

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS MEDICAS

MEDICION DE BIXIDO DE CARBONO EXHALADO
EN PACIENTES SOMETIDOS A
ANESTESIA GENERAL

Estudio realizado en cien pacientes ASA tipo I sometidos a anestesia general
con circuito semiabierto y circuito semicerrado en el
Departamento de Anestesia, Hospital Roosevelt.
Mayo - Junio 1997

ANA FREENE CHAJON CHEVERRIA

MEDICO Y CIRUJANO

INDICE

	PAGINA
	1
	2
	3
I.	INTRODUCCION
II.	DEFINICION DEL PROBLEMA
III.	JUSTIFICACION
IV.	OBJETIVOS
V.	MARCO TEORICO
VI.	METODOLOGIA
VII.	VARIABLES EN ESTUDIO
VIII.	ASPECTOS ETICOS DE LA INVESTIGACION
IX.	ACTIVIDADES
X.	PRESENTACION DE RESULTADOS
XI.	ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS
XII.	CONCLUSIONES
XIII.	RECOMENDACIONES
XIV.	RESUMEN
XV.	BIBLIOGRAFIA
XVI.	ANEXOS

I. INTRODUCCION

El dióxido de carbono, uno de los productos del metabolismo celular, transportado por sangre venosa a los pulmones, en donde se elimina el exceso de gas espirado, constituye el gas de mayor importancia en los mecanismos químicos acidobásicos, al igual que en la fisiología respiratoria.

El monitoreo constante de dióxido de carbono, con dos circuitos de anestesia general, en éste caso sistema semicerrado y sistema semiabierto, constituye de gran ayuda al anestesiólogo. objetivo principal de ésta investigación, la cual pretende dar a conocer el comportamiento de CO₂ exhalado en pacientes normales, comprendidos entre los 12 a 65 años, sin antecedente pulmonar que lo comprometa; planeados para cirugía electiva.

Para ello fué necesario el uso del capnómetro, instrumento que proporciona valores numéricos de CO₂ exhalado y no es un método invasivo.

Es de hacer notar, que ambos sistemas usados, tienen sus diferencias estructurales, el sistema semiabierto o Bain, no posee absorbedor de CO₂, por lo que los valores promedio de CO₂ exhalado obtenidos, son muy altos al compararlos con los datos normales utilizados en la ciudad de Guatemala (25-32 mmHg); incluso se obtuvieron valores máximos de hasta 50 mmHg en casos aislados, por lo que es importante que el anestesiólogo maneje éste sistema con flujo de oxígeno mayor de 3 litros por minuto; para evitar complicaciones en el paciente.

Mientras tanto el circuito semicerrado que posee absorción de CO₂ y es el que se utiliza en pacientes adultos en el departamento de Anestesia del Hospital Roosevelt mantiene niveles promedio de CO₂ aceptables en comparación a lo normal en todos los grupos de edad que fueron incluidos en el estudio

II. DEFINICION DEL PROBLEMA:

En condiciones normales una persona produce una cantidad aproximada de 200 ml/min de CO₂ (10), ésta condición se mantiene aun con el paciente bajo anestesia general, teniendo el agravante muchas veces que el metabolismo está aumentado por el estres quirúrgico y anestésico, por tal razón el anesthesiólogo debe estar atento al control de la ETCO₂ (CO₂ al final de la espiración) la cual es básicamente la PACO₂ (Presión alveolar de CO₂) y mide indirectamente la PaCO₂ (Presión arterial de CO₂), ya que entre las dos existe un gradiente normal de 5-10 mmHg. (4)

Cuando el paciente se encuentra bajo anestesia general el anesthesiólogo se encarga de administrar tanto el volumen tidal (VT) como la frecuencia respiratoria, con el fin de mantener la ETCO₂ en límites normales, para la ciudad de Guatemala, se utilizan los valores de 27-32 mmHg, ya que se conoce que conforme la altitud, aumenta la presión barométrica, disminuye el oxígeno en el aire ambiente, como mecanismo compensatorio se produce hiperventilación que provoca baja en la PaCO₂. (7) Cuando se inhala dióxido de carbono, o cuando la ventilación alveolar disminuye, la PCO₂ en la sangre arterial aumenta y su pH disminuye. Esta disminución en el pH se conoce como acidosis respiratoria. Cuando la hiperventilación baja la PCO₂ de la sangre, el pH aumenta y hay alcalosis respiratoria presente. Las alteraciones de la PCO₂ y el pH tienen efectos generalizados en el organismo.

La PCO₂ elevada provoca broncodilatación, mientras que la hipocapnia provoca una constricción del músculo liso y las vías aéreas; estos receptores pueden desempeñar una función en la coordinación de la ventilación pulmonar y la perfusión.

Los efectos circulatorios de la hipocapnia son hipotensión arterial, dilatación vascular en el músculo y vasoconstricción de la piel, intestino, cerebro, riñón y corazón. Si la hipocapnia resulta de hiperventilación voluntaria, el volumen minuto y la frecuencia cardíaca se incrementan a raíz del aumento del retorno venoso y de la demanda metabólica de los músculos respiratorios. Por el contrario, la hiperventilación mecánica reduce la frecuencia cardíaca y el volumen minuto.

La hipercapnia disminuye la excitabilidad de la corteza cerebral y aumenta el umbral para la producción de convulsiones por fármacos o electroshock. (9)

Por lo tanto es de suma importancia documentar el comportamiento del CO₂ espirado con sistemas semiabiertos (Bain, Jackson Rees) para poder dar recomendaciones útiles para el bienestar del paciente.

III. JUSTIFICACION:

El dióxido de carbono constituye un gas de importancia suprema en la regulación de muchas funciones vitales.

Pequeños cambios en la PCO₂ del organismo, tienen efectos fisiológicos notables manifestados por el incremento de éste gas (hipercapnia) en donde se disminuye la excitabilidad de la corteza cerebral y aumenta el umbral de convulsiones por fármacos, o al contrario un estado de hipocapnia manifestado por hipotensión arterial, dilatación vascular en el músculo y vasoconstricción de la piel, intestino, cerebro y corazón. Por lo cual es importante documentar el comportamiento del dióxido de carbono exhalado durante la anestesia general; tanto con circuito semiabierto como con circuito semicerrado, éste último cuenta con un sistema de absorción de dióxido de carbono; mientras que el sistema semiabierto no posee absorbedor de dióxido de carbono y los gases frescos son proporcionados al sistema a través de un tubo colocado dentro del tubo corrugado.

Estas mediciones se llevarán a cabo en pacientes adultos que no presenten ningún antecedente y/o enfermedad pulmonar asociada, para ello se hará uso del capnómetro, que proporciona un monitoreo constante, emitiendo datos numéricos de dióxido de carbono.

Este monitoreo sirve de apoyo al anesthesiólogo durante el acto quirúrgico para la toma de decisiones inmediatas, así como del sistema más adecuado a utilizar que garantice el desarrollo favorable del procedimiento en favor del paciente.

IV. OBJETIVOS:

GENERAL:

Medir el dióxido de carbono exhalado en pacientes ASA tipo I * sometidos a anestesia general en el Departamento de Anestesia del Hospital Roosevelt en el periodo de mayo - junio de 1997.

ESPECIFICOS:

1. Determinar los valores de dióxido de carbono espirado en pacientes bajo anestesia general con circuito semiabierto.
2. Determinar los valores de dióxido de carbono espirado en pacientes bajo anestesia general con circuito semicerrado.

* Pacientes ASA I : Pacientes normales sin enfermedad sistémica asociada. (Clasificación ASA) (5)

V. MARCO TEORICO:

FISIOLOGIA DEL DIOXIDO DE CARBONO:

Una vez que el oxígeno ha difundido de los alveolos a la sangre pulmonar, es transportado en combinación con la hemoglobina a los capilares tisulares, donde es liberado para ser usado por las células. La presencia de hemoglobina en los glóbulos rojos de la sangre permite a ésta transportar 30 a 100 veces más oxígeno que el que se pudiera transportar simplemente en el agua de la sangre.

En las células tisulares el oxígeno reacciona con varios elementos nutritivos para formar grandes cantidades de dióxido de carbono. Este a su vez, entra en los capilares tisulares y es transportado por la sangre nuevamente a los pulmones. El dióxido de carbono, en forma similar al oxígeno, se combina con sustancias químicas en la sangre que aumentan la facilidad para su transporte aproximadamente 15 o 20 veces.

El dióxido de carbono se forma continuamente en el organismo y después pasa a los alveolos de donde es eliminado en forma continua por los procesos de ventilación. Los dos factores que determinan la concentración alveolar del dióxido de carbono y su presión parcial (P_{aCO_2}) son: índice de eliminación de gas de la sangre a los alveolos, y rapidez con que es eliminado de los alveolos por la ventilación alveolar.

La PCO_2 alveolar se incrementa directamente en proporción con la magnitud de la excreción del dióxido de carbono, así también la PCO_2 disminuye en proporción inversa de la intensidad de la ventilación. Así pues, tanto la concentración de oxígeno como la de dióxido de carbono en los alveolos dependen de la intensidad de absorción o excreción, respectivamente de los dos gases, y también de la ventilación alveolar. (10)

TRANSPORTE DEL CO_2 EN LA SANGRE:

En condiciones de reposo normal se transportan de los tejidos a los pulmones con cada 100 ml de sangre 4 ml de CO_2 .

El transporte de CO_2 no constituye un problema tan grande como el de transporte de oxígeno, porque aun en las condiciones más anormales suele poder ser transportado por la sangre en mayores condiciones que el oxígeno.

FORMAS QUIMICAS DE TRANSPORTE:

El dióxido de carbono se difunde desde las células tisulares en forma gaseosa (pero no en forma de bicarbonato en extensión importante, porque la membrana celular es casi impermeable a los iones bicarbonato).

TRANSPORTE DE DIOXIDO DE CARBONO EN ESTADO DISUELTO:

Una pequeña porción del dióxido de carbono se transporta en forma disuelta hacia los pulmones. La PCO₂ de la sangre venosa es de 45 torr y en la sangre arterial es de 40 torr. La cantidad del gas disuelto en el líquido de la sangre a 45 torr es de aproximadamente 2.7 ml por 100 ml (2.7 volúmenes %). La cantidad disuelta a 40 torr es aproximadamente 2.4 ml, o sea, una diferencia de 0.3 ml, en consecuencia, sólo 0.3 ml de CO₂ son transportados en forma de CO₂ disuelto por cada 100 ml de sangre. Esto corresponde a 7% de todo el gas transportado. (13)

TRANSPORTE DE DIOXIDO DE CARBONO EN FORMA DE ION BICARBONATO;

El dióxido de carbono disuelto en la sangre reacciona en el agua para formar ácido carbónico. Esta reacción se agiliza gracias a la presencia de la enzima anhidrasa carbónica presente en los glóbulos rojos que cataliza la reacción entre el CO₂ y agua multiplicando su rapidez 5000 veces. Esto permite que enormes cantidades de CO₂ de los tejidos reaccionen con el agua del glóbulo rojo incluso antes que la sangre los abandone.

En otra pequeña fracción de segundo el ácido carbónico formado en los glóbulos rojos se disocia en iones hidrógeno y iones bicarbonato. La mayor parte de iones hidrógeno se combina con la hemoglobina y se convierte en una sustancia acidobásico potente.

A la combinación reversible de CO₂ con agua en los glóbulos rojos, por influencia de la anhidrasa carbónica, le corresponde el 70% de todo el CO₂ transportado de los tejidos a los pulmones; este medio de transporte de los tejidos es con mucho el más importante de todos.

TRANSPORTE DE DIOXIDO DE CARBONO EN COMBINACION CON LA HEMOGLOBINA Y PROTEINA PLASMATICA: CARBAMINOHEMOGLOBINA:

El CO₂ también reacciona indirectamente con la hemoglobina, para formar el compuesto llamado carbaminohemoglobina (HgbCO₂), esta combinación es una reacción irreversible que ocurre con un enlace muy laxo, de modo que el CO₂ se libera con rapidez hacia los alveolos en los cuales la PCO₂ es menor que en los capilares tisulares.

Una pequeña cantidad de CO₂ también reacciona con las proteínas plasmáticas, pero es mucho menos importante ya que la cantidad de estas proteínas en sangre es sólo la cuarta parte de la hemoglobina. La cantidad aproximada de CO₂ que es transportada con la hemoglobina de los tejidos a los pulmones es del 30% de la cantidad total transportada, o sea 1.5 ml de CO₂ por cada 100 ml de sangre.

ELIMINACION DE DIOXIDO DE CARBONO POR LOS PULMONES:

Al mismo tiempo que la sangre atraviesa los pulmones para captar oxígeno, desprende dióxido de carbono desde ella hacia los alveolos, y el movimiento respiratorio que asegura la entrada y salida de los alveolos lleva dicho gas hasta la atmósfera.

El dióxido de carbono es el más abundante de todos los productos terminales existentes del metabolismo.

El dióxido de carbono es uno de los principales productos terminales de las reacciones oxidativas de las células. Si todo el dióxido de carbono se acumulara en los líquidos tisulares, su acción de masa pronto interrumpiría todas las reacciones de las células productoras de energía. Por fortuna un mecanismo nervioso controla la espiración del dióxido de carbono para los pulmones y de esta manera mantiene una concentración constante y adecuada de dióxido de carbono en los líquidos extracelulares, una concentración muy alta excita el centro respiratorio haciendo que la persona respire rápido y profundamente. (13)

EFECTOS DEL AUMENTO O DISMINUCION DEL DIOXIDO DE CARBONO:

HIPERCAPNIA:

Significa exceso de dióxido de carbono en los líquidos corporales.

Cabe sospechar que cualquier trastorno respiratorio que cause hipoxia causará así mismo hipercapnia, sin embargo la regla es que la hipercapnia sólo acompañe a la hipoxia cuando ésta se debe a hipoventilación o a la deficiencia circulatoria, la razón es que la hipoxia causada por poco oxígeno en el aire, por poca hemoglobina o por intoxicación de las enzimas oxidativas sólo guarda relación con la disponibilidad o el uso de oxígeno por los tejidos. Por tanto, se comprende fácilmente que la hipercapnia no acompaña a estos tipos de hipoxia.

También en la hipoxia resultante de difusión inadecuada a través de una membrana pulmonar o de los tejidos no suele haber hipercapnia porque el dióxido de carbono difunde 20 veces más rápidamente que el oxígeno. Así mismo, si comienza a presentarse hipercapnia estimula de inmediato la ventilación pulmonar, que corrige este trastorno.

Sin embargo, en la hipoxia por hipoventilación el paso de dióxido de carbono entre los alveolos y la atmósfera se afecta tanto como el del oxígeno. Por tanto se produce hipercapnia al mismo tiempo que hipoxia. En caso de deficiencia circulatoria, la reducción del riego sanguíneo disminuye la eliminación de dióxido de carbono de los tejidos, resultando hipercapnia tisular. Sin embargo, la capacidad de transporte de la sangre para dióxido de carbono

es unas tres veces mayor que para el oxígeno, de manera que incluso aquí la hipercapnia es mucho menor que la hipoxia.

Cuando la PCO₂ alveolar se encuentra aproximadamente 60 a 75 torr, la disnea suele volverse muy intensa y al elevarse la PCO₂ a un nivel de 80 a 100 torr la persona se vuelve letárgica y a veces incluso semicomatosa. Pueden producirse asenia y muerte cuando la PCO₂ se incrementa a un nivel de 100 a 150 torr. (17)

HIPOCAPNIA:

Significa disminución de dióxido de carbono. (10)

Las causas de dióxido de carbono exhalado bajo son categorizadas como:

1. Hiperventilación alveolar.
2. Aumento de la diferencia de dióxido de carbono arterial-exhalado.

Hiperventilación inadvertida es común durante la anestesia con ventilación mecánica controlada. El gasto de dióxido de carbono bajo puede reflejar un metabolismo disminuido en pacientes hipotérmicos o un gasto cardíaco bajo. Cuando la ventilación pulmonar es constante, los cambios del gasto cardíaco se acompañan de un cambio paralelo de dióxido de carbono exhalado. El efecto de mal emparejamiento de ventilación/perfusión sobre el aumento de las diferencias de dióxido de carbono arterial y exhalado, puede ser evaluado con una muestra sanguínea venosa y arterial y se debe medir PCO₂ sanguínea directa. (20)

SISTEMAS DE ANESTESIA:

Historia: una fecha realmente histórica es la de 1921, cuando grandes pioneros de la anestesiología: Edgar Stanley Rowbotham (1890-1985), Ivan Whiteside Magill (1898-1986) publican ante la Real Academia de Medicina Inglesa un trabajo en el cual hacían referencia al uso de un "circuito" de no reinhalación que luego se popularizó con el nombre de aparato o dispositivo de Magill, este circuito tenía todos los elementos de un sistema semiabierto moderno: balón reservorio, tubo corrugado y válvula espiratoria.

Este mismo año, los mismos autores describen y popularizan la intubación orotraqueal.

La gran popularidad que obtuvieron las técnicas que utilizaban la absorción de CO₂ y ciclopropano (anestésico de uso obligatorio en circuito cerrado con alto poder explosivo y alto costo), parecían haber llevado al olvido definitivo el sistema de Magill, y haber acabado con el interés de los anestesiólogos por los sistemas semiabiertos o de reinhalación como se les llamaba en la época. No sería hasta 1937 cuando este interés por los circuitos renacería, Bryan Sward en 1928, introdujo el sistema circular, tal como se

conoce hoy en día.

En 1937 Philip Ayre, describió la llamada "pieza en T", que lleva su nombre y con la cual la atención de muchos anestesiólogos se dirige nuevamente hacia los circuitos semiabiertos.

La búsqueda de sistemas con circuito de absorción de dióxido de carbono y que impidieran la reinhalación y al mismo tiempo permitieran disminuir el flujo de gases frescos, llevó al desarrollo de los sistemas semiabiertos con válvula de sobrepresión de otra válvula que se cierra durante la espiración, permitiendo la salida al exterior de todos los gases espirados. Se consiguió así evitar la reinhalación y disminuir el flujo de gases frescos. En 1972, Bain desarrolló el sistema conocido como coaxial, introduciendo el tubo conductor del flujo de gases frescos dentro del tubo corrugado. Este sistema es el más popular actualmente entre los semiabiertos. (13)

SISTEMA SEMIABIERTO:

Es aquel en el cual existe una bolsa reservorio, pero no hay absorbedor de dióxido de carbono.

Puede ser clasificado en dos grupos:

1. Los que no tienen válvula de No-reinhalación.
2. Los que tienen válvula de No-reinhalación.

La válvula de No-reinhalación es una válvula que durante la exhalación del paciente se cierra, permitiendo así la salida de los gases espirados a través de la válvula de sobrepresión impidiendo así la reinhalación.

JACKSON REES: (1975)

Posee una pieza en "T" colocada a la bolsa reservorio, e incorporada a un mecanismo de ayuda para ventilar los gases exhalados.

El mecanismo de ayuda está entre la válvula ajustable colocada al final de la bolsa reservorio. Durante la ventilación espontánea, los gases exhalados pasan abajo del brazo de espiración y se unen al gas fresco. La pausa espiratoria permite que el gas fresco empuje el gas exhalado bajo el brazo de espiración. Con la siguiente inspiración, la mezcla de gas inhalado viene del flujo de gas fresco y del brazo de espiración.

Este circuito es comúnmente utilizado para controlar la ventilación durante el procedimiento anestésico y para la transportación de pacientes intubados.

El flujo de gases frescos es similar al usado con el circuito Bain. El grado de reinhalación está afectado por el manejo de la ventilación. Este sistema es popular en pacientes pediátricos, especialmente en cirugía de cráneo y

cuello.

Esta construido de forma muy simple y económica, ofrece resistencia mínima porque no son móviles las partes a excepción de la válvula ajustable.

Observando la bolsa reservorio, le permite a uno inspeccionar la respiración del paciente.

Una desventaja de éste sistema es la falta de humidificación. Sin embargo éste problema puede ser corregido por el paso de gases frescos a través de una línea de humidificación, incorporando una trampa de agua bajo el humidificador.

Otra desventaja es la necesidad de elevar los flujos de gas fresco, finalmente la oclusión de la válvula de ayuda, rápidamente puede incrementar la presión de aire y producir barotrauma.

COAXIAL DE BAIN:

Consiste en una modificación del Jackson-Rees.

Su diferencia radica en que los gases frescos son proporcionados al sistema a través de un tubo colocado dentro del tubo corrugado.

Este circuito posee un circuito coaxial en el cual el flujo de gas fresco pasa a través de un tubo interior estrecho dentro del tubo corrugado. El tubo central se origina cerca de la bolsa reservorio.

Los gases exhalados entran al tubo corrugado y escapan a través de la válvula espiratoria cerca de la bolsa reservorio. Se usa en ventilación asistida, espontánea y controlada.

El flujo de gas fresco necesario para prevenir la reinhalación es similar al de Jackson-Rees.

La normocapnia durante la ventilación espontánea requiere de flujo de gas fresco entre 200 y 300 ml/kg de peso y un flujo de solamente 70 ml/kg puede producir normocapnia durante la ventilación controlada.

VENTAJAS:

1. Componentes fabricados de plástico liviano, especiales en las intervenciones de cabeza y cuello.
2. Permite que los gases inspirados sean parcialmente calentados.

DESVENTAJAS:

Si se desconecta o destruye el tubo que conduce los gases frescos es posible que no sea aparente antes de su utilización ya que la inspección de la conexión del circuito resulta difícil. (15)

SISTEMA SEMICERRADO:

El sistema semicerrado convencional, utiliza los 2/3 del

volumen minuto.

Científicos europeos a principios de 1900, empezaron a experimentar con la absorción de dióxido de carbono tanto en agua como en soda cáustica. En 1915, Wilson, patentó la cal sodada a la que se le atribuye gran eficacia.

Dos composiciones, la cal sodada y la baralyme, son comúnmente utilizadas para la absorción de CO₂ hoy en día.

La cal sodada está constituida en 94% de hidróxido de calcio, 5% de hidróxido de sodio y 1% de hidróxido de potasio y un activador. Pequeñas cantidades de sílica son añadidas para formar calcio y silicato de sodio, lo cual resulta en un producto endurecido y reduce la formación de polvo proveniente de la cal. La eficacia de la cal sodada está determinada por la duración, por lo que pequeños silicatos son usados en la cal sodada hoy en día.

El hidróxido de sodio, propiedad de la cal sodada, es el componente activo para la absorción de CO₂.

Baralyme está compuesta de hidróxido de calcio en un 80% y 20% de hidróxido de bario. Es más estable que la cal sodada, y no requiere de depósito de silicato. El hidróxido de bario es el componente activo.

Esta cal, posee una alta densidad de aproximadamente 15% más que la cal sodada, basada en el peso y la absorción de CO₂.

CAPNOGRAFIA:

La capnografía es un excelente sistema que facilita el diagnóstico y tratamiento de una gran lista de problemas que pueden desencadenar una difícil tarea durante una anestesia o un cuidado intensivo. (12)

Es un indicador indirecto de la perfusión pulmonar y puede ser una gran ayuda también durante la resucitación de un paciente en paro cardíaco. (20)

Los capnógrafos "sidestream" espiran los gases respiratorios del sistema respiratorio y transportan la anestesia a través de una línea hacia un analizador de gases (típicamente es un instrumento adjunto a una máquina de anestesia). Los capnógrafos "mainstream" tienen el analizador de gases posicionado al sistema respiratorio y miden dióxido de carbono respiratorio sin remover gas alguno. El mejor sistema depende de la naturaleza de la práctica de anestesia. (3) Las instituciones que principalmente atienden a adultos prefieren los sistemas "sidestream" los cuales ofrecen un análisis de otros gases respiratorios además del dióxido de carbono y pueden ser utilizados para monitorizar los patrones respiratorios de los pacientes no intubados. Instituciones que trabajan con niños prefieren los sistemas "mainstream" que tienen un tiempo de respuesta más rápido (importante mantener una frecuencia respiratoria mayor de 20 por minuto) y usualmente tienen menos problemas con el vapor de agua. Instrumentos nuevos de ambos tipos han venido a superar los problemas antes mencionados.

COMO SE INTERPRETA EL CAPNOGRAFO ? :

Los clínicos extraen más información del capnógrafo, analizándolo de una manera sistemática.

1. ESTA PRESENTE DIOXIDO DE CARBONO EXHALADO ? :

Si el capnógrafo no registra dióxido de carbono exhalado, un fallo en la ventilación de los pulmones del paciente puede ser el diagnóstico asumido hasta que se pruebe lo contrario. Los diagnósticos diferenciales incluyen una intubación esofágica, una desconexión del sistema respiratorio, extubación y apnea.

ES UNA INTUBACION ENDOTRAQUEAL ?:

El capnógrafo es el instrumento para verificar la intubación endotraqueal. Estudios en anestesia repetidamente citan tubos mal colocados como mecanismo de lesión al paciente. Los expertos dicen que estos casos se hubieran evitado con el uso del capnógrafo, varios clínicos claman la presencia de dióxido carbónico exhalado cuando se intenta colocar un tubo endotraqueal, con el capnógrafo no hay equivocación.

Falsos positivos: los clínicos pueden ser desalentados por el capnógrafo si en un intento por colocar el tubo resulta en una colocación faríngea. Claramente esta es una ventilación pulmonar no obstruida, no la posición de la punta del tubo, la que determina si se obtiene un capnograma normal.

Capnogramas similares se obtienen cuando un paciente se intuba con máscara de aire o un tubo esófago-traqueal y los pulmones son ventilados con ventilación mecánica positiva. Algunos clínicos reconocen que un poco de dióxido de carbono puede regresar a través de un tubo que es colocado en el esófago, especialmente si la ventilación con máscara y bolsa preceden un intento de intubación. En la mayoría de los casos, la concentración gástrica de dióxido de carbono exhalado es muy baja (0.6-+0.6 %) y si se continua con la ventilación del estómago el dióxido de carbono continua elevándose. Si el paciente ha ingerido una bebida carbonatada, altas concentraciones de dióxido de carbono exhalado pueden ser encontrados durante una ventilación gástrica.

Falsos negativos: varios mecanismos pueden resultar de dióxido de carbono exhalado no detectados cuando una intubación traqueal es lograda.

En un caso, una válvula de PEEP parcial causó que todo el gas expiratorio se escapara alrededor de un tubo endotraqueal no adaptado en un paciente pediátrico. En otros casos, un broncoespasmo o un sensor de dióxido de carbono exhalado mal funcionante ha resultado en que el capnógrafo falle en el registro de dióxido de carbono exhalado aunque exista una intubación traqueal. Una desconexión de la línea

de muestreo del gas respiratorio puede en muchas ocasiones confundir a los clínicos. En resumen, la verificación de una intubación endotraqueal incluye más que sólo si existe dióxido de carbono exhalado. Como muchos equipos diagnósticos que existen en la medicina clínica, el gran beneficio para el paciente se adquiere cuando la información de la historia del paciente, examen clínico (existen ruidos respiratorios o ausencia de distensión gástrica) y datos de laboratorio son analizados integradamente.

2. DEFINIR Y ANALIZAR LOS SEGMENTOS DEL CAPNOGRAMA:

El capnograma debe tener una apariencia rectangular repetida cuando los pulmones del paciente son ventilados mecánicamente a través de un sistema circular de respiración de anestesia. Las cuatro fases del capnograma son:

1. Línea de base inspiratoria.
2. Aumento espiratorio.
3. Meseta espiratoria.
4. Descenso inspiratorio.

Cambios en la morfología del capnógrafo a veces ayudan al clínico a identificar varios pacientes y problemas en el equipo.

3. CUAL ES LA CONCENTRACION MAXIMA Y MINIMA DE DIOXIDO DE CARBONO EXHALADO ? :

Los algoritmos de detección de respiración en los capnógrafos contemporáneos no son perfectos. El capnógrafo puede tener dificultad en determinar correctamente la concentración mínima y máxima de dióxido de carbono exhalado, especialmente si los patrones respiratorios son erráticos o si hay un fallo en el equipo, tales como una válvula bidireccional incompetente. Basándose en las decisiones clínicas de los dígitos mostrados de dióxido de carbono inspirados y al final pueden llevar un mal diagnóstico y tratamiento. El capnógrafo, es un instrumento que demuestra el capnograma, que identifica la concentración de dióxido de carbono respiratorio en función del tiempo y una vista rápida permite al clínico la verificación de que el instrumento está determinando el valor de dióxido de carbono exhalado.

4. CUAL ES LA DIFERENCIA ESPERADA ENTRE DIOXIDO DE CARBONO ARTERIAL Y DIOXIDO DE CARBONO EXHALADO:

La ventilación adecuada está determinada por un dióxido de carbono arterial el cual está medido directamente por una punción arterial, muestra de sangre y análisis de gases sanguíneos.

Con la relación dióxido de carbono arterial y dióxido de carbono exhalado se sabe entonces si el dióxido de carbono exhalado puede ser utilizado como una medición no invasiva de la exactitud de ventilación.

La diferencia de dióxido de carbono exhalado y arterial es citado típicamente como de 3 a 5 mmHg aunque exámenes más certeros de estos estudios han determinado que la diferencia promedio entre dióxido de carbono exhalado y arterial era de 3 a 5 mmHg, el rango de las diferencias medidas era de -4 a 13 mmHg, casi todos los estudios tenían una diferencia mayor de 9 mmHg.

Factores que incrementan la diferencia de dióxido de carbono arterial y exhalado:

1. Un mal emparejamiento de la ventilación pulmonar a la perfusión.
2. Un fallo para mandar gas alveolar mixto como muestra al sitio de toma.
3. Problemas en la instrumentación.

DIFERENCIAS NEGATIVAS DE DIOXIDO DE CARBONO ARTERIAL AL EXHALADO:

Estas diferencias han sido medidas en mujeres embarazadas que se someten a cesárea. Posibles explicaciones para estas diferencias incluyen un capnógrafo descalibrado o una compensación de vapor incorrecto o una corrección de la temperatura. Alternativamente la diferencia negativa puede ser debida a una variación cíclica mayor en dióxido de carbono alveolar en pacientes con capacidades reducidas de la función residual (ej: paciente obesa o embarazada).

La búsqueda de causas de hipercapnia e hipocapnia:

Las causas de hipercapnia están agrupadas en tres grupos:

- a. Hipoventilación alveolar.
- b. Re-inspiración de dióxido de carbono.
- c. Aumento de la excreción de dióxido de carbono.

Las causas de hipoventilación alveolar durante anestesia son muchas y pueden incluir una fuga en el sistema de respiración, desconexión, obstrucción y otros problemas en el sistema y fallos en el ventilador mecánico. La re-inspiración de dióxido de carbono se detecta fácilmente con un capnógrafo.

Un aumento del gasto de dióxido de carbono se categoriza en endógeno o exógeno.

Aumentos masivos en dióxido de carbono exhalado (70 - 90 mmHg) acompañan a una hipertermia maligna. Muchos consideran esto como un signo temprano del desarrollo de hipertermia maligna. Esto aumenta los niveles de dióxido de carbono: una enfermedad febril aumenta el metabolismo y entonces el gasto de dióxido de carbono se incrementa también. Sin embargo debido a que el metabolismo sólo se incrementa en un

10 % por cada grado centigrado, más aumento de dióxido de carbono exhalado se encuentra con fiebre.

Otras causas de dióxido de carbono elevado incluyen la liberación de un clamp vascular o un torniquete ortopédico. La relación temporal de estos eventos con un aumento de dióxido de carbono exhalado hace el diagnóstico claro. Fuentes exógenas de dióxido de carbono durante una laparoscopia y la liberación de una administración intravenosa de HCO_3 .

Causas de dióxido de carbono exhalado son categorizados como:

1. Hiperventilación alveolar.
2. Disminución en el depósito de dióxido de carbono.
3. Aumento de la diferencia de dióxido de carbono arterial -exhalado.

Hiperventilación inadvertida es común durante la anestesia con ventilación mecánica controlada. El gasto de dióxido de carbono bajo puede reflejar un metabolismo disminuido en pacientes hipotérmicos o un gasto cardíaco bajo. Cuando la ventilación pulmonar es constante, los cambios del gasto cardíaco se acompañan de un cambio paralelo de dióxido de carbono exhalado. El efecto de mal emparejamiento de ventilación/perfusión sobre el aumento de las diferencias de dióxido de carbono arterial y exhalado, puede ser evaluado con una muestra sanguínea venosa y arterial y se debe medir PCO_2 sanguínea directa. (12)

VI. METODOLOGIA:

- a. Tipo de estudio: Observacional, Analítico, Transversal, Descriptivo.
- b. Selección del sujeto de estudio: Se tomó en cuenta en el estudio a pacientes adultos, que no presenten enfermedad y/o antecedente de problema pulmonar que ingresen a sala de operaciones para cirugía electiva a quienes se les administre anestesia general.
- c. Población:
Se procedió a trabajar con una población de cien pacientes, por conveniencia del investigador, ésto tomando en consideración que durante un mes se llevan a cabo un promedio aproximado de 250 pacientes para cirugía electiva (dato obtenido en estadística mes de enero de 1996 del departamento de anestesia, Hospital Roosevelt), dato considerado como confiable y accesible de manejar dentro del departamento.
- d. Criterios de inclusión: Se tomó en el estudio a todos los pacientes a quienes se administró anestesia general, que cumplan los siguientes requisitos:
- Pacientes con rango de edad comprendido entre los 12 a 65 años.
 - Pacientes ASA I (sin ninguna enfermedad que lo comprometa)
 - Ambos sexos.
 - Pacientes sin enfermedad ni antecedentes de problema pulmonar.
 - Pacientes que ingresaran a Sala de Operaciones para cirugía electiva.
 - Pacientes que no fueran sometidos a cirugía torácica.
- e. Criterios de exclusión:
- Pacientes con enfermedad y/o antecedente de problema pulmonar.
 - Trauma de tórax.
 - Cirugía de emergencia.
 - Pacientes con fiebre.
- f. Variables a estudiar:

VII. VARIABLES EN ESTUDIO:

1. ETCO₂ (CO₂ al final de la espiración):
- Definición conceptual: valor de CO₂ obtenido al final de la espiración.
- Definición operacional: medición de CO₂ con el capnómetro cada 5 minutos, con el fin de monitorizar constantemente al paciente y sacar un promedio de los valores.
- Escala de medición: numérica en mmHg.
- Instrumento de medición: capnómetro y boleta de recolección de datos.
2. CIRCUITO SEMIABIERTO:
- Definición conceptual: es aquel en el cual existe bolsa reservorio, pero no hay absorbedor de CO₂.
- Definición operacional: se utilizó la máquina convencional de sala de operaciones, en 50 pacientes, monitorizando el CO₂ cada 5 minutos.
- Escala de medición: numérica en mmHg.
- Instrumento de medición: boleta de recolección de datos.
3. CIRCUITO SEMICERRADO:
- Definición conceptual: es aquel que utiliza los 2/3 del volumen minuto.
- Definición operacional: se utilizó el sistema Bain proporcionado por el departamento de anestesia, en el cual los gases frescos son proporcionados al sistema a través de un tubo colocado dentro del tubo corrugado.
- Escala de medición: numérica en mmHg.
- Instrumento de medición: boleta de recolección de datos.

4. ANESTESIA GENERAL:

Definición conceptual: es la ausencia de percepción de todas las sensaciones, inducido por fármacos.

Definición operacional: los gases y vapores se entregan en un sistema de tubos de grueso calibre con válvulas, una bolsa distensible que brinda un reservorio para los gases y un método para la eliminación de CO₂. Los gases se administran al paciente por medio de una máscara facial o un tubo traqueal.

Escala de medición: numérica en mmHg.

Instrumento de medición: boleta de recolección de datos.

5. SEXO:

Definición conceptual: diferencia física y constitutiva del hombre y la mujer.

Definición operacional: biológicamente masculino y biológicamente femenino.

Escala de medición: nominal.

Instrumento de medición: M___ F___

6. EDAD:

Definición conceptual: tiempo transcurrido desde el nacimiento hasta la actualidad.

Definición operacional: según la edad del paciente al momento de la cirugía.

Escala de medición: numérica.

Instrumento de medición: boleta de recolección de datos.

g. Recursos:

Físicos:

- Quirófanos de sala de operaciones, Hospital Roosevelt.
- Capnómetro proporcionado por el Depto. de Anestesia, Hospital Roosevelt.
- Bibliotecas: Facultad de CCMM USAC
Universidad Francisco Marroquín.
Hospital Roosevelt.
Romer's

- Computadora, máquina de escribir eléctrica.
- Boleta de recolección de datos.
- Máquina de anestesia.
- Circuitos semiabierto y semicerrado.
- Registro anestésico.

Humanos:

- Residentes del Departamento de Anestesia, Hospital Roosevelt.
- Paciente de cirugía electiva.
- Investigador.
- Jefe del Departamento de Anestesia (Revisor).
- Jefe asociado del Departamento de Anestesia (Asesor).

Procedimiento:

El presente estudio se llevó a cabo en los quirófanos de sala de operaciones del Hospital Roosevelt, se tuvo a bien completar una muestra de cien pacientes sometidos a anestesia general, de los cuales 50 fueron monitorizados con circuito semiabierto y el resto con circuito semicerrado; ambos con un flujo de 3 litros por minuto y a 20 respiraciones por minuto, con el fin de estandarizar la toma de la muestra. Estos pacientes cumplieron con los criterios de inclusión ya establecidos anteriormente.

Se realizaron tomas de CO₂ con el capnómetro al inicio de la anestesia y a partir de ello cada 5 minutos, para tener al paciente monitorizado constantemente durante 45 minutos de la cirugía, luego se obtuvieron promedios de los valores obtenidos.

Se llenó la boleta de recolección de datos anotando en ella la edad, sexo del paciente diagnóstico preoperatorio, circuito utilizado (semiabierto o semicerrado), se tabularon los datos obtenidos y luego se analizaron los mismos presentandose en gráficas y cuadros.

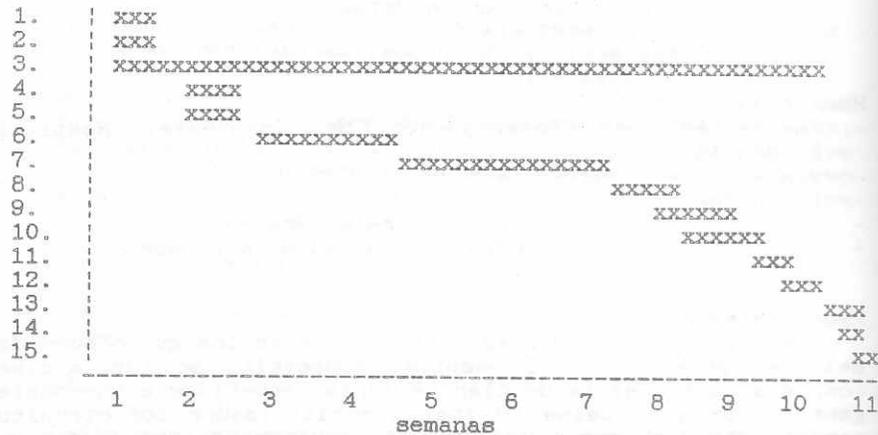
VIII. ASPECTOS ETICOS DE LA INVESTIGACION

Este estudio se realizó con los detalles planteados anteriormente, haciendo la salvedad de que al utilizar ambos circuitos de anestesia no se pone en riesgo el desarrollo del procedimiento quirúrgico, tomando en cuenta que la población en estudio son pacientes sin enfermedad concomitante o algún antecedente que lo comprometa.

La medición de CO₂ con el capnómetro no es un método invasivo que interrumpa el buen desarrollo de la anestesia o la altere.

Si bien, la ventilación mecánica es manual, se percató de que ésta se llevará a cabo por el mismo residente de anestesia durante el tiempo que duró la cirugía, para evitar cambios en la ventilación y perfusión del paciente.

GRAFICA DE GANTT



IX. ACTIVIDADES

1. Selección del tema del proyecto de investigación.
2. Elección del Asesor y Revisor.
3. Recopilación del material bibliográfico.
4. Elaboración del proyecto conjuntamente con Asesor y Revisor.
5. Diseño de los instrumentos del trabajo de campo.
6. Aprobación del proyecto por la unidad de tesis.
7. Ejecución del trabajo de campo.
8. Procesamiento de resultados, elaboración de cuadros y gráficas.
9. Análisis y discusión de resultados.
10. Elaboración de conclusiones, recomendaciones y resumen.
11. Presentación del informe final para correcciones.
12. Correcciones del informe final.
13. Aprobación del informe final.
14. Impresión del informe final y trámites administrativos
15. Examen Público en defensa de la tesis.

X. PRESENTACION DE RESULTADOS

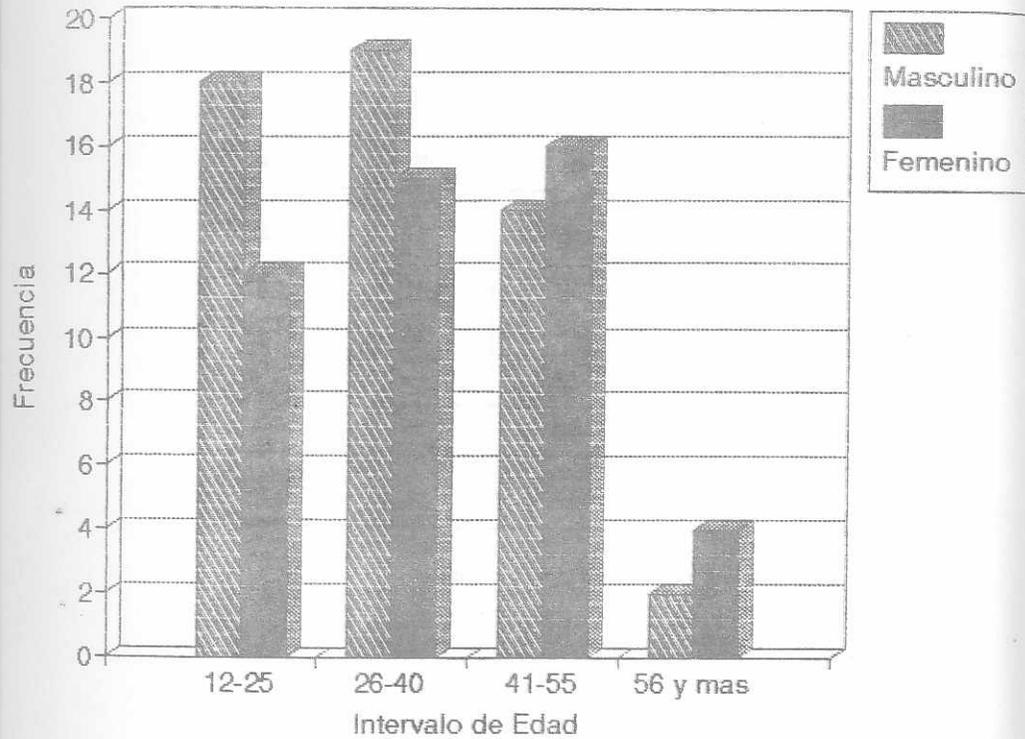
CUADRO No.1

DISTRIBUCION DE PACIENTES ASA I SOMETIDOS A ANESTESIA GENERAL
SEGUN EDAD Y SEXO
DEPARTAMENTO DE ANESTESIA, HOSPITAL ROOSEVELT
MAYO-JUNIO 1997.

Intervalo de edad (años)	SEXO		%
	M	F	
12 - 25	18	12	30
26 - 40	19	15	34
41 - 55	14	16	30
56 y más	2	4	6
SubTotal	53	47	
Total	100		100

Fuente: Boleta de recolección de datos.

GRAFICA No. 1
 DISTRIBUCION DE PACIENTES ASA I SOMETIDOS A ANESTESIA GENERAL
 SEGUN EDAD Y SEXO
 DEPARTAMENTO DE ANESTESIA, HOSPITAL ROOSEVELT
 MAYO-JUNIO 1997.



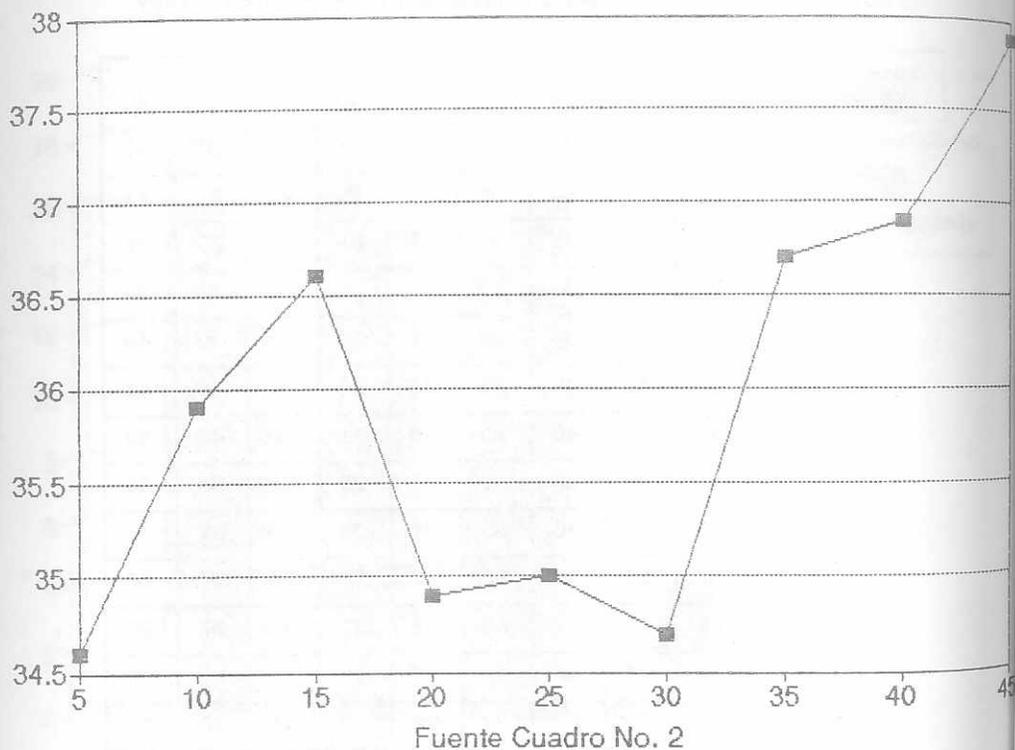
FUENTE: BOLETA DE RECOLECCION DE DATOS.

CUADRO No. 2
 MEDICION DE DIOXIDO DE CARBONO EN PACIENTES SOMETIDOS A
 ANESTESIA GENERAL CON CIRCUITO SEMIABIERTO COMPRENDIDO ENTRE
 LOS 12 -25 AÑOS . HOSPITAL ROOSEVELT, MAYO-JUNIO 1997.

Intervalo de tiempo	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'
	24	30	30	30	33	24	33	32	32
	39	41	43	36	34	33	33	31	41
	32	37	38	30	31	31	31	30	36
	30	37	38	40	37	30	39	40	38
	37	36	36	35	35	35	38	40	40
	39	40	40	39	38	39	39	40	41
	40	41	40	39	40	41	39	40	40
	26	25	28	30	30	28	33	34	35
	38	37	36	35	38	38	36	37	38
	37	36	40	36	37	35	36	37	36
	39	38	37	36	35	35	36	37	37
	36	37	43	36	37	40	41	40	39
	30	29	27	27	26	40	41	40	38
	37	38	37	39	40	37	39	39	39
PROMEDIO	34.6	35.9	36.6	34.9	35.0	34.7	36.7	36.9	37.9

FUENTE: BOLETA DE RECOLECCION DE DATOS

GRAFICA No. 2
 MEDICION DE DIOXIDO DE CARBONO EXHALADO EN PACIENTES
 SOMETIDOS A ANESTESIA GENERAL CON CIRCUITO SEMIABIERTO
 12-25 AÑOS
 DEPARTAMENTO DE ANESTESIA, HOSPITAL ROOSEVELT
 MAYO-JUNIO 1997.



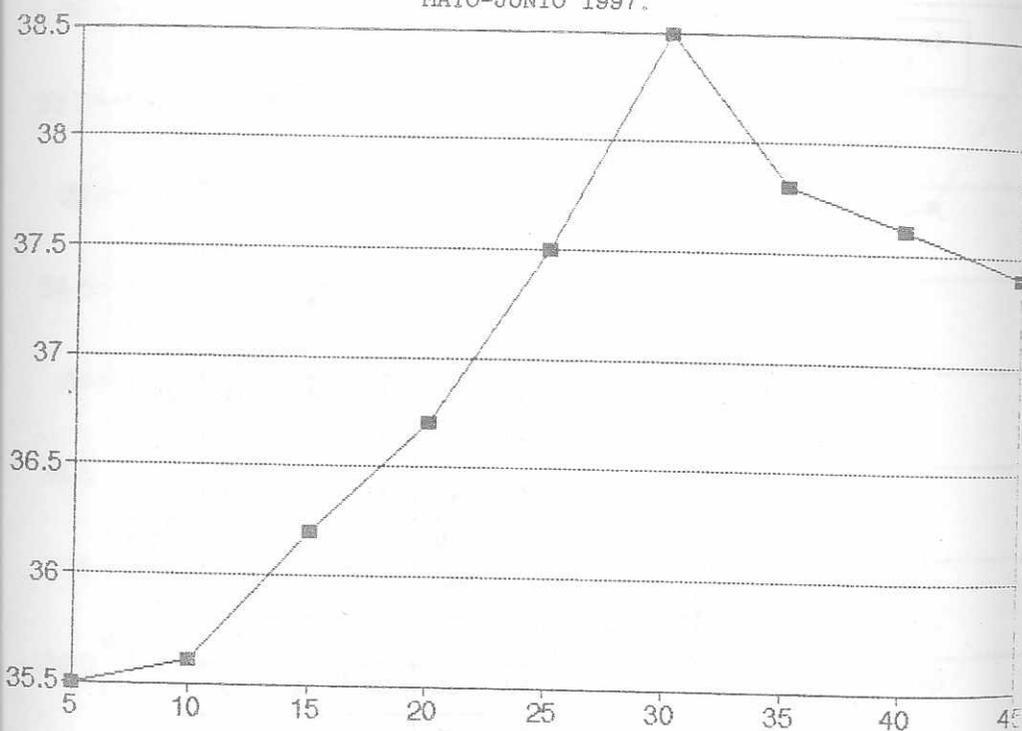
FUENTE: BOLETA DE RECOLECCION DE DATOS.

CUADRO No.3
 MEDICION DE DIOXIDO DE CARBONO EN PACIENTES SOMETIDOS A
 ANESTESIA GENERAL CON CIRCUITO SEMIABIERTO
 26 -40 AÑOS
 DEPARTAMENTO DE ANESTESIA - HOSPITAL ROOSEVELT
 MAYO-JUNIO 1997.

Intervalo de tiempo	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'
	40	44	43	37	38	39	40	44	40
	44	41	40	41	44	41	41	40	40
	40	44	41	41	42	43	42	43	40
	28	35	36	36	36	36	37	34	37
	47	40	38	36	36	43	45	45	--
	34	33	34	40	39	38	39	37	40
	31	34	39	40	40	40	39	41	42
	37	37	40	40	42	43	40	36	37
	37	38	40	41	40	41	40	39	40
	39	40	40	41	39	38	40	37	40
	32	35	36	39	39	43	32	--	--
	25	23	23	24	25	26	31	29	28
	32	32	33	32	30	32	34	36	--
	37	38	36	35	38	37	38	38	37
	31	28	27	31	36	35	34	33	22
	37	34	33	34	37	36	37	36	37
	32	30	37	36	37	38	34	34	34
PROMEDIO	35.5	35.6	36.2	36.7	37.5	38.2	37.8	37.6	37.4

FUENTE: BOLETA DE RECOLECCION DE DATOS.

GRAFICA No. 3
 MEDICION DE DIOXIDO DE CARBONO EXHALADO EN PACIENTES
 SOMETIDOS A ANESTESIA GENERAL CON CIRCUITO SEMIABIERTO
 26-40 AÑOS
 DEPARTAMENTO DE ANESTESIA, HOSPITAL ROOSEVELT
 MAYO-JUNIO 1997.



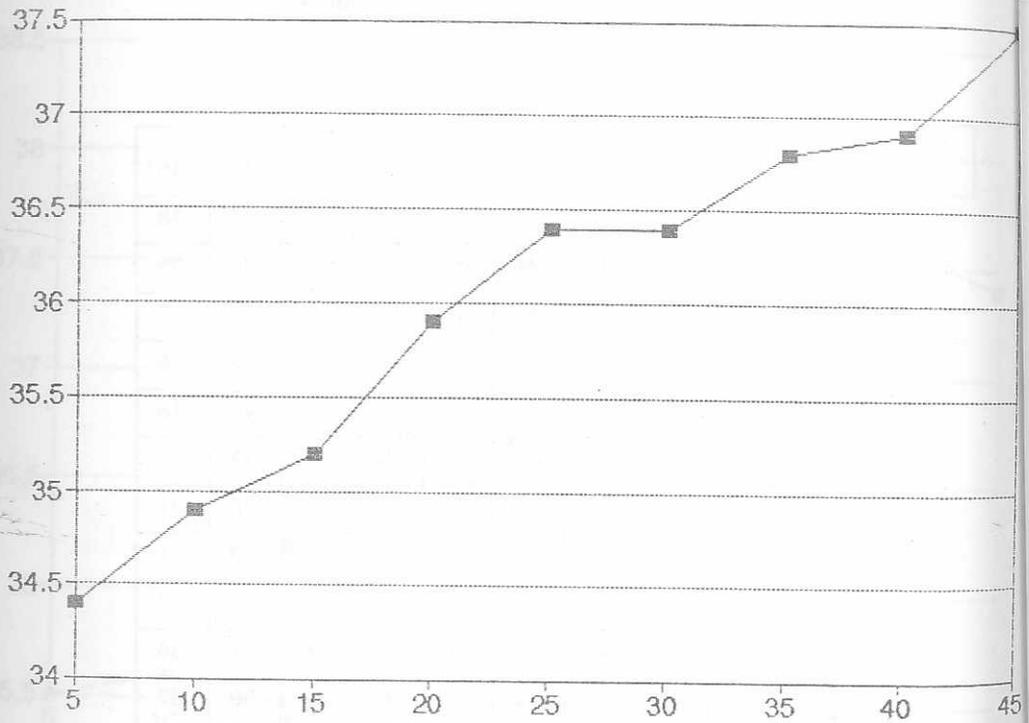
Fuente Cuadro No. 3

CUADRO No. 4
 MEDICION DE DIOXIDO DE CARBONO EN
 PACIENTES SOMETIDOS A ANESTESIA GENERAL
 CON CIRCUITO SEMIABIERTO
 COMPRENDIDOS ENTRE LOS 41 - 55 AÑOS
 DEPARTAMENTO DE ANESTESIA, HOSPITAL ROOSEVELT
 MAYO-JUNIO 1997.

Intervalo de tiempo	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'
	39	37	36	38	38	36	35	34	38
	30	34	33	27	34	36	37	36	35
	30	31	38	40	45	44	49	50	55
	35	38	35	37	35	37	35	36	38
	37	40	41	44	40	44	45	46	46
	40	39	39	38	39	39	38	39	39
	27	27	23	32	31	31	29	29	31
	26	24	27	30	32	31	32	33	31
	29	27	27	27	28	26	28	25	27
	37	36	35	34	36	37	36	37	36
	40	41	41	41	40	39	39	38	37
	37	36	36	36	35	36	36	36	35
	37	38	40	42	38	37	38	39	37
	38	40	42	37	38	37	38	39	40
PROMEDIO	34.4	34.9	35.2	35.9	36.4	36.4	36.8	36.9	37.5

FUENTE: BOLETA DE RECOLECCION DE DATOS.

GRAFICA No. 4
 MEDICION DE DIOXIDO DE CARBONO EXHALADO EN PACIENTES
 SOMETIDOS A ANESTESIA GENERAL CON CIRCUITO SEMIABIERTO
 41-55 AÑOS
 DEPARTAMENTO DE ANESTESIA, HOSPITAL ROOSEVELT
 MAYO-JUNIO 1997.



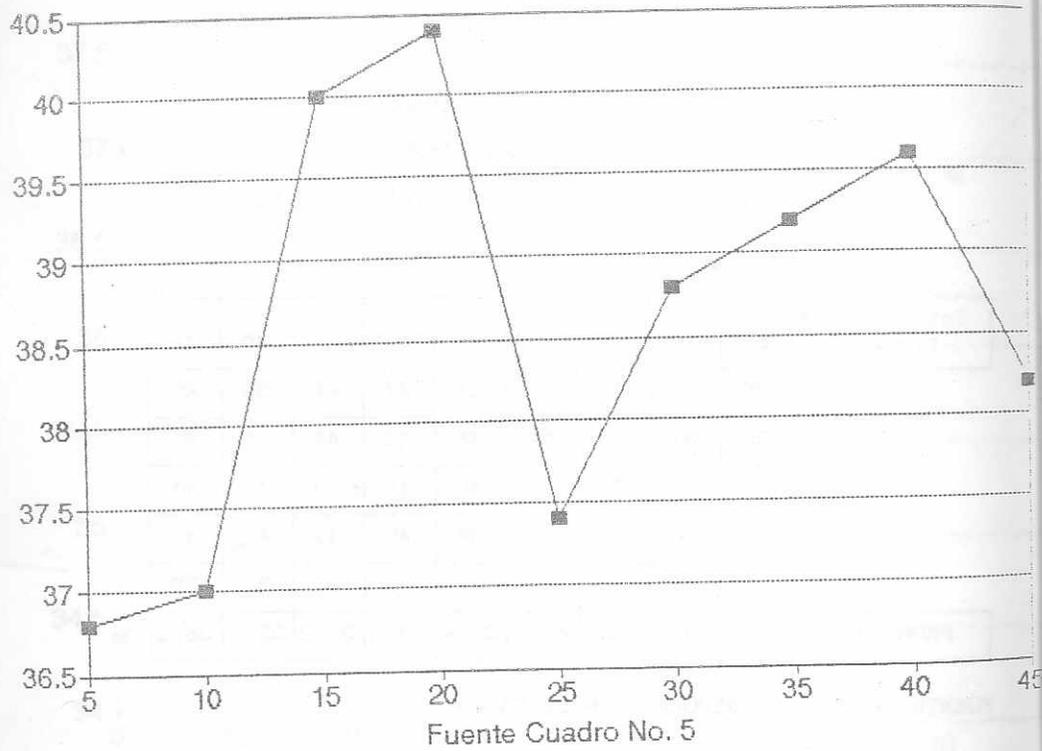
Fuente Cuadro No. 4

CUADRO No. 5
 MEDICION DE DIOXIDO DE CARBONO EN
 PACIENTES SOMETIDOS A ANESTESIA GENERAL
 CON CIRCUITO SEMIABIERTO
 COMPRENDIDOS ENTRE LOS 55 Y MAS AÑOS
 DEPARTAMENTO DE ANESTESIA, HOSPITAL ROOSEVELT
 MAYO-JUNIO 1997.

Intervalo de tiempo	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'
	39	41	40	40	41	37	41	39	40
	35	37	45	54	36	42	44	45	41
	42	40	39	39	40	44	39	42	41
	37	36	40	38	39	40	41	41	40
	31	31	36	31	31	31	31	31	29
PROMEDIO	36.8	37	40	40.4	37.4	38.8	39.2	39.6	38.2

FUENTE: BOLETA DE RECOLECCION DE DATOS.

GRAFICA No. 5
 MEDICION DE DIOXIDO DE CARBONO EXHALADO
 EN PACIENTES SOMETIDOS A ANESTESIA GENERAL
 CON CIRCUITO SEMIABIERTO 55 Y MAS AÑOS
 DEPARTAMENTO DE ANESTESIA, HOSPITAL ROOSEVELT
 MAYO-JUNIO 1997.

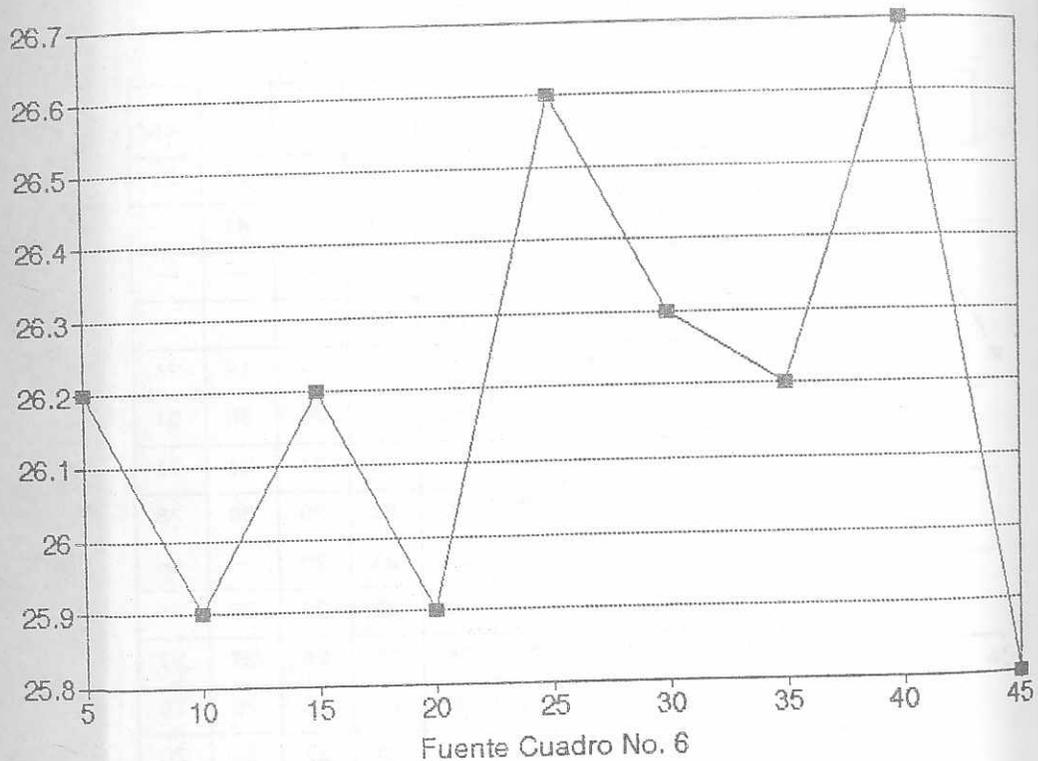


CUADRO No. 6
 MEDICION DE DIOXIDO DE CARBONO
 EN PACIENTES SOMETIDOS A ANESTESIA
 GENERAL CON CIRCUITO SEMICERRADO
 COMPRENDIDOS ENTRE LOS 12 - 25 AÑOS
 DEPARTAMENTO DE ANESTESIA, HOSPITAL ROOSEVELT
 MAYO-JUNIO 1997.

Intervalo de tiempo	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'
	29	27	22	17	23	23	21	21	21
	32	31	32	35	37	41	39	41	--
	25	22	20	21	25	28	--	--	--
	20	20	32	28	25	17	--	--	--
	24	20	24	25	22	26	22	19	21
	21	30	30	31	31	31	30	30	31
	29	24	24	24	24	24	21	21	21
	30	31	29	29	30	31	30	30	28
	26	24	28	26	28	21	28	--	--
	24	26	25	30	30	29	29	28	26
	30	29	28	25	26	25	26	27	27
	25	33	32	31	30	26	25	26	30
	19	19	20	19	21	20	21	21	20
	40	37	36	35	34	33	32	31	31
	17	18	21	23	23	30	27	29	29
	32	27	22	21	23	22	21	23	25
	22	22	21	21	21	21	21	--	--
PROMEDIO	26.2	25.9	26.2	25.9	26.6	26.3	26.2	26.7	25.8

FUENTE: BOLETA DE RECOLECCION DE DATOS.

GRAFICA No. 6
 MEDICION DE DIOXIDO DE CARBONO EXHALADO
 EN PACIENTES SOMETIDOS A ANESTESIA GENERAL
 CON CIRCUITO SEMICERRADO 12-25 AÑOS
 DEPARTAMENTO DE ANESTESIA, HOSPITAL ROOSEVELT
 MAYO-JUNIO 1997.

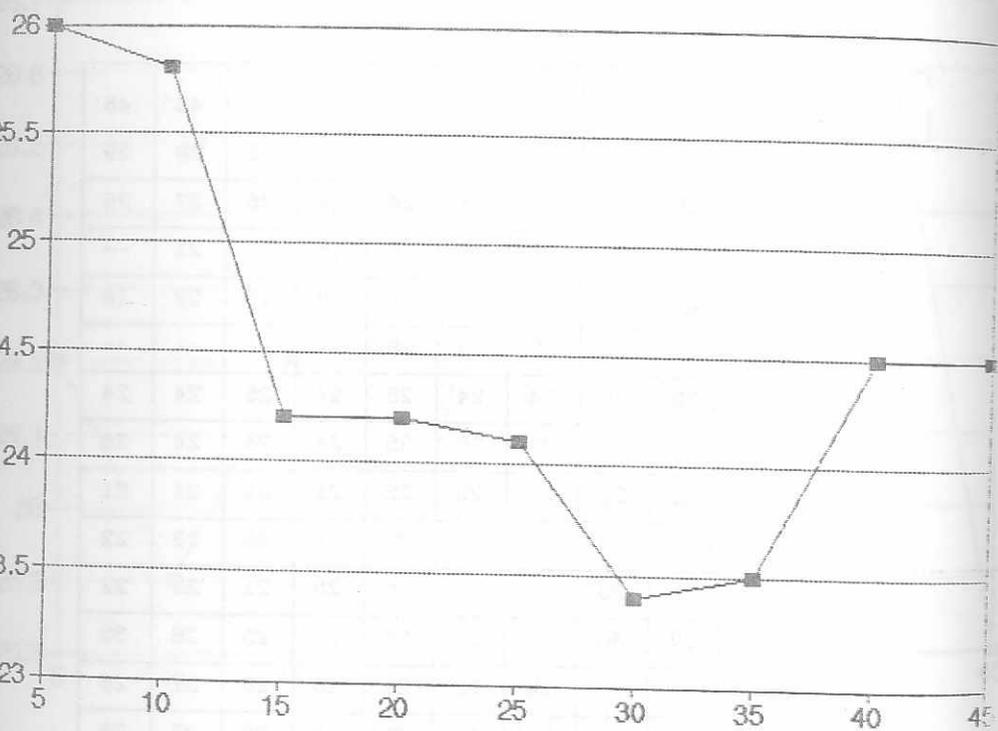


CUADRO No. 7
 MEDICION DE DIOXIDO DE CARBONO EN
 PACIENTES SOMETIDOS A ANESTESIA GENERAL
 CON CIRCUITO SEMICERRADO
 COMPRENDIDOS ENTRE LOS 26 - 40 AÑOS
 DEPARTAMENTO DE ANESTESIA, HOSPITAL ROOSEVELT
 MAYO-JUNIO 1997.

Intervalo de tiempo	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'
	29	29	29	29	28	29	28	29	29
	25	29	26	24	24	24	26	27	26
	25	20	20	17	16	16	21	21	--
	21	20	23	22	17	18	15	22	19
	30	33	29	28	28	--	--	--	--
	32	30	24	24	25	24	25	24	24
	25	23	23	25	25	24	24	24	23
	21	21	21	22	22	21	21	21	21
	30	29	27	26	29	27	23	23	22
	26	23	23	23	25	25	21	23	22
	27	30	27	28	26	25	25	26	30
	24	25	24	22	21	20	25	21	23
	28	25	24	23	22	23	20	22	23
	31	30	21	27	29	27	27	31	29
	17	17	17	17	18	20	--	--	--
	26	28	29	30	31	30	31	29	27
PROMEDIO	28	25.8	24.2	24.2	24.1	23.4	23.5	24.5	24.5

FUENTE: BOLETA DE RECOLECCION DE DATOS.

GRAFICA No. 7
 MEDICION DE DIOXIDO DE CARBONO EXHALADO EN PACIENTES
 SOMETIDOS A ANESTESIA GENERAL CON CIRCUITO SEMICERRADO
 26-40 AÑOS
 DEPARTAMENTO DE ANESTESIA, HOSPITAL ROOSEVELT
 MAYO-JUNIO 1997.



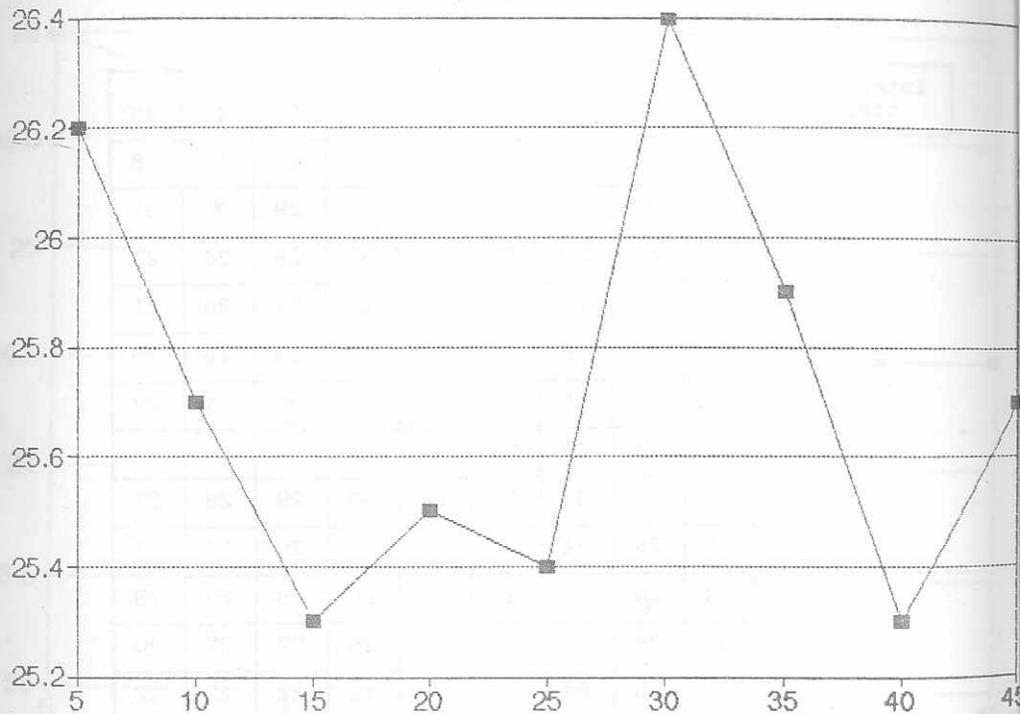
Fuente Cuadro No. 7

CUADRO No. 8
 MEDICION DE DIOXIDO DE CARBONO EN
 PACIENTES SOMETIDOS A ANESTESIA GENERAL
 CON CIRCUITO SEMICERRADO
 COMPRENDIDOS ENTRE LOS 41 - 55 AÑOS
 DEPARTAMENTO DE ANESTESIA, HOSPITAL ROOSEVELT
 MAYO-JUNIO 1997.

Intervalo de tiempo	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'
25	20	17	21	20	17	17	17	17	18
30	31	30	29	30	31	29	30	31	31
30	31	33	29	30	30	29	28	27	27
29	25	24	25	23	22	21	20	21	21
28	25	25	25	24	25	25	25	25	25
33	31	35	31	34	33	30	34	35	35
25	21	24	24	24	24	--	--	--	--
29	30	31	29	28	30	29	28	27	27
25	25	24	28	30	32	35	31	27	27
24	25	26	27	25	25	26	29	29	29
27	28	27	26	25	26	27	27	30	30
28	26	24	22	22	22	22	22	22	22
20	24	19	22	24	23	20	21	20	20
18	19	20	22	15	29	25	17	25	25
24	25	20	21	22	23	24	22	21	21
24	25	26	27	30	30	29	29	28	28
PROMEDIO	26.2	25.7	25.3	25.5	25.4	26.4	25.9	25.3	25.7

FUENTE: BOLETA DE RECOLECCION DE DATOS.

GRÁFICA No. 8
 MEDICION DE DIOXIDO DE CARBONO EXHALADO EN PACIENTES
 SOMETIDOS A ANESTESIA GENERAL CON CIRCUITO SEMICERRADO
 41-55 AÑOS
 DEPARTAMENTO DE ANESTESIA, HOSPITAL ROOSEVELT
 MAYO-JUNIO 1997.



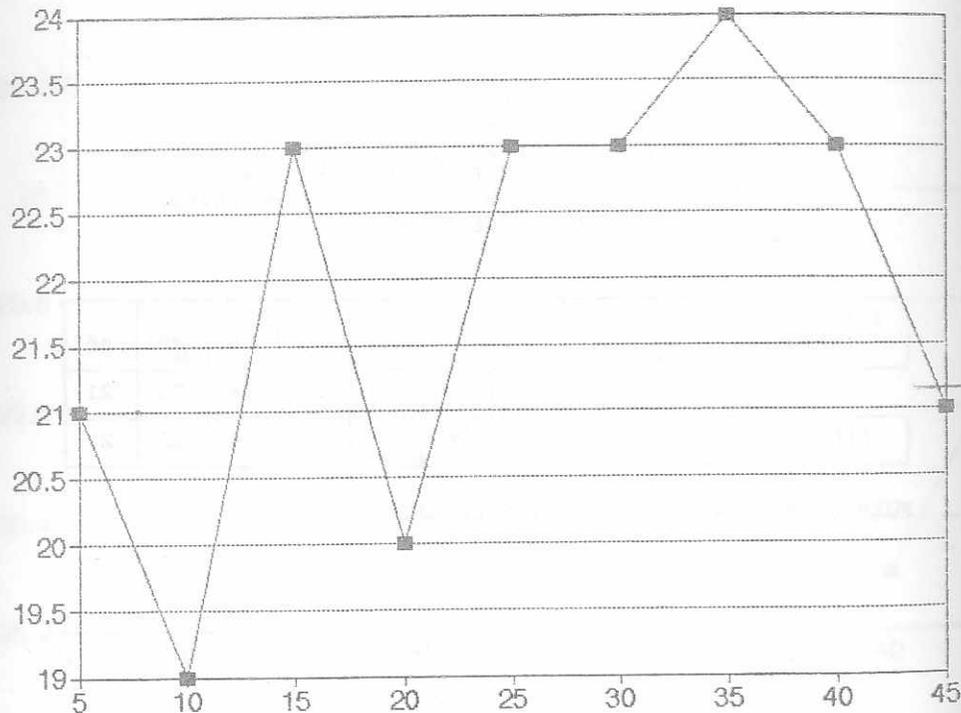
Fuente Cuadro No. 8

CUADRO No. 9
 MEDICION DE DIOXIDO DE CARBONO
 EN PACIENTES SOMETIDOS A ANESTESIA
 GENERAL CON CIRCUITO SEMICERRADO
 COMPRENDIDOS ENTRE LOS 55 Y MAS AÑOS
 DEPARTAMENTO DE ANESTESIA, HOSPITAL ROOSEVELT
 MAYO-JUNIO 1997.

Intervalo de tiempo	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'
PROMEDIO	21	19	23	20	23	23	24	23	21

FUENTE: BOLETA DE RECOLECCION DE DATOS.

GRAFICA No. 9
 MEDICION DE DIOXIDO DE CARBONO EXHALADO EN PACIENTES
 SOMETIDOS A ANESTESIA GENERAL CON CIRCUITO SEMICERRADO
 55 Y MAS AÑOS
 DEPARTAMENTO DE ANESTESIA, HOSPITAL ROOSEVELT
 MAYO-JUNIO 1997.



Fuente Cuadro No. 9

XI. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

El cuadro No. 1 muestra la distribución etárea de pacientes que fueron incluidos en el estudio.

Los grupos de edad fueron clasificados tomando en cuenta la maduración física de los mismos. (19) Se observa que la población quirúrgica fue similar en los tres primeros grupos etáreaos, correspondiendo 30 % en las edades de 12-25 años, con mayor incidencia en el sexo masculino, en el grupo de 26-40 años constituido por un 34 %, prevalece siempre el sexo masculino, de igual forma las edades comprendidas entre los 41-55 años obtuvieron 30 % del total, observándose que los mayores de 56 años obtuvieron 6 %, lo cual podría atribuirse al riesgo quirúrgico anestésico que tiene un paciente de padecer alguna patología, tomando en cuenta que para el estudio sólo se tomaron pacientes ASA I (5) por lo que la incidencia en éste grupo es menor.

Los cuadros No. 2, 3 y 4, muestran los valores de CO₂ que fueron medidos durante 45 minutos de la cirugía, a intervalos de 5 minutos cada uno; las gráficas correspondientes a los mismos cuadros muestran la curva del monitoreo de CO₂ con sistema semiabierto, las cuales muestran una tendencia a mantenerse elevadas en los primeros 30 minutos de la cirugía, para luego disminuir y conservar niveles un poco más bajos, esto se asocia a que al inicio, el metabolismo del paciente está incrementado y aún no se ha alcanzado profundizar del todo al paciente; lo cual se consigue con el tiempo de la cirugía. Los valores promedio se mantienen constantes entre 34.4 y 37.9 mmHg, sin embargo observamos que en el cuadro y gráfica No. 5 hay un incremento en los valores de CO₂, tomando como dato mínimo 36.8 y máximo 40.4 mmHg, ello puede atribuirse a que el número de pacientes de ésta edad que fueron sometidos a éste sistema es menor que en los grupos anteriores, pero también hay que tomar en cuenta que a partir de ésta edad los cambios degenerativos son mayores y aunque no sean clínicamente evidentes pueden llegar a comprometerlos.

Las gráficas siguientes No. 6, 7, 8 y 9 muestran el monitoreo de CO₂ exhalado conformado por promedios obtenidos de la medición de CO₂ en pacientes sometidos a anestesia general con circuito semicerrado; es muy notorio que los niveles que se manejan con éste sistema son mucho más bajos en relación al sistema anterior ya que se obtienen resultados mínimos de CO₂ con valores de 24 y máximo de 26.7 mmHg, en los tres primeros grupos de edad. Mientras que en los pacientes mayores de 56 años, se presenta una baja en los niveles de CO₂ exhalado que oscila entre 19 y 24 mmHg; ello

se asocia a que el metabolismo de éstos pacientes está disminuido por la edad y el consumo de oxígeno disminuye, y como mecanismo compensatorio se produce una baja en la PACO₂.

Es importante hacer mención que los pacientes manejados con sistema semiabierto o Bain a flujo de 3 litros por minuto y con 20 respiraciones por minuto, obtuvieron niveles de CO₂ mucho más elevados ya que el sistema no posee un absorbedor de CO₂ y en cualquier momento puede llegar a presentarse reinhalación y gran parte de los gases se deposita en la bolsa reservorio la cual es controlada por una válvula de sobrepresión; estos valores en comparación con los niveles normales de CO₂ exhalado en la ciudad capital que son de 25 hasta 32 mmHg (7) son muy altos, mientras que los pacientes manejados con circuito semicerrado mantienen niveles dentro de lo normal, ésto obtenido gracias a la cal sodada que capta el CO₂ exhalado y no permite la reinhalación de gases.

Es importante hacer notar que el sistema Bain, requiere de mucho más flujo de oxígeno que los manejados en el estudio para conseguir niveles de CO₂ mucho más bajos, así como la utilización del capnómetro que orienta al anestesiólogo a incrementar flujos de oxígeno para evitar hipercapnia en el paciente.

XII. CONCLUSIONES

1. Los valores promedio de CO₂ exhalado obtenidos con sistema semiabierto están elevados al ser comparados con los datos normales de PaCO₂ de la ciudad capital.
2. Con el sistema semicerrado se obtienen valores de CO₂ exhalado entre límites normales en comparación con los datos de la ciudad capital.
3. La capnometría y/o capnografía es un instrumento indispensable en el monitoreo anestésico de un paciente de cualquier edad sometido a anestesia general.
4. La gráfica de monitoreo de CO₂ exhalado con sistema semiabierto tiende a elevarse a un inicio debido a que el paciente aún no ha sido profundizado del todo, con lo cual incrementa su metabolismo y producción de CO₂.

XIII. RECOMENDACIONES

1. Debido a la estructura funcional del sistema Bain, es aconsejable utilizar flujos de oxígeno mayor a 3 litros por minuto, para evitar complicaciones en el paciente.
2. El uso del capnómetro es indispensable en ambos circuitos y en cualquier tipo de paciente, para un mejor monitoreo del mismo.
3. Es recomendable hacer uso preferiblemente del circuito semicerrado, ya que con su sistema de absorción de CO₂, permite manejar niveles de CO₂ entre límites normales y a flujos de oxígeno menores, disminuyendo el gasto elevado de anestésicos.

XIV. RESUMEN

Se llevó a efecto en sala de operaciones del departamento de anestesia del Hospital Roosevelt, el estudio sobre medición de dióxido de carbono exhalado en pacientes sometidos a dos circuitos de anestesia general. Para ello se procedió a medir CO₂ exhalado con el capnómetro a cien pacientes distribuidos 50 % para cada circuito de anestesia a utilizar; ésto durante 45 minutos a intervalos de 5 minutos cada uno durante la cirugía. La muestra fué tomada a razón de conveniencia del investigador.

Los resultados que se obtuvieron al emplear el circuito semiabierto con un flujo de 3 litros y a 20 respiraciones por minuto son valores promedio de CO₂ para las edades de 12-25 años entre 34.6 y 37.8 mmHg, 26-40 años entre 34.4 y 37.5 mmHg, no encontrándose mayor diferencia en el monitoreo de CO₂ en estas edades. Mientras que en los pacientes mayores de 56 años los valores alcanzan incluso los 40 mmHg lo cual podría atribuido a los cambios degenerativos en ésta edad, aunque no sean clínicamente evidentes pueden comprometer al paciente.

Para el circuito semicerrado los valores de CO₂ oscilan entre 24 y 26 mmHg para los primeros tres grupos, mientras que para el último intervalo de edad los valores son entre 19 y 24 mmHg.

XV. BIBLIOGRAFIA:

1. Arnold JH; Thopson-JE; Arnold-LW. ANESTHESIA CLOSER CIRCUIT INSTRUMENTATION. Medline jan 1996.
2. Arnold JR; Knox-P; Downs-JB; Smith-RA. ANESTHESIA CLOSED CIRCUIT METHODS. Medline (R) November 1995.
3. Barash, D. THE YEAR BOOK OF CLINICAL ANESTHESIA. Second edition. 1993.
4. Barash, D. HAND BOOK OF CLINICAL ANESTHESIA. Second edition 1993.
5. Bowie-JR; Knox-P; Downs-JB; Smith-RA. ANESTHESIA GENERAL Medline (R) November 1995.
6. Burnell R., Brown Jr., Casey D., Blitt, Robert W. Vaughan CLINICAL ANESTHESIOLOGY. The C.V. Mosby Company. St. Louis, Toronto 1995.
7. Cruz Gordillo, Luis Dr., Martínez Gerardo Dr. VALORES NORMALES DE GASES ARTERIALES EN LA CIUDAD DE GUATEMALA. Unidad de Neumología HGEC. IGSS. Boletín Informativo Medicina Interna. Octubre 1996.
8. Dobson Michael. ANESTESIA EN EL HOSPITAL DE DISTRITO. Publicación Científica No. 518. Washington U.S.A. 1989.
9. Goodman Gilman, Alfred. Theodore W. Rall, Alan S. Nies, Palmer Taylor. LAS BASES FARMACOLOGICAS DE LA TERAPEUTICA Octava edición. Editorial Médica Panamericana. México D.F. 1991.
10. Guyton Arthur C. GUYTON. TRATADO DE FISILOGIA MEDICA. Octava edición. Interamericana Mc Grw Hill. México 1991.
11. Mogue, L. Robert. CAPNOMETERS, JOURNAL OF CLINICAL MONITORING. Vol. 4 No. 2 April 1988.

12. Nuzzo, Philip and Anton, William. PRACTICAL APPLICATIONS OF CAPNOGRAPHY. RESPIRATORY THERAPY. November/December 1986.
13. Patiño, Luz Hidelia. CONCEPTOS BASICOS SOBRE ANESTESIOLOGIA PEDIATRICA. Colombia 1994.
14. Samayoa de León Ricardo. CONGRESO LATINOAMERICANO DE ANESTESIOLOGIA XV. Ciudad de Guatemala, Agosto 1976.
15. Sosis-MB. ANESTHESIA CLOSED CIRCUIT. Medline (R). August 1995.
16. Sosis Mitchell. ARTERIAL TO END TIDAL CARBON DIOXIDE GRADIENTS. ANESTHESIA ANALGESIA, vol. 6. No. 5 May 1988.
17. Stoeling, R.K. ADVANCES IN ANESTHESIA. Vol. 3 . Year Book Medical Publishers, Inc. Chicago 1980.
18. Watson E.H., Lowrey G.H. CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL NINO. Editorial Trillas. México 1982.
19. Ward, Susan A. THE CAPNOGRAM : SCOPE AND LIMITATIONS. Seminars in Anesthesia, vol VI, No. 3, September 1987.
20. Willye and Churchill- Davidson's . A PRACTICE OF ANESTHESIA. Edited by H.C. Churchill-Davidson. Year Book Medical Publishers, Inc. Fifth edition. Chicago 1984.

BOLETA DE RECOLECCION DE DATOS

#	EDAD	SEXO	DIAGNOSTICO	CIRCUITO	VALOR DE CO2
		M F	PREOP.	UTILIZADO	
					5 5 5 5 5 5 5 5 5
