

RESULTADOS DEL USO DE UN OXIGENADOR DE FIBRA HUECA EN CIRUGIA CARDIACA PEDIATRICA

*FRANCISCO JAVIER MOLINA
 ***AMALIA REYES
 **ELIZABETH SALAS
 ****PASTOR LUNA
 *MA. DEL CARMEN LESPRÓN
 *JORGE ROMERO
 *ULISES BELTRÁN
 *OCTAVIO GONZÁLEZ

RESUMEN

Se estudiaron 50 pacientes pediátricos que fueron intervenidos de diferente patología cardiovascular con cirugía a corazón abierto, en los cuales se usó un oxigenador de fibra hueca de .8 y 1.6 m² durante la circulación extracorpórea, midiéndose distintos parámetros para observar su comportamiento en el transcurso del procedimiento quirúrgico; se obtuvieron resultados satisfactorios en el intercambio gaseoso, función hemostática y metabólica.

Palabras clave: Anestesia cardíaca pediátrica. Circulación extracorpórea. Oxigenador de fibra hueca.

SUMMARY

We studied 50 pediatric patients, undergoing open heart surgery for congenital heart disease, using a hollow fiber oxygenator from 0.8 to 1.6 m² during the extracorporeal circulation. Hemodynamic parameters were measured for estimate the performance of oxygenator during the surgical procedure, and satisfactory results related to gas exchange, hemostatic and metabolic function were obtained.

Key words: Pediatric cardiac anesthesia, extracorporeal circulation, hollow fiber oxygenator.

INTRODUCCION

Desde el inicio de la cirugía cardíaca los oxigenadores interfase sangre-gas, han sido los más ampliamente usados durante la circulación extracorpórea, presentándose de diferentes formas: de burbuja o de disco. Los oxigenadores de membrana fueron desarrollados después, resultando más complejos y de capacidad redu-

cida. Actualmente, los oxigenadores de membrana incluyen la fibra hueca microporosa con intercambiador de calor integrado. Así mismo, se hizo aparente el daño orgánico después del bypass cardiopulmonar con el oxigenador de burbuja,^{1,2} siendo el cerebro, el riñón y los pulmones los órganos involucrados en el síndrome post-perfusión, donde las microembolias sólidas y gaseosas fueron implicadas en el bloqueo del lecho vascular de dichos órganos.³⁻⁶

*Médico Adscrito al Depto. de Anestesiología.

**Enfermera Perfusionista.

***Jefe del Servicio de Perfusion.

****Jefe del Depto. de Anestesiología.

Trabajo recibido: 14 de agosto de 1990. Aceptado para publicación: 12 de septiembre de 1990.

Sobretiros: Francisco Javier Molina. Depto. de Anestesiología I.N.C. "Ignacio Chávez", Juan Badiano No. 1, Tlalpan 14000 México, D.F.

Existen comunicaciones significativas en base a la función cerebral postoperatoria cuando se comparan el oxigenador de burbuja y el de membrana antiguos,⁷⁻¹¹ que corroboran que los oxigenadores de membrana producen mínimas microembolias bajo ciertas condiciones.¹²

Se sabe que cuando el nylon es usado en los oxigenadores puede producir activación del complemento y consecuentemente lesiones broncoespásticas.¹³ También el tiempo de claridad renal es diferente cuando se comparan ambos oxigenadores, ya que la función renal es el indicador temprano de una adecuada perfusión, lo cual se preserva con el oxigenador de membrana.¹⁴⁻¹⁶

La función plaquetaria es uno de los componentes del sistema hemostático que se altera durante la circulación extracorpórea,^{17, 18} sin embargo se protege con el oxigenador de membrana después de bypass cardiopulmonar.^{19, 20}

Existe información sobre mediciones indirectas de la función plaquetaria, la cual es controversial por el tipo de material y métodos usados.²¹⁻²⁴

La circulación extracorpórea no es un factor determinante en la mortalidad infantil cuando la cirugía se efectúa adecuadamente. Sin embargo, ésta se ha considerado como un estado de "choque controlado" en el cual pueden presentarse accidentes fatales de 1 en 1500 perfusiones.²⁵⁻²⁶

El objeto de la circulación extracorpórea efectiva es definida en términos circulatorios, respiratorios y metabólicos. En términos hemodinámicos o circulatorios, el propósito del bypass cardiopulmonar incluye la provisión de un flujo de perfusión adecuada (gasto cardíaco) a mantener los requerimientos de oxígeno corporal, presión arterial sistémica (PAS) suficiente para perfundir todos los lechos vasculares regionales.

En relación al sistema respiratorio, la circulación extracorpórea incluye el mantenimiento de presiones arteriales de O₂ y CO₂ normales. La apropiada combinación de toma de oxígeno, excreción de bióxido de carbono y flujo sanguíneo mantiene al paciente hemostáticamente puro (objetivo metabólico). La tasa del flujo es importante cuando se selecciona el tamaño del oxigenador; en el caso del oxígeno, la tasa de flujo es el flujo sanguíneo máximo, en el cual un oxigenador mantiene una saturación arterial mayor o igual a 95% o una saturación venosa de 65-70% con hematocrito de 40-42%.²⁷

Algunos oxigenadores pediátricos de uso clínico dependen de una membrana de silicón que separa la interfase sangre-gas.²⁸ En la actualidad se usa membrana de fibra hueca microporosa para perfusión en el adulto.²⁹⁻³¹

Recientemente un oxigenador de membrana de fibra hueca ha sido valorado en pacientes con peso de 8 kg o menos.³²

El presente trabajo valora clínicamente el comporta-

miento del oxigenador de membrana tipo fibra hueca .8 y 1.6 m².

MATERIAL Y METODOS

Se estudiaron retrospectivamente 50 pacientes pediátricos que fueron intervenidos de diferente patología cardiovascular con cirugía a corazón abierto: 25 (50%) comunicaciones interventriculares (CIV), 2 (4%) comunicaciones interauriculares (CIA); 1 (2%) comunicación interventricular + comunicación interauricular; 2 (4%) drenajes anómalos totales de venas pulmonares; 3 (6%) comunicaciones interventriculares + estenosis pulmonar mixta; 5 (10%) tetralogías de fallot; 2 (4%) troncos comunes; 1 (2%) estenosis aórtica subvalvular; 3 (6%) Cor Triatrial; 1 (2%) oclusión de venas pulmonares; 2 (4%) atresias tricuspídeas; 1 (2%) doble cámara de salida del ventrículo derecho; 1 (2%) transposición de grandes vasos y 1 (2%) canal aurículo-ventricular (cuadro I).

CUADRO I
RESULTADOS DEL USO DE UN OXIGENADOR DE FIBRA
HUECA EN CIRUGIA CARDIACA PEDIATRICA

Material y método	
Cardiopatía diagnosticada y corregida:	
Comunicación interventricular	25
Comunicación interauricular	2
C.I.V. + C.I.A.	1
D.A.T.V.P.	2
C.I.V. + E.P. mixta	3
Tetralogía de Fallot	5
Tronco común	2
Estenosis aórtica subvalvular	1
Cor triatrial	3
Oclusión de venas pulmonares	1
Atresia tricuspídea	2
D.C.S.V.D.	1
T.G.V.	1
Canal aurículo-ventricular	1
Total	50

27 (54%) masculinos y 23 (46%) femeninos, con edad promedio de 20.36 ± 4.2 meses, con una mínima de cuatro días y máxima de 600 días; con un área de superficie corporal (ASC) de $.04 \pm .06$ m², en los cuales se usó un oxigenador Terumo de fibra hueca de .8 m² en 30 pacientes (60%) y 20 (40%) de 1.62 m².

Se midieron los siguientes parámetros: pH (concentración de hidrogeniones), PO₂ (presión arterial de oxígeno), PCO₂ (presión arterial de bióxido de carbono), plaquetas HtCO (Hematocrito), TCSA (Tiempo de coagulación de sangre activada) y TP (tiempo de protrombina), las mediciones se efectuaron en pre-trans y post-circulación extracorpórea (CEC). Todos los pacientes se monitorizaron con electrocardiograma de superficie (osciloscopio), línea arterial, presión venosa central (PVC). La hemodilución se llevó a cabo con $296 \pm$

15 ml de solución Hartman y en 43 pacientes (86%) se usó además 132 $\pm$ 9 ml de paquete globular. Se monitorizó además, glucosa, potasio, sodio y cloro, temperatura nasofaríngea y diuresis trans-operatoria, valorándose también pinzamiento aórtico y circulación extracorpórea. Los resultados se analizaron con la prueba de Wilcoxon reportados en media y desviación estándar (M $\pm$ DE), considerándose significativa si la P < 0.05.

RESULTADOS

Todos los pacientes se encontraban hipotérmicos 35.4 $\pm$ 0.2°C pre-CEC, disminuyendo ésta a 21 $\pm$ 1°C durante la CEC y restaurándose a 37°C post-CEC, P < 0.05 (fases en las cuales se midieron las variables). El pinzamiento aórtico fue de 61.8 $\pm$ 2.4 minutos con un tiempo de perfusión total de 91.5 $\pm$ 1.7 minutos. La diuresis fue de 159 $\pm$ 61 ml, glucosa de 238 $\pm$ 73 mg/dl, potasio (k) 3.1 $\pm$ 1.3 meq/lt, sodio (na) de 142 $\pm$ 2 meq/lt y cloro (Cl) 102 $\pm$ 8 meq/lt. El pH arterial de 7.48 $\pm$ 0.2 pre-CEC aumentó a 7.59 $\pm$.01 trans-CEC P < 0.05 (figura 1), disminuyendo a 7.35 $\pm$.04 post-CEC, P < 0.05; la PO₂ arterial 98 $\pm$ 9 mm Hg pre-CEC aumentó a 190 $\pm$ 16 trans-CEC P < 0.05, disminuyendo a 125 $\pm$ 18 post-CEC P < 0.05 (figura 2). La PCO₂ arterial de 23 $\pm$ 1 mm Hg pre-CEC disminuyó a 17 $\pm$ 3 trans-CEC P < 0.05, aumentando a 24 $\pm$ 1.5 mm Hg post-CEC P < 0.05 (figura 3). La cuenta plaquetaria pre-CEC fue de 302 $\pm$ 1,800 (miles) disminuyó a 181 $\pm$ 30,000 trans-CEC P < 0.05 y 168 $\pm$ 17,000 post-CEC P < 0.05 (figura 4); el hematocrito de 40 $\pm$ 2.2 pre-CEC disminuyó a 22 $\pm$ 4 trans-CEC P < 0.05, aumentando a 36 $\pm$ 2 post-CEC P < 0.05 (figura 5). El tiempo de protrombina (seg) fue de 11.4 $\pm$ 0.1 pre-CEC aumentando a 15.2 $\pm$ 1.4 trans-CEC P < 0.05

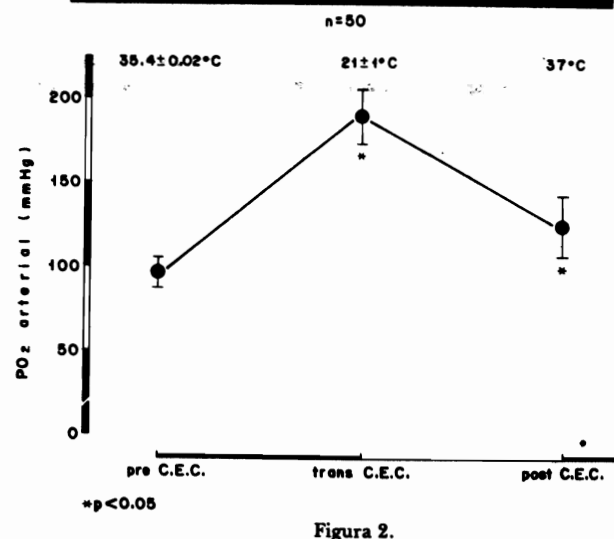
disminuyendo a 13 $\pm$.04 post-CEC P < 0.05 (figura 6). El tiempo de coagulación de sangre activada (seg) fue de 102 $\pm$ 1 pre-CEC aumentando a 392 $\pm$ 14 trans-CEC P < 0.05, disminuyendo a 96 $\pm$ 7 post-CEC P < 0.05 (figura 7).

DISCUSION

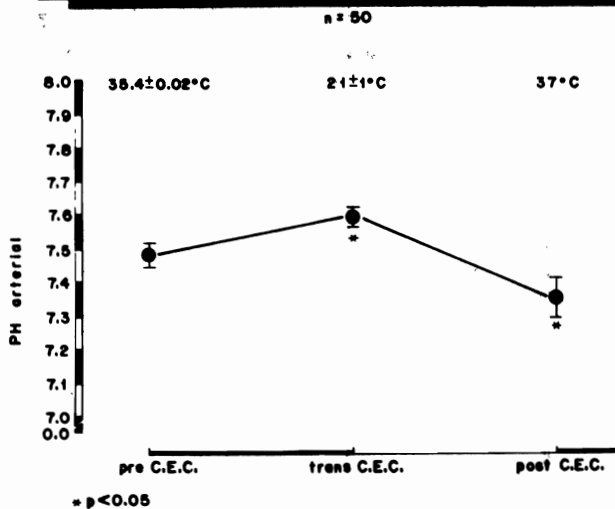
El oxigenador de membrana es esencialmente un pulmón extracorpóreo, en el cual el intercambio de gases ocurre a través de una membrana que separa la sangre de la fase de gas, funcionando ésta como una membrana alveolo capilar sintética.

Existen dos tipos principales de oxigenadores de membrana: el tipo fibra hueca (usado en nuestro trabajo) y el de membrana plegada. El de fibra hueca o capi-

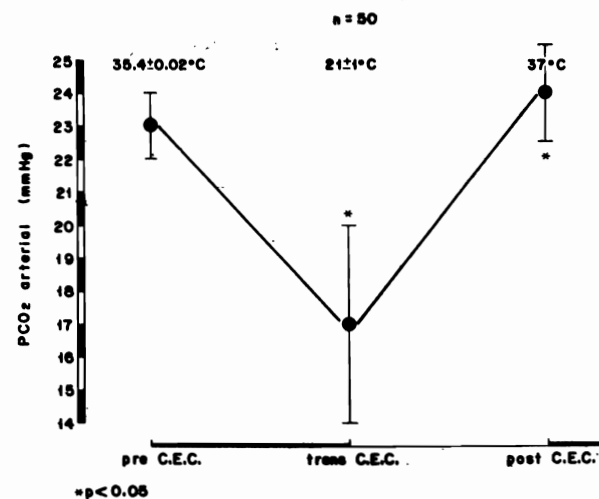
RESULTADOS DEL USO DE UN OXIGENADOR DE FIBRA HUECA EN CIRUGIA CARDIACA PEDIATRICA



RESULTADOS DEL USO DE UN OXIGENADOR DE FIBRA HUECA EN CIRUGIA CARDIACA PEDIATRICA



RESULTADOS DEL USO DE UN OXIGENADOR DE FIBRA HUECA EN CIRUGIA CARDIACA PEDIATRICA



laridad consiste en una serie de tubos que separan la fase de sangre y gas. Los de membrana plegada son subdivididos en tipo placa y tipo espiral dependiendo de la configuración de la membrana. Las membranas se encuentran fabricadas de teflón, polipropileno o silicón, existiendo en algunas de ellas microporos de 3-5 micrones o pequeños poros que conllevan algún contacto entre sangre y gas. Durante la perfusión, la disposición proteica resultó de la separación de la fase de sangre y gas; en los oxigenadores microporosos, con poros grandes deben manejarse presiones sanguíneas bajas en la perfusión de la membrana para prevenir aspiración de gas hacia la fase de sangre, por lo tanto es indispensable un cuidadoso llenado. Tampoco debe permitirse presión negativa en la fase sanguínea, ya que puede provocar embolismo aéreo.

El circuito de un oxigenador de membrana difiere de un oxigenador de burbuja. En algunos oxigenadores

de membrana se requiere una presión que force la sangre a través de la vía sanguínea del oxigenador, siendo la sangre venosa recolectada en un reservorio pasando después al interior del oxigenador. Ciertos oxigenadores requieren de dos bombas, una que perfunda la membrana y otra al paciente. Actualmente una sola bomba puede ser suficiente como en el caso del Terumo Capiot .8 y 1.6 m².

El intercambio de gases en un oxigenador de membrana ocurre a presión atmosférica por difusión de gases a diferentes gradientes de concentraciones entre el gas fresco y sangre venosa.

Los niveles de hemoglobina plasmática se disminuyen cuando se usa el oxigenador de membrana, como en nuestro trabajo, donde hubo una disminución plaquetaria pero se mantuvo en rangos normales. Los resultados de los parámetros estudiados no difieren de lo publicado por otros autores usando tanto oxigenador de

RESULTADOS DEL USO DE UN OXIGENADOR DE FIBRA HUECA EN CIRUGIA CARDIACA PEDIATRICA

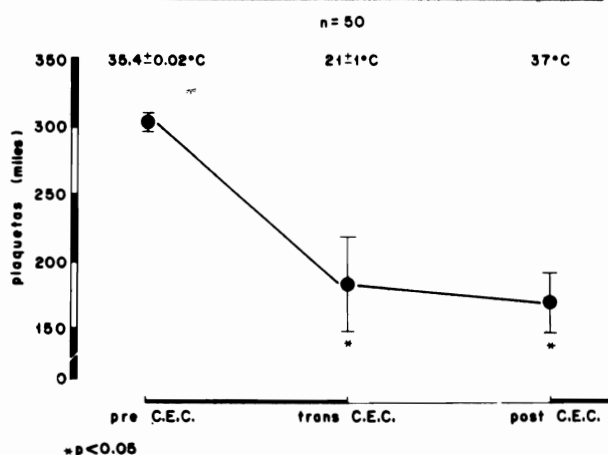


Figura 4.

RESULTADOS DEL USO DE UN OXIGENADOR DE FIBRA HUECA EN CIRUGIA CARDIACA PEDIATRICA

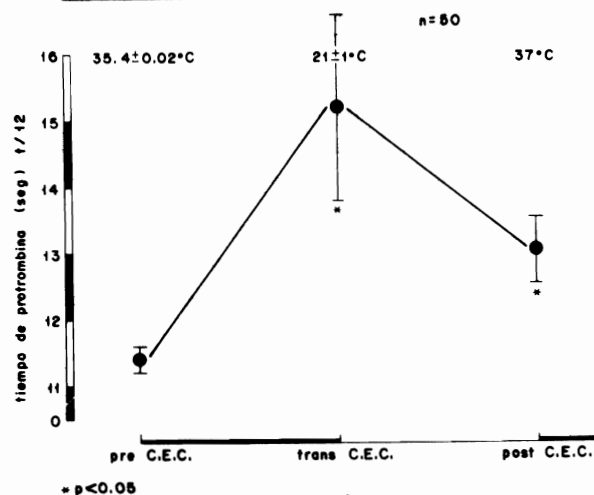


Figura 6.

RESULTADOS DEL USO DE UN OXIGENADOR DE FIBRA HUECA EN CIRUGIA CARDIACA PEDIATRICA

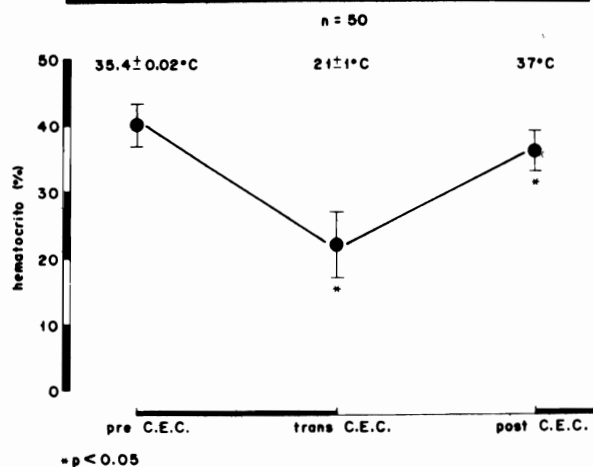


Figura 5.

RESULTADOS DEL USO DE UN OXIGENADOR DE FIBRA HUECA EN CIRUGIA CARDIACA PEDIATRICA

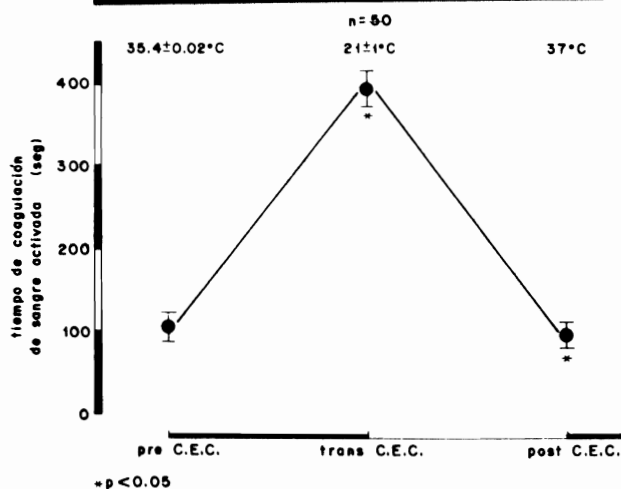


Figura 7.

burbuja como de membrana, aunque difieren en material y métodos usados. Esto probablemente se deba a tiempos cortos de CEC total, así como el cebamiento del mismo, donde nosotros usamos cristaloideos más paquete globular.¹⁻⁷

CONCLUSION

Los resultados obtenidos en este trabajo concuerdan

con lo publicado por otros autores. Donde, el intercambio gaseoso se lleva a cabo dentro de un margen de seguridad muy amplio al igual que la función hemostática y metabólica; aunque en aquí, el período de perfusión fue corto. Al parecer estos mismos parámetros se pueden conservar más tiempo, necesiándose investigaciones posteriores que lo apoyen.

BIBLIOGRAFIA

1. LEE JR. W H, KRUMHAAR D, FONKALSRUD E W, ET AL. *Denaturation of plasma proteins as a cause of morbidity and death after intracardiac operations.* Surg 1961; 50:29-39.
2. ANDERSON M N, HAMBREUS G. *Physiologic and biochemical response to extracorporeal circulation. Experimental studies during four hour perfusions.* Ann Surg 1961; 153:592-598.
3. HOLLEMBERG M, PRUETTS R, THAL A. *Vasoactive substances liberated by prolonged bubble oxygenation.* J Thorac Cardiovasc Surg 1963; 45:462-411.
4. ORENSTEIN J M, SATON, AARON B, BUCHHOLZ B, BOOM S. *Microemboli observed in death following cardiopulmonary bypass surgery: silicone antifoam agents and polyvinyl chloride tubing as sources of microemboli.* Hum Path 1982; 13:1082-1090.
5. ASHMORE P G, SVITEK V, AMBROSE P. *The incidence and effects of particulate aggregation and microembolism in the pump oxygenator system.* J Thorac Cardiovasc Surg 1968; 55:691-697.
6. TILNEY N L, HESTER W S. *Physiologic and histologic changes in the lung of patients tying after prolonged cardiopulmonary bypass.* Ann Surg 1967; 166:759-766.
7. ABERG T, KONQUIST G, TYDEN H, HULTMAN J, BERGGTROM K, LILJA A. *Adverse effects on the brain in cardiac operations as assessed by biochemical, psychometric and radiologic methods.* J Thorac Cardiovasc Surg 1984; 87:99-105.
8. BRANTHWAITE M A. *Neurologic damage related to open-heart surgery: A chemical survey* Thorax 19722; 227:748-753.
9. JAVID H, TUFO H M, NAJAFI H, DYE W S, HUNTER J A, JULIAN O C. *Neurological abnormalities following open-heart surgery.* J Thorac Cardiovasc Surg 1969; 58:502-509.
10. MURAOKA R, YOKOTA M, AOSHIMA M, KYOKO I, ET AL. *Subclinical changes in brain morphology following cardiac operations as reflected by computed tomographic scans of the brain.* J Thorac Cardiovasc Surg 1981; 81:364-369.
11. LEE JR W H, BRADY M P, ROWE J M, MILLER JR W C. *Effects of extracorporeal circulation upon behavior, personality and brain function. Part II: Hemodynamic metabolic and psychometric correlations.* Ann Surg 1971; 173:1013-1023.
12. SERVÁS F M, DIETRICH L J, JONES K, WITTAKER D, CURTIS R. *High efficiency membrane oxygenator.* Trans Am Soc Artif Org 1983; 29:231-235.
13. HILL A G, GROOM R C, SMITH D, SPEIR A M, MACMUNUS Q, LEFRAK E A. *Complement activation during cardiopulmonary bypass. Polyester versus nylon tricot in the oxygenator.* Proceed Am S Cardiovasc. Perfusion 1984; 5:17-19.
14. YEBOAH E D, PETRIE A, PEAD J L. *Acute renal failure and open-heart surgery.* Br Med J 1972; 1:415-418.
15. HEIMANN T, BRAUN S, SAKURAI H, PIERCE II E C. *Urinary smolality changes in renal disjunction following open-heart operations.* Ann Thorac Surg 1976; 22:44-49.
16. CLARK R E, BEAUCHAMP, MAGRATH R A, BROOKS J D, WELDON C S. *Comparison of bubble and membrane oxygenators in short and long perfusion.* J Thorac Cardiovasc Surg 1979; 78:655-656.
17. PHILLIPS L L, MALM J R, DETERLING R A. *Coagulation defects following extracorporeal circulation.* Ann Surg 1963; 157:317-326.
18. WISCH N, LITWAK R S, LUCKBAN S B, GLASS J L. *Hematologic complications of open heart surgery.* Am J Cardiol 1973; 31:282-285.
19. ALEN L, TURMIA M, ISATTIKER R. *Membrane and bubble oxygenator: a clinical comparison in patients undergoing aortocoronary bypass procedures.* Herz 1979; 4:56-62.
20. NIGUIDULA F N, ROMANO A, ELDREDGE W J. *Clinical experience with membrane oxygenators on infants and children: comparison with bubble oxygenator on 154 consecutive patients.* Am J Cardiol 1977; (abstr) 39:26.
21. HEIDEN D, MIELKE JR C H, RODVIEN R, HILL J D. *Platelets, hemostasis and thromboembolism during treatment of acute respiratory insufficiency with extracorporeal membrane oxygenation: experience with 28 clinical perfusions.* J Thorac Cardiovasc Surg 1975; 70:644-655.
22. ADDNODIZIO JR V P, SMITH J B, STRAUSS III J F, COLMAN R W, EDMUNDS JR L H. *Thromboxane synthesis and platelet secretion during cardiopulmonary bypass with bubble oxygenator.* J Thorac Cardiovasc Surg 1980; 79:91-96.
23. PETERSON K A, DEWANLEE M K, KAYE M P. *Fate of indium III-labeled platelets during cardiopulmonary bypass performed with membrane and bubble oxygenators.* J Thorac Cardiovasc Surg 1982; 84:39-43.
24. EDMUNDS JR J H, ELLISON N, COLMAN R W, ET AL. *Platelet function during cardiac operation: comparison of membrane and bubble oxygenators.* J Thorac Cardiovasc Surg 1982; 83:805-812.
25. WHEELDON D R, GILL R D, BETHUNE D W, ENGLISH T A H. *How safe is cardiopulmonary bypass?* Thorax 1981; 36:79-80.
26. STONEY W A, ALFORD W C, CURRUS G R, ET AL. *Air embolism and other accidents using pump oxygenators.* Ann Thorac Surg 1980; 29:336-340.
27. HOLDIFER W F, TRACY W G. *The use of rated blood flow to describe the oxygenating capability of membrane lungs.* Ann Thorac Surg 1973; 15:156-172.
28. COSGROVE D M, LOOP F D. *Clinical use of the travenol TMO membrane oxygenator in techniques in extracorporeal circulation.* 2a Ed Ionescu MI (ed) London: Buherworthis 1981; 83-101.
29. KARLSON D E, MASSIMINO R J, COOPER G N, SINGH A K. *Initial clinical experience with a microporus membrane oxygenator utilizing secondary flow in the blood channels.* ASAIO 1981 (abstr.) 10: 6.
30. MESERKO J, SINKEWISH M, VALDES F, KAMBIC H, ET AL. *Ex vivo evaluation of a new hollow fiber membrane oxygenator.* Proceed Am Acad Cardiovasc. Perfusion 1981; 2:88-92.
31. VALDES F, HARASAKI H, MESERKO J, KAMBIC H, ET AL. *Evaluation of a new capillary membrane oxygenator.* Trans Am Soc Artif Int Org 1981; 27:270-273.
32. BICNELL D A, SHEARER I R, BERRYESSA R, ET AL. *Clinical evaluation of the 0.8 m² Terumo Hollow Fiber membrane oxygenator.* Proceed Am Acad Cardiovasc. Perfusion 1985. vol. 6: 59-61.
33. SADE R M, BARTLES D M, DEARING J P, ET AL. *A prospective randomized study of membranous versus bubble oxygenators in children.* Ann Thorac Surg 1979; 29:502-511.