

Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular

ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE PACIENTES PERFUNDIDOS CON OXIGENADORES DE MEMBRANA DE FIBRA HUECA Y EL OXIGENADOR DE BURBUJAS D-700E

Lic. José Ramón Llanes Echevarría,¹ Dr. Omar González,² Dr. Fausto Rodríguez,³ Dr. Fidel Manuel Cáceres Lóriga,⁴ Dr. Víctor Boffill⁵ y Lic. Ana M. González⁶

RESUMEN

Se realizó un estudio comparativo entre diferentes modelos de oxigenadores de membrana de fibra hueca (grupo OM) y el oxigenador de burbujas D-700E (grupo OB), en 24 pacientes sometidos a cirugía valvular con circulación extracorpórea, respecto a diferentes variables evolutivas, tales como: tiempo de paro isquémico, tiempo de recuperación de la conciencia, tiempo de extubación, tiempo de estadía en la unidad de cuidados intensivos quirúrgicos, diuresis, sangrado posoperatorio, arritmias y complicaciones posoperatorias; además se analizó el costo económico de la operación en cada grupo de pacientes. El estudio reportó un incremento significativo ($p < 0,05$) del tiempo de estadía en la sala de 14 ± 7 días en el grupo OB, el cual se redujo a 8 ± 3 días en el grupo OM. El desarrollo de arritmias al inicio de la reperfusión se observó en el 69 % de los pacientes perfundidos con OB, disminuyendo al 38 % en los casos tratados con OM. En el grupo OB el costo unitario por paciente fue de \$1,124.48 y el costo días cama de \$1,045.24, mientras que en el grupo OM el costo unitario por paciente fue de \$ 642.56 y de \$ 597.28 el costo días cama, reflejando con estos resultados las ventajas económicas y evolutivas que reportó utilizar los oxigenadores de membrana.

Descriptores DeCS: VALVULA AORTICA/ cirugía; VALVULA MITRAL/ cirugía; OXIGENADORES DE MEMBRANA; CIRCULACION EXTRACORPOREA.

La técnica de circulación extracorpórea es un estado transitorio no fisiológico, que permite mantener un campo quirúrgico visible para que

el cirujano cardiovascular pueda efectuar el tratamiento quirúrgico del paciente, mediante la derivación cardiopulmonar.

¹ Licenciado en Ciencias Biológicas. Investigador Agregado. Perfusionista.

² Especialista en Medicina Interna. Perfusionista.

³ Especialista en Anestesiología.

⁴ Especialista en Cardiología.

⁵ Especialista en Hematología.

⁶ Licenciada en Economía.

Para aplicar esta técnica es indispensable el uso del oxigenador o pulmón artificial, el cual ha experimentado un notable desarrollo y perfeccionamiento desde hace más de 30 años, por lo que ha resultado un punto clave para el desarrollo de la cirugía cardiovascular;¹⁻⁴ su historia comienza con los traumáticos oxigenadores de disco, y continúa con un paso de avance gracias al desarrollo de los oxigenadores de burbujas para finalmente perfeccionar los diferentes modelos de oxigenadores de membrana, hasta lograr un intercambio gaseoso mucho más fisiológico, capaz de eliminar las consecuencias traumáticas producidas por los oxigenadores de burbujas, asociadas con el daño de los componentes de la sangre, la desnaturalización de las proteínas y microembolias.⁵⁻¹⁰ Actualmente la mayoría de los perfusionistas prefieren utilizar los oxigenadores de membrana o de fibra hueca, principalmente en perfusiones prolongadas donde las alteraciones de estos factores son más significativas.¹¹⁻¹³

El objetivo de esta investigación es analizar el comportamiento de diferentes variables relacionadas con el proceso evolutivo de dos grupos de pacientes perfundidos con diferentes modelos oxigenadores; así como las ventajas y desventajas de su aplicación en cirugía cardiovascular con circulación extracorpórea.

MÉTODO

Desde marzo hasta octubre de 1997 se estudiaron 24 pacientes que fueron sometidos a cirugía cardíaca con circulación extracorpórea (CEC), para la sustitución valvular mitral o aórtica. Estos pacientes fueron perfundidos con diferentes modelos de oxigenadores, razón por la cual distribuimos los pacientes en dos grupos de estudio.

El grupo OM, representado por 8 pacientes que fueron operados con el empleo de 3 modelos de oxigenadores de membrana o de fibra hueca: D-703 Compactflo (n=1), Biocor 200IHS (n=3) y CM-HFO (n=4), mientras que el grupo OB estuvo integrado por 16 pacientes perfundidos con el oxigenador de burbujas D-700 E.

La composición del cebado del circuito extracorpóreo fue: Ringer lactato como hemodiluyente principal para completar volumen, manitol 20 g, bicarbonato de sodio 7,5 % (80 mL), heparina 25,000 u (50 mg) y antibiótico profiláctico 1g. Evitamos en todos los casos, las transfusiones innecesarias de sangre y hemoderivados durante la CEC. Como medida de protección miocárdica se aplicó la cardioplegia cristaloide (Stanford), mediante una bomba "roller", con un flujo entre 200 y 300 mL/min, con una dosis de inducción hiperpotasémica (25 mEq/L) de 10 mL por Kg de peso corporal y, posteriormente, sucesivas dosis de mantenimiento (200 mL) cada 20 min. Se redujo la concentración de potasio a la mitad (12 mEq/L).

Los parámetros hemodinámicos de presión arterial y venosa, se monitorearon continuamente, al igual que la temperatura nasofaríngea y rectal. Además se realizaron extracciones de muestras de sangre arterial cada 30 min desde el inicio de la CEC para controlar las variables gasométricas de pH, PCO₂, PO₂ base standard potasio, saturación de oxígeno, hemoglobina y hematocrito.

En el estudio fueron comparadas diferentes variables, como:

- Edad (años).
- Peso (Kg).
- Tiempo de paro isquémico en min (TPI).
- Tiempo de recuperación de la conciencia en horas (TRC): a partir de que el paciente comienza a obedecer órdenes en la

Unidad de Cuidados Intensivos Quirúrgicos (UCIQ).

- Tiempo de extubación en horas (TEXTUB): desde que el paciente intubado ingresa en la UCIQ, hasta que recupera su fuerza muscular y los parámetros gasométricos oscilen en rangos adecuados para su extubación.
- Tiempo de estadía en la UCIQ en horas (TEUCIQ).
- Tiempo de estadía en la sala en días (TESALA): desde que el paciente egresado de la UCIQ reingresa en la sala hasta que recibe el alta médica.
- Diuresis (ml), durante la CEC y a las 24 h del posoperatorio inmediato.
- Sangrado (ml), durante las 24 h del posoperatorio inmediato.
- Complicaciones del trans y posoperatorio inmediato: daño neurológico, infarto del miocardio agudo perioperatorio (IMAP), arritmias al iniciar la reperfusión y en el posoperatorio, hemoglobinuria y acidosis respiratoria.

Para el análisis de las variables cualitativas se aplicó la prueba de "chi cuadrado" y en el análisis comparativo de los valores medios y desviaciones estándar, se aplicó la "t de student" no pareada.

Con respecto al costo económico, analizamos el costo unitario por paciente y el costo días-cama durante el tiempo de estadía en la sala (después de operado el paciente).

RESULTADOS

El análisis estadístico entre los grupos OB y OM, con respecto a las variables: edad, peso corporal, TCEC, TPI, diuresis y sangrado posoperatorio, no mostró diferencias significativas, aunque con respecto a la última variable mencionada, se observó menor hemorragia posoperatoria en los pacientes perfundidos con oxigenadores de membrana que en los casos tratados con oxigenadores de burbujas (Tabla 1).

La presencia de arritmias en la fase posterior al desclampeamiento aórtico (Tabla 2), no reflejó variaciones significativas entre los grupos de estudio, no obstante, el porcentaje de casos con arritmias (38 %) fue menor cuando se utilizaron los oxigenadores de membrana, si lo comparamos con el 68 % de los pacientes operados con oxigenadores de burbujas que presentaron alteración del ritmo cardíaco.

El estudio comparativo relacionado con la evolución de los pacientes en los grupos OM y OB, solamente reflejó diferencias significativas ($p < 0,05$) en el análisis de la variable TESALA, con un incremento de la estadía en los pacientes del grupo OB de 14"7 días, mientras que fue de 8"3 días en los casos del grupo OM (Tabla 3).

TABLA 1. Análisis comparativo de algunas variables en los grupos OM y OB

Variables	Grupo OM (n=8)			Grupo OB (n=16)			p
	\bar{X}	\pm	S	\bar{X}	\pm	S	
Edad (años)	54		16	49		11	ns
Peso (Kg)	68		15	67		14	ns
TCEC (min)	64		15	63		12	ns
TPI (min)	36		10	32		11	ns
Diuresis en CEC (mL)	481		344	397		256	ns
Diuresis po. (mL)	2700		810	2600		671	ns
Sangrado po. (mL)	298		124	414		124	ns

Leyenda: ns = no significativo ($p > 0,05$).

TABLA 2. Presencia de arritmias en el período de inicio de la reperfusión durante la CEC

Grupos	N	No. de pacientes		p
		con FV (%)	sin FV (%)	
OM	8	3 (38)	5 (62)	ns
OB	16	11 (69)	5 (31)	ns

Leyenda: ns= no significativo (p>0,05).

TABLA 3. Estudio evolutivo de los 2 grupos de pacientes estudiados

Variables	Grupo OM (n=8)		Grupo OB (n=16)		p
	\bar{X}	S	\bar{X}	S	
TRC (h)	6	7	6	6	ns
TEXTUB (h)	14	10	13	7	ns
TEUCIQ (h)	39	22	36	18	ns
TESALA (d)	8	3	14	7	0,05*

Leyenda: * Significación estadística (p>0,05).

Las complicaciones posoperatorias (Tabla 4), se comportaron de manera similar, con un mínimo de afectación en ambos grupos de estudio.

El análisis económico referente al tiempo de estadía en la sala, reportó para el grupo OM un costo unitario por cada paciente de \$ 642.56 y uno por días-cama de \$ 597.28 para una estadía de 8 días promedio, mientras que en el grupo OB para una estadía más prolongada de 14 días promedio, aumentó el costo unitario por cada paciente a \$ 1,124.48 y el de días-cama en \$ 1,045.24, por lo que se encareció el costo de la operación cuando seleccionamos este

modelo de oxigenador (D-700E), a pesar de que su precio oscila entre \$250 USD, y el de los oxigenadores de membrana o de fibra hueca \$ 390 USD aproximadamente.

DISCUSIÓN

Diversos investigadores,⁷⁻¹¹ al comparar los grupos OM y OB, reportaron diferentes alteraciones hematológicas e inmunológicas asociadas con el daño de las plaquetas y los leucocitos, motivados principalmente por la interfase gas-sangre de los oxigenadores de burbujas, aunque también pudiera influir la succión de sangre del aspirador del seno coronario y el contacto de la sangre con superficies no endoteliales. Nosotros no determinamos conteo de plaquetas durante este estudio, pero sí tuvimos en cuenta la medición del sangrado posoperatorio en estos dos grupos de pacientes y aunque el estudio comparativo no mostró diferencias significativas, tal vez justificada por un período corto de perfusión (<60 min), pudimos observar una tendencia a que se redujera la hemorragia cuando utilizamos los oxigenadores de membrana o de fibra hueca. Además, se conoce por otras publicaciones realizadas,¹¹⁻¹⁶ que muchas de las complicaciones hemorrágicas han sido atribuidas a los oxigenadores con interfase gas-sangre, como los de burbujas y cuya

TABLA 4. Complicaciones posoperatorias observadas en los grupos estudiados

Complicaciones	Grupo OM (n=8)		Grupo OB (n=16)		p
	No. casos	(%)	No. casos	(%)	
Hemoglobinuria	1	(12)	2	(12)	ns
Daños Neurológicos	1	(12)	2	(12)	ns
Arritmias (po.)	1	(12)	7	(44)	ns
IMAP	2	(25)	3	(19)	ns
Acidosis Respiratoria	1	(12)	3	(19)	ns

Leyenda: ns = no significativo (p>0,05).

etiología puede deberse a la desnaturalización de las proteínas sanguíneas. Esta alteración proteica, ocurre en todas las perfusiones y ciertamente produce daños de órganos y sistemas. Desde el punto de vista teórico los oxigenadores de burbujas por tener una interfase renovable de las burbujas, producen un daño proteico mayor que los oxigenadores de membrana, relacionados con el flujo de gas y sangre, el tamaño de la burbuja y fundamentalmente con la prolongación de la circulación extracorpórea.

Otros autores,¹⁷⁻²⁰ consideran que la hemorragia es de origen multifactorial y específicamente en situaciones críticas con CEC prolongada, como: dilución de los factores de la coagulación, disfunción plaquetaria, fibrinólisis, rebote de la heparina, actividad procoagulante de los leucocitos, etc.

En relación con la presencia de arritmias en el período isquémico y de reperfusión de esta cirugía, se plantea que los niveles elevados de oxigenación y el traumatismo celular producido por los oxigenadores de burbujas, a medida que se prolonga la CEC, puede contribuir a la formación de especies reactivas del oxígeno, generadas por los radicales libres del oxígeno, las cuales afectan la contractilidad del miocardio, sobre todo en el período isquémico y de reperfusión. Esto pudiera explicar el mayor

porcentaje de casos con desarrollo de arritmias cuando utilizamos este modelo de oxigenador de burbujas.^{1,5,8,12,15,18-20} El tiempo de estadía en la sala, resultó la variable que se puede destacar en nuestro estudio, donde los pacientes del grupo OM, mantuvieron una reducción significativa ($p < 0,05$) de su estadía, por lo que el costo unitario por paciente y el de días cama, disminuyó. Esto contribuye a reducir el costo hospitalario, además de facilitar las disponibilidades de otros ingresos. Se puede añadir que el desarrollo tecnológico de la industria de los polímeros de los compuestos orgánicos y técnicas modernas de inyección, ha permitido que los oxigenadores de membrana o de fibra hueca, sean actualmente mucho más eficientes, fáciles de manejar y de un costo relativamente aceptable.

Además, con estos modelos de oxigenadores, se pueden abordar casos más complejos, que requieren de una cirugía prolongada e, inclusive, para el apoyo respiratorio y también para la aplicación del ECMO, donde el paciente se puede mantener en circulación extracorpórea por varios días.²¹

Se concluye que estos oxigenadores de membrana son rentables con respecto a la evolución satisfactoria del paciente y su uso es imprescindible en la cirugía con circulación extracorpórea para casos con enfermedad de base complicada.

SUMMARY

Different models of membrane oxygenators (MO group) and of D-700E bubble oxygenators (BO group) were comparatively studied in 24 patients with extracorporeal circulation valve surgery on the basis of several evolving variables such as: length of ischemic heart arrest, consciousness recovery time, intubation time, length of stay at surgical ICU, diuresis, postoperative bleeding, arrhythmias and postoperative complications, and surgery economic cost for each group. The study revealed a significant increase ($p > 0.05$) of length of stay at hospital in the BO group (14 ± 7 days) whereas this parameter was lower in MO group (8 ± 3 days). Arrhythmias were observed in 69 % of perfused patients with BO at the starting of reperfusion but this figure dropped to 38 % in patients

treated with MO. Unit cost per BO patient was 1 124.48 and bed day cost was 1 145.24 whereas unit cost per MO patient was 642.56 and bed day cost 97.28. These results showed the economic and recovery advantages reported in the use of membrane oxygenators.

Subject headings: AORTIC VALVE/surgery; MITRAL VALVE/surgery; OXYGENATORS, MEMBRANE: EXTRACORPOREAL CIRCULATION.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Clark RE, Beauchamp RA, Magrath RA. Comparison of bubble and *membrane oxygenator in short and long perfusions*. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1979;78:655-66.
2. Sidevijs H, Herod GT, Halbrook JW. A comparison of membrane and bubble oxygenation as used as cardiopulmonary bypass in patients. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1975;69:708-12.
3. Loisanche D, Aubry P, Heurtematte Y, Cachera J. Routine use of membrane oxygenator in cardiac surgery. En: Hegl S, Kloockorm WP, Mayor N, Sebening F. Proceedings of the symposium on Thirty Years of Extracorporeal Circulation. 1953-1983. Munich: Deutsches Herzzentrum Munchen, 1984:463-7.
4. Hessel E, Johnson D, Ivey T, Miller D. Membrane versus bubble oxygenator for cardiac operation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1980;80:111-22.
5. Pearson DT. Bubble versus membrane oxygenators. En: Pearson DT. Proceedings of the European Perfusion Seminar II. Marrakech: Shiley European Division, 1990:3-9.
6. Pearson DT, Mc Ardle B. Haemocompatibility of membrane and bubble oxygenators. *Perfusion* 1989;4:9-24.
7. Pearson DT, Clayton R, Murray A, Mc Ardle B. Blood gas control in bubble and membrane oxygenators. *Proc Am Acad Cardiovasc Perf* 1987;8:190-9.
8. Dungen JJ van den, Karliczek GF, Brenken U, Heide JH van der, Wildevur CR. Clinical study of blood trauma during perfusion with membrane and bubble oxygenators. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1982;83:108-16.
9. Sandza JG, Clark RE, Weldon CS. Subhemolytic trauma of erythrocytes: recognition and sequestration by the spleen as a function of shear. *Trans Am Soc Artif Intern Orgens* 1974;20B:457-62.
10. Smith R. Impact of oxygenator design on hemolysis, shear stress and white blood cell and platelet counts. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1996;10:884-9.
11. Voorhees CJ, Grover RW, Voorhees ME. Evaluation of platelet damage in extracorporeal circuits using a visual platelet morphology method. *ASAIO Trans* 1990;36:M664-7.
12. Wright JS, Fisk GC, Torda TA, Stacey RB, Hicks RG. Some advantages of the membrane oxygenator for open-heart surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1975;69:884-90.
13. Hirayama T, Roberts DG, Allers M, Belboul A, Al-Khaja N, William-Olsson G. Association between bleeding and reduced red cell deformability following cardiopulmonary bypass. *Scand J Thorac Cardiovasc Surg* 1988;22:171-4.
14. Bochenek A, Religa Z, Kokot F, et al. Use of cardiopulmonary bypass decreases leukocyte count and activation of the complement system. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1992;36:67-72.
15. Hakochoima A, Goto H, Abe K, Benson KT, Moran JF, Arakawa K. Alterations of red cell deformability during extracorporeal bypass: membrane vs bubble oxygenators. *J Cardiothorac Anesth* 1989;3:189-92.
16. Harker A, Mapas TW, Branson HE. Mechanism of abnormal bleeding in patients undergoing cardiopulmonary. acquired transient platelet dysfunction associated with selective alfa-granule release. *Blood* 1980;56:824-34.
17. Basora M. Perspectivas actuales de la coagulación en CEC. *AEP Rev Asoc Esp Perfus* 1993;16:34-8.
18. Bando K, Pillai R, Cameron DE, et al. Leukocyte depletion ameliorates free radical-mediated lung after cardiopulmonary bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1990;99:873-7.
19. Sarrais P, Gómez R, Villagra F, y otros. Protección miocárdica mediante cardioplegia hemática en cirugía cardiaca infantil. *AEP Rev Asoc Esp Perfus* 1997;24:17-29.

20. Stahl RF, Fischer CA, Kucich U, et al. Effects of simulated extracorporeal circulation on human leukocyte elastase release, superoxide generation and procoagulant activity. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1991;10:230-9.
21. Grahit M, Pérez MA. ECMO. *AEP Rev Asoc Esp Perfus* 1997;24:32-4.

Recibido: 19 de enero de 1999. Aprobado: 27 de enero de 1999.

Lic. *José Ramón Llanes Echevarría*. Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular. Calle 17 # 702 esq. A. El Vedado, Ciudad de La Habana, Cuba.