

# Cirugía de revascularización miocárdica con apoyo de un sistema de circulación extracorpórea mínima

Carlos Alberto Lezama-Urtecho,\* Edith de León-Lagunas,\*\* Guillermo Careaga-Reyna\*

## Resumen

**Introducción:** Para realizar revascularización miocárdica, en la mayoría de los casos se requiere el apoyo de circulación extracorpórea, no exenta de riesgos. El objetivo de esta investigación fue probar la hipótesis de que la circulación extracorpórea mínima ofrece mayores ventajas sobre la circulación extracorpórea convencional en la cirugía de revascularización cardiaca.

**Material y métodos:** Se incluyeron 17 pacientes sometidos a revascularización miocárdica entre el 1 de abril de 2006 y el 31 de agosto de 2009, que se dividieron en dos grupos: uno en el que se utilizó circulación extracorpórea mínima ( $n = 8$ ) y otro con circulación extracorpórea convencional ( $n = 9$ ), se comparó la hemorragia perioperatoria, uso de hemoderivados y evolución clínica.

**Resultados:** Se observó diferencia estadísticamente significativa en el conteo de leucocitos en el posoperatorio ( $p < 0.05$ ). En cuanto a los requerimientos de hemoderivados, diuresis transoperatoria, creatinina prequirúrgica y creatinina a las 24 horas posoperatorio, no se observó diferencia estadísticamente significativa entre los grupos. El sangrado transoperatorio fue menor en el grupo en el que se utilizó circulación extracorpórea mínima ( $p < 0.05$ ). Las complicaciones cardiovasculares mayores ocurrieron con más frecuencia en los pacientes en los que se utilizó circulación extracorpórea convencional ( $p < 0.05$ ).

**Conclusiones:** La circulación extracorpórea mínima en revascularización miocárdica reduce la frecuencia de eventos adversos cardiovasculares mayores, el sangrado intraoperatorio y tiende a producir menor respuesta inflamatoria comparada con la circulación extracorpórea convencional.

**Palabras clave:** Circulación extracorpórea mínima, derivación cardiopulmonar, revascularización miocárdica, circulación extracorpórea.

## Summary

**Background:** For coronary artery bypass graft (CABG) surgery, cardiopulmonary bypass (CPB) is required for many patients. However, this procedure has several risks. Our objective was to test the hypothesis that minimal extracorporeal circulation is more advantageous than conventional CPB for CABG surgery.

**Methods:** We analyzed 17 patients submitted to CABG surgery between April 1, 2006 and August 31, 2009. Patients were divided into two groups. In one group, minimal extracorporeal circulation system (MECC) ( $n = 8$ ) was used and in the other group the conventional CPB circuit ( $n = 9$ ). Perioperative bleeding, blood requirements and clinical evolution were compared.

**Results:** We observed a statistically significant difference for postoperative leukocyte count ( $p < 0.05$ ). However, for blood requirements, intraoperative urinary output, and pre- and postsurgical levels of creatinine, we did not find differences. Intraoperative bleeding was lower in the MECC group ( $p < 0.05$ ). Major cardiovascular complications were also lower in this group ( $p < 0.05$ ).

**Conclusions:** It was concluded that MECC reduces the frequency of major cardiovascular complications, intraoperative bleeding and probably a lower inflammatory systemic response compared with conventional CPB.

**Key words:** Minimal extracorporeal circulation, cardiopulmonary by-pass, coronary artery by-pass graft surgery, extracorporeal circulation.

\* Departamento de Cirugía Cardiotórácica, Hospital General, Centro Médico Nacional La Raza, Instituto Mexicano del Seguro Social, México, D. F.  
\*\* Estudiante de quinto año de la Licenciatura de Medicina, Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua.

### Solicitud de sobretiros:

Guillermo Careaga-Reyna. Departamento de Cirugía Cardiotórácica, Hospital General, Centro Médico Nacional La Raza, tercer piso, lado A, Calz. Vallejo y Jacarandas s/n, Col. La Raza, 02990 México, D. F. Tel.: (55) 5724 5900, extensión 23425. E-mail: gcareaga3@aol.com

Recibido para publicación: 22-09-2009

Aceptado para publicación: 17-12-2009

## Introducción

La cardiopatía isquémica crónica es un síndrome que tiene como sustrato fisiopatológico un desequilibrio entre el requerimiento de oxígeno por el miocardio y el aporte de éste por las arterias coronarias, y es generada fundamentalmente por aterosclerosis coronaria, enfermedad inflamatoria crónica que puede progresar en silencio durante muchos años, que se conoce como aterosclerosis coronaria estable.<sup>1</sup>

Un descenso agudo en el flujo sanguíneo en arterias afectadas desencadena los síntomas cardiovasculares conocidos en conjunto como síndrome coronario agudo (SICA). El término hace referencia a un espectro de alteraciones cardíacas severas que incluyen angina inestable, infarto de miocardio sin elevación del segmento ST e infarto de miocardio con alteraciones del segmento ST.<sup>2</sup>

El tratamiento médico de la cardiopatía isquémica depende de si ésta se presenta como estable crónica o inestable. En la primera, la aspirina y los agentes hipolipemiantes disminuyen la mortalidad. Los nitratos, betabloqueadores y antagonistas de los canales de calcio mejoran el cuadro sintomático y el rendimiento ergométrico, pero no han mostrado efecto en la supervivencia.<sup>2</sup>

El cuadro de angina inestable está vinculado con procesos trombóticos activos, consecuencia de la rotura de una placa aterosclerótica, y con frecuencia se asocia con mayor tasa de infarto agudo de miocardio y muerte súbita de origen cardiovascular. El uso de aspirina, de antagonistas de la glicoproteína plaquetaria IIb/IIIa, el manejo intensivo con antitrombolíticos, heparina, vasodilatadores como la nitrroglicerina y la vigilancia estrecha del paciente, constituyen el tratamiento médico actual de este cuadro.<sup>3</sup> Por las repercusiones que tiene la cardiopatía isquémica en la mortalidad se han puesto todos los esfuerzos médicos en las últimas décadas para prevenirla, diagnosticarla y tratarla.

Existen, además del tratamiento médico, otras opciones terapéuticas que incluyen el intervencionismo coronario y la cirugía de revascularización miocárdica.

Desde su introducción en el decenio 1969-1979, la cirugía de revascularización coronaria con puentes aortocoronarios se ha realizado cada vez con mayor frecuencia. En la actualidad, la técnica operatoria ha evolucionado de manera notable y está enfocada a mejorar el flujo coronario o a tratar las complicaciones mecánicas del infarto de miocardio.<sup>4</sup>

La mortalidad informada para un paciente sometido a una primera cirugía de revascularización oscila en 1.7 %,<sup>2</sup> y la supervivencia a largo plazo según el estudio CASS es de 90 % a los cinco años, 74 % a los 10 años y 56 % a los 15 años. Además, este estudio reveló que fueron los pacientes con deterioro de la función ventricular los que más

se beneficiaron con una revascularización quirúrgica en cuanto a la supervivencia a los 10 años comparada con la alcanzada con tratamiento farmacológico.<sup>5,6</sup>

Las complicaciones posoperatorias más frecuentes de la cirugía de revascularización miocárdica son infarto perioperatorio, sangrado mayor al habitual, infecciones, complicaciones respiratorias y cerebrovasculares o arritmias como la fibrilación auricular.<sup>7-10</sup>

En la actualidad se ha intentado aminorar la mortalidad y las complicaciones del procedimiento quirúrgico mediante la disminución del traumatismo quirúrgico y de la respuesta inflamatoria que éste produce, además de ofrecer una revascularización más completa y duradera con la utilización amplia de injertos arteriales, la adición sistemática de hipopolipemiantes, antiagregantes plaquetarios, inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina (IECA) y betablockadores.<sup>11,12</sup>

La circulación extracorpórea convencional ha permitido realizar la cirugía coronaria en el corazón en asistolia, exangüe y con estabilidad hemodinámica, aunque a costa de producir daño sistémico variable derivado de la hemodilución, la activación de la coagulación, alteraciones en la función y cantidad plaquetaria, activación del complemento y la respuesta inflamatoria global, la disfunción endotelial y los riesgos que conlleva la manipulación de la aorta.<sup>13</sup>

La circulación extracorpórea mínima (MECC) es uno de los métodos que se han desarrollado con el objetivo de disminuir algunas complicaciones derivadas de las técnicas convencionales de circulación extracorpórea.<sup>14,15</sup>

El sistema MECC es un circuito heparinizado cerrado. La dosis de heparina requerida para su uso es de 150 U/kg de peso corporal. El sistema MECC está compuesto por un oxigenador de membrana que proporciona el intercambio gaseoso y consta de dos ventanas (filtros) que previenen el paso de microburbujas a la circulación del paciente. El área superficial de la membrana es de aproximadamente 2.4 cm<sup>2</sup>, con un volumen de 250 ml. Una bomba centrífuga permite la reducción de la hemólisis. Su volumen es de 32 ml y el área de superficie es de 0.019 m<sup>2</sup>, un filtro arterial que cuenta con un área superficial de 0.057 m<sup>2</sup> y un volumen de 180 ml y cubierta de heparina que proporciona mayor biocompatibilidad al sistema.<sup>12</sup>

Por lo tanto, el sistema MECC comparado con el sistema de circulación extracorpórea convencional cuenta con una tubería de menor longitud y un volumen aproximado de 500 ml para llenado del circuito, que reduce la hemodilución.<sup>12,13</sup>

El objetivo de este trabajo es presentar la experiencia en la cirugía de revascularización miocárdica con apoyo circulatorio mínimo.

## Material y métodos

Entre el 1 de abril de 2006 y el 31 de julio de 2009 se eligieron pacientes con diagnóstico de cardiopatía isquémica aceptados y programados para cirugía de revascularización miocárdica en el Departamento de Cirugía Cardiotorácica del Hospital General, Centro Médico Nacional La Raza, independientemente del tiempo de evolución, número y topografía de los vasos coronarios afectados, y que reunieran los siguientes criterios de inclusión: edad mayor de 18 años y con lesiones coronarias tributarias de tratamiento quirúrgico. Se excluyeron los pacientes con diagnóstico de cardiopatía isquémica que además requiriesen cirugía valvular o tratamiento de complicaciones mecánicas del infarto de miocardio.

Una vez programados para cirugía, los pacientes fueron monitorizados con trazo electrocardiográfico continuo, línea arterial radial, catéter venoso central y catéter vesical.

El procedimiento se realizó bajo anestesia general balanceada.

El abordaje quirúrgico se efectuó a través de esternotomía media y se colocaron cánulas para derivación cardiopulmonar en la aorta ascendente y la aurícula derecha. La variante fue el tipo de circuito utilizado. Los pacientes fueron distribuidos en dos grupos: I, se utilizó sistema MECC; II, circuito convencional de circulación extracorpórea.

La técnica de revascularización fue la habitual con anastomosis de la arteria mamaria interna a la descendente anterior, y el resto de los vasos revascularizados con injertos de vena safena invertida.

Una vez concluido el procedimiento, los pacientes fueron enviados a la Unidad de Terapia Intensiva Posquirúrgica para su cuidado posoperatorio.

Las variables analizadas fueron: sangrado perioperatorio, conteo leucocitario, consumo de sangre y hemoderivados, tiempo de extubación y estancia en terapia posquirúrgica y en hospitalización, así como complicaciones o mortalidad.

### Análisis estadístico

Todos los datos se almacenaron en una base de datos con el programa Microsoft Office Excel. Se utilizó estadística descriptiva para caracterizar a los grupos y para comparación entre ambos se utilizaron U de Mann-Whitney y  $\chi^2$ . Las diferencias se consideraron estadísticamente significativas con  $p < 0.05$ .

## Resultados

En el periodo analizado se seleccionaron 17 pacientes distribuidos en dos grupos: grupo I (MECC) con ocho

pacientes y grupo II (circulación extracorpórea convencional) con nueve pacientes, en los cuales no se observaron diferencias significativas en sus características demográficas y predominaron pacientes del sexo masculino; más de la mitad tenía hipertensión. En cuanto a la prevalencia de diabetes, fue menor de 50 % en el grupo II (cuadro I).

Hubo diferencia estadísticamente significativa en el conteo de leucocitos en el posoperatorio ( $p < 0.05$ ), aunque en la cuenta total de leucocitos prequirúrgicos, plaquetas y hemoglobina no hubo diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos, como se muestra en el cuadro II.

En el cuadro III se analizan los resultados obtenidos en cuanto a hemorragia en el periodo transoperatorio y en el posquirúrgicos y el requerimiento de hemoderivados.

Podemos observar que para el sangrado posoperatorio, requerimiento de hemoderivados intrahospitalarios, diuresis transoperatoria, creatinina prequirúrgica y creatinina a las 24 horas posoperatorio, no hubo diferencia estadísticamente significativa entre los grupos, aunque sí valores más favorables en el grupo en que se utilizó MECC.

En contraste a ello, para el sangrado transoperatorio existió significancia estadística con  $p \leq 0.05$  entre los pacientes posoperados con MECC y los posoperados con circulación existió extracorpórea convencional.

**Cuadro I.** Características de los pacientes

Datos del paciente	MECC (n = 8)	CEC (n = 9)	p
Edad (años)	55.5 ± 6.32	59 ± 9.79	ns
Sexo			
Masculino	5	9	
Femenino	3	0	
Antecedentes de enfermedades CD			
HAS	75 %	66.66 %	
Diabetes mellitus	75 %	44.44 %	
Número de puentes Ao-Co	2.5 ± 0.5	2.55 ± 0.72	ns
Tiempo de evolución de la CI (meses)	34.12 ± 64.23	31.44 ± 52.01	ns

CD = crónicas degenerativas, HAS = hipertensión arterial sistémica, MECC = circulación extracorpórea mínima, CEC = circulación extracorpórea convencional, AoCo = aortocoronarios, CI = cardiopatía isquémica.

**Cuadro II.** Datos relevantes de la biometría hemática preoperatoria y posoperatoria

Datos del paciente	MECC	CEC	p
Leucocitos totales prequirúrgicos	12243 ± 6950	9552 ± 4451	ns
Leucocitos totales posquirúrgicos	16569 ± 4459	12402 ± 4376	≤ 0.05
Plaquetas totales prequirúrgicas	177500 ± 54207	193667 ± 47289	ns
Plaquetas totales posquirúrgicas	154250 ± 28383	154333 ± 43410	ns
Hemoglobina prequirúrgica	12.61 ± 3.29	15 ± 3.09	ns
Hemoglobina posquirúrgica	12.76 ± 2.29	12 ± 2.02	ns

MECC = circulación extracorpórea mínima, CEC = circulación extracorpórea convencional.

Por último, se analizaron los tiempos de anestesia, cirugía, derivación cardiopulmonar, extubación, estancia en unidad de cuidados intensivos y estancia intrahospitalaria desde el día de la cirugía hasta el día de alta (cuadro IV). En estas variables no se encontró diferencia estadísticamente significativa.

En cuanto a la evolución clínica, en el cuadro V se presentan las complicaciones perioperatorias de acuerdo con el empleo o no de MECC, y se puede observar que de manera global, las complicaciones cardiovasculares mayores ocurrieron con más frecuencia en los pacientes en los que se utilizó circulación extracorpórea convencional ( $p < 0.05$ ). No hubo infecciones respiratorias en ninguno de los grupos, y un cuadro de trombosis mesentérica se presentó en el grupo II.

## Discusión

Aunque se realiza de manera cotidiana y frecuente en todo el mundo, la cirugía de revascularización representa un procedimiento riesgoso para el paciente, quien se enfrentará a una intervención compleja con un posoperatorio en el que pueden ocurrir complicaciones graves. Los factores que influyen en la evolución perioperatoria y la mortalidad relacionada son de índole biológica inherentes al paciente (edad avanzada, enfermedades de fondo como las crónicas degenerativas, sexo, obesidad, tabaquismo), factores preoperatorios relacionados con la enfermedad coronaria (infarto agudo de miocardio, inestabilidad hemodinámica, disfunción ventricular izquierda muy severa, etcétera), factores preoperatorios relacionados con la severidad de la

**Cuadro III.** Hemorragia perioperatoria de los pacientes

Datos del paciente	MECC	CEC	p
Sangrado transoperatorio (ml)	535.12 ± 280.60	911.11 ± 445.65	≤ 0.05
Sangrado posoperatorio (ml)	265 ± 85.06	302.77 ± 152.82	ns
Requerimientos de hemoderivados intrahospitalarios (unidades)	1.25 ± 0.46	2 ± 1	ns
Creatinina 24 horas posquirúrgicas (mg/dl)	1.07 ± 0.43	1.24 ± 0.25	ns
Diuresis transoperatoria (ml)	760 ± 193.68	920 ± 368.03	ns

MECC = circulación extracorpórea mínima, CEC = circulación extracorpórea.

**Cuadro IV.** Comparación de tiempos quirúrgicos y estancia hospitalaria

Datos del paciente	MECC	CEC	p
Tiempo anestésico (minutos)	286.87 ± 33.48	273.33 ± 58.94	ns
Tiempo quirúrgico (minutos)	255.62 ± 38.77	220 ± 49.18	ns
Tiempo de circulación extracorpórea (minutos)	96.25 ± 20.51	92.22 ± 13.97	ns
Tiempo de extubación (horas)	20.77 ± 4.94	25.5 ± 10.01	ns
Estancia en TPQ (días)	2.65 ± 0.74	3.55 ± 2.50	ns
Estancia intrahospitalaria (días)	6.33 ± 2.44	6.5 ± 1.77	ns

MECC = circulación extracorpórea mínima, CEC = circulación extracorpórea,  
TPQ = terapia posquirúrgica.

enfermedad aterosclerosa (enfermedad carotidea o enfermedad valvular conocida) y factores transoperatorios como el daño isquémico transoperatorio, puentes venosos no adecuados y el mismo uso de la circulación extracorpórea.

El mayor tiempo de hemostasia y la respuesta inflamatoria aumentada son complicaciones no deseadas en los pacientes posoperados con circulación extracorpórea convencional. En algunos estudios se asegura que la MECC es una alternativa óptima para tratar de evitar estos dos aspectos, al lograrse mejor evolución posoperatoria en los pacientes.<sup>13,14</sup>

En estudios previos se ha demostrado la eficacia de MECC, particularmente en la menor hemodilución de los pacientes sometidos a cirugía cardiaca y en la reducción del uso de productos sanguíneos en el quirófano y en terapia intensiva.<sup>13</sup> Evitar las transfusiones es claramente más beneficioso, dada la asociación de éstas con complicaciones posoperatorias a largo plazo, como la insuficiencia orgánica y la

duplicación de la mortalidad a largo plazo. Además, se pudieran encontrar ventajas desde el punto de vista económico en términos de ahorro de costos por uso de hemoderivados.<sup>15</sup>

Las desventajas de la circulación extracorpórea convencional se deben al contacto de la sangre con las mayores superficies del circuito de circulación extracorpórea ( $6.0 \text{ m}^2$  versus  $1.5 \text{ m}^2$ ), y mayor volumen de llenado del sistema en comparación con los del MECC.<sup>13</sup>

En este estudio, el empleo de MECC mostró una tendencia hacia menor requerimiento de productos sanguíneos, y aunque ciertamente no alcanzamos una significancia estadística con un tamaño de muestra pequeño para todas las variables analizadas, sí se llegan a vislumbrar tendencias en la mayoría de las variables a favor del uso de MECC que seguramente se confirmarían con una muestra más grande.

En nuestro caso se observó una tendencia estadísticamente significativa en el sangrado transoperatorio, lo que revela que con MECC las cifras de sangrado son menores, aunado a que se confirma menor requerimiento de hemoderivados. Esto lo podemos adjudicar a la menor hemodilución en estos pacientes, como señalan otros autores, quienes además informan los beneficios de evitar el excesivo empleo de hemoderivados.<sup>16,17</sup>

Aunque el sangrado posquirúrgico no mostró una diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos, probablemente debido a que los pacientes reciben transfusiones de paquetes globulares, aféresis de plaquetas y plasma para la corrección de trastornos de la coagulación, sí se observó que en el grupo en el que la cirugía se realizó con MECC hubo tendencia a menor hemorragia posoperatoria, que también motivó menor requerimiento de hemoderivados.

En cuanto a la hemoglobina y conteo de plaquetas posquirúrgicas, tampoco se encontró una significancia estadística; esto se atribuye a que todos los pacientes posoperados con hemoglobina < 10 mg/dl tenían indicación médica de transfusión

**Cuadro V.** Complicaciones perioperatorias

Complicación	MECC (n)	CEC (n)
Complicaciones cardiovasculares mayores (IAM perioperatorio, fibrilación ventricular)	0	3
Neumonía intrahospitalaria	0	0
EVC	0	0
Dehiscencia de la herida quirúrgica	1	0
Isquemia/trombosis mesentérica	1	1

MECC = circulación extracorpórea mínima, CEC = circulación extracorpórea, IAM = infarto agudo de miocardio, EVC = evento vascular cerebral.

sanguínea. Sin embargo, en los resultados obtenidos se observa una tendencia a valores menores de hemoglobina y plaquetas en los pacientes posoperados con circulación extracorpórea convencional, seguramente por mayor uso de cristaloïdes en la circulación extracorpórea convencional.

En cuanto al conteo de glóbulos blancos en el posoperatorio hubo diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ) entre los dos grupos de estudio. El número de leucocitos en los pacientes posoperados con circulación extracorpórea convencional fue mayor, como consecuencia de una respuesta inflamatoria mayor que puede condicionar evolución desfavorable.

La diuresis transoperatoria fue superior en el grupo con circulación extracorpórea convencional por la necesidad de eliminar el exceso de volumen que reciben los pacientes por venoclisis y a través del propio circuito de circulación. Cuando la función renal está afectada pueden retenerse líquidos con efectos deletéreos, por lo que se antoja pensar que en estas circunstancias es más conveniente el uso de MECC. Respecto a la valoración de la función renal, en la creatinina sérica 24 horas después de la intervención quirúrgica (aunque no hayamos obtenido  $p < 0.05$ ) se puede observar claramente una tendencia a valores menores con MECC, en comparación con la circulación extracorpórea convencional. Por lo tanto, la MECC suma una ventaja más a las previas obtenidas, que puede atribuirse a menor respuesta inflamatoria sistémica.

En lo que se refiere al tiempo de extubación no se observaron diferencias significativas y en ambos grupos fue breve, lo que trae como beneficio una reducción en las complicaciones posoperatorias, tal como sucede en infecciones nosocomiales mecánicas.

Por último, al analizar los datos obtenidos de la estancia en la unidad de cuidados intensivos e intrahospitalaria, se llega a la conclusión de que con MECC estas dos variables muestran una tendencia a ser más cortas que en el grupo operado con circulación extracorpórea convencional, lo cual revela mejor evolución clínica en los pacientes posoperados de revascularización miocárdica con circulación extracorpórea mínima.

## Conclusiones

El empleo del sistema MECC en cirugía de revascularización miocárdica es una alternativa segura y eficaz al uso de un sistema tradicional, reduce la frecuencia de eventos adversos cardiovasculares mayores, el grado de hemodilución, el sangrado perioperatorio, el requerimiento de hemoderivados, y tiende a producir menor respuesta inflamatoria comparado con el sistema tradicional de circulación extracorpórea convencional.

## Referencias

- Ross R. Atherosclerosis—an inflammatory disease. *N Engl J Med* 1999;340:115-126.
- Zaw-Naing LM, Redberg RF, Thomas T, Haase N, Rosamond W, Howard V, et al. Dolor retroesternal. IV. Cardiología. En: Parsons P, ed. Secretos de los Cuidados Intensivos. Segunda edición. México: McGraw-Hill; 1998. pp. 173-178.
- Topol EJ. Current status and future prospects for acute myocardial infarction therapy. *Circulation* 2003;108:III16-III13.
- Careaga-Reyna G, Martínez-Carballo G, Villanueva-Rustrián F, Argüero-Sánchez R. Cirugía de revascularización miocárdica en pacientes con síndrome coronario agudo. Análisis de resultados. *Cir Cir* 2006;74:315-320.
- The CASS Group. Myocardial infarct and mortality in the coronary artery surgery study (CASS) randomized trial. *N Engl J Med* 1984;310:750-758.
- Caracciolo EA, Davis KB, Sopko G, Kaiser GC, Corley SD, Shaff H, et al. Comparison of surgical and medical group survival in patients with left main coronary artery disease. Long term CASS experience. *Circulation* 1995;91:2325-2334.
- Schaff HV, Gersh BJ, Fisher LD, Frye RL, Mock MB, Ryan TJ, et al. Detrimental effect of perioperative myocardial infarction on late survival coronary artery bypass. Report from the Coronary Artery Surgery Study CASS. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1984;88:972-981.
- Eagle KA, Guyton RA, Davidoff R, Ewy GA, Fonner J, Gardner TJ, et al. ACC/AHA Guidelines for coronary artery bypass graft surgery. A report from surgery from the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines for Coronary Artery Bypass surgery. *J Am Coll Cardiol* 1999;34:1262-1347.
- Roach GW, Kanchuger M, Mangano CM, Newman M, Nussmeier N, Wolman R, et al. Adverse cerebral outcomes after coronary bypass surgery. *N Engl J Med* 1996;335:1857-1863.
- Zipes DP, DiMarco JP, Gillette PC, Jackman WM, Myerburg RJ, Rahimtoola SH, et al. Postoperative arrhythmias and the role for implantable cardioverter-defibrillators. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on practice guidelines. *Curr Opin Cardiol* 1995;20:895.
- Mack MJ, Brown PP, Kugelmass AD, Battaglia SL, Tarkington LG, Simon AW, et al. Current status and outcomes of coronary revascularization 1999 to 2002: 148,396 surgical and percutaneous procedures. *Ann Thorac Surg* 2004;77:761-766.
- Mack MJ. Advances in the treatment of coronary artery disease. *Ann Thorac Surg* 2003;76:S2240-S2245.
- Zamora E, Delgado L, Castro MA, Fernández M, Orrit J, Romero B, et al. Coronary artery bypass surgery using the mini-extracorporeal circulation system: a Spanish unit's experience. *Rev Esp Cardiol* 2008;61:376-381.
- Castiglioni A, Verzini A, Pappalardo F, Colangelo N, Torranna L, Zangrillo A, et al. Minimally invasive closed circuit versus standard extracorporeal circulation for aortic valve replacement. *Ann Thorac Surg* 2007;83:586-591.
- Perthel M, Klingbeil A, El-Ayoubi L, Gerick M, Laas J. Reduction in blood product usage associated with routine use of mini bypass system in extracorporeal circulation. *Perfusion* 2007;22:9-14.
- Chander W. Effects of hemodilution, blood loss, and consumption on hemostatic levels during cardiopulmonary bypass. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2005;19:459-467.
- Engoren MC, Habib RH, Zacharias A, Schwann TA, Riordan CJ, Durham SJ. Effect of blood transfusion on long term survival after cardiac operation. *Ann Thorac Surg* 2002;74:1180-1186.