

Efectos de la Hipotermia sobre la Extracción y el Balance de Oxígeno en Pacientes de Alto Riesgo Sometidos a Cirugía Mayor No Cardíaca

Gustavo Lugo Goytia*, Rafael H.R. Zamora Meraz[§], Víctor Manuel Esquivel Rodríguez*

RESUMEN

Con el propósito de investigar el efecto de la hipotermia no intencional (HNI) durante anestesia sobre la capacidad de extracción tisular de O_2 (EO_2) y el balance de O_2 (BO_2), se analizaron los datos clínicos, de transporte y utilización de O_2 de 15 pacientes de alto riesgo que desarrollaron HNI y se compararon con los 12 pacientes que se mantuvieron normotérmicos (N). Todos los pacientes fueron monitorizados por medio de un catéter de flotación pulmonar con termistor y recibieron anestesia inhalada a base de enflurano o isoflurano. Un nivel crítico de aporte de O_2 (DO_{2c}), consumo de O_2 (VO_{2c}) y extracción de O_2 (EO_2) fue determinado para cada paciente utilizando un método de regresión "dual line" por mínimos cuadrados. El DO_{2c} no fue diferente entre los pacientes con HNI y N (385 ± 58 vs 328 ± 58 , p. ns). Sin embargo, la EO_2 fue significativamente menor en los pacientes con HNI (19 ± 3 vs 29 ± 4 , $p < 0.001$). Los pacientes con HNI mostraron un mayor compromiso en el EO_2 que los pacientes N, reflejado por un mayor gradiente AV de pH (0.04 ± 0.01 vs 0.01 ± 0.008 , $p < 0.01$). Nuestros resultados sugieren que la HNI durante anestesia se asocia con una disminución en la EO_2 y un compromiso en el BO_2 , reflejando probablemente, alteraciones en la función del endotelio vascular. El mantenimiento de condiciones de normotermia en esta población de pacientes de alto riesgo puede representar una medida importante para la optimización de su BO_2 durante anestesia.

Palabras Clave: Anestesia, Aporte de oxígeno, Cirugía mayor no cardíaca, Extracción de oxígeno, hipotermia.

Trabajo Realizado en el Departamento de Anestesiología y Medicina Crítica. Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán", México D.F. *Médico Anestesiólogo del Hospital General Dr. Manuel Gea González. [§]Jefe del departamento de Anestesiología del Hospital General Dr. Manuel Gea González. *Médico Anestesiólogo del Hospital General Dr. Manuel Gea González. Correspondencia: Gustavo Lugo Goytia. Departamento de Anestesiología. Hospital General "Manuel Gea González". Calzada de Tlalpan 4800, Tlalpan. 14000. México D.F.

SUMMARY

THE HYPOTHERMIA EFFECTS ON THE EXTRACTION AND BALANCE OF O_2 IN HIGH RISK PATIENTS DURING NON-CARDIAC MAJOR SURGERY

With the purpose of investigating the effect of non-intentional hypothermia (NIH) during anesthesia on the capacity of tissue oxygen extraction EO_2 and O_2 balance (O_2B), the clinical data and the data on O_2 delivery and utilization of 15 high-risk patients who developed NIH were analyzed and compared with those of 12 patients who remained normothermic (N). All the patients were monitored using a pulmonary catheter with thermistor, and received inhaled anesthesia. A critical level of O_2 delivery (DO_{2c}), O_2 consumption (VO_{2c}) and extraction EO_2 were determined for each patient by means of a least-square-dual-line regression method. DO_{2c} did not differ among patients with NIH and N (385 ± 58 vs 328 ± 58 , p. ns). However, EO_2 was significantly lower in patients with NIH (19 ± 3 vs 29 ± 4 , $p < 0.001$). A greater compromise in O_2B was observed in patients with NIH than in N patients by a higher AV p gradient (0.04 ± 0.01 vs 0.01 ± 0.008 , $p < 0.01$). Our results suggest that NIH during anesthesia is associated with reduction in oxygen extraction capacity and a compromise in O_2B , probably reflecting alterations in the vascular endothelium function. The maintenance of normothermic conditions in high risk patients may represent an important measure for optimizing their O_2B during anesthesia.

Key Words: Anesthesia, oxygen apport, oxygen extraction; hypothermia

El desarrollo de falla orgánica múltiple representa en la actualidad una de las causas más importantes de mortalidad postoperatoria en el paciente quirúrgico de alto riesgo. Un déficit de oxigenación tisular ha sido propuesto por algunos investigadores como un factor importante en el desa-

rollo de lesión celular, disfunción orgánica y falla orgánica¹. Recientemente, Shoemaker et al.² demostraron que la magnitud de la deuda de oxígeno durante anestesia, es un determinante importante de falla orgánica y mortalidad postoperatoria en esta población de pacientes.

Ante una demanda metabólica de O₂ estable, una disminución en el suministro de O₂ a los tejidos se acompaña de un incremento en la tasa de extracción de O₂ para mantener el consumo de O₂. El mecanismo responsable de esta respuesta consiste en un proceso activo en el cual el reclutamiento de capilares reduce la vía de difusión del O₂ y aumenta el área para la difusión, incrementando de esta forma la eficiencia en la extracción de O₂³. Recientemente se ha demostrado que el endotelio vascular juega un papel importante en esta respuesta vascular y por lo tanto en el mantenimiento de el balance de O₂ de los tejidos. El óxido nítrico derivado del endotelio y la prostaciclina son mediadores importantes de esta respuesta, ya que la inhibición de su síntesis se asocia con una reducción significativa en la capacidad de extracción de O₂ de los tejidos ante una limitación en el suministro de O₂⁴.

La hipotermia no intencional o inadvertida es frecuente en el paciente quirúrgico de alto riesgo sometido a cirugía mayor no cardíaca. Debido a que la hipotermia disminuye la actividad metabólica y por lo tanto la demanda de O₂ de los tejidos, podría asumirse razonablemente, que los requerimientos de aporte de O₂ necesarios para mantener el balance de O₂, deben ser menores que bajo condiciones de normotermia. Lo anterior implica que la eficiencia en la extracción de O₂ debe de mantenerse en niveles similares a los observados durante normotermia. Sin embargo aunque poco se conoce sobre los efectos de la hipotermia sobre la extracción de O₂, dos estudios recientes permiten avanzar la hipótesis de que la hipotermia disminuye la eficiencia en la extracción de O₂ de los tejidos y que por lo tanto puede comprometer el balance de O₂ de estos. El primero, realizado por Kei et al.,⁵ demuestra una disminución en el consumo de O₂ asociado a un aumento en los niveles de lactato en pacientes sometidos a cirugía de corazón bajo by-pass cardiopulmonar hipotérmico. El segundo, de Nandate et al.,⁶ demuestra que la hipotermia moderada en cirugía cardíaca altera la producción de óxido nítrico, un regulador importante involucrado en la respuesta vascular a las alteraciones en el suministro de O₂ a los tejidos.

El propósito de este estudio fue el de investigar los efectos de la hipotermia sobre la extracción y

el balance de O₂ en pacientes quirúrgicos de alto riesgo sometidos a cirugía mayor no cardíaca.

MATERIAL Y METODOS

Analizamos en forma retrospectiva la base de datos clínicos y hemodinámicos de pacientes quirúrgicos de alto riesgo sometidos a cirugía en el Instituto Nacional de Nutrición Salvador Zubirán durante el periodo de marzo de 1988 a mayo de 1993.

Fueron seleccionados los pacientes que cursaron con normotermia o hipotermia y que además reunían los siguientes criterios: 1.- Un mínimo de 5 determinaciones hemodinámicas completas durante anestesia; 2.- Amplio rango de niveles de aporte de oxígeno con una variación igual o mayor a 500 ml/min/m², y 3.- Mantenimiento anestésico con un agente inhalado: isoflurano o enflurano.

Hipotermia no intencional fue definida como una temperatura central promedio durante anestesia, igual o menor a 35 grados Celcius. Normotermia fue definida como una temperatura central promedio durante anestesia, igual o mayor a 36 grados Celcius e igual o menor a 37.5 grados Celcius.

Fueron eliminados del estudio los pacientes con diagnóstico de cirrosis hepática, sepsis y choque séptico.

Los pacientes fueron monitorizados por medio de un catéter de flotación pulmonar con termistor para realizar determinaciones de presiones intravasculares y gasto cardíaco por termodilución. El catéter pulmonar

Cuadro I
Características clínicas de los pacientes hipotérmicos y normotérmicos

Variable	Normotérmico	Hipotérmico
Edad (años)	67 ± 10	65 ± 8
Sexo (M/F)	7/5	9/6
ASA(III/IV)	4/8	5/10
Comorbilidad*		
Cardiovascular (%)	100	100
Respirator	60	75
Renal (%)	10	18
Cáncer (%)	60	70
Sangrado (ml)	950 ± 370	1100 ± 450
Dobutamina (µg/kg/min)	7.5 ± 4	9.8 ± 5
Duración Cirugía (hr)	4.5 ± 1.2	5.1 ± 2

* el porcentaje total es mayor del 100% debido a que varios pacientes presentaron dos o más condiciones

fue colocado el día previo a la cirugía en la unidad de cuidados intensivos bajo guía de la curva de presiones y su adecuada colocación se confirmó posteriormente por medio de estudio radiológico. Otro catéter fue colocado en la arteria radial para determinaciones de gases de sangre y monitoreo de la presión arterial. El gasto cardiaco se determinó por el método de termodilución, utilizando bolos de 10 ml de solución de dextrosa helada. Los valores reportados representan el promedio de tres determinaciones consecutivas con una variación menor al 5%. Junto con cada determinación de gasto cardiaco se midieron presiones intravasculares y se tomaron muestras para determinación de gases en sangre arterial y en sangre venosa mezclada de la arteria pulmonar; para determinaciones de presiones de oxígeno, CO₂, saturaciones de O₂, pH y hemoglobina.

La temperatura central fue determinada considerando la medición del termistor colocado en la punta del catéter pulmonar. Los parámetros hemodinámicos y de oxigenación fueron determinados a través de fórmulas estándar utilizando una calculadora programable.

Los pacientes fueron premedicados 60 a 90 minutos antes de la cirugía con una benzodiacepina. Previa preoxigenación y precurarización con pancuronio, se realizó la inducción de la anestesia con etomidato (0.3 mg/kg IV) y fentanyl (.001 mg/kg IV). Succinilcolina (1 mg/kg IV) se administró para facilitar la intubación de la tráquea y posteriormente se inició ventilación mecánica utilizando un volumen corriente de 12 ml/kg, ajustando la frecuencia respiratoria para mantener normocapnea.

La anestesia fue mantenida con un agente inhalado (enflorano o isoflorano) a una concentración de 0.7 a 1.5% de acuerdo a las condiciones anestésicas del paciente.

La relajación muscular fue mantenida con pancuronio en todos los pacientes. La FIO₂, PECO₂, ECG, presión arterial, SaO₂ y temperatura fueron monitorizadas en forma continua. Durante la anestesia fueron realizadas múltiples determinaciones hemodinámicas y de oxigenación con intervalos de 30 a 45 minutos o más frecuentemente dependiendo de las condiciones hemodinámicas del paciente. Fueron administradas además, soluciones, sangre, inotrópicos y vasopresores de acuerdo a las condiciones y evolución de cada paciente con el propósito de mantener el índice cardiaco y el DO₂ en valores similares o mayores a los basales preoperatorios.

Análisis estadístico: Un método de regresión "dual-line"⁷ fue utilizado para determinar el nivel de

Cuadro II
Valores promedio de las variables de transporte y utilización de oxígeno para los dos grupos

	Normotermia		Hipotermia	
	Basal	Anestesia	Basal	Anestesia
Temp (°C)	36.5 ± 0.3	36.4 ± 0.3	36.5 ± 0.2	34.1 ± 0.4**
I.C (L/min/m ²)	2.8 ± 0.3	3.0 ± 0.8	2.9 ± 0.3	2.9 ± 0.9
CaO ₂ (ml/dl)	16 ± 1.7	16.5 ± 1.3	16.3 ± 3.5	16.4 ± 4.2
SvO ₂ (%)	74 ± 2	79 ± 3*	73 ± 6	84 ± 3**
DO ₂ (ml/min/m ²)	455 ± 54	495 ± 115	481 ± 87	500 ± 126
VO ₂ (ml/min/m ²)	123 ± 9	108 ± 12*	125 ± 7	80 ± 16**
EO ₂ (%)	27.1 ± 2.4	22.6 ± 4.3*	26.8 ± 5.1	16.3 ± 5.2**
AV pH (U)	0.01 ± 0.009	0.01 ± 0.018	0.01 ± 0.008	0.04 ± 0.02**

Temp: temperatura; I.C: índice cardiaco; CaO₂: contenido arterial de oxígeno; SvO₂: saturación de oxígeno en sangre venosa mezclada; DO₂: aporte de oxígeno; VO₂: consumo de oxígeno; EO₂: extracción de oxígeno; AVpH: gradiente arterio-venoso de pH. * p < 0.05 con respecto al basal preoperatorio; ** p < 0.05 normotermia vs hipotermia

aporte crítico de O₂ en cada paciente a partir de la gráfica de VO₂ vs DO₂. Regresión lineal por mínimos cuadrados fue utilizada para calcular la recta de mejor ajuste de la relación VO₂/DO₂ tanto en la porción flujo dependiente como en la porción flujo independiente. El punto de intersección de las dos líneas de regresión definió el punto de DO₂ crítico y el correspondiente VO₂ crítico. La extracción crítica de O₂ fue calculada como la razón de VO₂ sobre DO₂ a nivel del DO₂ crítico.

Las comparaciones entre los dos grupos se realizaron por medio de la prueba t de student para muestras independientes después de confirmar homogeneidad de varianzas. El promedio de las determinaciones de los parámetros de transporte y utilización de O₂ durante anestesia se estimó utilizando el área bajo la curva de acuerdo al método sugerido por Pocock⁸. Análisis de varianzas seguido por pruebas de t con corrección de Bonferroni para comparaciones múltiples, fue utilizado para las comparaciones intergrupo e intragrupo. Un valor p < 0.05 fue considerado como estadísticamente significativo. Los valores son expresados como la media ± DE.

RESULTADOS

Los datos demográficos y clínicos de los pacientes se muestran en el Cuadro I. Los dos grupos fueron similares en cuanto su condición clínica preoperatoria y manejo anestésico. Los requerimientos de líquidos, sangre y aminos no fueron diferentes en forma signifi-

cativa entre los dos grupos. La duración de la cirugía fue mayor en los pacientes hipotérmicos, sin embargo, la diferencia no alcanzó significancia estadística (también fueron mayores el sangrado la dosis de dobutamina y la duración de cirugía).

El Cuadro II muestra los promedios de la variables de oxigenación para los dos grupos bajo condiciones basales y durante anestesia. No hubo diferencias en los valores de los parámetros de oxigenación entre los dos grupos en condiciones basales. Durante anestesia el índice cardiaco el DO_2 y el contenido arterial de O_2 se mantuvieron prácticamente sin cambios con respecto a los valores preoperatorios. En ambos grupos se observó una disminución significativa en el VO_2 y en la extracción de O_2 con respecto a los valores preoperatorios; sin embargo, el gradiente AV de pH se incremento en forma significativa únicamente en los pacientes que desarrollaron hipotermia durante anestesia. No se observó diferencia entre los dos grupos con respecto al índice cardiaco, DO_2 y contenido arterial de O_2 . El VO_2 y la ExtO_2 fueron significativamente menores en los pacientes hipotérmicos. Además este grupo de pacientes mostró valores mas altos de SvO_2 y gradiente AV de pH que el grupo de pacientes normotérmicos.

El nivel DO_{2c} pudo ser determinado únicamente en 12 de los 15 pacientes hipotérmicos y en 9 de los 12 pacientes normotérmicos, debido a que en estos 6 pacientes o no se encontró relación entre el DO_2 y el VO_2 o la relación fue lineal para todo el rango de niveles de aporte de O_2 analizados. Los resultados del DO_{2c} y la EO_{2c} para los pacientes analizados se muestra en el cuadro III.

El DO_{2c} obtenido en los pacientes hipotérmicos no fue diferente al obtenido en los pacientes normotérmicos aún cuando el VO_2 crítico fue significativamente menor. La extracción de O_2 determinada a nivel del DO_{2c} fue significativamente menor para los pacientes hipotérmicos.

DISCUSION

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de la hipotermia inadvertida o no intencional sobre la capacidad de extracción tisular de O_2 y el balance de O_2 en pacientes de alto riesgo sometidos a cirugía mayor no cardiaca. Los principales hallazgos del presente estudio: una menor capacidad de extracción de O_2 y un mayor compromiso en el balance de O_2 , reflejado por un mayor gradiente AV de pH, en los pacientes que cursaron con hipotermia durante anestesia.

Cuadro III
Valores de los parámetros de oxigenación a nivel del DO_2 crítico

	DO_{2c} (ml/min/m ²)	VO_{2c} (ml/min/m ²)	EO_{2c} (%)
Hipotermia	385 ± 68	72 ± 7*	19 ± 3*
Normotermia	328 ± 58	94 ± 11	29 ± 4

* $p < 0.001$ hipotermia vs normotermia

Excluimos del estudio pacientes con cirrosis hepática, síndrome séptico y choque séptico debido a que es sabido que estas condiciones se asocian con alteraciones importantes en la capacidad de extracción tisular de O_2 ^{9,10}. También restringimos nuestros criterios de inclusión a pacientes con más de 5 determinaciones hemodinámicas completas y amplio niveles de aporte de oxígeno, ya que de otra forma hubiera sido imposible poder determinar un nivel crítico de aporte y extracción de O_2 para cada paciente.

En cuanto a la restricción para el tipo de agente anestésico utilizado, pensamos que era importante debido a que algunos anestésicos intravenosos alteran de manera diferente la capacidad de extracción de O_2 en comparación con los anestésicos inhalados¹¹. De esta forma, las alteraciones observadas en la extracción de O_2 pueden explicarse con mayor confianza con base en la diferente condición térmica de los pacientes, ya que el efecto de ambos anestésicos inhalados es muy similar sobre la capacidad de extracción de O_2 .

Por otro lado, el índice cardiaco y el DO_2 durante anestesia se mantuvieron en niveles similares o discretamente por arriba de los basales preoperatorios sin que fuera observado efecto depresor cardiovascular esperado de los anestésicos inhalados utilizados. Lo anterior fue debido a la utilización de dobutamina y en algunos casos a la combinación de dobutamina y dosis bajas de dopamina con el propósito de mantener el gasto cardiaco y el DO_2 en valores similares o mayores a los preoperatorios.

A ese respecto, estudios recientes han demostrado que la infusión de catecolaminas tiene una influencia importante sobre el balance de O_2 ¹² y, de esta forma, eso podría cuestionar nuestros resultados con respecto al efecto de la hipotermia sobre la extracción de O_2 . Sin embargo, pensamos que es poco probable que los cambios observados en la capacidad de extracción de O_2 en los pacientes hipotérmicos, pudieran explicarse solo con base en el efecto de las catecolaminas, debido a las siguientes razones: el

porcentaje de pacientes que recibió apoyo con catecolaminas fue similar en ambos grupos, así como la dosis promedio. Por lo tanto, el incremento en la demanda metabólica de O_2 debido al efecto calorígeno de las catecolaminas se esperaba a que hubiera sido similar para los dos grupos.

Por otro lado un estudio reciente¹³ ha demostrado que la administración de catecolaminas produce un aumento en el nivel crítico de DO_2 debido a un aumento en la demanda metabólica de O_2 . Sin embargo, en este estudio, la capacidad de extracción de O_2 no se vio alterada por la infusión de catecolaminas lo que hace poco probable que las diferencias encontradas entre los dos grupos con respecto a la extracción crítica de O_2 pudiera estar determinada únicamente por la administración de estas drogas.

Bajo condiciones fisiológicas, conforme el aporte sistémico de O_2 disminuye, el VO_2 se mantiene relativamente constante para un amplio rango de valores de DO_2 debido a un incremento en la extracción tisular de O_2 . Cuando el DO_2 disminuye más allá de un valor crítico, la extracción de O_2 es menos eficiente para compensar la caída en el DO_2 , de tal manera que el VO_2 se hace dependiente del DO_2 . Esta llamada flujo dependencia ha demostrado que se asocia con el desarrollo de metabolismo anaeróbico, reflejado por acidosis láctica y aumento en el gradiente AV de pH¹⁴. Este nivel crítico de DO_2 es determinado por dos factores: la demanda metabólica de O_2 y la capacidad de extracción tisular de O_2 . De esta forma se esperaba que al disminuir la demanda metabólica de O_2 en los pacientes hipotérmicos, su nivel crítico de DO_2 hubiera sido menor que el de los pacientes normotérmicos de haberse mantenido la eficiencia en la extracción de O_2 . Sin embargo, nuestros resultados mostraron un comportamiento diferente; la principal razón para este comportamiento, fue una disminución en el valor de la pendiente de la relación VO_2/DO_2 , que es un reflejo de la eficiencia en la extracción de O_2 ¹⁵.

Aunque resultados similares han sido obtenidos en modelos experimentales en animales por Cain¹⁶, no existen, hasta donde tenemos información, datos en humanos que demuestren un comportamiento similar. De esta forma, nuestros resultados sugieren que la temperatura es también, un determinante importante en la regulación de la extracción de O_2 por los tejidos en humanos bajo condiciones anestésicas.

La capacidad de extracción de O_2 del organismo esta íntimamente relacionada con el tono vascular y la densidad capilar efectiva¹⁷. El control normal de la microcirculación y la oxigenación de los tejidos implica un delicado balance de señales vasoconstrictoras

y vasodilatadoras, y un exceso de cualquiera de ellas puede llevar a un desajuste en el balance de O_2 ¹⁸. Así por ejemplo, ha sido reportado que la vasodilatación después de la administración de dopexamina, afecta en forma significativa la extracción de O_2 en modelos experimentales¹⁹. La fenoxibenzamina, un antagonista de receptores alfa adrenérgicos, también disminuye la extracción de O_2 en animales sometidos a hemorragia²⁰. Otro estudio experimental en animales ha demostrado que la extracción de O_2 durante hemorragia se ve afectada en forma importante, por diferentes agentes anestésicos y que el grado de compromiso en la extracción correlaciona con el efecto vasodilatador de estos agentes¹¹.

Por otro lado, en los últimos años una gran cantidad de información sugiere que el endotelio vascular sintetiza un gran número de compuestos que pueden afectar el tono vascular²¹. Entre estos compuestos destacan la prostaciclina, el óxido nítrico y el factor de necrosis tumoral alfa, factores cuya síntesis puede verse afectada por la disponibilidad de O_2 y el trauma a los tejidos, entre otros factores.

Estudios recientes han demostrado que el bloqueo de la síntesis de los vasodilatadores, óxido nítrico y prostaciclina, causan una disminución significativa en la capacidad del músculo esquelético del perro para extraer O_2 ante una limitación en el suministro de O_2 ⁴. De esta forma, el endotelio vascular puede ser considerado como un órgano que juega un papel fundamental en la regulación del balance de O_2 ante diferentes insultos que tienen como vía final común una limitación en el suministro de O_2 a los tejidos. En este sentido, la disminución en la capacidad de extracción de O_2 observada en nuestros pacientes hipotérmicos, puede ser explicada por una disminución en la actividad metabólica del endotelio vascular y la producción de citocinas reguladoras. Esta hipótesis se ve apoyada por las observaciones recientes de Nandate et al.⁶ en pacientes sometidos a cirugía de corazón bajo condiciones de hipotermia moderada.

La hipotermia disminuye la actividad metabólica de los tejidos y por lo tanto la demanda de oxígeno de los mismos; esta disminución en la demanda metabólica de O_2 durante anestesia podría ofrecer un efecto protector, ya que el disminuir los requerimientos de aporte de O_2 necesarios para cubrir esta menor demanda metabólica de O_2 podría, permitir una mayor tolerancia a los estados de bajo flujo o hipoxia. Sin embargo, nuestros resultados no permiten apoyar esta hipótesis, debido a que las alteraciones en la capacidad de extracción de O_2 producidas por la hipotermia se asociaron a evidencia de compromiso

en el balance de O_2 reflejado por un incremento significativo en el gradiente AV de pH. De esta forma, parecería que los pacientes que cursaron con hipotermia inadvertida durante anestesia, muestran mayor susceptibilidad a desarrollar un déficit de O_2 , que los pacientes que se mantienen normotérmicos. Nuestros resultados se ven apoyados por las observaciones recientes de Kei et al.⁵, cuyos datos demuestran una disminución en el VO_2 asociada a un incremento en los niveles de lactato en pacientes sometidos a cirugía cardíaca bajo condiciones de hipotermia.

Desde el punto de vista clínico estos resultados pueden ser importantes, especialmente debido a que ha sido postulado recientemente por varios investigadores que un déficit de oxigenación durante anestesia es un determinante de falla orgánica y mortalidad postoperatoria en el paciente quirúrgico de alto riesgo¹.

En conclusión nuestros resultados sugieren que la hipotermia inadvertida puede tener una influencia negativa sobre la capacidad de extracción tisular de O_2 y el balance de O_2 en pacientes de alto riesgo, sometidos a cirugía bajo anestesia general inhalada.

El mantener condiciones de normotermia en esa población de pacientes, puede representar una maniobra importante para optimizar el balance de oxígeno y potencialmente disminuir la morbilidad y/o mortalidad postoperatoria.

REFERENCIAS

1. Shoemaker WC, Appel PL, Kram HB, Waxman NK, Lee TS. Prospective trial of supranormal values of survivors as therapeutic goals in high risk surgical patients. *Chest* 1988; 94:1176-1184.
2. Shoemaker WC, Appel PL, Kram HB. Tissue organ debt as a determinant of lethal and non-lethal postoperative organ failure. *Crit Care Med* 1988; 11:1123-1126.
3. Granger HJ, Goodman AH, Granger DN. Role of resistance and exchange vessels in local microvascular control of skeletal muscle oxygenation in the dog. *Cir Res* 1976; 38: 379-385.
4. Curtis SE, Vallet B, Winn MJ, Caufield JB, King CE, Chapler CK, Cain SM. Role of the vascular endothelium in O_2 extraction during progressive ischemia in canine skeletal muscle. *J Appl Physiol* 1995; 79: 1351-1360.
5. Kei Y, Irita K, Taniyama T, Kandabashi T, Takahashi S. Oxygen debt during hypothermic cardiopulmonary bypass. *Anesthesiology* 1995; 83: A140.
6. Nandate K, Koga K, Sato T, Shigematsu A. Mild hypothermia during CBP impairs endogenous nitric oxide production. *Anesthesiology* 1995; 83: A128.
7. Samsel RW, Schumacker PT. Determination of the critical O_2 delivery from experimental data: sensitivity to error. *J Appl Physiol* 1988; 64: 2047-2082.
8. Pockock SJ. *Clinical trials: a practical approach*. Chichester, England: J. Wiley, 1983: 231-233.
9. Kaufman B, Rackow EC, Falk JL. Relationship between oxygen delivery and consumption during fluid resuscitation of hypovolemic and septic shock. *Chest* 1984; 85: 336-340.
10. Samsel RW, Nelson DP, Sanders WM, Schumacker PT. Effect of endotoxin on systemic and skeletal muscle O_2 extraction. *J Appl Physiol* 1988; 65: 1377-1382.
11. Van der Linden P, Gilbert E, Engelman E, Schmartz D, Vincent JL. Effect of anesthetic agents on systemic critical O_2 delivery. *J Appl Physiol* 1991; 71: 83-93.
12. Ruttiman Y, Shutz Y, Jequier E. Thermogenic and metabolic effects of dopamine in healthy men. *Crit Care Med* 1991; 19: 1030-1036.
13. Revelly JP, Gardaz JP, Nussberger J, Schutz Y, Chioléro R. Effect of epinephrine on oxygen consumption and delivery during progressive hemorrhage. *Crit Care Med* 1995; 23: 1272-1278.
14. Zhang H, Vincent JL. Arteriovenous difference in P_{CO_2} and pH are good indicators of critical hypoperfusion. *Am Rev Respir Dis* 1993; 148: 867-871.
15. Cain SM. Supply dependence of oxygen uptake in ARDS: Myth or reality. *Am J Med Sci* 1984; 288: 119-124.
16. Cain SM, Bradley WE. Critical O_2 transport values at lowered body temperature in rats. *J Appl Physiol* 1983; 55: 1713-1717.
17. Beer G, Younce LR. Blood flow, oxygen uptake, and capillary filtration in resting skeletal muscle. *Am J Physiol* 1972; 223: 492-498.
18. King CE, Cain SM. Adrenergic and local control of O_2 uptake during and after severe hypoxia. *J Appl Physiol* 1986; 61: 1920-1927.
19. Cain SM, Bredle DL. Actions of a dopaminergic and beta-2 adrenergic agonist on O_2 extraction by canine skeletal muscle. *Adv Exp Med Biol* 1990; 277: 569-575.
20. Cain SM. Effects of time and vasoconstriction tone on O_2 extraction during hypoxic hypoxia. *J Appl Physiol* 1979; 45: 219-224.
21. Vanhoutte PM. Other endothelium derived vasoactive factors. *Circulation* 1993; 87 suppl: 9-17.