

CAPTACION DE AGENTES ANESTESICOS ADMINISTRADOS EN FLUJOS BAJOS Y EN ANESTESIA EN CIRCUITO CERRADO

*J. ANTONIO ALDRETE

*RAÚL J. CASTILLO C.

RESUMEN:

Como es sabido el objetivo que se persigue en cualquier procedimiento anestésico es el de abolir los reflejos y provocar inconsciencia en los pacientes; estos procedimientos pueden ser influenciados por numerosos factores, así como también por los conceptos de captación y distribución por medio de los cuales la captación de un agente anestésico durante el primer minuto de anestesia, puede ser previsto y medido.

La concentración alveolar mínima (CAM) representa una concentración alveolar constante así como una concentración cerebral suficiente para producir anestesia. Ya que los anestésicos son absorbidos por los diferentes tejidos, es prácticamente imposible tratar de anestesiar solamente el cerebro; pero, si la captación del anestésico durante el primer minuto es conocida y se divide por la raíz cuadrada del tiempo, entonces la cantidad del anestésico a usarse puede ser calculada ya sea para vaporizar o inyectar en el tubo espiratorio del sistema. Asimismo si se considera la concentración requerido para producir anestesia de 1.3 CAM, y si se tiene el coeficiente de solubilidad sangre gas, y el gasto cardiaco de un paciente de 70 kgs., entonces la cantidad captada al primer minuto puede calcularse.

Otro de los problemas a considerar es el de las limitaciones de los vaporizadores, que han obligado a muchos colegas entusiastas de la anestesia de circuito cerrado, a utilizar flujos altos inicialmente; sin embargo, esto no se presenta con el vaporizador de marmita de cobre.

Se ha propuesto que el método cuantitativo sea más preciso, ya que establece una dosis unitaria la cual puede ser administrada con exactitud ajustándola a la respuesta clínica del paciente, asegurándole a este último la suficiente cantidad de anestésico en mililitros de vapor.

Palabras clave: Circuito cerrado

Contaminación de quirófanos

Flujos Bajos. Captación e anestésicos inhalatorios.

SUMMARY

It is well known that the goal in any anesthetic procedure is to obliterate all reflexes and render a patient unconscious.

The procedures may be influenced by many factors, among them are the concepts of uptake and distribution by which the absorption of an anesthetic agent can be predicted and measured.

The minimal alveolar concentration (MAC) represents a constant alveolar concentration and an adequate cerebral concentration to produce anesthesia. Because different tissues absorb anesthetic agents differently, it is practically impossible to anesthetize only the brain; but if the uptake of the anesthetic during the first minute is known and divided by the square root of time, then the amount of anesthetic to be used, either in the vaporizer or injected into the expiratory tube of the circuit, may be calculated. If one plans 1.3 MAC as the required concentration to assure anesthesia, and also considers the blood/gas solubility coefficient, the cardiac output and the body weight, then the amount of uptake during the first minutes can be estimated.

Some limitations in closed circuit anesthesia is the restricting factors of all vaporizers except the cooper kettle. These factors have motivated many practitioners of the closed system to use higher flows for the first few minutes of anesthesia, followed by closed circuit.

A quantitative method has been proposed to be more precise because it establishes a unitary dose which can be administered to the patient under certain exact conditions. Adjustments can be made according to the clinical response of the patient in order to assure the correct amount to produce anesthesia.

Key words: Anesthetic circuits: Closed circuit. Operating room pollution.

Low flow rates. Inhalatory anesthetic uptake.

*Profesor de Anestesiología.

Trabajo elaborado en el Departamento de Anestesiología de la Universidad de Alabama en Birmingham, U.S.A.

Recibido: 3 de junio de 1985. Aceptado: 30 de julio de 1985.

Sobretiros: J. Antonio Aldrete. Departamento de Anestesiología. Universidad de Alabama en Birmingham. USA.

El objetivo que se persigue en cualquier procedimiento anestésico es el de saturar el cerebro con las moléculas suficientes para abolir los reflejos y provocar inconciencia en los pacientes. Sin embargo, muchos factores pueden influenciar el proceso de administración de gases anestésicos desde el vaporizador, la ventilación alveolar, la circulación en general, antes de que la masa neuronal sea anestesiada.

Captación y Distribución. Los conceptos de captación y distribución, descritos por Severinghaus¹ y Eger,² se aplican también a la anestesia de flujos bajos y circuito cerrado; sin embargo, existen variantes que deben tomarse en consideración para entender algunas diferencias y hacer los ajustes apropiados para hacer estos procedimientos clínicamente efectivos.

Si el concepto de Severinghaus establece que "la captación de los anestésicos inhalados es una función del cuadrado del tiempo", entonces la cantidad de anestésico que un paciente capta durante el primer minuto de anestesia, puede ser previsto y medido, así como para cada minuto subsiguiente.

Con flujos altos, la concentración administrada a las vías aéreas y su diferencia con la concentración alveolar es expresada con una proporción que indica la velocidad con la que la concentración alveolar es elevada, la cual a su vez depende de otros factores como la velocidad de captación de varios tejidos; la cual se expresa con la fórmula:

$$\frac{FA}{Fi} = \frac{1 CP}{FiVA}$$

FA = Fracción Alveolar %

Fi = Fracción inspirada %

CP = Captación Pulmonar

VA = Ventilación Alveolar

Dosis: De acuerdo con Eger,² la concentración alveolar mínima (CAM) no es necesariamente una medida

precisa ni una dosis, sino que representa una concentración alveolar requerida para asegurar una concentración alveolar constante y eventualmente, una adecuada concentración cerebral suficiente para producir anestesia. Sin embargo, para alcanzar la anestesia, otros índices tienen que ser considerados, como se muestra en el cuadro I.

Aunque idealmente quisiéramos anestesiarnos solamente el cerebro, los volúmenes requeridos para ello se convierten en teóricos, ya que los anestésicos son absorbidos por el organismo en general y distribuidos a los diferentes tejidos a una velocidad variable (cuadro II). La captación por los tejidos puede calcularse empleando la siguiente fórmula:

$$U_t = \lambda B Q_t \frac{(C_a - C_t)}{PB}$$

U_t = Captación tisular

λB = Coeficiente de solubilidad sangre/tejido

Q_t = Flujo sanguíneo tisular

C_a = Concentración arterial del anestésico

C_t = Concentración tisular del anestésico

PB = Presión barométrica

CUADRO I

Factores que influncian la captación	Sitio
a) Concentración inspirada b) Volumen de Ventilación c) Efecto del segundo gas	Pulmones
d) Solubilidad e) Gasto Cardíaco f) Diferencia A-V	Sangre
i) Capacidad Tisular h) Flujo Sanguíneo	Tejidos

CUADRO III. VOLUMENES DE ANESTESICOS REQUERIDOS PARA SATURAR EL CEREBRO*

	1.3 CAM	Sangre	Sangre Gas	Sangre Cerebro	Peso Corporal en dl	ml de Agente Anestésico
Halotano	.96	×	2.4	×	15	79.49
Enflurano	2.18	×	1.78	×	15	84.40
Metoxyflurano	.20	×	12	×	15	90.0
Isoflurano	1.43	×	1.41	×	15	78.64

*Para una persona de 70 Kg. (1.5 Kg. Masa)

CUADRO IV. CAPTACION AL PRIMER MINUTO

Agente	1.3 CAM	×	Sangre Gas	×	GC	=	ml De Vapor
Halotano	.00975	×	2.4	×	5400	=	126.36
Isoflurano	.0165	×	1.4	×	5400	=	125.63
Enflurano	.0208	×	1.78	×	5400	=	199.84

Si el anestésico es vaporizado o inyectado en forma líquida dentro del tubo expiratorio del circuito, la cantidad del anestésico puede ser calculada una vez que la captación del anestésico durante el primer minuto es conocida y dividida así por la raíz cuadrada del tiempo.^{1, 3}

$$\frac{U_1}{\sqrt{t}}$$

Reconociendo que la concentración alveolar mínima (CAM) es la DE₅₀ en la cual el 50% de los pacientes reaccionan al estímulo quirúrgico, se ha aceptado que 1.3 CAM, puede aproximarse al DE₉₅ en contraste con el "CAM al despertar" en el cual los pacientes primeramente responden a estímulo verbal, o sea el 0.5 CAM para todos los agentes anestésicos. Se puede intentar calcular la cantidad captada al primer minuto; considerando el CAM requerido para producir anestesia (1.3 CAM), el coeficiente de solubilidad sangre/gas y el gasto cardiaco en una persona de 70 Kg., para varios agentes anestésicos (cuadro II).

Modos de vaporización: Independientemente del tipo de vaporizador utilizado, la cantidad total al primer minuto y a partir de éste, las dosis subsiguientes pueden ser obtenidas de acuerdo con la fórmula antes indicada.⁴

CUADRO II. AGENTES ANESTESICOS Y COEFICIENTES DE SOLUBILIDAD

	Sangre Gas	Aceite Gas	CAM %
Metoxiflurano	12.0	970	0.16
Halotano	2.4	224	0.76
Isoflurano	1.41	98	1.1
Enflurano	1.78	98	1.6
Oxido Nitroso	0.47	1.4	101.0

Si las concentraciones son calculadas proporcionalmente, con un flujo total de 5 l/min., la concentración 2% de halotano provee 100 ml. de vapor, pero con un flujo de 0.5 l/min. requiere 20% de halotano resultando en la misma cantidad de masa en mililitros administrados al circuito. Naturalmente, con flujos bajos, los cambios en la concentración tardan más tiempo en modificar la concentración alveolar.⁵ Más aún, las limitaciones encontradas en los vaporizadores de compensación, especialmente a concentraciones bajas y su insuficiencia en flujos bajos totales, impide nuestra dependencia en ellos.⁶

Este hecho ha motivado que muchos de los colegas entusiastas de la anestesia de circuito cerrado, usen anestesia a flujos altos durante los primeros 5 a 10 minutos de anestesia y de esta manera compensan las limi-

taciones impuestas por los fabricantes de los vaporizadores.

El vaporizador de marmita de cobre no tiene estas limitaciones. Las concentraciones obtenidas pueden calcularse de acuerdo a la siguiente fórmula:⁷

$$\frac{P_v}{P_B - P_v} = K \times \text{ml. de O}_2 \text{ entrando al vaporizador} =$$

$$\frac{\text{ml. anest. saliendo}}{\text{Flujo total}} = \% \times 100.$$

PV = Presión de vapor (a cierta temperatura)
PB = Presión barométrica
K = Constante

Probablemente el método cuantitativo por inyección directa, sea más preciso, tal es el propuesto por Lowe y Ernst³ que llegan a una dosis calculada, llamada "dosis unitaria" (DU) multiplicando la concentración arterial por 2 y por el gasto cardiaco, que puede ser obtenido determinando el peso del paciente y la concentración alveolar deseada.⁸

$$\begin{aligned} \text{Dosis Unitaria} &= 2 \text{ CA } Q \\ &= 2 f \text{ CAM } \times B/G \times Q \end{aligned}$$

CA

Ca

Entrega arterial por minuto (CaQ)

Dosis Unitaria

Donde:

f = Fracción de CAM deseado
CAM = Concentración Alveolar Mínima
CA = Concentración Alveolar
C_a = Concentración Arterial
B/G = Coeficiente de partición sangre/gas
Q = Gasto Cardiaco (2 Kg.^{3/4} en dl./min.)

Se ha calculado y confirmado clínicamente que la dosis unitaria puede ser administrada con cierta arbitrariedad; también se ha determinado que es efectiva para una persona de 70 Kg. como se exolice a continuación:

.6 ml. de Halotano líquido.^{6, 7}
1.0 ml. de Isoflurano
1.5 m. de Enflurano

La cual debe ser ajustada de acuerdo con la respuesta clínica del paciente; usando únicamente oxígeno como diluyente, los tiempos de inyección serían los siguientes:

Dosis No.	Intervalo	Tiempo real
1		0 minutos
2	1	1 minuto
3	3	4 minutos
4	5	9 minutos
5	7	16 minutos
6	9	25 minutos
7	11	36 minutos
8	13	49 minutos
etc.		etc.

Si se utiliza óxido nitroso, dependiendo de la concentración, los ajustes a la dosis unitaria se harán de acuerdo al CAM deseado para ser captado por el óxido nitroso, o sea $2/3$ de la DU.^{3, 4}

Sea cual fuera, el método de vaporización, de acuerdo con el flujo total, modificaciones deberán hacerse para asegurarse que los pacientes reciban la suficiente cantidad de anestésico en mililitros de vapor.⁹

REFERENCIAS

1. SEVERINGHAUS J W: *The rate of uptake of nitrous oxide in man.* J Clin Invest 1954; 33:1183.
2. EGER E I: *Anesthetic Uptake and Action.* Williams & Wilkins, Baltimore 1974, pp. 19-64.
3. LOWE H J, ERNST E A: *The Quantitative Practice of Anesthesia: Use of Closed Circuit.* Williams & Wilkins, Baltimore 1981.
4. ALDRETE J A, LOWE J H, VIRTUE R W: *Low Flow and Closed System Anesthesia.* Grune & Stratton, New York 1979.
5. ROBSON G, GILLIES D M, CULLEN W G: *Fluothane (halothane) in closed circuit anesthesia.* Anesthesiology 1959; 20:251.
6. LIN C Y: *Assessment of vaporizer performance in low flow and closed circuit anesthesia.* Anesth Analg 1980; 59:359-366.
7. ALDRETE J A: *Factores que afectan la concentración del anestésico vaporizado en marmitas de cobre.* Rev Mex Anest 1970; 18: 39-40.
8. HAMPTON L J, FLICKINGER H: *Closed circuit anesthesia utilizing known increments of halothane.* Anesthesiology 1961; 22:413.
9. ALDRETE J A: *A practical perspective on low, minimal and closed system anesthesia.* Acta Anaesth Belg (In press). 1985.