

Cirugía coronaria con mini-circulación extracorpórea: experiencia de un grupo en España

Elisabet Zamora^a, Luis Delgado^b, Miguel A. Castro^b, Mireia Fernández^b, Javier Orrit^b, Bernat Romero^b, María L. Cámara^b y Xavier Ruyra^b

^aServicio de Cardiología. Hospital Universitari Germans Trias i Pujol. Badalona. Barcelona. España.

^bServicio de Cirugía Cardíaca. Hospital Universitari Germans Trias i Pujol. Badalona. Barcelona. España.

Introducción y objetivos. El incremento del intervencionismo percutáneo ha conllevado una disminución significativa de la cirugía coronaria. El perfil del paciente coronario que se remite a cirugía es más añoso, con mayor comorbilidad, peor función ventricular y con procedimientos percutáneos previos. En este sentido la cirugía ha intentado mejorar sus resultados desde varios frentes de actuación. El objetivo es analizar y describir la experiencia inicial de la cirugía coronaria con mini-circulación extracorpórea (MCEC) en un grupo de cirugía cardíaca en el que se ha convertido en técnica de elección.

Métodos. Entre enero de 2004 y abril de 2007, se analizó de forma retrospectiva a 408 pacientes sometidos a cirugía coronaria aislada con MCEC, 329 (80,6%) varones, con media (intervalo) de edad de 63,5 (28-83) años. Un 63% tenía hipertensión; el 49,3%, diabetes; el 69%, dislipemia, y el 52% eran fumadores.

Resultados. El EuroSCORE logístico (mortalidad esperada) era del 3,7% (1%-38%). El 34% de los pacientes tenían afección del tronco común y el 87%, enfermedad de 3 vasos. En el 74% de los casos se realizó revascularización completa, con un número medio de injertos de 2,97 (1-7). Se utilizó injerto de mamaria en el 100% de los casos. La mortalidad hospitalaria fue del 0,74%. Las complicaciones postoperatorias fueron pocas: el 0,98% precisó reintervención por sangrado, en el 3,4% se elevó la troponina I de forma significativa, en el 6,4% se desarrolló insuficiencia renal y el 0,5% tuvo accidente vascular cerebral.

Conclusiones. La cirugía coronaria con MCEC permite realizar una revascularización completa en la mayoría de los pacientes, con buenos resultados de morbimortalidad.

Palabras clave: *Mini-circulación extracorpórea. Cirugía cardíaca. Mortalidad. Morbilidad.*

Coronary Artery Bypass Surgery Using the Mini-Extracorporeal Circulation System: A Spanish Unit's Experience

Introduction and objectives. The increasing use of percutaneous interventions has resulted in a significant reduction in coronary artery bypass grafting. Today, patients referred for surgery are older, have more comorbidities, and have undergone previous percutaneous intervention, and their ventricular function is poorer. As a result, surgery has attempted to improve its results by adopting a number of different strategies. The aim of this study was to investigate and describe one cardiac surgery unit's initial experience with coronary artery bypass grafting using mini-extracorporeal circulation (MECC), which had become its technique of choice.

Methods. A retrospective analysis of 408 patients who underwent isolated coronary artery bypass grafting using MECC between January 2004 and April 2007 was carried out. Of the 408, 329 (80.6%) were men, their mean age was 63.5 years (28-83 years), 63% had hypertension, 49.3% had diabetes, 69% had hyperlipidemia, and 52% were smokers.

Results. The surgical mortality rate predicted by the logistic EuroSCORE was 3.7% (range, 1-38). Overall, 34% of patients had left main coronary artery disease and 87% had three-vessel disease. In 74%, complete revascularization was carried out using a mean of 2.97 (range, 1-7) grafts per patient. A mammary artery graft was used in all cases. The in-hospital mortality rate was 0.74%. There were few postoperative complications: 0.98% of patients required further surgery because of bleeding, 3.4% had a significantly elevated troponin-I level, 6.4% developed kidney failure, and 0.5% suffered a stroke.

Conclusions. Coronary artery bypass grafting using MECC enabled complete revascularization to be performed in most patients, and morbidity and mortality rates were low.

Key words: *Mini-extracorporeal circulation. Heart surgery. Mortality. Morbidity.*

Full English text available from: www.revespcardiol.org

Correspondencia: Dra. E. Zamora.

Servicio de Cardiología. Hospital Germans Trias i Pujol.

Ctra. Canyet, s/n. 08016 Badalona. Barcelona. España.

Correo electrónico: elisabetzam@terra.es; e.zamora@telefonica.net

Recibido el 27 de julio de 2007.

Aceptado para su publicación el 19 de diciembre de 2007.

ABREVIATURAS

CEC: circulación extracorpórea.

MCEC: mini-circulación extracorpórea.

SCEC: sin circulación extracorpórea.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo actual de las técnicas de intervencionismo coronario percutáneo, su implementación en centros sin cirugía cardíaca disponible y los buenos resultados inmediatos ofrecidos a expensas de una baja morbilidad y una corta estancia hospitalaria han determinado una disminución progresiva y significativa de la cirugía coronaria^{1,2}. En el registro americano de la STS (STS Database), se puede apreciar un descenso ininterrumpido de la cirugía coronaria desde el año 1997 (185.000 procedimientos/año) hasta la actualidad (< 100.000 procedimientos/año). Este hecho también se observa en Europa, donde la relación entre cirugía coronaria e intervencionismo percutáneo tiende claramente a disminuir³. Esta tendencia se ha puesto de manifiesto principalmente en el subgrupo de pacientes que clásicamente se habían considerado quirúrgicos. En los datos obtenidos de los centros participantes en el estudio SYNTAX⁴, hasta el 30% de los pacientes en Europa con enfermedad de tres vasos fueron tratados con técnicas percutáneas y hasta el 26% de los afectos de enfermedad de tronco común. En España muchos servicios de cirugía cardíaca realizan entre 250 y 400 cirugías al año. De la actividad de la cirugía coronaria en nuestro país se muestran algunos datos del registro de la SECTCV en la tabla 1.

Por otro lado, el perfil del paciente que es sometido a cirugía ha cambiado sustancialmente en los últimos años. Los pacientes son cada vez más añosos, con una proporción creciente de mujeres, con enfermedad coronaria más difusa y severa, peor función ventricular y mayor comorbilidad, y frecuentemente sometidos a intervencionismo percutáneo previo. Además, también han aumentado los procedimientos asociados como la reparación de la insuficiencia mitral isquémica o la reconstrucción ventricular en la miocardiopatía dilatada de origen isquémico.

En esta nueva realidad, la cirugía ha intentado mejorar los resultados de mortalidad y morbilidad, disminuir la agresividad del procedimiento quirúrgico y ofrecer una revascularización más completa y duradera^{5,6}. En este sentido, los objetivos principales han sido múltiples: *a)* disminuir el trauma quirúrgico; *b)* minimizar la respuesta inflamatoria, por ejemplo mediante la implementación de la cirugía coronaria sin circulación extracorpórea (SCEC) o con técnicas de mini-circulación extracorpórea (MCEC)³; *c)* prolongar la duración de la revascularización con la utilización amplia de injertos arteriales, la adición sistemática de hipolipemiantes, antiagregantes, inhibidores de la enzima de conversión de angiotensina (IECA) y bloqueadores beta.

La circulación extracorpórea (CEC) ha permitido realizar la cirugía coronaria de forma amplia y compleja en un corazón parado, exangüe y con estabilidad hemodinámica, aunque con el precio de producir un daño sistémico variable, como la hemodilución, la activación de la coagulación y alteración plaquetaria, la activación del complemento y la respuesta inflamatoria global, la disfunción endotelial y los riesgos que conlleva la manipulación de la aorta. La MCEC es uno de los métodos que se han desarrollado con el objetivo de disminuir algunas de las complicaciones derivadas de las técnicas convencionales de CEC. Aunque su implantación no está extendida en nuestro país, en nuestro centro se ha convertido en técnica de elección.

Nuestro objetivo fue analizar nuestra experiencia inicial en MCEC en los pacientes sometidos a cirugía coronaria aislada.

MÉTODOS

De todos los pacientes consecutivos referidos a cirugía coronaria aislada entre enero de 2004 y abril de 2007 (667 pacientes), se excluyó del estudio a los que se revascularizaron con CEC convencional o SCEC. El grupo de estudio final lo constituyeron 408 pacientes operados con MCEC. Con respecto a las características basales de los pacientes, cabe destacar que se consideró enfermedad arterial sistémica cuando existía evidencia clínica de arteriopatía periférica de los troncos supraaórticos, intracraneal o ambas. Se consideró enfermedad pulmonar obstructiva crónica cuando los

TABLA 1. Datos de cirugía coronaria entre los años 2001 y 2005 de la SECTCV*

	2001	2002	2003	2004	2005
Cirugía coronaria con CEC	5.175	5.356	4.735	4.586	4.092
Mortalidad	4,96%	4,51%	4,62%	3,68%	4%
Injertos arteriales	96%	93,5%	89,8%	90,6%	88,7%
Cirugía coronaria sin CEC	1.905	1.905	2.063	1.901	1.606
Mortalidad	4,56%	4,46%	3,58%	3,2%	3,4%

*Sociedad Española de Cirugía Torácica y Cardiovascular.

pacientes habían presentado descompensaciones de esta enfermedad o recibían tratamiento broncodilatador habitual. La obesidad se definió como un índice de masa corporal (IMC) > 30. La mortalidad quirúrgica se definió como aquella que se producía en los primeros 30 días de la cirugía o durante el ingreso hospitalario. El tiempo considerado en la descripción de la morbilidad descrita fue durante el ingreso hospitalario. Se valoró insuficiencia renal en función de las cifras de creatinina sérica, cuando éstas eran > 2,2 mg/dl. Se definió IAM perioperatorio como presencia de troponina I (TnI) > 12 ng/ml.

La premisa de buscar la máxima calidad asistencial, la mejora de resultados y la posibilidad de atenuar el daño de la CEC convencional sin renunciar a parte de sus ventajas, fue muy importante a la hora de elegir este tipo de cirugía con un grupo muy joven de cirujanos con escasa experiencia en cirugía coronaria y en pacientes que requieren revascularizaciones complejas y con el mayor número posible de injertos arteriales. En esta decisión fue clave la figura del equipo de perfusionistas de nuestro centro, con una amplia experiencia en bombas de CEC de tipo centrífugas, que son imprescindibles en esta técnica.

El sistema de MCEC es un sistema biocompatible de CEC cerrado, sin interfase aire-sangre, con un volumen de cebado reducido que conlleva menor hemodilución y menor superficie de contacto y permite separar la sangre de los aspiradores del campo quirúrgico. Además, requiere de una bomba extracorpórea de tipo centrífuga, un oxigenador de membrana y un circuito de líneas arteriovenoso reducido, a diferencia de la CEC.

Los sistemas de MCEC empleados, siempre con bomba centrífuga, fueron el sistema MECC Jostra® y el Synergy Sorin Group®. Sólo se utilizó recuperador celular en el 15% de los casos. La curva de aprendizaje fue corta y a los 2 meses todos los miembros del equipo podían realizarla con garantías.

RESULTADOS

De los 667 pacientes sometidos a cirugía coronaria aislada entre enero de 2004 y abril de 2007 en nuestro centro, 148 se realizaron con CEC convencional, 111 SCEC y 408 fueron intervenidos mediante MCEC. Las características de los pacientes se describen en la tabla 2.

La cirugía se realizó de forma urgente en el 28% de los casos. En el 74,5% de los casos se realizó revascularización completa, con una media (intervalo) de 2,97 (1-7) injertos por paciente. Se realizó 1 injerto coronario en 16 pacientes (3,9%), 2 injertos en 111 (27,2%), 3 injertos en 174 (42,6%), 4 injertos en 85 (20,8%), 5 injertos en 20 (4,9%) y 6 y 7 injertos en 1 paciente (0,25%), respectivamente. En 84 (21%) pacientes se realizó revascularización arterial completa. Se utilizó

TABLA 2. Características basales de los pacientes

Características	
Edad (años), media ± DE	63,5 ± 9,57
Varones, n (%)	329 (80,6)
Tabaquismo, n (%)	212 (52)
Hipertensión arterial, n (%)	257 (63)
Diabetes, n (%)	200 (49)
Dislipemia, n (%)	281 (69)
Historia familiar de CI, n (%)	44,9 (11)
Enfermedad arterial, n (%)	77,5 (19)
EPOC, n (%)	44 (10,8)
AVC previo, n (%)	28 (7)
Obesidad, n (%)	38,7 (9,5)
Insuficiencia renal, n (%)	20 (5)
Vasos afectados, n (%)	
Tronco común	139 (34%)
Un vaso	5 (1,3%)
Dos vasos	41 (10%)
Tres vasos	353 (86,5%)
FEVI	
≥ 50%	69,8%
49-30%	26,9%
< 30%	3,2%
EuroSCORE logístico, media ± DE	3,7% ± 3,96%
EuroSCORE numérico, media ± DE	3,7 ± 2,67

AVC: accidente vascular cerebral; CI: cardiopatía isquémica; DE: desviación estándar; EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica; FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo; IMC: índice de masa corporal.

injerto de arteria mamaria en el 100% de los casos; arteria mamaria izquierda en un 98,3% y arteria mamaria derecha en un 19%. Se utilizó la arteria radial en el 29% de los pacientes. La estancia postoperatoria mediana fue de 8,2 (0-101) días. El 87% de los pacientes fueron extubados en las primeras 12 h del postoperatorio. Sólo 13 (3,1%) pacientes precisaron intubación prolongada (más de 24 h). La duración media de la ventilación asistida fue de 14,48 ± 58,61 h y la estancia en UCI fue de 3,08 ± 4 días. La mortalidad quirúrgica (1 mes o durante el ingreso hospitalario) fue del 0,74% (3 pacientes).

Como complicaciones, presentaron sangrado importante 16 (3,9%) pacientes, de los que sólo 4 (0,98%) precisaron reintervención. A pesar de ello, el sangrado medio en las primeras 24 h fue de 497 ml. La tasa de transfusión fue del 38,7%. Presentaron infarto agudo peroperatorio 14 pacientes (3,4%). De ellos, 1 solo caso presentó un infarto agudo de miocardio extenso con deterioro significativo de la función sistólica, y finalmente falleció. En el resto no hubo pérdida de función contráctil. Se evidenció oclusión precoz de algún injerto que precisó reintervención en 3 (0,74%) pacientes. Únicamente 2 (0,49%) precisaron balón de contrapulsación aórtico, que ya había sido implantado en ambos casos preoperatoriamente. Durante el ingreso, 63 (15,4%) pacientes presentaron fibrilación auricular, que sólo en 1 caso precisó cardioversión eléc-

trica para revertir a ritmo sinusal. Tuvieron insuficiencia renal —definida como creatinina plasmática > 2,2 mg/dl— 26 (6,4%) pacientes, y 8 (1,9%) precisaron hemofiltración. Se registró 1 paciente (0,2%) con isquemia intestinal, que falleció finalmente. Únicamente 3 casos (0,75%) de infección esternal profunda; 2 casos (0,5%) presentaron déficit neurológico permanente, de los que uno falleció, y 3 pacientes (0,74%) presentaron déficit neurológico transitorio.

DISCUSIÓN

Mejora de los aspectos quirúrgicos en la cirugía coronaria

En la actualidad existen diferentes posibilidades quirúrgicas de revascularización coronaria. Ésta puede realizarse con CEC, con circuitos de MCEC o SCEC, y con distintos abordajes quirúrgicos: la minitoracotomía⁷ izquierda o derecha, la esternotomía media, la esternotomía parcial⁸, la cirugía por puertos de toracoscopia⁹ y la cirugía robótica. Actualmente hay consenso en considerar la esternotomía media como el abordaje que permite acceder a todas las arterias del corazón con mayor seguridad y eficacia. La esternotomía media, aunque de resultado estético discutible, tiene una buena cicatrización, suele ser poco dolorosa y pocas veces afecta a la mecánica ventilatoria del paciente^{10,11}.

La cirugía coronaria SCEC ha sido adoptada de forma entusiasta por algunos cirujanos en los últimos 10 años. Implica un concepto muy diferente de realizar cirugía coronaria y requiere un manejo anestésico específico, un control distinto de la coagulación y particulares presentación, estabilización y control de la anastomosis. La cirugía coronaria SCEC puede realizarse de forma sistemática y con excelentes resultados de morbimortalidad¹², aunque no se ha generalizado en los grupos quirúrgicos. Tras muchos estudios^{13,14} y una larga controversia, podría concluirse que: *a*) los pacientes sometidos a cirugía coronaria tienen un excelente resultado operados con CEC o SCEC; *b*) las pérdidas hemáticas y la necesidad de transfusión, la elevación enzimática, la función neurocognitiva temprana y la función renal parecen estar favorecidas por la cirugía SCEC, y *c*) la estancia hospitalaria, la mortalidad, la morbilidad y la función neurocognitiva a largo plazo son iguales con CEC que SCEC; en la cirugía SCEC se realiza menor número de injertos por paciente; el análisis de los pocos estudios aleatorizados con relación a la permeabilidad de los injertos en este tipo de cirugía demuestra una tendencia a que ésta sea menor que con CEC. Probablemente ambas formas de realizar la cirugía coronaria son posibilidades terapéuticas aptas para adaptarlas a los diferentes subgrupos de pacientes, con sus ventajas y desventajas¹⁵. La realidad es que actualmente sólo el 25% de toda la cirugía coronaria de realiza SCEC¹⁶. En España también

representa un 25-30% del total¹⁷, aunque algunos grupos la han adoptado para la práctica totalidad de los pacientes coronarios¹⁸, con buenos resultados. Puede decirse que la cirugía coronaria SCEC sigue siendo minoritaria, que pocos grupos y pocos cirujanos realizan sistemáticamente esta técnica, que requiere una filosofía y una disciplina diferentes, un abordaje multidisciplinario con gran implicación del anestesta, una curva de aprendizaje y un volumen de pacientes que pocas veces se llega a conseguir. Además, muchos cirujanos siguen dudando de su beneficio clínico y temen comprometer la calidad y la duración de la revascularización. Por ello, posiblemente, la cirugía coronaria SCEC no es reproducible en todos los cirujanos ni en todos los grupos quirúrgicos, y con ello se afectan los resultados^{16,19,20}.

Cirugía coronaria con MCEC

La cirugía coronaria con MCEC ha resultado muy reproducible y con una curva de aprendizaje corta y sencilla. Permite revascularizar cualquier territorio coronario incluso con vasos de pequeño calibre o enfermedad muy difusa, y a cualquier cirujano con diferentes grados de experiencia. La razón es que mantiene las ventajas fundamentales de la CEC convencional (campo quieto, exangüe y con total estabilidad hemodinámica), con un daño sistémico marcadamente inferior, por lo que se debería considerar esta técnica a la hora de mejorar los resultados, dada la creciente dificultad del paciente coronario y la disminución del volumen de este tipo de cirugía. Las ventajas potenciales son múltiples. La utilización de un circuito cerrado sin interfase sangre-aire, el uso de mínimos volúmenes de cebado en un circuito de menor longitud, la ausencia de reservorio venoso, el uso de material altamente biocompatible, junto con el uso sistemático del sistema de recuperación celular, disminuyen las pérdidas hemáticas, disminuyen la hemodilución y la necesidad de transfusión y minimizan el contacto de la sangre con polímeros y con el aire. Estos factores reducen las complicaciones derivadas de la respuesta inflamatoria sistémica y ofrecen una mayor protección orgánica durante la cirugía. Diversos trabajos permiten afirmar que hay un marcado beneficio en los pacientes que no precisan transfusión durante o después de la cirugía, y que demuestran mayor supervivencia a largo plazo, mejor calidad de vida y mayor capacidad de recuperación tras la cirugía^{21,22}. Varios estudios han demostrado una reducción del sangrado²³, de la necesidad de transfusión de hemoderivados²⁴⁻²⁶ y de la concentración de marcadores de daño orgánico^{24,27} con esta técnica. En nuestra serie, el sangrado medio fue de 497 ml y se transfundió al 38,7% de los pacientes. Remadi et al²⁸, que ya habían utilizado previamente esta técnica con excelentes resultados²⁹, compararon de forma prospectiva y aleatorizada a 400 pacientes sometidos a cirugía

de revascularización coronaria, el 50% de ellos con técnica de CEC convencional y el resto con MCEC. Se observaron diferencias en cuanto a morbilidad a favor de la MCEC respecto a la CEC convencional, aunque no hubo diferencias en cuanto a la mortalidad a 30 días (el 1,5 y el 2,5%, respectivamente). En este estudio se concluyó que la MCEC era reproducible y segura y probablemente con mejor perfil biológico que la CEC. Otros datos³⁰ también indican que, aunque la incidencia de complicaciones postoperatorias y el uso de hemoderivados es menor en la MCEC, no se observan diferencias en cuanto a estancia hospitalaria y mortalidad a 30 días entre la MCEC y la CEC convencional. Un estudio prospectivo francés³¹, con 279 pacientes, también mostró buenos resultados de morbimortalidad, aunque el EuroSCORE de la mayoría de los pacientes era bajo.

El daño miocárdico durante la cirugía coronaria se ha demostrado menor con la MCEC³², así como una reducción significativa en la incidencia de fibrilación auricular postoperatoria^{32,33}. En nuestra serie, la elevación de TnI significativa fue sólo del 3,4% y la incidencia de fibrilación auricular fue del 15,4%.

Las complicaciones neurológicas de la CEC secundarias a la hipoperfusión cerebral y microembolización son bien conocidas. En este sentido, se ha observado que los sistemas de MCEC, que utilizan circuitos cerrados que evitan el contacto de la sangre con el aire, pueden preservar la oxigenación tisular cerebral y reducir la microembolización cerebral respecto a la CEC convencional³⁴. En nuestra serie sólo 2 (0,5%) casos presentaron déficit neurológico permanente y 3 (0,74%) sufrieron un accidente isquémico transitorio. Si bien esto es cierto, cabe decir que la principal causa de daño cerebral en la cirugía coronaria es la manipulación de la aorta, que puede presentar ateromatosis. La única forma de evitar su manipulación es realizar cirugía coronaria SCEC y sin injertos que requieran anastomosis proximales sobre la aorta. En la técnica de MCEC se requiere pinzamiento aórtico total y, en ocasiones, también parcial, por lo que esta complicación podría presentarse también en estos casos. A pesar de ello, los nuevos circuitos de MCEC permiten realizar las anastomosis proximales sin necesidad de nuevos pinzamientos parciales. El posible papel de la protección cerebral de la MCEC haría referencia a la disminución de la respuesta inflamatoria global.

Otro aspecto no menos importante es el beneficio de la MCEC en función del sexo del paciente. La cardiopatía isquémica es cada vez más frecuente en las mujeres, de manera que la proporción de mujeres que se someten a cirugía coronaria es cada vez mayor. Clásicamente se ha considerado que la mortalidad de la cirugía coronaria era superior en las mujeres^{35,36}, por lo que se incluyó el sexo femenino en las escalas de estimación del riesgo quirúrgico, como el EuroSCORE³⁷. Si bien existen diferentes teorías que intentan

explicar este hecho³⁸, hay evidencias de que las técnicas SCEC o mínimamente invasivas podrían beneficiar a las mujeres y aproximar las cifras de mortalidad a las de los varones³⁹.

El desarrollo de algunos tratamientos ha implicado un aparente y progresivo olvido del beneficio de la cirugía de revascularización⁴⁰. Es absolutamente cierto que en la enfermedad multivaso y en la del tronco común la cirugía ha demostrado una disminución de la mortalidad, de la recurrencia de angina y de reintervención⁴¹. Como demuestra nuestra serie, la MCEC en los pacientes sometidos a cirugía coronaria aislada ofrece buenos resultados quirúrgicos con una baja morbilidad, por lo que podría ser una buena alternativa a la CEC convencional en los casos en que pueda realizarse.

Limitaciones

Las propias de los estudios retrospectivos. En nuestra serie hay sesgos de clasificación en cuanto a que nuestros pacientes no son consecutivos, teniendo en cuenta además que fueron sometidos a MCEC, CEC o SCEC también en función de las preferencias del cirujano.

CONCLUSIONES

La cirugía de revascularización coronaria mediante técnicas de MCEC permite realizar una revascularización completa en la mayoría de los pacientes con buenos resultados de morbilidad y mortalidad. Esta técnica podría ser de elección en los pacientes coronarios que no precisen ser sometidos a otros procedimientos durante la cirugía, para intentar reducir las complicaciones derivadas de las técnicas de CEC convencional.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ferreira AC, Peter AA, Salerno TA, Bolooki H, De Marchena E. Clinical impact of drug-eluting stents in changing referral practices for coronary surgical revascularization in a tertiary care center. *Ann Thorac Surg.* 2003;75:485-9.
2. 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;77:761-6.
3. Cardiac surgery and catheter based coronary interventions in Europe in 2002. *Cardiovascular forum online.* 2004;1-19.
4. Kappetein AP, Dawkins KD, Mohr FW, Morice MC, Mack MJ, Russell ME, et al. Current percutaneous coronary intervention and coronary artery bypass grafting practices for three-vessel and left main coronary artery disease. Insights from the SYNTAX run-in phase. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2006;29:486-91.
5. Mack MJ. Perspectives on minimally invasive coronary artery surgery. Current assessment and future directions. *Int J Cardiol.* 1997;62:S73-9.
6. Mack MJ. Advances in the treatment of coronary artery disease. *Ann Thorac Surg.* 2003;76:S2240-5.

7. Calafiore AM, Angelini GD. Left anterior small thoracotomy (LAST) for coronary artery revascularisation. *Lancet*. 1996;347:263-4.
8. Di GG, Pano M, Giancane M, Di FA, Di MM. Off-pump revascularization of chronically occluded left anterior descending artery through left anterior small thoracotomy: early and late angiographic and clinical follow-up. *Ann Thorac Surg*. 2006;82:1446-50.
9. Argenziano M, Katz M, Bonatti J, Srivastava S, Murphy D, Poirier R, et al. Results of the prospective multicenter trial of robotically assisted totally endoscopic coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg*. 2006;81:1666-74.
10. Losanoff JE, Jones JW, Richman BW. Primary closure of median sternotomy: techniques and principles. *Cardiovasc Surg*. 2002;10:102-10.
11. Lahtinen P, Kokki H, Hynynen M. Pain after cardiac surgery: a prospective cohort study of 1-year incidence and intensity. *Anesthesiology*. 2006;105:794-800.
12. El-Hamamsy I, Cartier R, Demers P, Bouchart D, Pellerin M. Long-term results after systematic off-pump coronary artery bypass graft surgery in 1000 consecutive patients. *Circulation*. 2006;114:1486-91.
13. Sellke FW, DiMaio JM, Caplan LR, Ferguson TB, Gardner TJ, Hiratzka LF, et al. Comparing on-pump and off-pump coronary artery bypass grafting: numerous studies but few conclusions: a scientific statement from the American Heart Association council on cardiovascular surgery and anesthesia in collaboration with the interdisciplinary working group on quality of care and outcomes research. *Circulation*. 2005;111:2858-64.
14. Parolari A, Alamanni F, Polvani G, Agrifoglio M, Chen YB, Kassem S, et al. Meta-analysis of randomized trials comparing off-pump with on-pump coronary artery bypass graft patency. *Ann Thorac Surg*. 2005;80:2121-5.
15. Lytle BW, Sabik JF. On-pump and off-pump bypass surgery: tools for revascularization. *Circulation*. 2004;109:810-2.
16. Bonchek LI. Off-pump coronary bypass: Is it for everyone? *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2002;124:431-4.
17. Igual A, Saura E. Cirugía cardiovascular en España en el año 2002. Registro de intervenciones de la Sociedad Española de Cirugía Cardiovascular. *Cir Cardiovasc*. 2004;11:97-108.
18. Tarrío RF, Cuenca JJ, Gomes V, Campos V, Herrera JM, Rodríguez F. Off pump total arterial revascularization: our experience. *J Card Surg*. 2004;19:389-95.
19. Bonchek LI. Surgeon skill influences OPCAB success. *Am Heart Hosp J*. 2003;1:314-5.
20. Jin R, Hiratzka LF, Grunkemeier GL, Krause A, Page US. Aborted off-pump coronary artery bypass patients have much worse outcomes than on-pump or successful off-pump patients. *Circulation*. 2005;112:1332-7.
21. Koch CG. Persistent effect of red cell transfusion on health-related quality of life after cardiac surgery. *Ann Thorac Surg*. 2006;82:13-20.
22. Koch CG. Transfusion in coronary artery bypass grafting is associated with reduced long-term survival. *Ann Thorac Surg*. 2006;81:1650-7.
23. Abdel-Rahman U, Martens S, Risteski P, Ozaslan F, Riaz M, Moritz A. The use of minimized extracorporeal circulation system has a beneficial effect on hemostasis — a randomized clinical study. *Heart Surg Forum*. 2006;9:E543-8.
24. Van Boven WJ, Gerritsen WB, Waanders FG, Haas FJ, Aarts LP. Mini extracorporeal circuit for coronary artery bypass grafting: initial clinical and biochemical results: a comparison with conventional and off-pump coronary artery bypass grafts concerning global oxidative stress and alveolar function. *Perfusion*. 2004;19:239-46.
25. Gerritsen WB, Van Boven WJ, Wesselink RM, Smelt M, Morshuis WJ. Significant reduction in blood loss in patients undergoing minimal extracorporeal circulation. *Transfus Med*. 2006;16:329-34.
26. Perthel M, El-Ayoubi L, Bendisch A, Laas J, Gerick M. Clinical advantages of using mini-bypass systems in terms of blood product use, postoperative bleeding and air entrainment: an in vivo clinical perspective. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2007;31:1070-5.
27. Van Boven WJ, Gerritsen WB, Zanen P, Grutters JC, Van Dongen HP, Bernard A, et al. Pneumoproteins as a lung-specific biomarker of alveolar permeability in conventional on-pump coronary artery bypass graft surgery vs mini-extracorporeal circuit: a pilot study. *Chest*. 2005;127:1190-5.
28. Remadi JP, Rakotoarivelo Z, Marticho P, Benamar A. Prospective randomized study comparing coronary artery bypass grafting with the new mini-extracorporeal circulation Jostra System or with a standard cardiopulmonary bypass. *Am Heart J*. 2006;151:198.
29. Remadi JP, Marticho P, Butoi I, Rakotoarivelo Z, Trojette F, Benamar A. Clinical experience with the mini-extracorporeal circulation system: an evolution or a revolution? *Ann Thorac Surg*. 2004;77:2172-5.
30. Wiesenack C, Liebold A, Philipp A, Ritzka M, Koppenberg J, Birnbaum DE. Four years' experience with a miniaturized extracorporeal circulation system and its influence on clinical outcome. *Artif Organs*. 2004;28:1082-8.
31. Folliguet TA, Villa E, Vandeneden F, Laborde F. Coronary artery bypass graft with minimal extracorporeal circulation. *Heart Surg Forum*. 2003;6:297-301.
32. Immer FF, Pirovino C, Gygax E, Englberger L, Tevæarai H, Carrel TP. Minimal versus conventional cardiopulmonary bypass: assessment of intraoperative myocardial damage in coronary bypass surgery. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2005;28:701-4.
33. Takai H, Eishi K. [Arrested coronary artery bypass grafting with modified percutaneous cardiopulmonary support circuit (mini-pump system)]. *Kyobu Geka*. 2006;59:625-30.
34. Liebold A, Khosravi A, Westphal B, Skrabal C, Choi YH, Stamm C, et al. Effect of closed minimized cardiopulmonary bypass on cerebral tissue oxygenation and microembolization. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2006;131:268-76.
35. Edwards FH, Grover FL, Shroyer AL, Schwartz M, Bero J. The Society of Thoracic Surgeons National Cardiac Surgery Database: current risk assessment. *Ann Thorac Surg*. 1997;63:903-8.
36. Hammar N, Sandberg E, Larsen FF, Ivert T. Comparison of early and late mortality in men and women after isolated coronary artery bypass graft surgery in Stockholm, Sweden, 1980 to 1989. *J Am Coll Cardiol*. 1997;29:659-64.
37. Nashef SA, Roques F, Michel P, Gauducheau E, Lemeshow S, Salamon R. European system for cardiac operative risk evaluation (EuroSCORE). *Eur J Cardiothorac Surg*. 1999;16:9-13.
38. Lawton JS, Brister SJ, Petro KR, Dullum M. Surgical revascularization in women: unique intraoperative factors and considerations. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2003;126:936-8.
39. Brown PP. Outcomes experience with off-pump coronary artery bypass surgery in women. *Ann Thorac Surg*. 2002;74:2113-9.
40. Taggart DP, Thomas B. Ferguson Lecture. Coronary artery bypass grafting is still the best treatment for multivessel and left main disease, but patients need to know. *Ann Thorac Surg*. 2006;82:1966-75.
41. Yusuf S, Zucker D, Peduzzi P, Fischer LD, Takaro T, Kennedy JW, et al. Effect of coronary artery bypass graft surgery on survival: overview of 10-year results from randomised trials by the Coronary Artery Bypass Graft Surgery Trialists Collaboration. *Lancet*. 1994;344:563-70.