurocirugía y procedimientos de Angiología.

Veintitres (23) procedimientos fueron de tipo electivo y sólo siete (7) revistieron carácter de urgente. (Cuadro 4). El tiempo anestésico fué más prolongado para el Grupo III ($P < 0.05$) con una media de 163 minutos y DS de ± 13.2 mientras que para los grupos I y II fueron similares, como se grafica en la figura I. ($P > 0.05$).

Cuadro 1
DISTRIBUCION POR SEXO

GRUPO \ SEXO	HOMBRES	MUJERES	TOTAL
HALOTANO	7	3	10
ETHRANE	3	7	10
ISOFLUORANO	2	8	10
TOTALES	12	18	30

Cuadro 2

VALORES DE EDAD PESO Y TALLA POR GRUPO

VARIABLE GRUPO	EDAD	PESO	TALLA
HALOTANO N=10	43.7 ± 17.72	64.3 ± 12.07	169.3 ± 7.43
ENFLURANO N=10	57.3 ± 15.2	59.3 ± 13.82	166.3 ± 10.9
ISOFLUORANO N=10	54.2 ± 18.2	65 ± 8.9	168.8 ± 8.8

P = > 0.05

 $\bar{X} \pm DS$

H.E.C.M.R.

Cuadro 3

ESTADO FISICO DE LA A.S.A.

E. F. GRUPO	I	II	III	IV
HALOTANO N = 10	2	4	4	—
ENFLURANO N = 10	1	3	2	4
ISOFLUORANO N = 10	—	4	4	2
TOTAL	3	11	10	6

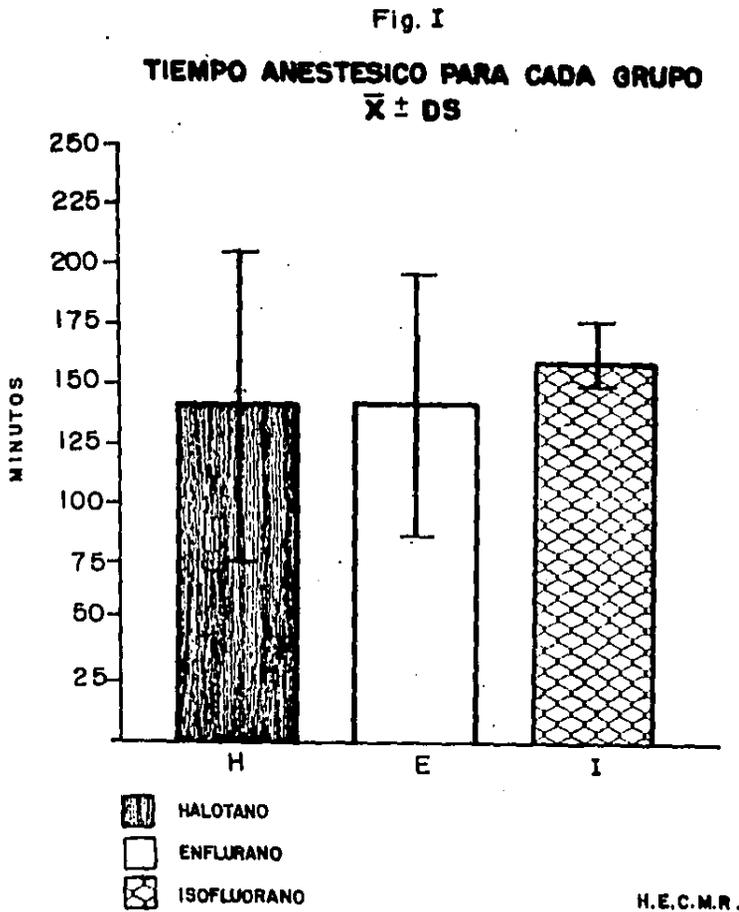
H.E.C.M.R.

Cuadro 4

CARACTER DE LA CIRUGIA

CARACTER GRUPO	URGENCIA	ELECTIVA	TOTAL
HALOTANO N=10	1	9	10
ENFLURANO N=10	4	6	10
ISOFLUORANO N=10	2	8	10
TOTAL	7	23	30

H.E.C.M.R.



Relacionando el flujo de Oxígeno (ltsxminuto) y la fracción inspirada de Oxígeno (FiO2) con el tiempo anestésico necesitado para cada grupo se observó que no hubo diferencias relevantes del Grupo I, II en estos parámetros, existiendo en todos FiO2 por encima del 65% (7) siendo ésta mayor en el grupo II ($P:<0,05$) con 74.21 ± 6.49 . (Cuadro 5).

La FiO2 mínima determinada en el estudio correspondió al paciente No. 10 del primer grupo con valor de 39% y la máxima registrada fué el paciente No. 6 del mismo grupo I con cifra de 93%. Las Figuras II, III y IV, muestran los valores del FiO2 mínimos y máximos determinados a los pacientes para cada grupo durante el transanestésico en circuito cerrado.

El porcentaje de anestésico usado en promedio para cada grupo resultó con cifras más bajas el Isoflurano con valores de 1.40 ± 0.3 , seguido por el grupo de Halotano (I) con 1.67 ± 0.33 y siendo el grupo de Etrane (II) quién requirió en promedio mayores cifras de anestésicos ($P:<0,05$) cuadro 6. El promedio de flujo de oxígeno por minuto fue similar para los tres grupos, sin existir diferencia estadísticamente significativa.

Al comparar las variables de FiO2 con Presión arterial de Oxígeno (PaO2) y Bióxido de Carbono (PaCO2) fue evidente que los promedios para cada grupo estuvieron dentro de límites normales siendo las cifras de oxemia tres veces mayor que la FiO2 determinada, notándose datos de PaCO2 por debajo de los valores normales (25-35mmHg) en los tres grupos sin existir diferencias significativas entre los mismos. ($P:>0,05$)

Cuadro 5

**RELACION DE TIEMPO ANESTESICO, FLUJO DE OXIGENO Y
FRACCION INSPIRADA PARA CADA GRUPO**

	TIEMPO DE ANESTESIA (MIN)	FLUJO DE OXIGENO (LTRS / MIN)	FiO ₂ %
HALOTANO N = 10	141.5 ± 65.2	0.66 ± 0.10	69.98 ± 8.45
ENFLURANO N = 10	140.5 ± 54.8	0.62 ± 0.13	74.21 ± 6.49 *
ISOFLUORANO N = 10	*162 ± 13.2	0.67 ± 0.09	68.63 ± 7.41

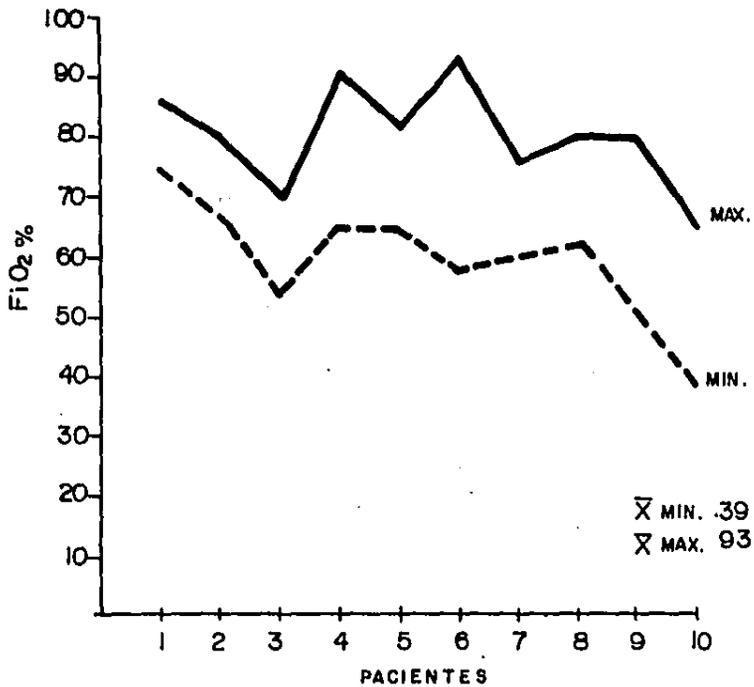
 $\bar{X} \pm DS$

*P = < 0.05

H.E.C.M.R.

Fig. II

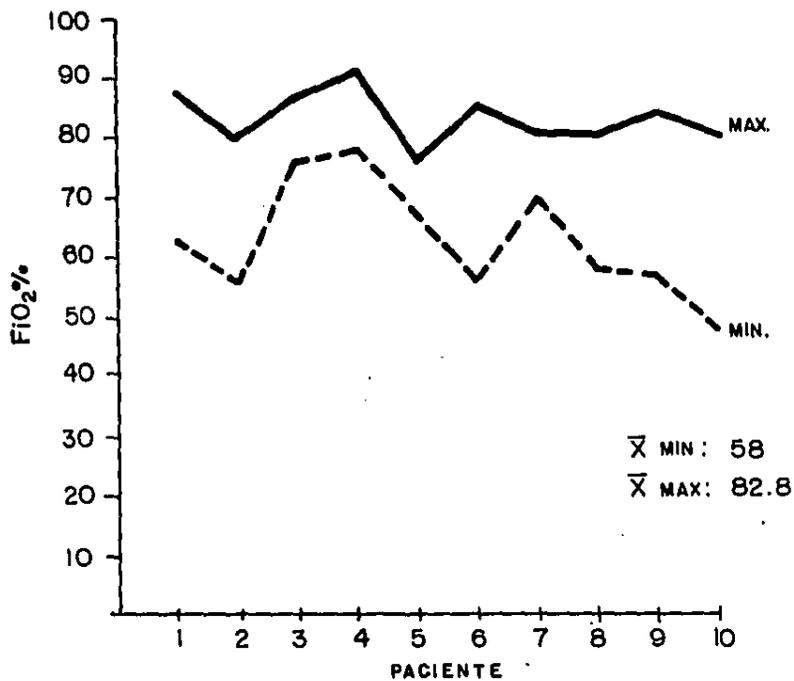
FRACCIONES INSPIRADAS DE OXIGENO MINIMA Y MAXIMA DETERMINADAS PARA CADA PACIENTE DEL GRUPO DE HALOTANO EN CIRC. CERRADO.



H.E.C.M.R.

Fig. III

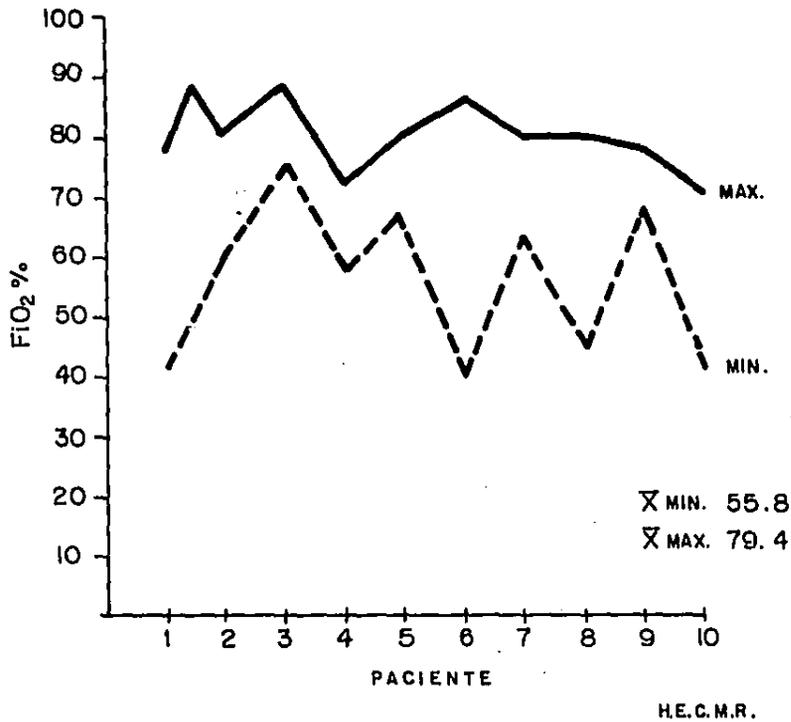
FRACCIONES INSPIRADAS DE OXIGENO MINIMA Y MAXIMA DETERMINADAS PARA CADA PACIENTE DEL GRUPO DE ENFLURANO EN. CIRC. CERRADO.



H.E.C.M.R.

Fig. IV

FRACCIONES INSPIRADAS DE OXIGENO MINIMA Y MAXIMA DETERMINADAS PARA CADA PACIENTE DEL GRUPO DE ISOFLUORANO EN CIRC. CERRADO.



Cuadro 6

PORCENTAJE DE ANESTESICO USADO EN PROMEDIO

GRUPO	VARIABLE	TIEMPO DE ANESTESIA (MINUTOS)	% DE ANESTESICO
I	HALOTANO N=10	141.5 ± 65.2	1.67 ± 0.33
II	ENFLURANO N=10	140.5 ± 54.8	1.8 ± 0.48
* III	ISOFLUORANO N=10	162 ± 13.2	1.40 ± 0.3

 $\bar{x} \pm SD$ * $p = < 0.05$

H.E.C.M.R.

En ningún caso se presentó hipoxemia y sólo en el caso número 7 del primer grupo la gasometría transanestésica reportó 50 mmHg de oxemia arterial con FiO₂ de 70%, causada por anemia aguda durante el transoperatorio de esplenectomía, corroborada por microhematocrito de 20, causante ello de una hipoxia relativa de tipo anémico, que corrigió con transfusión de paquete globular.

Las alteraciones hemodinámicas encontradas se calificaron de hipertensión, hipotensión, bradicardia y taquicardia si existió variación de las cifras basales en un 25%.

Las constantes vitales de cada una de los pacientes se mantuvieron dentro de límites normales, notándose sin embargo menos variación en los mismos en el grupo III. Ninguno de los pacientes requirió antagonismo del fentanyl, siendo necesario revertir el bloqueo neuromuscular en tres casos, dos en el grupo II y uno en el grupo III.

DISCUSION

Son variadas las literaturas existentes sobre el uso de circuitos anestésicos cerrados con diferentes enfoques, pero con finalidades quizás semejantes en el sentido de que el denominador común en ellas es el tratar de demostrar la seguridad de usarlo queriendo con ello lograr la popularización de dicha técnica a cambio de obtener beneficios reflejados en el aspecto polucional y económico.

Se reconoce desde hace tiempo la existencia de riesgos sanitarios laborales como el padecido por el personal del quirófano¹ por la exposición permanente a residuos anestésicos, cosa que ha atraído el interés general para los diversos reportes sobre alteración del curso del embarazo, efecto teratogénico y carcinogénético en el personal del quirófano. Los anestésicos generales en las concentraciones empleadas en la clínica son depresores inespecíficos de los sistemas bioquímicos y por consiguiente de las funciones fisiológicas⁵ y al igual que muchas drogas los anestésicos inhalatorios no atacan receptores específicos por lo que no pueden ser antagonizados por medicamentos, conociéndose que dichos anestésicos se concentran principalmente en el medio intracelular específicamente en la membrana mitocondrial, retículo sarcoplásmico, núcleo, retículo endoplásmico dadas las estructuras de los mismos con alto contenido de lípidos y fosfolípidos.

En el presente estudio se trata de evaluar el comportamiento del grupo de pacientes con anestésicos diferentes en un circuito cerrado con flujos bajos, queriendo con ello exponer una vez más las ventajas del mismo sin atentar contra la seguridad anestésica del paciente.

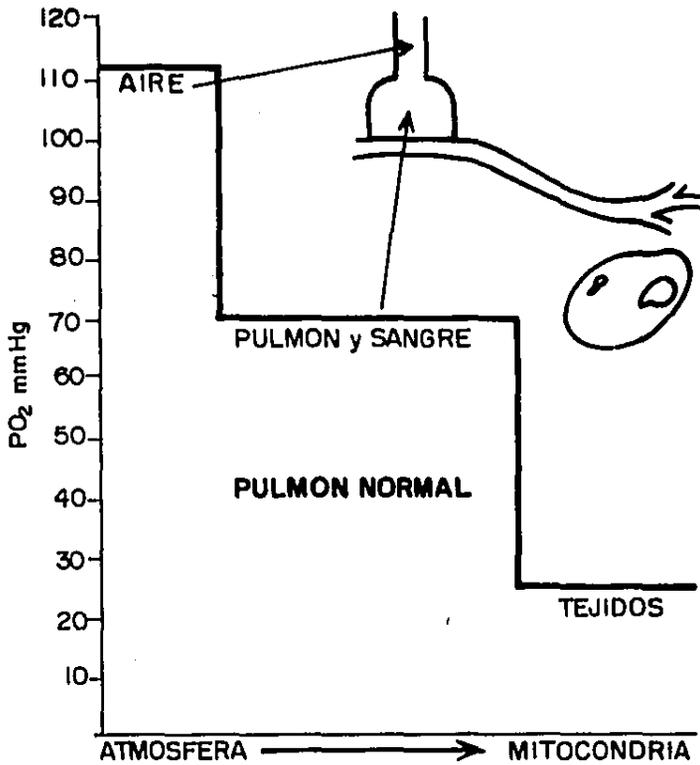
La cantidad de oxígeno disponible en el medio ambiente es del 20.9% y la pre-

sión inspirada del mismo depende de la presión atmosférica⁸. Normalmente en la ciudad de México, estando a una altura de 2240 mts. sobre el nivel del mar, y con una presión atmosférica de 583 mm de Hg y 47 mmHg de presión de vapor de agua, la presión inspirada de oxígeno correspondería a 112 con lo cual se alcanzaría unas cifras de PaO₂ de 70±46 en pacientes normales. La Fracción inspirada de oxígeno tiene importancia primordial en la cantidad de oxígeno que está presente en los alvéolos la cual a su vez será responsable de la saturación de la hemoglobina venosa para su debida arterialización. Mientras la FiO₂ no descienda por debajo de la del aire ambiente (21%) en pacientes sanos, no debería de existir hipoxemia, considerándose que los valores en sangre sean tres (3) veces superior a la FiO₂ ofrecida en regiones de altura como la ciudad de México y entre 4 a 5 veces a nivel del mar. Nuestros resultados en lo que se refiere a cifras de oxemia, revelan dicha relación.

La respiración suele dividirse en externa e interna⁷, siendo la primera el proceso en sí de la ventilación, consistente en el intercambio gaseoso de la sangre pulmonar con el aire que le proporciona el ambiente y la respiración interna que se lleva a cabo en todas las células de los tejidos constituyendo la verdadera respiración mitocondrial base fundamental en el funcionamiento homeostático del organismo vivo.

La difusión del Oxígeno hasta los capilares pulmonares lleva un patrón que va de mayor presión (atmósfera) a menor Presión (alveolo-capilar) es decir difunde del lado de mayor a menor concentración (Figura V), equivalente esto para el CO₂ pero con la diferencia que las concentraciones mayores del mismo se hallan en los capilares difundiendo entonces en sentido contrario al oxígeno⁹.

Fig. V

PRESIONES PARCIALES DE O₂ EN PULMON NORMAL

En el circuito anestésico cerrado, al utilizar flujos bajos de oxígeno, no quiere decir que se esté disminuyendo la FiO_2 administrada al paciente y nuestros resultados demostraron que los controles oximétricos fueron adecuados para mantener valores de FiO_2 suficientes para las necesidades metabólicas. La FiO_2 se define como la concentración mensurable de Oxígeno que se entrega al paciente y los efectos directos de ella son⁷:

1. Aumento tensiones alveolares de oxígeno.
2. Disminuye trabajo ventilatorio requerido para mantener una determinada tensión de oxígeno.
3. Reduce el trabajo miocárdico para mantener adecuada PaO_2 .

Conociendo bien la fisiología cardiopulmonar podemos decir que los objetivos básicos de cualquier oxigenoterapia, incluyendo la aplicada durante el transanestésico son:

1. Tratar la hipoxemia: aumentando Presión Alveolar de O_2 ,
2. Reducción del trabajo respiratorio y
3. Disminución del trabajo miocárdico.

El control de las cifras de $PaCO_2$ dependerá de la integridad funcional de la cal sodada, con capacidad absorbente por lo menos igual que el volumen corriente inspirado por el paciente¹¹, teniendo también importancia el ritmo y frecuencia respiratoria durante la ventilación ya sea esta controlada y/o asistida manual o mecánicamente.

Los resultados observados en el cuadro 7 notamos que el promedio de la $PaCO_2$ para todos los grupos fue inferior a 25 mmHg tal vez explicado por la presencia de pacientes neuroquirúrgicos que ameritaron hiperventilación y/o

Cuadro 7

VALORES DE F_iO_2 - P_aO_2 - PCO_2

	F_iO_2 %	* P_aO_2 mmHg	* P_aCO_2 mmHg
HALOTANO	69.98 ± 8.45	191.5 ± 76.8	23.7 ± 4.29
ENFLURANO	74.21 ± 6.49	213.1 ± 57.96	22.3 ± 3.59
ISOFLUORANO	68.63 ± 7.41	192.6 ± 68.3	20.25 ± 5.06

* $P = > 0.05$ $\bar{X} \pm DS$

H.E.C.M.R.

barrido mayor de CO₂ por el uso de los ventiladores, advertido durante el control gasométrico transoperatorio efectuándose corrección inmediata del mismo mediante la fórmula siguiente.

$$F.R.d: \frac{PaCO_2 \text{ Real}}{PaCO_2 \text{ Ideal}} \times F.R. \text{ real}$$

Donde F.R.d.: es la frecuencia respiratoria deseada para obtener la PaCO₂ que quisiéramos que tuviera el paciente. F.R. real: La Frecuencia Respiratoria que tenía en el momento de obtener muestra de gasometría.

La importancia de los anteriores resultados radica en el hecho de la ausencia de retención de CO₂ evitando con ello los peligros de la hipercapnia insospechada.

La relación entre el flujo de Oxígeno, tiempo anestésico y FiO₂ observado en el cuadro 5, nos demuestra la suficiencia de los flujos bajos de oxígeno para proporcionar FiO₂ adecuadas en un intervalo de tiempo suficiente y si comparamos estos datos con los resultados gasométricos notamos la seguridad del procedimiento y la técnica.

En lo que hace referencia al consumo de anestésico para cada grupo en particular como bien se describió: en los resultados al grupo III del Isoflurano menos porcentaje en promedio. Si estos valores se convierten en mililitros podremos deducir el consumo real de los mismos: La fórmula siguiente nos da los ml consumidos: consumo en ml: $3x\%xF$. De donde % representa el porcentaje de anestésico suministrado por el vaporizador y F representa el flujo de Oxígeno en Lts x minuto¹².

Entonces el promedio de consumo anestésico en mililitros para cada grupo es de 3.3ml x hora para el grupo I, 3.4ml x hora para el grupo de Enflurano y 2.8ml x hora al grupo III, (Cuadro 8) coincidiendo este detalle con literatura

Cuadro 8

OXIGENO UTILIZADO

	\bar{X}	D.S.	\bar{X}	D.S.	\bar{X}
	TIEMPO DE ANESTESICO (X MINUTO)	FLUJO DE OXIGENO LTS. X MIN.	CANTIDAD TOTAL DE OXIGENO UTILIZADO (LTS.)		
I	HALOTHANO n=10	141.5 ± 65.1	0.66 ± 0.10	93.39	
II	ENFLURANO n=10	140.5 ± 54.8	0.61 ± 0.13	85.70	
III	ISOFLUORANO n=10	162 ± 13.2	0.67 ± 0.09	108.54	

que refiere la volatilización de menos de 10 ml x hora de Halotano en sistemas anestésicos cerrados¹³, dando lo anterior por resultado una economía considerable en costos de funcionamiento¹¹ y a su vez la menor o nula contaminación del medio ambiente del quirófano, ya que el escape de estos agentes provoca elevadísimos niveles de gases residuales en el quirófano⁴. Un mililitro de Halotano Líquido se vaporiza dando 200 ml de gas con una concentración de un millón p.p.m.¹⁴. Siendo el umbral olfativo del Halotano superior a 50 p.p.m. su olor se hace evidente cuando se respira como mínimo 100 veces los niveles máximos deseables.

La probable explicación para que se requirieran menos cantidad o concentración para el grupo de Isoflurano, quizás influya el hecho de que el reciclaje de la combinación de gases dentro del circuito, con excepción del CO₂, hace que los requerimientos anestésicos tengan relación indirecta con el tiempo anestésico haciendo que a medida que transcurre el tiempo las concentraciones de los agentes inhalatorios requeridos para mantener un plano anestésico adecuado sean cada vez menos sucediendo lo contrario con la FiO₂ pues se observó que sus valores aumentaban a medida que transcurría el tiempo anestésico, explicado lo anterior tal vez por el no uso total del oxígeno suministrado con cada volumen corriente con la consiguiente recirculación del mismo.

De acuerdo al flujo de oxígeno por minuto usado en promedio para cada grupo, la cantidad utilizada del mismo por grupo fue evidentemente mayor para el del Isoflurano dado que requirió de mayor tiempo anestésico, sin embargo es notoria la disminución muy significativa del consumo de oxígeno si comparamos estos resultados con los sistemas que usan flujos altos de oxígeno. Por otro lado si conocemos el valor por mililitro para cada anestésico podremos deducir el costo operativo para los grupos, hecho que se observa en el cuadro 9

Cuadro 9
COSTO OPERACIONAL POR GRUPO

GRUPO I	VARIABLE	TIEMPO ANESTESICO (MIN)	CONSUMO DE ANESTESICO / HORA	VALOR / ML.	COSTO OPERACIONAL POR HORA
I	HALOTHANO	141.5 ± 65.1	3.3 ml.	\$ 246	\$ 871.2
II	ENFLURANO	140.5 ± 54.8	3.4 ml.	\$ 544 * \$ 329.06	\$ 1849.6 * \$ 1,118.83
III	ISOFLUORANO	162 ± 13.2	2.8 ml.	\$ 1,490	\$ 4,172

* Precio de Gobierno

siendo menor para el grupo I (Halotano) ocasionado por el precio más bajo del mismo sin embargo en general estos datos son mucho menor de los costos ocasionados por el uso de circuitos semicerrados, con flujos altos de oxígeno, parámetro de tener en cuenta hoy en día por la disminución en el consumo de anestésico ayudando a mantener la austeridad económica de las instituciones en que laboramos.

En términos generales los halogenados usados en el estudio afectan las constantes cardiocirculatorias existiendo diversos reportes a favor y en contra de uno u otro anestésico. Nuestros resultados coinciden con el estudio de Stevens y Cromwell¹⁵ en voluntarios normocápnicos, referente a la ausencia de modificación importante de parámetros hemodinámicos, quizás por no alteración del gasto cardíaco, mantenido por aumento de la frecuencia cardíaca compensando la moderada disminución del volumen sistólico¹⁶.

Los efectos circulatorios del isoflurano sobre el sistema circulatorio a un MAC de 1 a 2% no alteran el gasto cardíaco no siendo así con iguales concentraciones de Enflurano y Halotano que causa depresión relacionada con la dosis¹⁷.

En lo referente al consumo de oxígeno, consideramos que el flujo de oxígeno suministrado al paciente fue suficiente para mantenerse por encima de los requerimientos normales que es de 250ml/minuto calculándose normalmente el mismo por la siguiente fórmula derivada de la ecuación de Fick.

$$VO_2 = Qt [CaO_2 - C\bar{V}O_2]$$

De donde Qt es el gasto cardíaco en ltsxminuto; Vo₂: es el consumo de oxígeno (ml de oxígeno/min); CaO₂ es el contenido de oxígeno de sangre arterial; C \bar{V} O₂ es el contenido de oxígeno de sangre venosa mezclada (ml de oxígeno/min).¹⁸

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA.**

En nuestro estudio siempre se mantuvo un flujo de oxígeno muy superior (ml/min) al consumo de oxígeno ya que aquel era calculado a 10ml/ks de Peso corporal y no de acuerdo al trabajo de Brody el cual demuestra que el consumo de oxígeno está relacionado con el peso del paciente.¹⁹

Por lo anterior siempre podremos asegurar que no existirán flujos inadecuados para mantenimiento del metabolismo basal aún en condiciones de aumento del mismo.

La desnitrógenización previa a la inducción si bien no asegura la limpieza total alveolar, al menos disminuye su concentración en forma muy importante que menos del 10% de Nitrógeno, se encontraría en el sistema de circuito cerrado sin representar peligro alguno²⁰, sucediendo igual para la acumulación de gases tóxicos tales como, Monóxido de Carbono, Metano, Acetona y otros agentes volátiles, los cuales no alcanzan a niveles peligrosos²¹, ya que la suma de ellos no es clínicamente importante²⁰.

Creemos importante mencionar el hallazgo encontrado en nuestro trabajo, referente a la necesidad de disminuir el porcentaje de anestésico con un tiempo previo al requerido en circuitos de altos flujos, semicerrados. Sin embargo lo anterior también se puede obviar utilizando el carbón activado para disminuir rápidamente la profundidad anestésica.

CONCLUSIONES

Creemos que el circuito cerrado con flujos bajos es una alternativa para evitar los riesgos de la inhalación de anestésicos en quirófano polucionado, disminuyendo con ello todos los efectos adversos que han sido reportados en el personal que labora en el quirófano. No con esto queremos que su uso sea universal, pero si consideramos que el conocimiento correcto y la familiarización con la técnica darán seguridad en el manejo del sistema.

De nuestro estudio podemos concluir lo siguiente:

1. El flujo de Oxígeno usado fue suficiente para cubrir las necesidades metabólicas.
2. Las determinaciones de la FiO_2 siempre se mantuvieron por encima del 50% en promedio.
3. Las gasometrías arteriales demostraron valores promedio de PaO_2 tres veces mayores que la FiO_2 .
4. No existió ningún caso de aumento del CO_2 sanguíneo ($PaCO_2$).
5. Los requerimientos anestésicos disminuyeron con el uso de flujos Bajos, siendo el consumo de ellos menor de 5 ml/hora.
6. El Grupo III presentó mejor estabilidad Hemodinámica.
7. El costo por el uso de anestésico disminuye notablemente.

VENTAJAS DEL CIRCUITO CERRADO

1. COSTOS.- Se reduce la cantidad de anestésico requerido.
2. MENOR CONTAMINACION.
3. CONSERVACION DEL AGUA Y TEMPERATURA DEL PACIENTE.
4. NO ES INDISPENSABLE MONITOREO INVASIVO *.
5. SEGURIDAD PARA EL PACIENTE. Menos anestésicos son introducidos al organismo y necesidad de mayor vigilancia continua.

*La gasometría arterial podría ser reemplazada por medición de CO₂ al final de la espiración y por el oxímetro de Pulso.

RECOMENDACIONES

Existen unas recomendaciones que son inherentes a cualquier método y técnica anestésica, independientemente del circuito utilizado, como son: la revisión exhaustiva del aparato de anestesia, incluyendo conexiones de gases (Oxígeno-N₂O), Alarmas funcionales (para evitar mezcla gaseosa hipóxica), Integridad funcional de la cal sodada, flujómetros y vaporizadores perfectamente calibrados.

Otras son conducidas a asegurar la correcta administración de gases al paciente siendo por lo tanto de vital importancia el asegurarse que no existan fugas en el circuito debido al peligro de administrar FiO₂ baja por "dilución" o escape del Flujo de Oxígeno al ambiente, notándose, en caso de ventilación manual, por la pérdida súbita de tensión de la bolsa reservorio o el vaciamiento de la misma.

Asimismo la medición continua de la FiO₂ se hace indispensable en caso de utilizar combinación de oxígeno y N₂O con el fin de evitar la administración de mezcla hipóxica.

Ningún acto anestésico debe estar exento de vigilancia continua del paciente y por el contrario la vigilancia por parte del anesthesiólogo debe ser minuciosa con el fin de poder detectar precozmente alteraciones funcionales sean estas relacionadas o no con el uso de circuito cerrado anestésico y flujo bajos.

Por último queremos recomendar que bajo ningún aspecto se debe ser inflexible en el uso de la técnica, puesto que si a criterio del médico anesthesiólogo considera conveniente aumentar flujos de oxígeno momentáneamente y/o abrir el circuito en su válvula de escape ya sea por determinaciones bajas

de F_{iO_2} , en el primer caso, y posible acumulación de gases tóxicos en el circuito, lo puede hacer, regresando luego a flujos bajos de oxígeno y cierre del circuito una vez corregida la ó las causas precipitantes de la anomalía encontrada.

RESUMEN

Se estudió un grupo de treinta pacientes adultos sometidos a diversos tipos de cirugía mayor electiva o de urgencia, con el objeto de hacer una evaluación clínica del Halotano, Enflurano e Isoflurano en circuito cerrado con flujos bajos, integrándose tres grupos de diez pacientes cada uno.

La inducción se efectuó con Tiopental y Succinilcolina, continuando con anestesia general balanceada con Fentanyl a dosis de 3 mcg/Kg/Hora. La ventilación fue controlada mecánicamente y durante el transanestésico se determinó FiO_2 , Presión Arterial, Frecuencia Cardíaca, Gasometría Arterial, Tiempo Anestésico y porcentaje usado de cada uno.

El método resultó seguro en los tres grupos.

SUMMARY

A group of thirty patients who underwent surgenty major elective or urgency was studied in order to evaluate the Halothane, Enflurane and Isoflurane in closed circuit anesthesia with low flows. Three groups were integrated of ten patients each.

The induction was initiated with thiopental and Succinylcholine - I.V. continuing maintenance with balanced general anesthesia, using Fentanyl 3 mcg/Kg/H. The ventilation was controlled mechanically and during the transanesthetic the following parameters were controlled: blood pressure, heart rate, FiO₂, blood-gas measurements, anesthetic time and percentage used for each.

In the three groups, the above method resulted secure.

BIBLIOGRAFIA

1. López Alonso G. Fundamentos de Anestesiología 1984 Pag. 155.
2. Greene B.A: The Hazard of fire and explosion in anesthesia report of a clinical investigation of 230 cases. Anesthesiology, 1941 z:144.
3. Aldrete Antonio. From the high to the low flows. Where we have come 1982 Pag. 1.
4. Orkin T.-Lee Coperman. Complicaciones en Anestesiología 1985:717.
5. Burnell R. Brown Jr. Molecular toxicity of inhalation anesthetics. Refresher courses in anesthesiology, 1977 Vol. 5 Chapter One. Pag. 1.
6. Cruz Martínez E. Taller de Gases en sangre. H.E.C.M.R. Terapia Intensiva. 1986 Pag. 4.
7. Shapiro-Harrinson. Manejo Clínico de Gases Sanguíneos. 1984. 55-54, 68-167-168.
8. West John B. Ventilation/Blood flow and gas exchange 1975. Pag. 5.
9. Payne J.P.- D.W. Hill A. symposium on oxygen measurements in blood and tissues and their significance. 1966 19-20.
10. Clinical application of respiratory care. 1979.
11. H.C. Churchill-Davidson - Anestesiología 1983: 255-256.
12. Cyprane - Continuous Flow Vaporizer. Operating instructions 1985.Pag. 3.
13. American Society of Anesthesiologists. Anesthesiology 41:321.
14. Flemming D.C. Johnstone R.E. Recognition thresholds for diethyl ether and Halothane. 1977; 46:68.

15. Steven W.C. Cromwell. The cardiovascular effects of a new inhalation anesthetic, forane in human volunteers at constant arterial carbon dioxide tension. *Anesthesiology* 1971; 32:396-409.
16. Moral M.V. Garcia Guasch. Isoflurano: Actualización Bibliográfica. *Rev. Española de Anestesia y Reanimación*. 1987; 34;4:292.
17. Eger Edmon. Pharmacology of Isoflurane compared to other general anesthetics. *Refresher courses in Anesthesiology*. 1981. Vol. 9; 4:56-60.
18. Barry A. Shapiro, Oxigenation: Measurements and clinical assesment. *Refresher courses in Anesthesiology*, 1979; Vol. 7:14:180.
19. Brody S. Bioenergetics and growth. Reinhold, New York. 1945.
20. Ernst. E. Mackell T. Closed. circuit. Anesthesia Department of Anesthesiology University of Alabama in Birmingham 1983. Pag. 3
21. Morita S. Latta W et al. Accumulation of methane, acetona and Nitrogen in the inspired gas during closed circuit anesthesia. *Anesthesia and Analgesia*. 181. 60:267-269.
22. Ernst. E.A. Use of charcoal to rapidly decrease Depth of Anesthesia while maintaining a closed circuit. *Anesthesiology*. 1982;57:343.