

Choque hemorrágico transoperatorio analizado por el principio de Fick

José Luis Carranza Cortés*, Miguel Angel Rivera Dinorin**, Laura Patricia Sotomayor Macin**

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue el de observar y analizar el comportamiento hemodinámico y del equilibrio del oxígeno por el principio de Fick en pacientes con choque hemorrágico transoperatorio. Se presenta un estudio prospectivo en 12 pacientes considerados como ASA IV, con edad de 33 ± 11.8 , con un peso de 77 ± 10.95 kg. La cantidad de cristaloides administrada fue de 5251.2 ± 3895 ml, coloides 1080 ± 843.80 ml, paquete globular 1340 ± 1140 ml y de plasma 1040 ± 622 ml. El sangrado transoperatorio fue de 3242 ± 496.7 ml. El comportamiento hemodinámico mostró un incremento del gasto cardíaco en la etapa basal, manteniéndose durante el transoperatorio y en la fase final. Las RPT disminuyeron en las dos primeras fases y se incrementaron en la fase final, sin repercusiones estadísticas (ANOVA), con una $p < 0.01$. El equilibrio de oxígeno mostró una DO_2 disminuida durante el evento, un VO_2 constante y un incremento en la O_2ER , sin diferencias estadísticamente significativas. Se concluye que el análisis del choque hemorrágico transoperatorio por el principio de Fick resultó adecuado y resulta ser eficaz para el conocimiento del balance entre aporte/ demanda de oxígeno en entidades clínicas como la mencionada, en las cuales el daño celular puede manifestarse de un momento a otro, con el posible fracaso multiorgánico (*Rev Mex Anest* 1998;21:243-247).

Palabras Clave: Anestesia, general; Monitoreo, método de Fick, gasto cardíaco, choque hemorrágico.

ABSTRACT

Transoperative hemorrhagic Shock studied by Fick's Principle. The aim of this study was to observe and analyze the hemodynamic behavior and oxygen balance by Fick's method in transoperative hemorrhagic shock. We present a prospective study on twelve patients, considered as ASA IV, mean age 33 ± 11.8 , 77 ± 10.95 kg weight. The amount of crystalloid administered was 5251.2 ± 3895 ml, colloids 1080 ± 843.80 ml, package red cells 1340 ± 1132 ml, and Fresh Frozen Plasma 1040 ± 622 ml. Transoperative bleeding was 3242 ± 496.7 ml. Hemodynamic behavior shows a increase in cardiac output in basal stage which continued during transoperative and final phase. Total Peripheral Resistance, decrease during the two first phases, increasing to last stage without statistic significance (ANOVA with $p < 0.01$). The oxygen balance showed a diminished DO_2 during the entire event, a constant into normal limits of VO_2 , and an increase in O_2ER without any statistic significance. This study concluded stating that management of hemorrhagic shock was adequate. The analysis by Fick's principle proved be effective to know the balance between oxygen demand/contribution in clinical entities such hemorrhagic shock, in which cellular damage can emerge in any moment, with consequent multiorgan failure (*Rev Mex Anest* 1998;21:243-247).

Key Words: Anesthesia, general; monitoring, Fick's Principle, cardiac output, hemorrhagic shock.

EL CHOQUE hipovolémico es un estado clínico en el que la perfusión tisular se torna inadecuada por pérdida de sangre, plasma, o como consecuencia de lesión del árbol vascular.

La reducción del volumen sanguíneo produce un descenso de la presión sistólica que desencadena una respuesta simpática por liberación de catecolaminas que conduce a vasoconstricción periférica, aumento de la frecuencia cardíaca y disminución del llenado ventricular. El incremento de la frecuencia cardíaca así como la mayor contractilidad, originan mayor requerimiento de oxígeno por el miocardio. La perfusión hacia órganos vitales disminuye la

Departamento de Anestesiología. Hospital Universitario de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. *Jefe del Servicio de Anestesiología. **Profesor Adjunto de Anestesiología. ***Residente del tercer año de Anestesiología. Correspondencia: José Luis Carranza Cortés. Blvd. 20 de Noviembre No. 154. Col. Valle del Sol. C. P 72165 Puebla, México.

irrigación a tejidos periféricos en un intento por preservar la función¹.

La reanimación con líquidos en las víctimas de trauma es una parte fundamental de la terapia. La meta es restaurar el volumen plasmático, aumentar el retorno venoso hacia el corazón derecho (precarga), el gasto cardiaco y la liberación tisular de oxígeno. Finalmente, la transfusión de células rojas es necesaria para restaurar los niveles de hemoglobina y la capacidad de transporte de oxígeno².

La determinación del gasto cardiaco por termodilución ha sido la piedra angular de la monitorización en anestesia y en medicina crítica. Esta determinación del gasto cardiaco puede estar influenciada por la solución infundida, la temperatura del paciente y otras características físicas del sistema de medición³. Se ha utilizado otro tipo de análisis para la medición del gasto cardiaco, como el método indirecto del principio de Fick, se obtienen resultados instantáneos y es de fácil aplicación. El método del principio de Fick, se ha comparado con la monitorización por termodilución con computadora de gasto cardiaco, llegando a concluir que existe una fuerte correlación entre estos dos procedimientos, y como fiable para la monitorización del gasto cardiaco^{4,5}.

El método indirecto del principio de Fick, analiza además del gasto cardiaco, otro tipo de variables como las del equilibrio del oxígeno, utilizando una muestra de sangre arterial y una de sangre venosa central, posteriormente se determina el contenido arterial y venoso de oxígeno, y se calcula la diferencia arterio-venosa de oxígeno. Con el conocimiento de estos valores, se calculan las siguientes variables: consumo de oxígeno, aporte de oxígeno, tasa de extracción de oxígeno y resistencias periféricas totales⁶.

El objetivo del presente estudio fue el de observar el comportamiento hemodinámico y del equilibrio de oxígeno en el paciente con choque hemorrágico transoperatorio, mediante el método del principio de Fick.

MATERIAL Y METODOS

Se presenta un estudio prospectivo, de escrutinio, observacional y longitudinal, en pacientes que presentaron choque hemorrágico transoperatorio, bajo los siguientes criterios: pacientes con choque hemorrágico evaluados por la clasificación del Colegio Americano de Cirujanos, en grado III, en donde

se contemplan pérdidas sanguíneas del 30 al 40% del volumen sanguíneo total, o de 1500 a 2000 ml, con estado Físico (ASA), grado III a IV, edad comprendida entre 10 y 60 años, en cirugía electiva o de urgencia, sin falla multisistémica, y con el conocimiento firmado de familiares. Los criterios de exclusión contemplaron a pacientes con administración de inotrópicos, con trauma craneoencefálico, con falla multiorgánica y sin el consentimiento firmado de familiares.

El paciente ingresado al estudio fue cateterizado en quirófano después de la inducción de la anestesia, colocando un catéter central en la aurícula derecha vía vena subclavia, o vía vena cefálica o basílica con abordaje en el pliegue antecubital, corroborando su colocación mediante control radiográfico, por donde se determinó la presión venosa central (PVC), y para la toma de gasometrías venosas seriadas. Se instaló además un catéter en la arteria radial previa prueba de Allen, para monitorizar la presión arterial media (PAM), y la toma seriada de gasometrías arteriales. Mediante estas tomes seriadas, se determinaron los perfiles hemodinámicos en las siguientes fases: basal, que correspondió a la primera muestra posterior a la intubación del paciente; la segunda fase se consideró como transoperatorio, y la tercera fase se consideró final, y fue al finalizar el procedimiento quirúrgico, y con el paciente aun en quirófano. Con los reportes de ambas gasometrías, se realizaron los siguientes cálculos de todas las variables estudiadas (Cuadro I).

Cuadro I. Variables y fórmulas utilizadas en el estudio

Variable	Fórmula
Contenido arterial de O ₂ (CaO ₂)	$Hb \times 1.34 \times satO_2 + PaO_2 \times .0031$
Contenido venoso de O ₂ (CvO ₂)	$Hb \times 1.34 \times satvO_2 + PvO_2 \times .0031$
Diferencia arterio-venosa de O ₂ (Da-vO ₂)	$CaO_2 - CvO_2$
Gasto cardiaco (Qt)	$125 \times \text{superficie corporal} / 8.5 \times Da-vO_2$
Disponibilidad de O ₂ (DO ₂)	$Qt \times CaO_2 \times 10$
Consumo de O ₂ (VO ₂)	$Qt \times Da-vO_2 \times 10$
Tasa de extracción de O ₂ (O ₂ ER)	$VO_2 / DO_2 \times 100$
Resistencias periféricas totales (RPT)	$79.92 \times PAM / Qt$

Cuadro II. Comportamiento hemodinámico.

Variable	Basal	Transoperatorio	Final	p < 0.01
FC (lat/min)	92.0 ± 13	97.0 ± 4.47	92.0 ± 4.47	NS
PAM (mmHg)	88.2 ± 10.49	86.4 ± 21.13	84.4 ± 21.77	NS
PVC (cm H ₂ O)	10.0 ± 4.58	9.33 ± 3.21	9.33 ± 2.10	NS
QT (L/min)	7.18 ± 1.49	6.96 ± 1.74	6.26 ± 2.42	NS
RPT (dinas cm ²)	943.12 ± 202.06	1002.11 ± 590.5	1238.15 ± 329.3	NS

Análisis de ANOVA y de diseño de bloques complementarios. Valores expresados como el promedio ± DSM

Así mismo, se registraron las variables de la frecuencia cardiaca (FC), PAM, PVC, y el gasto urinario por hora. La reposición de líquidos se realizó mediante e, siguiente esquema: perdidas insensibles: 4 ml/kg/h. + exposición quirúrgica, que se repuso de acuerdo al tipo de trauma. Esto es: trauma leve = 2 - 4 ml/kg/h, trauma moderado = 6 - 8 ml/kg/h, y trauma severo = 10 - 12 ml/kg/h. Las perdidas hemáticas fueron repuestas de la siguiente forma: pedidas de hasta el 20% del volumen sanguíneo total (VST), con soluciones cristaloides (Ringer lactado), a razón de 3 ml/1 ml de sangrado; pérdidas del 20 al 40% del VST, con coloides (polimerizado de gelatina al 3.5%), a razón de 1 ml/1 ml de sangrado, y perdidas mayores del 40% del VST, con paquete globular a razón de 1 ml/1 ml de sangrado, y plasma fresco congelado a razón de 15 ml/kg.

La inducción de la anestesia se realizó con ketamina a 2 mg/kg, diazepam a dosis de 0.200 mg/

kg, y bromuro de pancuronio a razón de 0.100 mg/kg. El mantenimiento de la anestesia se realizó con oxígeno al 100%, ketamina en infusión calculada a micro-dosis a razón de 0.040 mg/kg/min, además de bromuro de pancuronio a 0.010 mg/kg cada 30 minutos.

El método estadístico utilizado en el presente estudio, fue mediante ANOVA y diseño de bloques completamente aleatorizados a un valor de p < 0.01.

RESULTADOS

Se estudiaron un total de 12 pacientes, con estado físico IV (ASA), con una edad de 33 ± 11.81 años, con un rango de 15 a 43 años, y un peso de 77 ± 10.95 kg.

En el Cuadro II, se muestran los datos hemodinámicos obtenidos durante el análisis de las tres fases. La FC presentó un incremento en la fase transoperatoria del 5.43%, con relación al valor basal. La PAM transoperatoria y final disminuyó en un 2.04% y 4.30% respectivamente. La PVC presentó también disminución de un 6% en las mismas fases. El Qt presentó un aumento en la etapa basal y posteriormente durante el transoperatorio, y en la fase final se conservó sin evidenciar diferencia estadística. El análisis estadístico del QT presenta una suma de cuadrados de 0.45, una varianza de 0.0375, un valor de la tabla de 6.35, con una p < 0.01.

En la parte del análisis de diseño de bloques completamente aleatorizado mostró una razón F = 225.3, gl = 2 y 33, con un valor de la tabla de 6.35, con una p < 0.01. Las RPT mostraron una disminución en las dos primeras fases y un incremento en la etapa final, sin que estas diferencias fuesen estadísticamente significativas.

Cuadro III. Equilibrio de oxígeno

Variable	Basal	Transoperatorio	Final	p < 0.01
CaO ₂ (vol%)	13.07 ± 1.87	11.5 ± 2.29	13.15 ± 2.83	NS
OvO ₂ (vol%)	9.5 ± 2.11	7.5 ± 2.11	8.5 ± 2.96	NS
Da-vO ₂ (vol%)	3.67 ± 0.69	3.93 ± 1.30	4.61 ± 1.59	NS
DO ₂ (ml/min)	942.6 ± 195.3	788.2 ± 200.2	810.05 ± 349.5	NS
VO ₂ (ml/min)	254.4 ± 15.84	255.3 ± 15.89	254.6 ± 15.6	NS
O ₂ ER (vol%)	30.5 ± 7.31	34.3 ± 9.26	39.15 ± 17.06	NS
Hb (gr/dl)	8.06 ± 1.97	7.08 ± 2.26	9.56 ± 2.25	NS
Hto (%)	25 ± 5.74	22.1 ± 7.17	29.13 ± 6.51	NS

Análisis de ANOVA y de diseño de bloques complementarios. Valores expresados como el promedio ± DSM

Cuadro IV. Indicaciones quirúrgicas

Intervención quirúrgica	Nb. Pacientes
Herida penetrante de abdomen por proyectil de arma de fuego	4
Herida penetrante de abdomen por instrumento punzo cortante	4
Herida penetrante de abdomen y tórax por proyectil de arma de fuego	2
Fractura bilateral de pelvis y fémur	2
Total	12

En el Cuadro III, se presentan los datos de las variables del equilibrio del oxígeno, en los cuales se observa una disminución durante todo el evento anestésico - quirúrgico del CaO_2 . El CvO_2 mostró el mismo comportamiento de disminución, la Da-vO_2 se mantuvo en límites normales durante las tres etapas. Los valores de DO_2 durante el estudio se mantuvieron en límites que se consideran normales. El VO_2 se conservó uniforme durante las tres fases. La O_2ER se incrementó durante las fases transoperatoria y final, sin diferencias estadísticamente significativas.

Los volúmenes urinarios obtenidos durante todo el evento quirúrgico fueron de 1.93 ml/kg/h. El sangrado transoperatorio tuvo una media aritmética de $3242 \pm 496.7\text{ml}$.

La reposición de volumen fue de la siguiente manera: cristaloides $5251.2 \pm 3895\text{ml}$, polimerizado de gelatina $1080 \pm 843.30\text{ml}$, paquete globular $1340 \pm 1132\text{ml}$, y plasma fresco congelado $1040 \pm 622\text{ml}$. El tiempo anestésico-quirúrgico fue de $4.86 \pm 2.53\text{hs}$. Durante todo el evento quirúrgico no se requirió la administración de inotrópicos. Todos los pacientes del presente estudio ingresaron a la Unidad de Cuidados Intensivos.

En el Cuadro IV, se presentan las indicaciones quirúrgicas en las cuales se realizó este trabajo.

DISCUSION

Regularmente el estado de choque circulatorio se ha definido por la presencia de trastornos hemodinámicos, tales como gasto cardiaco bajo e hipotensión arterial, que repercuten en una demanda de oxígeno inadecuada que puede desencadenar sufrimiento celular. En nuestro estudio observamos, un gasto cardiaco incrementado principalmente en la etapa basal, que puede ser consecuencia del efec-

to inotrópico de la ketamina, de la reposición de volumen, dando como resultado, que existiera un comportamiento adecuado de la disponibilidad del oxígeno, que a pesar de la deplesión de la hemoglobina, y consecuentemente del contenido arterial de oxígeno, el consumo de oxígeno se mantuvo uniforme durante todo el procedimiento, que puede ser resultado de mantener el balance entre aporte y demanda, por los siguientes razonamientos: 1.- El mantener una SatO_2 y PaO_2 elevadas al administrar una FiO_2 de 100%, compensa la disminución de la hemoglobina, incrementando además el oxígeno disuelto en el plasma; 2.- El efecto inotrópico de la ketamina y la adecuada reposición de volumen, incrementan el gasto cardiaco; 3.- La tasa de extracción de oxígeno, se mantuvo incrementada para favorecer la utilización del oxígeno por los tejidos, factor que siempre acompaña al comportamiento del gasto cardiaco⁷.

Shoemaker et al⁸, demostraron que el mantenimiento de altos valores de DO_2 durante el perioperatorio, resulta ser eficaz para reducir la mortalidad postoperatoria en los pacientes de alto riesgo. Estos resultados coinciden parcialmente con lo encontrado en nuestro estudio, ya que a pesar de que no existió un incremento supra óptimo, estos valores son considerados como normales, sin presentar falla multiorgánica en la fase del postoperatorio inmediato.

El gasto cardiaco analizado mediante el principio de Fick, resultó ser un método para monitorización sencilla, además de efectiva, criterios que comparten otros autores^{9,10}, quienes comentan que este procedimiento puede suplir a la monitorización del gasto cardiaco mediante computadora por el método de termodilución, para lo cual se requiere mayor tecnología, pudiendo presentar mayores sesgos en los resultados, y un aumento significativo en los costos.

A la luz de lo expuesto, proponemos este método de monitoreo, que a diferencia de otros está al alcance de nuestro medio hospitalario, no necesitando de un entrenamiento especial por parte del anestesiólogo, y los resultados obtenidos son fiables

Concluimos mencionando que el análisis hemodinámico y del equilibrio del oxígeno mediante el principio de Fick, resultó ser de utilidad, ya que nos ofrece la oportunidad de conocer de una forma más objetiva cual es el comportamiento del balance entre aporte/demanda de oxígeno, sobre todo en entidades clínicas en las cuales el daño celular puede manifestarse de un momento a otro, como lo

es en el paciente con choque hemorrágico transoperatorio.

REFERENCIAS

1. Baskett PTJ. Management of Hipovolaemic Shock. *BMJ* 1990;300:453-457.
2. Falk JL, O'Brien JF, Keer R. Fluid resuscitation in traumatic hemorrhagic shock. In: Carlson RW, Geheb MH: Fluid Resuscitation of the Critically ill. Critical Care Clinics. 1a. Ed. Philadelphia, WB Saunders Co 1992, pp 323- 340
3. Wetzel RC, Latson TW. Major errors in thermodilution cardiac output measurement during rapid volume infusion. *Anesthesiology* 1985;62:684- 687
4. Konishi T, Nakamura Y, Morii M, Himura Y, Kumada T, Kaway Ch. Comparison of thermodilution and Fick methods for measurement of cardiac output in tricuspid regurgitation. *Am J Cardiol* 1992;70:538-539.
5. Keinamen O, Takala J, Kari A. Continuous measurement of cardiac output by the Fick principle: Clinical validation in intensive care. *Crit Care Med* 1992;20:360-365.
6. Quinn TJ, Weissman Ch, Kemper N. Continual trending of Fick variables in the critically Patients. *Chest* 1991;99:703-707.
7. Weissman C, Kemper M. The oxygen uptake/oxygen delivery relationship during ICU interventions. *Chest* 1991;99:430-435.
8. Shoemaker WC, Appel PL, Kramm HB. Prospective trial of supranormal values of survivors as therapeutic goals in high risk surgical patients. *Chest* 1988;94:1176-1186.
9. Baxley WA, Candever JB, Knoblock J. Cardiac output monitoring by the Fick method. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1993;28:89-92.
10. Elizalde - López J. Monitoreo transoperatorio en la paciente de alto riesgo: Una alternativa. *Rev Mex Anest* 1993;16:25-30.