

HEMODINAMIA, TRANSPORTE Y CONSUMO DE OXIGENO EN PACIENTES CORONARIOS CON CIRCULACION EXTRACORPOREA

*JORGE ROMERO

**FRANCISCO JAVIER CISNEROS

***PASTOR LUNA O.

*FRANCISCO JAVIER MOLINA

*MA. CARMEN LESPRÓN

*OCTAVIO GONZÁLEZ-CHON

RESUMEN

Estudiamos 10 pacientes programados para revascularización coronaria con circulación extracorpórea, con función ventricular aceptable $FE > 0.4\%$ y anestesia con isoflurano, fentanil y O_2 al 100%. Se determinaron variables hemodinámicas y gasométricas así como Hb y HT para obtener IC, RVS, RVP, DO_2 y TEO_2 , antes y después de la CEC, al cierre del esternón, al ingreso a la UCI 2 y 6 horas después. Observamos un incremento en la FC ($P < 0.05$) y del IC, con una disminución en el DO_2 y VO_2 al final de la CEC. El IC y el DO_2 disminuyeron, mientras que el VO_2 aumentó al ingreso y durante la estancia en la UCI ($P < 0.05$). Concluimos que la hemodinamia no refleja la estabilidad circulatoria, ya que ocurren cambios microcirculatorios aún con variables hemodinámicas y respiratorias normales.

Palabras clave: anestesia cardíaca; oxígeno transporte, consumo, circulación extracorpórea, hemodinamia.

SUMMARY

We studied ten patients scheduled for elective coronary bypass with cardiopulmonary bypass and good ventricular performance $FE > 0.4\%$. They received isoflurane and fentanyl anesthesia with O_2 100%. The hemodynamic and gasometric parameters was performed the HB and HT. Was recorded or obtained CI, SVR, PVR, DO_2 , VO_2 and O_2E , before and after cardiopulmonary bypass, in the chest wall closure, on arrival to intensive care unit and intervals of 2 hrs and 6 hrs after admission to UCI. The results observed showed a increased in HR ($P < 0.05$) and CI with a decreased ($P < 0.05$) and VO_2 increased in admission and during permanence in UCI. This results showed that the microcirculatory changes occurred, despite normal cardiovascular and respiratory variables.

Key words: Cardiac anesthesia; oxygen, delivery, consumption, cardiopulmonary bypass, hemodynamics.

INTRODUCCION

En la cirugía de los pacientes coronarios, la Frecuencia cardíaca (FC), la presión venosa central (PVC), la presión en cuña pulmonar (PCP) y el gasto cardíaco (GC), se utilizan convencionalmente para evaluar el volumen sanguíneo y la función circulatoria.^{1, 2, 3}

La vasta mayoría de los catéteres instalados en las

arterias sistémica y pulmonar son utilizados para efectuar mediciones de flujo, volumen y presión, pero no proporcionan información más precisa del estado de la microcirculación^{1, 3, 4, 5} y por ende, estas variables no reflejan la perfusión tisular.

Actualmente se acepta que la medición del transporte (DO_2), consumo (VO_2) y extracción de oxígeno (TEO_2), son los métodos más confiables para conocer el

*Médico Adscrito al Depto. de Anestesia.

**Médico Residente del Depto. de Anestesia.

***Jefe del Depto. de Anestesia.

Recibido: 30 de agosto de 1990. Aceptado: 14 septiembre 1990.

Sobretiros: Jorge Romero Depto. Anestesiología, I.N.C. "Ignacio Chávez", Juan Badiano No. 1, Tlalpan 14000 México, D.F.

estado de la función circulatoria. Las modificaciones de estas variables después de varios problemas clínicos como sepsis, hemorragia, quemaduras, trauma, shock cardiogénico, etc., han proporcionado bases más sustanciales que tienen valor predictivo de sobrevivencia^{3,6} y su evaluación refleja el resultado de las intervenciones terapéuticas. Su mayor aplicación la ha tenido en el manejo de los pacientes en estado crítico en la Unidad de Cuidados Intensivos.^{7,8}

En la cirugía con circulación extracorpórea (C.E.C.) los pacientes se someten a cambios importantes en las variables circulatorias, respiratorias y de la temperatura, así como a amplias modificaciones reológicas.^{5,8,4,9} Se ha mostrado evidencia de que en las primeras horas post-CEC ocurren importantes cambios en la microcirculación a pesar de mantener un gasto cardíaco aparentemente adecuado, con resistencias vasculares sistémicas (RVS) dentro de la normalidad, aún gasométricamente estables;⁴ por esta razón enfocamos este estudio a la evaluación del comportamiento de estas variables en los pacientes coronarios antes y después de la CEC.

MATERIAL Y METODOS

En el Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez", en el período correspondiente a agosto de 1989 y febrero de 1990 se estudiaron 10 pacientes con diagnóstico de insuficiencia coronaria programados para bypass aorto-coronario (7 masculinos y 3 femeninos) (cuadro I) con estado físico de la ASA III y IV, con afección de dos o más vasos coronarios y función ventricular aceptable (FE 0.4%) con clasificación N.Y.H.A. III y IV. Todos medicados con diazepam 150 mcg/kg por vía oral y meperidina 1 mg/kg intramuscular. En sala de operaciones se monitorizaron con línea arterial colocada en la arteria radial izquierda, utilizando Jelco No. 20; electrocardiograma continuo con derivación D-II y V₅ conectado a monitor de 4 canales de Electronics for Medicine. La inducción se efectuó con diazepam 100 mcg/kg intravenoso, fentanil a 10 mcg/kg y pancuronio 100 mcg/kg IV. Intubación orotraqueal y ventila-

ción mecánica con ventilador de volumen Ohmeda 7000 para mantener gases sanguíneos dentro de límites normales. El mantenimiento de la anestesia se efectuó con isoflurano-fentanil y O₂ al 100%. Posteriormente se colocaron catéter central y catéter de Swan-Ganz por vena yugular interna derecha hasta obtener PCP. El estudio se inició tomando un valor control en condiciones basales de anestesia antes de la circulación extracorpórea, determinando FC, PAS, presión arterial pulmonar (PAP) y GC, así como gasometría arterial y de sangre venosa mezclada, con saturación arterial y saturación venosa de O₂, Hemoglobina (Hb) y Hematocrito (Ht). Estas mediciones se repitieron a intervalos, al terminar la circulación extracorpórea, al cierre del esternón, al ingreso en la unidad de cuidados intensivos, a las 2 y 6 horas de su estancia en este servicio.

El índice cardíaco (IC), las RVS y las resistencias vasculares pulmonares (RVP), la diferencia del contenido arteriovenoso de oxígeno (CaVO₂), el transporte (DO₂) el consumo (VO₂) y la tasa de extracción de oxígeno (TEO₂) fueron calculados de acuerdo a fórmulas estándar, donde $DO_2 = IC \times CaO_2 \times 10$, $VO_2 = IC \times (C_{a-v} O_2) \times 10$ y $TEO_2 = (CaO_2 - C_v O_2) / CaO_2$.

Se determinó el tiempo de pinzamiento aórtico y de circulación extracorpórea así como drogas inotrópicas y vasodilatadoras administradas después de este período.

El análisis estadístico de las variables estudiadas se efectuó siguiendo el método de la "T" de Student para comparaciones pareadas, se consideró significancia estadística cuando los valores de P fueron menores de 0.01 y 0.05.

RESULTADOS

Todos los pacientes fueron agrupados por edad, sexo, peso, talla y área de superficie corporal (cuadro I). Se determinaron los valores de hemoglobina y hematocrito, observándose una disminución hasta de un 28 y 23% respectivamente (cuadro II) en el período post-CEC, siendo ésta la más importante en relación a los valores de ingreso y estancia de la UCI.

Desde el punto de vista hemodinámico existieron cambios en todas las variables en relación al valor control, la FC tuvo un incremento significativo en todos los tiempos posterior a la CEC, con $P < 0.05$ y en forma más importante a las 6 horas de estancia en la UCI

CUADRO # 1		
CARACTERÍSTICAS DE LOS PACIENTES Y TIEMPOS DE PINZAMIENTO AÓRTICO		
	MEDIA ± ES	Y RANGO
EDAD (AÑOS)	59.3 ± 9.6	(46 - 69)
M	7	
SEXO		
F	3	
PESO (KG)	72.6 ± 9.6	(60 - 80)
TALLA (MTS)	1.61 ± .08	(1.48 - 1.76)
ASC.	1.78 ± .12	(1.64 - 2)
TIEMPO DE C.E.C. (MIN.)	1.13 ± 32.46	(73 - 159)
TIEMPO DE PINZ. AO. (MIN.)	59.3 ± 10.73	(40 - 78)

CUADRO # 2						
COMPORTAMIENTO DE LA HEMOGLOBINA Y EL HEMATOCRITO						
	CONTROL	POST-BOMBA	CIERRE	UTI INGRESO	UTI 2 HRS.	UTI 6 HRS.
HB (GR)	13.8 ± 1.34	9.95 ± 1.85	11.1 ± 2.5	11.8 ± 2.5	11 ± 1.8	12.5 ± 2.1
Ht (%)	43.1 ± 4.36	33.1 ± 4.92	35.7 ± 3	40.7 ± 4.7	40 ± 4.6	39.8 ± 4.52

(cuadro III, figura 1). La presión arterial media sistólica (PAMS) tendió a incrementarse al ingresar a la UCI (figura 2), la presión arterial media pulmonar (PAMP) y la PCP sufrieron incrementos proporcionales al cierre de esternón ($p < 0.05$). El IC bajó más evidentemente al ingreso y a las dos horas de estancia en la UCI pero sin cambios significativamente estadísticos (figura 3), por ende las RVS se incrementaron en estos períodos con cambios significativos en relación al valor control (cuadro III, figura 4).

En cuanto al contenido arterial y venoso de oxígeno, ambos mostraron tendencia a disminuir al final de la CEC y al cierre del esternón, lo que se tradujo en una disminución de la diferencia A-V ocurriendo un incremento en esta variable al ingresar a la UCI (figura 5). El DO_2 disminuye en todos los tiempos en relación al control con $P < 0.01$ y 0.05 (figura 6). El consumo de O_2 (VO_2) disminuye significativamente al final de la CEC y al cierre del esternón pero incrementándose al ingreso y durante la estancia en la UCI, en forma más significativa a las 6 hrs. después de su ingreso a ésta

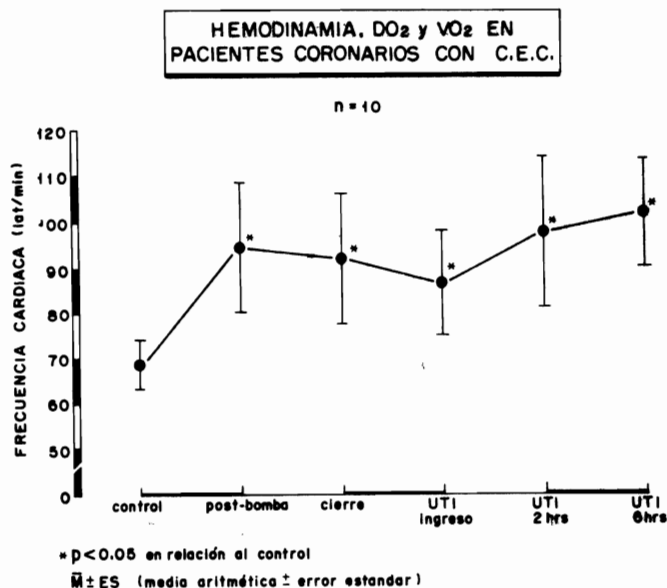


Figura 1.

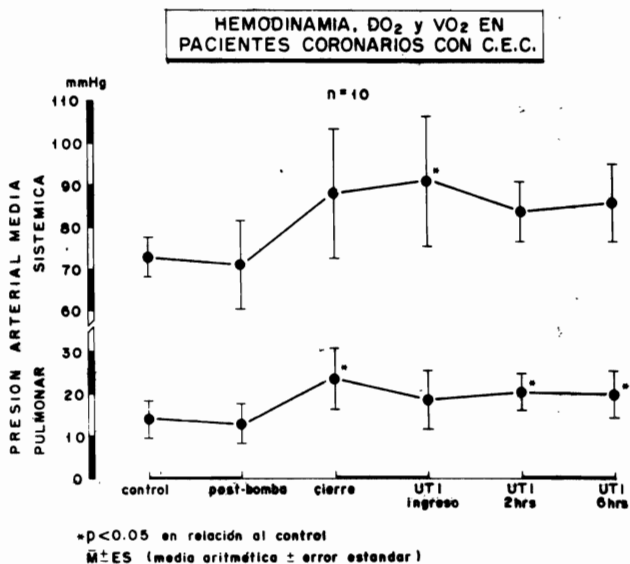


Figura 2.

CUADRO # 3

COMPORTAMIENTO HEMODINAMICO, CONTENIDO ARTERIAL Y VENOSO
TRANSPORTE, CONSUMO Y EXTRACCION DE OXIGENO

		CONTROL	POST-BOMBA	CIERRE	UTI INGRESO	UTI 2 HRS	UTI 6 HRS
FC	lat/min	68.7±5.64	94.7±14.25*	91.85±14.26*	86.28±11.42*	97.42±16.24*	101.85±11.82*
PASM	mm Hg	72.71±4.86	71±10.6	88±15.24	90.85±15.44*	83.57±7.18	85.71±9.39
PAPM	mm Hg	10.42±4.56	12.71±4.77	20.85±7.41*	18.57±7.08	20.42±4.49	19.71±5.72
PCP	mm Hg	5.85±2.64	7.42±2.61	11.14±2.47*	9.57±5.09	10.42±2.96*	11.42±5.01*
IC	lit/min/m ²	2.84±.94	3.1±1	2.81±.79	2.18±.39	2.14±.39	2.97±.65
RVS	din/cm ⁵	1184.7±287.4	1012.2±355	1345.8±376	1937±575*	1752±354*	1538±668
RVP	din/seg/cm ⁵	121.6±47	178±170	129±84	304.5±198*	388±256*	255.3±156
CaO ₂	vol %	19±1.65	13.7±2.74*	14.8±1.5*	16.82±2	17.3±2.12	16.9±2.84
CvO ₂	vol %	14.7±1.86	10.9±3.3	11.56±3.1	10.4±2.3*	12±1.66	11.6±2.75
D·VO ₂	vol %	4.35±1.71	2.75±2	3.25±3.2	6.4±1.45*	5.33±2.44	5.23±1.9
DO ₂	ml/min/m ²	546.3±198.6	441.8±202*	408.8±155*	364±100*	368.3±101*	496.9±125.2
VO ₂	ml/min/m ²	116.35±40	73.94±40.3	82.2±71	138.45±39	119.2±55.3	163.6±90*
TEO ₂	%	22.7±9	20.6±16.4	21.3±20.6	38.6±8.8*	30±13.4*	31.2±9.5

* $P < 0.05$

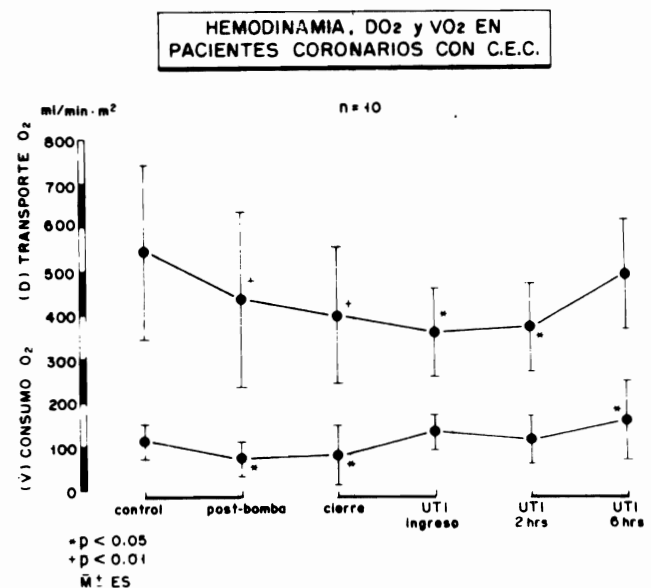
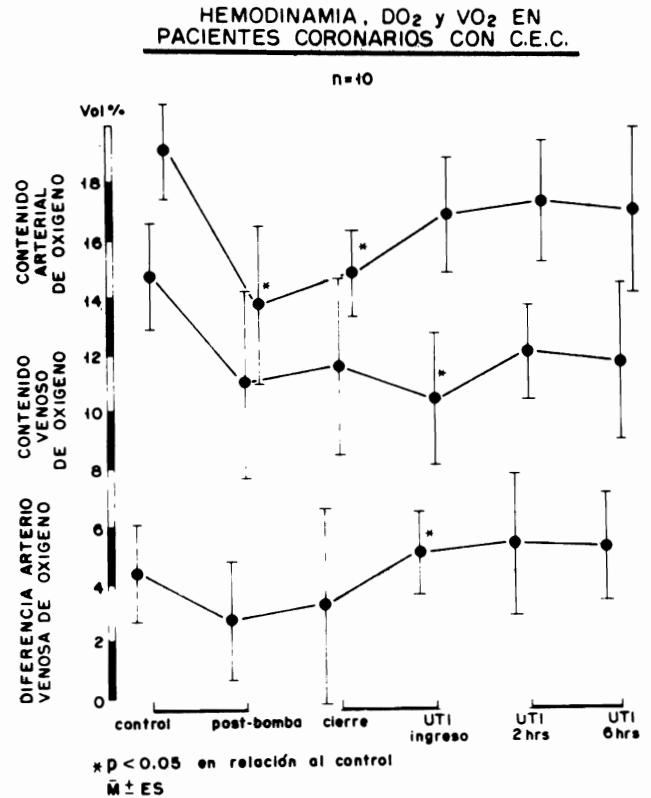
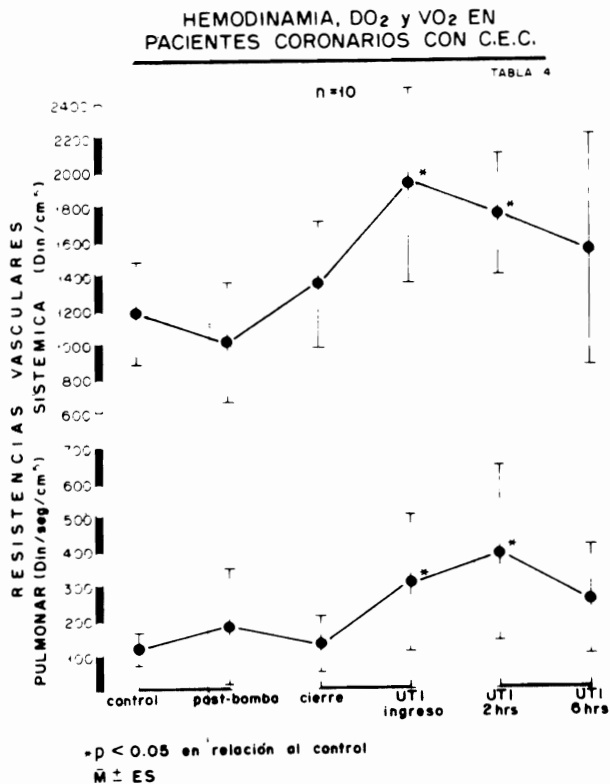
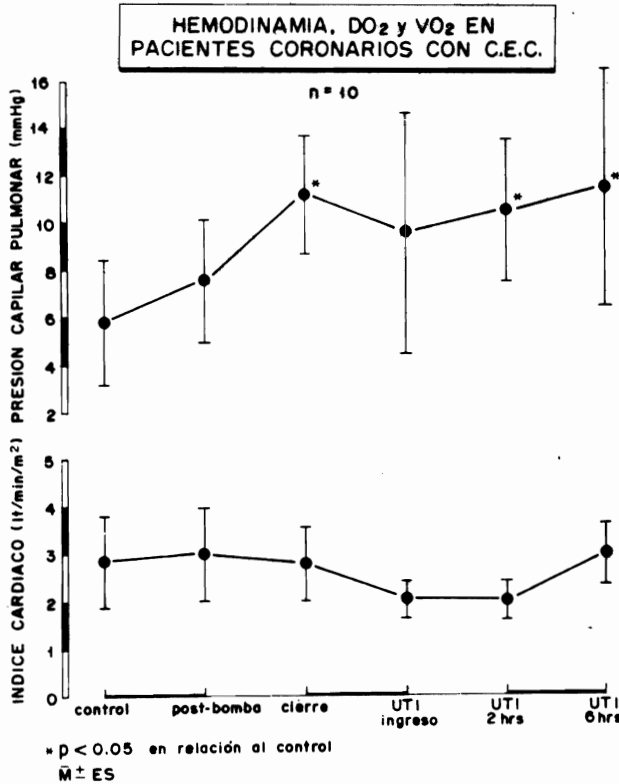
* $P < 0.01$

(cuadro 3 figura 6); la tasa de extracción de O_2 sufrió un aumento hasta de un 72% en relación al valor control al ingreso a la UCI con $P < 0.05$ pero permaneció dentro de rango aceptable (30-40%) (figura 7).

Los valores de Hb y Ht disminuyen hasta un 30% al final de la CEC y se mantienen abajo en relación a los valores control (cuadro II). Todos los pacientes recibieron nitroglicerina en infusión a dosis promedio 30 mcg/min.

DISCUSIÓN

En los pacientes coronarios durante anestesia y cirugía con circulación extracorpórea, las variaciones en la



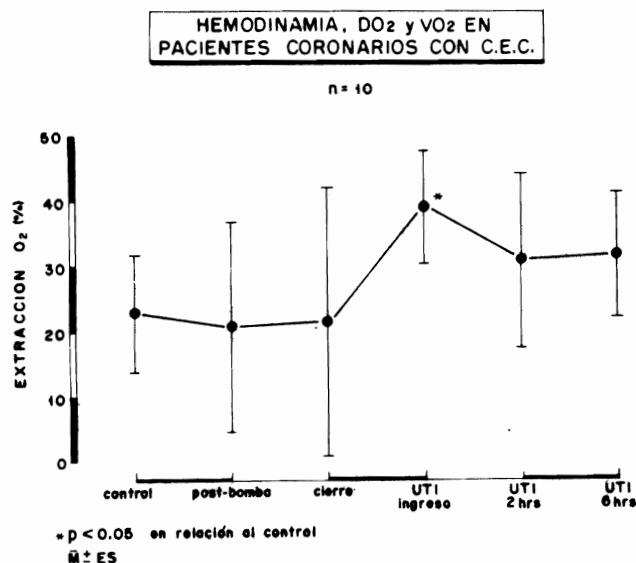


Figura 7.

hemodinamia dependen no sólo de la actividad contráctil del miocardio sino de las interacciones cardiopulmonares y cardiorrelatorias. El monitoreo convencional nos proporciona información de los patrones hemodinámicos pero no de los cambios metabólicos que ocurren como resultado de la anestesia, de la hipotermia y del recalentamiento que se acompaña a la emergencia de la CEC.

Los cambios en la microcirculación que ocurren en situaciones de shock circulatorio han sido descritas por Shoemaker³ y en sus estudios ha demostrado las compensaciones y descompensaciones en el DO₂ y VO₂ que ocurren en sus difentes presentaciones, contribuyendo a mejorar la calidad terapéutica y por lo tanto la sobrevivida. Los cambios hemodinámicos después de la inducción anestésica son el resultado del efecto farmacológico de los inductores halogenados y relajantes musculares y se considera que producen una disminución en el metabolismo corporal con una consecuente pérdida en el VO₂ como se ha observado en animales y humanos.¹⁰⁻¹² Gregoret y Gelman acentúan un decremento en el VO₂ sin cambios en RVP y RVS, asociado a una disminución de los requerimientos de O₂ en pacientes quemados durante anestesia con isoflurano;¹⁰ Conzen¹¹ refiere que las modificaciones en el flujo sanguíneo regional esplácnico pueden reducir el aporte de O₂ dependiente de la concentración C.A.M. durante anestesia con isoflurano, pero sin alteraciones significativas en el VO₂.

Nosotros en nuestro estudio encontramos valores bajos (control) de VO₂ con un DO₂ normal y una TEO₂ óptima¹³ con parámetros hemodinámicos normales.

Al terminar la CEC se evidenciaron cambios hemodinámicos que no se acompañan de manera similar a las alteraciones microcirculatorias, ocurriendo un incremento en el IC y una disminución en el DO₂, pero que

se ve compensado por una disminución en el VO₂ el cual se explica hemodinámicamente por la hemodilución que ocurre en este período asociado a RVS bajas y metabólicamente por la disminución en los niveles de Hb y Ht, sin que esto se traduzca en un deterioro extremo del DO₂, ya que se ha demostrado que el aporte de O₂ varía muy discretamente entre hematocritos de 20% y 50% considerándose el Ht óptimo en humanos de aproximadamente 30%.¹⁵

La disminución del VO₂ está relacionado con la hipotermia que se presenta durante la CEC como lo afirma Jeffrey⁹ y Alston y cols.,¹⁸ donde observaron disminuciones máximas en el VO₂ y la TEO₂ sin modificaciones en el DO₂. El comportamiento que se observa en las primeras horas después de la CEC muestra una tendencia a la disminución persistente del DO₂ que mejora progresivamente a las 6 hrs., esta disminución puede explicarse por una disminución de la P-50 como lo han reportado Gerard y cols.⁴ y en nuestros pacientes se asoció también a una disminución en el IC.

El consumo de oxígeno se incrementó progresivamente, generando una descompensación entre DO₂ y VO₂ que se refleja en un aumento en la TEO₂ que es crítico en el momento de ingresar a UCI y que está fuera del valor óptimo.¹³ Estos resultados son similares a los observados por Fiona, Gerard y otros investigadores^{9, 8, 13, 16, 17} y acentúan la importancia del balance positivo entre DO₂ y VO₂ y su cuantificación ya que valores negativos se traducen en "flujo sanguíneo no nutriente" o "déficit de O₂", donde la utilización de la reserva de O₂ (demanda-aporte) pueden incrementar la morbilidad.¹⁷ Enfatizan también que las descompensaciones entre aporte y demanda de O₂, se traducen en alteraciones metabólicas que en situaciones extremas son irreversibles, ya que siendo la actividad metabólica una de las determinantes mayores del gasto cardíaco, una disminución de ésta redundará en un inadecuado transporte de O₂ que se acompaña de un déficit en el metabolismo aeróbico, con la consecuente acidosis metabólica progresiva que tiene un efecto adverso sobre la función cardiopulmonar.

Concluimos que en la cirugía de los pacientes coronarios con CEC, que incluye anestesia, hemodilución, uso de oxigenadores, hipotermia, pinzamiento aórtico y transfusiones sanguíneas, se ve afectado el mecanismo normal de transporte de oxígeno corporal que se traduce en cambios en la microcirculación, que ocurren a pesar de mantener las variables cardiovasculares y respiratorias dentro de lo normal y que por lo tanto el comportamiento hemodinámico no refleja por sí solo la estabilidad circulatoria. Acentuamos que es importante proporcionar atención a los factores que mantienen el DO₂ sobre todo al ingreso de la UCI, y que el análisis constante de estas variables para asegurar el aporte y consumo óptimo tiene valor pronóstico y de sobrevivida.

REFERENCIAS

1. KIRKLIN S K. *Management of the cardiovascular subsystems after cardiac surgery.* Ann Thorac Surg 1981; 32:311.
2. BUCHBINDER N, GANZ W. *Hemodynamic monitoring.* Anesthesiology 1976; 45:146.
3. SHOEMAKER W C. *Circulatory mechanism of shock and their mediators.* Crit Care Med 1987; 15(8) 787-794.
4. GERARD J J, BEERTHUIZEN, ET AL. *Muscle oxygen tension. Hemodynamics and oxygen transport after extracorporeal circulation.* Crit Care Med 1988; 16:748.
5. JOSEPH M, CIVETTA, ROBERT R, Kirby. *critical Care* 1988; cap. 31: 3227-34. J B Lippincott Co., Philadelphia.
6. KIRKLIN J W, ARCHI J P. *The cardiovascular subsystem in surgical patients.* Surg Gynecol Obstetr 1974; 139:17.
7. D ANPZKER DAVID. *Cardiopulmonary critical care cap. 8 p.p. 169-200, 1986.* Grune and Stratton: *Peritheral delivery and utilization of oxygen.*
8. FIONA E, KALLEY. *Oxygen consumption and CO₂ Production following cardiopulmonary bypass.* Society of Cardio Anesth 8Th Annual Meeting 1986, pag. 50.
9. JEFFREY P, MORRAY ET AL. *Oxygen delivery and consumption during hypothermia and rewarming in the dog.* Anesthesiology 1990; 72:510-516.
10. SERGIO GREGORETTI, SIMON GELMAN. *Hemodynamic changes and oxygen consumption in Burned Patient, during enflurane or isoflurane anesthesia.* Anesth Analg 1989; 69:431-6.
11. PETER C, ONZEN, JONNY HOBBAH. *Splanchnic oxygen consumption and hepatic surface oxygen tension during isoflurane anesthesia.* Anesth 1988; 69:643-51.
12. CIOFOLO M S, CLERGUE F. *Changes in ventilation oxygen uptake and carbon dioxide output during recovery from isoflurane anesthesia.* Anesth 1989; 70:737-41.
13. VOJTISKOVA J, FIRT E, SEDLAKOVA. *Transport and consumption of oxygen after cardiopulmonary bypass.* Ser International Symposium on Anesthesia for cardiac patients. 1990; p.p. 72 F40, Budapest, Hungary.
14. ALSTON R P, SINGH M. *Systemic oxygen uptake during hypothermic cardiopulmonary bypass.* J Thorac Cardiovasc Surg 1989; 8: 757-68.
15. F G ESTEFANOUS. *Hemodynamics changes during hemodilution in the presence of impaired hearts and vasoactive agents.* Soc of Cardiovasc Anesth 8th Annual Meeting 1986: 48.
16. C ROBERTS SCHMIDT, LAWRENCE P, FRANK. *Continuos SVO₂ measurement and oxygen transport patterns in cardiac surgery patients.* Critical Care Med 1984; 122:6, 523-27.
17. ROBERT BOWEN, HERAKIT. *Changes in oxygen consumption and oxygen delivery following open heart surgery.* Crit Care Med 1984; Vol. 12 No. 3, 307.