

## Ventajas de la revascularización miocárdica sin circulación extracorpórea en pacientes de riesgo

Rafael García Fuster, José A. Montero, Óscar Gil, Fernando Hornero, Sergio J. Cánovas, María J. Dalmau y María Bueno

Servicio de Cirugía Cardíaca. Hospital General Universitario de Valencia.

**Introducción y objetivos.** La revascularización miocárdica sin circulación extracorpórea ha logrado disminuir la morbimortalidad quirúrgica. Presentamos nuestra experiencia reciente con esta nueva técnica para valorar sus teóricas ventajas respecto a la cirugía convencional.

**Pacientes y métodos.** En un análisis retrospectivo se incluyeron a 547 pacientes consecutivos sometidos a revascularización miocárdica aislada entre diciembre de 1997 y noviembre de 2000. Se compararon 121 pacientes sin bomba con 426 sometidos a extracorpórea. Se realizó un análisis de regresión logística buscando predictores de mortalidad, transfusión, fibrilación auricular postoperatoria y estancia.

**Resultados.** Los pacientes sin bomba fueron de mayor riesgo: mayor edad, fracción de eyección inferior y una mayor prevalencia de angina inestable, insuficiencia cardíaca y comorbilidad previa. Esta técnica redujo las transfusiones ( $1 \pm 1$  frente a  $1,9 \pm 2$  concentrados de hemáties;  $p < 0,0001$ ) y la estancia postoperatoria ( $8,9 \pm 5$  frente a  $11,3 \pm 7$  días;  $p < 0,001$ ). El grupo sin bomba presentó una tendencia hacia una menor morbilidad, pero no se logró disminuir la mortalidad hospitalaria. La extracorpórea fue un predictor de transfusión y mayor estancia. A corto plazo no se encontraron diferencias significativas en cuanto a angina recurrente o permeabilidad de injertos.

**Conclusiones.** La revascularización sin bomba es una buena alternativa en pacientes de riesgo porque reduce la necesidad transfusional y la estancia postoperatoria. Además, presentó una tendencia hacia una menor morbilidad. La mortalidad no fue significativamente mayor a pesar del alto riesgo de los pacientes. Es necesario un seguimiento a largo plazo para determinar la efectividad real de esta técnica.

**Palabras clave:** *Circulación extracorpórea. Enfermedad coronaria. Revascularización.*

### Advantages of Off-Pump Coronary Bypass Surgery in High-Risk Patients

**Introduction and objectives.** Myocardial revascularization without cardiopulmonary bypass has been shown to reduce operative morbi-mortality. We report our recent experience with this novel technique in order to evaluate its theoretical advantages in comparison with conventional surgery.

**Patients and methods.** This retrospective analysis included 547 consecutive patients undergoing isolated myocardial revascularization from December 1997 through November 2000. One hundred twenty-one off-pump patients were compared to 426 undergoing cardiopulmonary bypass. Logistic regression analysis was performed to find predictors of mortality, transfusion, postoperative atrial fibrillation and length of hospital stay.

**Results.** Off-pump patients were at greater risk: they were older, with a lower ejection fraction and a higher prevalence of unstable angina, heart failure and associated comorbidity. Off-pump surgery reduced transfusions ( $1 \pm 1$  vs  $1,9 \pm 2$  blood units;  $p < 0,0001$ ) and postoperative hospital stays ( $8,9 \pm 5$  vs  $11,3 \pm 7$  days;  $p < 0,001$ ). The off-pump group showed a trend toward reduced morbidity but the technique did not decrease hospital mortality. Cardiopulmonary bypass was an independent predictor of blood transfusion and longer hospital stay. Short-term follow-up revealed no significant differences in recurring angina or patency rates.

**Conclusions.** Off-pump coronary bypass surgery is a good option in high-risk patients because it reduces the incidence of perioperative transfusion and the length of hospitalization. Furthermore, it showed a trend toward reduced morbidity. Mortality was not significantly higher in spite of the higher risk of the patients. Long-term longitudinal follow-up is mandatory to assess the true effectiveness of this technique.

**Key words:** *Cardiopulmonary bypass. Coronary disease. Revascularization.*

Full English text available at: [www.revespcardiol.org](http://www.revespcardiol.org)

Correspondencia: Dr. R. García Fuster.  
Artes Gráficas, 4, esc. izqda., pta. 3. 46010 Valencia.  
Correo electrónico: [rgfuster@comv.es](mailto:rgfuster@comv.es)

Recibido el 3 de mayo de 2001.  
Aceptado para su publicación el 17 de diciembre de 2002.

### INTRODUCCIÓN

La generalización de la revascularización miocárdica a corazón latiendo (o sin circulación extracorpórea [CEC]) ha logrado obviar de forma radical la problemática asociada a la fisiopatología de la CEC. Esta

## ABREVIATURAS

ACV: accidente cerebrovascular.  
AV: auriculoventricular.  
BNCO: bronconeumopatía crónica obstructiva.  
CEC: circulación extracorpórea.  
CPAP: asistencia ventilatoria con presión positiva continua.  
FA: fibrilación auricular.  
FE: fracción de eyección.

«nueva» técnica es una estrategia quirúrgica ya usada desde los comienzos de la cirugía coronaria, pero indudablemente con su reciente reintroducción ha supuesto una auténtica revolución. Cada vez son más los estudios que demuestran su beneficio, permitiendo disminuir la morbimortalidad operatoria<sup>1-3</sup>. Éste es más notorio en el subgrupo de pacientes de mayor riesgo quirúrgico<sup>3-7</sup>. De cualquier forma, debe tenerse en cuenta la incertidumbre actual sobre una probable disminución de la permeabilidad de los injertos coronarios realizados con esta cirugía, ya que se trata de un procedimiento técnicamente más complejo.

Nuestro estudio pretende confirmar las ventajas que nos ofrece la revascularización miocárdica sin CEC y, para ello, analiza la evolución peri y postoperatoria de nuestros pacientes, comparando los resultados con los obtenidos con la cirugía convencional.

## PACIENTES Y MÉTODOS

Se ha analizado comparativamente a un total de 547 pacientes intervenidos de *bypass* aortocoronario con y sin CEC de forma consecutiva en nuestro servicio, desde diciembre de 1997 hasta noviembre de 2000. Únicamente se han considerado los pacientes sometidos a revascularización miocárdica como procedimiento único habiéndose descartado otras técnicas asociadas. Inicialmente se tuvieron en cuenta dos grupos, según el empleo o no de la CEC, formados por 426 y 121 pacientes, respectivamente. Se compararon una serie de variables pre, peri y postoperatorias. Su riesgo quirúrgico inicial fue determinado con tres puntuaciones de morbimortalidad quirúrgica: Higgins<sup>8</sup>, Tuman<sup>9</sup> y Euroscore<sup>10</sup>. Se establecieron tres subgrupos en función de la puntuación obtenida con el Euroscore: 0-2 puntos o riesgo bajo, 3-5 puntos o riesgo intermedio y  $\geq 6$  puntos o riesgo alto. Finalmente, en el grupo global de pacientes se buscaron variables predictoras de muerte hospitalaria, mayor estancia, necesidad de transfusión perioperatoria y caída postoperatoria en fibrilación auricular (FA). Se incluyó como variable el tipo de cirugía (con CEC frente a sin CEC) para confirmar si se hallaba entre dichos predictores.

La información ha sido recabada de las historias clínicas y de la base de datos informatizada PATS de

Cormédica® (Grupo Palex). En la mayoría se realizó un seguimiento postoperatorio ambulatorio durante el primer año, completado mediante consulta telefónica.

## Intervención de *bypass* aortocoronario sin circulación extracorpórea

El abordaje habitual fue la esternotomía media, aunque en algún paciente se empleó la minitoracotomía anterior izquierda. En la mayoría se utilizó la arteria mamaria interna izquierda como injerto de primera elección, aunque también fueron empleados otros injertos arteriales (mamaria derecha o arteria radial izquierda). Se logró una óptima exposición con el empleo de puntos pericárdicos de tracción (puntos de Lima). La posición de la mesa quirúrgica en Trendelenburg y decúbito lateral derecho mejoró la exposición en el territorio de la circunfleja. En los primeros pacientes se utilizó el estabilizador C.T.S. (Cardiothoracic Systems Inc., Cupertino, CA, EE.UU.) y posteriormente fue reemplazado por el sistema Octopus I y II (Medtronic Inc., Minneapolis, MN, EE.UU.), siendo este último el más empleado. Tras heparinización sistémica (dosis de 1,5 mg/kg) el control de la coronaria a pontear se consiguió con una sutura de prolene 6/0 en doble lazada proximal y distal a la arteriotomía. Fue necesario emplear un *shunt* intracoronario en un paciente por mala tolerancia hemodinámica al ocluir la coronaria. En un 70% se testó la permeabilidad del injerto *in situ* con un medidor de flujo (Medi-Stim Butterfly Flowmeter, Medi-Stim AS-Oslo, Noruega). Tras la intervención se siguió un protocolo de extubación temprana (primeras 4 h).

## Intervención de *bypass* aortocoronario con circulación extracorpórea

En todos se realizó esternotomía media y en la mayoría fue empleada la arteria mamaria interna izquierda. Igualmente se utilizaron otros injertos arteriales. Tras canular la aorta ascendente y la aurícula derecha y heparinizar al paciente (3 mg/kg) se inició el *bypass* cardiopulmonar. En todos se utilizó oxigenador de membrana y bomba centrífuga o de rodillo. Se indujo hipotermia sistémica entre 30-32 °C y se empleó cardioplejía hemática fría retrógrada y anterógrada por injertos. Antes del despinzamiento aórtico se administró una dosis de cardioplejía hemática caliente (*hot shot*). Todos los pacientes siguieron el protocolo habitual de extubación a las 8 h.

## Análisis estadístico

Se realizó con el programa estadístico SPSS 6.0.1. para Windows. Las variables cuantitativas se expresaron como media y desviación estándar, las cualitativas como porcentajes. Tras un estudio descriptivo, se compararon las variables entre los grupos mediante las pruebas de la  $\chi^2$  para el

análisis de variables cualitativas, y de la t de Student para datos numéricos (previa verificación del supuesto de normalidad). Se realizaron los correspondientes análisis de regresión logística para estimar si la cirugía con CEC se encontraba entre las variables independientes asociadas a mortalidad hospitalaria, mayor estancia, transfusión y caída postoperatoria en FA. Se incluyó la variable «cirugía con CEC» y todas aquellas con un valor de  $p \leq 0,2$  en un análisis univariable previo. Las variables «edad», «sexo», «FE previa», «NYHA» y «angina inestable» también han sido consideradas en los modelos (en algunos se ha forzado su inclusión) dada su significación clínica.

## RESULTADOS

Del total de 547 pacientes, en 121 (28,4%) se empleó la cirugía sin CEC. El abordaje habitual fue la esternotomía media, salvo en 14 pacientes del grupo sin CEC en los que se empleó la minitoracotomía anterior izquierda (11,6% de dicho grupo). El sistema de estabilización más utilizado en este grupo fue el Octopus (115 pacientes, 95%).

### Comparación entre «sin circulación extracorpórea» y «con circulación extracorpórea» en el grupo total de pacientes

Los 121 pacientes intervenidos sin CEC fueron comparados con 426 intervenidos con CEC. Las principales variables preoperatorias analizadas fueron similares en ambos grupos salvo la edad, presencia de angina inestable, grado funcional IV de la NYHA, fracción de eyección (FE) previa, número de vasos afectados, enfermedad de un vaso, enfermedad de tres vasos y afectación de la circunfleja (tabla 1). Los del grupo sin CEC fueron de mayor edad y con clínica más severa (diferencias significativas): mayor porcentaje de angina inestable y grado funcional IV de la NYHA. La FE previa fue menor en este grupo, si bien, la enfermedad coronaria de tres vasos fue más frecuente en el grupo con CEC. La comorbilidad como bronconeumopatía crónica obstructiva (BNCO), accidente cerebrovascular (ACV) previo, hipertensión arterial, insuficiencia renal crónica y diabetes mellitus tipo 1 fue mayor en el grupo sin CEC (sin diferencias significativas). La vasculopatía periférica sí fue mucho más frecuente en el grupo sin CEC (cerca de la significación) (tabla 1). El mayor riesgo inicial del grupo sin CEC fue confirmado con las puntuaciones de morbimortalidad Higgins, Tuman y Euroscore (tabla 2). En lo que respecta a las complicaciones postoperatorias (tabla 3), la hemorragia fue claramente mayor en el grupo CEC, con una mayor tasa transfusional y de reoperaciones por hemorragia. En el grupo sin CEC fue menor la incidencia de nuevos episodios de FA postoperatoria, sepsis, infección esternal profunda o mediastinitis y derrame pleural significativo (un tercio o

TABLA 1. Con CEC frente a sin CEC (grupo global): variables preoperatorias

| Variable                           | Con CEC<br>(n = 426) | Sin CEC<br>(n = 121) | p       |
|------------------------------------|----------------------|----------------------|---------|
| Sexo mujer (%)                     | 85 (20)              | 27 (22,3)            | 0,570   |
| Edad media, años ( $\pm$ DE)       | 62,4 (9,3)           | 66,2 (10)            | < 0,001 |
| Reoperación (%)                    | 5 (1,2)              | 7 (5,8)              | 0,006   |
| Angina inestable (%)               | 96 (22,5)            | 39 (32,2)            | 0,029   |
| Grado de angina ( $\pm$ DE)        | 2,97 (0,69)          | 3,02 (0,79)          | 0,476   |
| NYHA IV (%)                        | 10 (2,3)             | 10 (8,3)             | 0,004   |
| NYHA, valor medio ( $\pm$ DE)      | 1,62 (0,77)          | 1,97 (0,93)          | < 0,001 |
| FE previa, en % ( $\pm$ DE)        | 56,3 (11,9)          | 53,6 (13,2)          | 0,037   |
| IAM previo (%)                     | 218 (51,2)           | 53 (43,8)            | 0,152   |
| N.º de IAM previos ( $\pm$ DE)     | 0,62 (0,69)          | 0,52 (0,67)          | 0,180   |
| IABP previo (%)                    | 25 (5,9)             | 1 (0,8)              | 0,021   |
| N.º de vasos afectados ( $\pm$ DE) | 2,6 (0,5)            | 2,1 (0,8)            | < 0,001 |
| Enfermedad de 1 vaso (%)           | 23 (5,3)             | 34 (28)              | < 0,001 |
| Enfermedad de 3 vasos (%)          | 300 (70,4)           | 49 (40,4)            | < 0,001 |
| Afectación TPI (%)                 | 84 (19,7)            | 27 (22,3)            | 0,530   |
| Afectación CX (%)                  | 328 (77)             | 60 (49,6)            | < 0,001 |
| Afectación CD (%)                  | 305 (71,6)           | 65 (53,7)            | < 0,001 |
| HTA (%)                            | 205 (48,1)           | 60 (49,6)            | 0,776   |
| BNCO (%)                           | 55 (12,9)            | 19 (15,7)            | 0,428   |
| ACV previo (%)                     | 23 (5,4)             | 10 (8,3)             | 0,242   |
| IRC previa (%)                     | 17 (4)               | 7 (5,8)              | 0,395   |
| DM1 (%)                            | 44 (10,3)            | 17 (14)              | 0,251   |
| Vasculopatía periférica (%)        | 32 (7,5)             | 16 (13,2)            | 0,050   |

ACV: accidente cerebrovascular; BNCO: bronconeumopatía crónica obstructiva; CEC: circulación extracorpórea; CD: coronaria derecha; CX: circunfleja; DE: desviación estándar; DM1: diabetes mellitus tipo 1; HTA: hipertensión arterial; IABP: balón de contrapulsación; IRC: insuficiencia renal crónica; TPI: tronco principal izquierdo.

TABLA 2. Con CEC frente a sin CEC (grupo global): puntuaciones predictivas de morbimortalidad quirúrgica (Higgins, Tuman y Euroscore)

| Variable                    | Con CEC<br>(n = 426) | Sin CEC<br>(n = 121) | p       |
|-----------------------------|----------------------|----------------------|---------|
| Higgins, valor medio (DE)   | 1,9 (2,1)            | 3,7 (3,3)            | < 0,001 |
| Tuman, valor medio (DE)     | 1,9 (1,8)            | 3,2 (2,7)            | < 0,001 |
| Euroscore, valor medio (DE) | 2,8 (2,3)            | 5,4 (4)              | < 0,001 |

CEC: circulación extracorpórea; DE: desviación estándar.

más del hemitórax), pero sin diferencias significativas. En este grupo no se objetivó parálisis frénica transitoria, bloqueo auriculoventricular (AV) transitorio o distrés respiratorio a diferencia del grupo con CEC. No hubo diferencias entre los dos grupos en infartos agudo de miocardio perioperatorios, niveles máximos de CPK-Mb, neumonía y ACV postoperatorio, intubación prolongada (> 48 h), reintubación o episodios de broncospasmo severo (con indicación de tratamiento broncodilatador o medidas de soporte tipo asistencia ventilatoria con presión positiva continua [CPAP]). Esta menor incidencia de complicaciones se tradujo en una menor estancia hospitalaria postoperatoria en el grupo sin CEC con clara significación estadística. En cambio, a pesar de esta menor morbimortalidad, la mortalidad hospitalaria fue mayor en el grupo sin CEC (tabla 3).

TABLA 3. Con CEC frente a sin CEC (grupo global): variables postoperatorias

| Variable  | Con CEC<br>(n = 426) | Sin CEC<br>(n = 121) | p        |
|---|----------------------|----------------------|----------|
| N.º de CH por paciente (DE)                     | 1,9 (2)              | 1 (1,5)              | < 0,0001 |
| REDO por hemorragia (%)                         | 17 (4)               | 1 (0,8)              | 0,085    |
| FA postoperatoria (%)                           | 70 (16,4)            | 17 (14)              | 0,527    |
| FA al alta (%)                                  | 16 (3,8)             | 1 (0,8)              | 0,138    |
| IAM perioperatorio (%)                          | 3 (0,7)              | 1 (0,8)              | 0,889    |
| CPK-Mb máxima (DE)                              | 43,05 (38,22)        | 39,43 (49,63)        | 0,543    |
| Sepsis (%)                                      | 8 (1,9)              | 1 (0,8)              | 0,691    |
| Infección esternal profunda (%)                 | 6 (1,4)              | 1 (0,8)              | 0,615    |
| Derrame pleural (%)                             | 54 (12,7)            | 10 (8,3)             | 0,182    |
| Neumonía (%)                                    | 13 (3,1)             | 4 (3,3)              | 0,886    |
| Intubación prolongada (%)                       | 6 (1,4)              | 3 (2,5)              | 0,421    |
| Reintubación (%)                                | 3 (0,7)              | 1 (0,8)              | 0,889    |
| Broncospasmo (%)                                | 13 (3,1)             | 4 (3,3)              | 0,886    |
| ACV post. (%)                                   | 7 (1,6)              | 3 (2,5)              | 0,386    |
| Parálisis frénica transitoria (%)               | 4 (0,9)              | 0                    |          |
| Bloqueo AV transitorio (%)                      | 6 (1,4)              | 0                    |          |
| Distrés respiratorio (%)                        | 4 (0,9)              | 0                    |          |
| Estancia hospitalaria postoperatoria, días (DE) | 11,3 (7,1)           | 8,9 (5,7)            | < 0,001  |
| Mortalidad hospitalaria (%)                     | 4 (0,9)              | 4 (3,3)              | 0,076    |
| Recateterizados (%)                             | 11 (2,6)             | 1 (0,8)              | 0,216    |
| Oclusión del injerto (%)                        | 6 (1,4)              | 1 (0,8)              | 0,518    |

ACV post.: accidente cerebrovascular postoperatorio; AV: auriculoventricular; CH: concentrados de hemáties; DE: desviación estándar; REDO: reoperación.

También fue considerado el porcentaje de revascularización incompleta (algún territorio coronario con estenosis significativa no revascularizado), siendo del 29,7% (36 pacientes) en el grupo sin CEC frente al 13,3% (57 pacientes) en el grupo convencional ( $p < 0,01$ ). En el seguimiento posterior (primer año), 4 pacientes presentaron angina típica estable en el grupo sin CEC (3,3% de dicho grupo) realizándose estudio angiográfico en uno de ellos y objetivándose la oclusión de un injerto de safena sobre la coronaria derecha. En el grupo con CEC, 24 pacientes desarrollaron angina durante el primer año (5,6%), con isquemia significativa en la ecocardiografía con dobutamina en 18 pacientes (4,2%). De éstos, fueron cateterizados 11 pacientes (2,6%) y se encontró oclusión de algún injerto en seis (1,4%).

Posteriormente la comparación con y sin CEC se realizó en subgrupos de riesgo: pacientes con edad  $\geq 75$  años, FE  $\leq 35\%$ , clínica de insuficiencia cardíaca NYHA IV, angina grado IV y pacientes con antecedentes de BNCO, ACV y vasculopatía periférica. Aunque

es un análisis redundante e implica un aumento del riesgo de error tipo  $\alpha$  debido a las comparaciones múltiples, se obtuvieron algunos resultados de interés. Así, la diferencia más notoria respecto a la mayor transfusión en el grupo con CEC se dio en los pacientes con disfunción ventricular severa y mayor edad (subgrupos FE  $\leq 35\%$  y edad  $\geq 75$  años). Además, se objetivó una ligera tendencia a presentar mayor número de episodios de broncospasmo postoperatorio en los pacientes sin CEC de los distintos subgrupos, pero con diferencia casi significativa en el subgrupo BNCO. En éste se observó una mayor incidencia de neumonía y FA postoperatoria y, además, un paciente precisó de ventilación prolongada. Todo esto se reflejó en una mayor estancia.

### Comparación entre «sin circulación extracorpórea» y «con circulación extracorpórea» en subgrupos según el Euroscore

Se realizaron comparaciones atendiendo a la puntuación del Euroscore (*score* europeo de morbimortalidad quirúrgica) (tabla 4). Se establecieron tres subgrupos: pacientes de riesgo bajo (0-2), medio (3-5) y alto ( $\geq 6$ ), que corresponden a una mortalidad media esperada del 1,28, el 2,92 y el 4,8% o superior, respectivamente. Entre las diferencias encontradas están los mayores requerimientos transfusionales en los pacientes con CEC, en especial en los subgrupos de bajo y alto riesgo. Las cifras postoperatorias máximas de CPK-Mb también fueron mayores con CEC, sobre todo en el subgrupo de bajo riesgo. Finalmente se comprobó que la cirugía sin CEC permitió disminuir las estancias hospitalarias en los tres subgrupos.

### Análisis de regresión logística

El estudio se completó con la determinación de los principales predictores independientes de mortalidad hospitalaria, mayor estancia postoperatoria (punto de corte: 9 días), necesidad de transfusión homóloga o caída en FA en el postoperatorio inmediato (tabla 5). La variable tipo de operación (con CEC frente a sin CEC) fue un predictor significativo de transfusión sanguínea perioperatoria, siendo mayor la necesidad transfusional en los pacientes con CEC. La otra variable independiente asociada a transfusión fue el sexo femenino. El tipo

TABLA 4. Subgrupos según el Euroscore: bajo, medio y alto riesgo

|                | Bajo (0-2)        |                  | Medio (3-5)       |                  | Alto ( $\geq 6$ ) |                  |
|----------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
|                | Con CEC (n = 224) | Sin CEC (n = 33) | Con CEC (n = 139) | Sin CEC (n = 35) | Con CEC (n = 63)  | Sin CEC (n = 53) |
| N.º de CH (DE) | 1,8 (2)           | 0,8 (1,2)*       | 1,9 (2)           | 1,2 (2)          | 2,3 (2,2)         | 1,1 (1,3)**      |
| CPK-Mb (DE)    | 40,1 (29,3)       | 28,5 (19,5)***   | 45,5 (40)         | 43,8 (50,7)      | 48,4 (59,3)       | 41,3 (60,1)      |
| EHP (DE)       | 10,2 (6,2)        | 6,3 (1,7)        | 11,7 (6,6)        | 10,3 (7,9)       | 14,2 (9,7)        | 9,6 (5,2)        |

\* $p < 0,001$ ; \*\* $p < 0,05$ ; \*\*\* $p = 0,068$ . CH: concentrados de hemáties; DE: desviación estándar; EHP: estancia hospitalaria postoperatoria.

de operación (con CEC frente a sin CEC) también fue un factor predictor independiente de mayor estancia hospitalaria postoperatoria (mayor en los pacientes con CEC), junto con caída postoperatoria en FA y necesidad de transfusión. En un análisis posterior se descartó la existencia de interacción significativa entre las variables «tipo de intervención» y «necesidad de transfusión» respecto de la variable dependiente «mayor estancia hospitalaria». Finalmente, el tipo de operación (con CEC frente a sin CEC) no se asoció a una mayor incidencia de FA postoperatoria, pero sí las variables edad y angina inestable. Por el contrario, no se hallaron factores predictores significativos de mortalidad hospitalaria.

## DISCUSIÓN

Los avances en la CEC han logrado reducir los riesgos derivados de su fisiopatología, especialmente la respuesta inflamatoria sistémica y el daño multiorgánico por isquemia-reperusión. La repercusión de estos efectos deletéreos es mayor en ciertos pacientes de riesgo: edad avanzada, mala función ventricular o disfunción significativa de diversos órganos o sistemas. En un intento de disminuir la incidencia de estas complicaciones se ha desarrollado la revascularización miocárdica sin CEC, especialmente en este tipo de pacientes<sup>3-7</sup>. De cualquier forma, la introducción de un nuevo procedimiento quirúrgico requiere una valoración cuidadosa de los resultados y de su evolución a corto, medio y largo plazo. Sólo de esta manera se podrá disponer del conocimiento necesario para establecer los criterios de indicación más apropiados de este tipo de cirugía<sup>11</sup>. Por otra parte, el *bypass* coronario sin CEC, a corazón latiendo, supone una mayor dificultad técnica, lo cual tiene su repercusión en una curva de aprendizaje inicial ineludible<sup>1-3,12,13</sup>. También tiene consecuencias en el índice de revascularización completa, que suele ser inferior con el empleo de la cirugía sin bomba<sup>3</sup>.

Los primeros estudios valoraron la factibilidad y seguridad de la técnica<sup>12-16</sup>. Algunos realizaron un análisis de los cambios hemodinámicos inducidos con la movilización del corazón y la oclusión de la coronaria a pontear, valorando el grado de tolerancia por parte del paciente<sup>17,18</sup>. Otros han analizado la permeabilidad de los injertos a corto plazo para verificar si existe una disminución significativa de la misma. En concreto, el estudio de Wiklund et al<sup>19</sup> concluye que la mayoría de las estenosis visualizadas en la coronariografía postoperatoria temprana no llegan a objetivarse en estudios posteriores, con lo que pone en tela de juicio la fiabilidad de un estudio angiográfico temprano. También se han comunicado estudios coronariográficos intraoperatorios para confirmar el correcto funcionamiento de los injertos coronarios<sup>20,21</sup>. Con tal finalidad, es muy frecuente la realización sistemática de mediciones de flujo intraoperatorias con método Doppler<sup>22</sup>. Por otra parte, Ömeroglu et al<sup>23</sup> aportan datos esperanzadores

TABLA 5. Predictores de mayor estancia, necesidad de transfusión y FA postoperatoria

|                            | Odds ratio | IC del 95% | p        |
|----------------------------|------------|------------|----------|
| Mayor estancia             |            |            |          |
| Cirugía con CEC            | 2,3        | 1,4-3,7    | < 0,001  |
| Necesidad de transfusión   | 2,5        | 1,5-4,2    | < 0,05   |
| Caída postoperatoria en FA | 2,9        | 1,8-4,7    | < 0,001  |
| Necesidad de transfusión   |            |            |          |
| Cirugía con CEC            | 2,2        | 1,3-3,7    | < 0,001  |
| Sexo femenino              | 4,8        | 2,4-9,4    | < 0,0001 |
| FA postoperatoria          |            |            |          |
| Edad                       | 0,95       | 0,93-0,98  | < 0,005  |
| Angina inestable           | 0,5        | 0,2-0,9    | < 0,04   |

CEC: circulación extracorpórea; FA: fibrilación auricular; IC del 95%: intervalo de confianza del 95%.

sobre la permeabilidad a medio plazo realizando un estudio angiográfico en 70 pacientes elegidos de forma aleatoria entre un total de 696 enfermos operados sin CEC (tiempo medio intervención-coronariografía de 36 meses). Concluyen que el índice de permeabilidad es comparable a la cirugía convencional, especialmente con injertos arteriales sobre la descendente anterior.

Otras publicaciones se han centrado en el análisis de la evolución clínica postoperatoria determinando la incidencia de complicaciones, mortalidad hospitalaria y la repercusión de esta técnica sobre las estancias y costes<sup>3-7,24-26</sup>. Muchos han comparado dichos resultados con los de la cirugía convencional, demostrando una menor morbilidad en términos generales, especialmente en pacientes de riesgo<sup>3-7,24,25</sup>. Entre los subgrupos de riesgo que pueden beneficiarse se encuentran los pacientes con BNCO, mala función ventricular o con riesgo de ACV perioperatorio y, por supuesto, pacientes de edad avanzada, que constituyen un grupo cada vez más frecuente<sup>27-29</sup>. También se ha considerado una alternativa válida en reoperaciones o en intervenciones sobre un solo vaso: mono-*bypass* a la coronaria descendente anterior via esternotomía media o minitoracotomía anterior, o bien *bypass* a rama de circunfleja mediante minitoracotomía<sup>30,31</sup>. Igualmente se ha valorado en situaciones especiales como cirugía no electiva<sup>32</sup> y en pacientes con estenosis crítica del tronco de la coronaria izquierda<sup>33</sup>. En este sentido, nuestro estudio pretende comprobar su posible beneficio analizando la incidencia de complicaciones significativas, mortalidad hospitalaria y estancias. También se ha valorado la evolución clínica en el postoperatorio temprano (primer año) y se han considerado todos los estudios angiográficos realizados en dicho período. El estudio ha recabado información de forma retrospectiva y, por tanto, con las limitaciones inherentes a este tipo de diseño. De cualquier forma, aunque la experiencia a escala mundial es creciente, hasta la fecha son pocos los estudios prospectivos y aleatorios al respecto<sup>25,34</sup>, y se limitan al postoperatorio inmediato. La tendencia en nuestro servicio ha sido el empleo

de esta técnica en aquellos pacientes con mayor riesgo quirúrgico e, incluso, en alguno con contraindicación formal para la cirugía con CEC. Todo ello, partiendo de una experiencia satisfactoria con el empleo de la cirugía convencional en pacientes con riesgo bajo o intermedio, en los que hemos obtenido una mortalidad global muy baja, en torno al 1% (tabla 3).

En el global de pacientes se compararon los resultados obtenidos con la cirugía con y sin CEC. Fueron aplicados de forma sistemática diversas puntuaciones predictoras de morbilidad<sup>8-10</sup> para conocer el riesgo de partida de los pacientes del estudio, que además fueron intervenidos de forma consecutiva durante un período de tiempo determinado. Como han demostrado otros trabajos<sup>3-7,24,25</sup>, hemos logrado disminuir la morbilidad en los pacientes intervenidos sin CEC, a pesar de ser un grupo de mayor riesgo. Los requerimientos transfusionales han sido muy inferiores y las estancias hospitalarias se han acortado de forma significativa. Mención especial merece la incidencia mayor, aunque no significativa, de ACV postoperatorio en los pacientes del grupo sin CEC (tabla 3), a diferencia de lo objetivado por otros autores<sup>6,24,35</sup>. La disminución de episodios de ACV se ha asociado a la cirugía sin CEC y sin pinzamiento aórtico (*no pump-no touch technique*), como aseguran Ricci et al<sup>24</sup>. En un ámbito más cercano al nuestro, Cuenca et al<sup>35</sup> comunicaron su experiencia en la cirugía de revascularización arterial completa con doble mamaria y sin CEC. Se basa en el empleo del injerto compuesto en T (o en Y) de ambas mamas, según la técnica de Tector<sup>36,37</sup>, pero esqueletizadas y prescindiendo de la CEC. Con ello evitaron anastomosis proximales en la aorta y el pinzamiento de la misma logrando, en la serie publicada, una incidencia nula de ACV. En nuestro caso, se realizaron anastomosis proximales en la aorta ascendente en la mayoría de los pacientes revascularizados con dos o más injertos, aunque el pinzamiento parcial de la misma se hizo durante hipotensión controlada. Para nosotros, la técnica de Tector no ha demostrado, por ahora, un claro beneficio a largo plazo y nos mantenemos escépticos respecto a un punto tan importante como hacer depender la revascularización completa del corazón del flujo y permeabilidad de una sola mamaria. Por otra parte, aunque no se ha realizado un estudio de costes, a diferencia de otras publicaciones<sup>25,38</sup>, es previsible una disminución significativa de los mismos. En cambio, pese a la menor incidencia de complicaciones, no hemos objetivado una mejoría en la mortalidad hospitalaria, a diferencia de lo publicado por otros autores<sup>4,5,30</sup>. También Arom et al<sup>3</sup> demostraron una disminución de la morbilidad, pero una mortalidad comparable en ambos grupos. Una posible explicación para nuestros resultados la podemos encontrar en el riesgo excesivo de los 4 pacientes fallecidos (en dos se podría haber desestimado la indicación quirúrgica con la técnica convencional). A ello hay que sumar los excelentes resultados en cuanto a mortalidad obtenidos en los pacientes

operados con CEC. Este estudio de Arom et al nos introduce también en uno de los riesgos potenciales de la cirugía sin bomba: la revascularización incompleta (con una media de una anastomosis menos que en el grupo con CEC) y el mayor índice de reoperaciones tempranas por oclusión de injertos. En su serie, el índice de angina recurrente y angioplastia en el primer año fue del 24 y el 10% tras la cirugía sin CEC frente al 9 y el 2% tras la convencional, respectivamente. En nuestro caso no se han dado estas diferencias tan acentuadas en el seguimiento. En nuestra experiencia, la revascularización sin CEC se ha comportado como una técnica segura, con unos resultados en cuanto a angina recurrente y permeabilidad de los injertos comparables a la cirugía convencional. Pero se precisa de un seguimiento a más largo plazo, sobre todo para valorar la repercusión de esa menor revascularización completa.

En el análisis de los subgrupos de riesgo, los pacientes con BNCO presentaron más problemas respiratorios y de arritmias supraventriculares que han motivado una mayor estancia hospitalaria, al contrario que en otros estudios<sup>4,7</sup>. Es difícil encontrar una explicación coherente para este fenómeno, pero puede estar en relación con una extubación más precoz y un manejo postoperatorio temprano más complejo en este tipo de pacientes. Podría ser beneficiosa la puesta en práctica de un protocolo de *fast-track* adecuado, con bajas dosis de narcóticos o narcóticos de acción ultracorta (remifentanilo) y optimizando la analgesia postoperatoria. Por otra parte, las reoperaciones por hemorragia fueron más frecuentes en los pacientes intervenidos con CEC (tabla 3), pero especialmente en aquéllos con angina inestable. Este subgrupo fue sometido a cirugía urgente en su mayoría y, por tanto, en muchos no fue posible la suspensión previa del tratamiento antiagregante.

Cuando se compararon los subgrupos según el Euroscore (tabla 4), los requerimientos transfusionales presentaron una tendencia creciente al aumentar el riesgo, pero se mantuvieron siempre por debajo en el grupo sin CEC. La elevación enzimática (cifras máximas de CPK-Mb postoperatoria) fue también creciente en los sucesivos subgrupos de riesgo y siempre mayor en los enfermos sometidos a la CEC (diferencias significativas en el grupo de menor riesgo). Finalmente, las estancias hospitalarias también fueron mayores a medida que aumentaba dicho riesgo, pero manteniéndose siempre por debajo en la cirugía sin CEC. Las diferencias en días de estancia al comparar con CEC y sin CEC fueron más notorias en el subgrupo de mayor riesgo.

Después fueron determinados los principales predictores independientes de mayor estancia hospitalaria, necesidad transfusional, caída postoperatoria en FA y muerte hospitalaria. Dicho análisis confirmó que la cirugía con CEC supuso una mayor tasa transfusional y una estancia más prolongada. También se asociaron de forma significativa a una mayor estancia la necesidad de transfusión y la caída postoperatoria en FA. En cambio, el sexo femenino fue un potente predictor de transfusión, en parte po-

siblemente por una mayor hemodilución durante la CEC debido a una menor superficie corporal. La edad y la angina inestable se asociaron a aparición de FA postoperatoria, pero no el tipo de intervención. Finalmente, no se encontraron predictores significativos de mortalidad. Al respecto existen resultados contradictorios; algunos estudios evidencian una menor incidencia de FA en el postoperatorio inmediato<sup>3,30,31</sup>, mientras que otros concluyen que la cirugía sin CEC no influye en la aparición de esta arritmia, siendo el sustrato responsable similar en todos los coronarios intervenidos: la isquemia miocárdica<sup>33-36,39</sup>. La misma contradicción se plantea respecto de la mortalidad hospitalaria; algunos objetivan un claro beneficio con la revascularización sin CEC<sup>4,5,30</sup>, otros no logran demostrar mejoría alguna<sup>3,7,25,31,33,38</sup> y, finalmente, existen publicaciones recientes que documentan la posible morbimortalidad asociada a dicha técnica<sup>40,41</sup>. De hecho, se han publicado varios estudios que han matizado las indicaciones de esta cirugía al dar la voz de alerta sobre las complicaciones potenciales que se pueden presentar o, simplemente, han demostrado la ausencia de un beneficio evidente. Entre estos podemos destacar los trabajos de Locker et al<sup>42</sup> y Sternik et al<sup>43</sup>. En el primero, la revascularización sin CEC permitió disminuir la mortalidad temprana en pacientes con infarto agudo de miocardio en comparación con el empleo de la CEC (5 frente al 24%, respectivamente); pero comprometiendo los resultados a los 2 años de seguimiento: inversión de la mortalidad acumulada (23 frente al 3%), más sintomáticos los pacientes del grupo sin CEC (40 frente al 19%) y con mayor índice de reoperaciones (15 frente al 0%). Sternik et al valoraron la evolución de los pacientes con disfunción ventricular severa sometidos a revascularización miocárdica sin CEC y objetivaron una menor mortalidad temprana y a los 2 años de seguimiento (3 frente al 13% y 9 frente al 15%); pero con un deterioro clinicofuncional y una tasa de reoperaciones mayor (14 frente al 10% y 3 frente al 0%). En ambos estudios, los resultados desalentadores parecen estar en relación con la mayor revascularización incompleta inicial conseguida con la técnica sin CEC. Czerny et al<sup>44</sup> analizan en su estudio este aspecto, comparando el grado de revascularización conseguido con el empleo o no de la extracorpórea. Por su parte, Bull et al<sup>38</sup> no logran objetivar una reducción significativa de la morbilidad y los costes con el empleo de la cirugía sin CEC; en cambio, Ascione et al<sup>25</sup> concluyen que los costes sí disminuyen de forma evidente. Finalmente, otros autores hablan de un riesgo potencial asociado al procedimiento quirúrgico: Hangler et al<sup>41</sup> evidenciaron un daño endotelial tras la oclusión local de la coronaria, y Chavannon et al<sup>40</sup> observaron una mayor incidencia de disecciones aórticas en los intervenidos sin CEC.

Tras varios años de experiencia, se han recapitulado las conclusiones alcanzadas por los distintos estudios y se han establecido los pro y los contra de la revascularización miocárdica sin CEC. Cooley<sup>45</sup> y Mack<sup>46</sup> discuten las ventajas y desventajas de esta, ya no tan novedosa,

técnica quirúrgica. Por tanto, en el momento actual no podemos hacer un uso extensivo e indiscriminado de esta cirugía. Es necesario perfilar sus indicaciones concretas, y para ello precisamos de un mayor número de estudios aleatorizados y prospectivos, pues la mayor parte de los trabajos comparativos publicados incurren en un error de selección de la muestra de pacientes. En espera de los mismos, no podemos aconsejar el empleo sistemático de la revascularización miocárdica sin CEC en cualquier tipo de paciente si no queremos comprometer los resultados clínicos obtenidos.

## CONCLUSIONES

La revascularización miocárdica sin CEC es una alternativa válida en pacientes de alto riesgo quirúrgico, ya que permite disminuir globalmente la morbilidad, los requerimientos transfusionales y la estancia hospitalaria. No se ha logrado disminuir la mortalidad pero, al menos, no ha sido significativamente mayor en el grupo sin CEC, a pesar de tener un mayor riesgo inicial.

Una limitación de nuestro estudio es la falta de aleatorización de los pacientes. En cada caso particular, el cirujano responsable optó por uno u otro procedimiento en función de su criterio personal, lo cual puede implicar un error de selección. Se precisan estudios prospectivos y aleatorizados y con seguimiento a largo plazo para determinar si existen diferencias respecto a la necesidad de reoperación, aparición de acontecimientos cardíacos posteriores y, en definitiva, para conocer la permeabilidad de los injertos. Una permeabilidad significativamente menor podría ser un precio excesivamente caro para ser asumido en ciertos pacientes, en especial en aquéllos con un bajo riesgo quirúrgico. Por tanto, estamos ante el inicio de un amplio período de tiempo para la realización de estudios seriados que puedan determinar la relevancia y la indicación más idónea de esta cirugía sin CEC.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Cartier R, Brann S, Dagenais F, Martineau R, Couturier A. Systematic off-pump coronary artery revascularization in multivessel disease: experience of three hundred cases. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2000;119:221-9.
2. Spooner TH, Hart JC, Pym J. A two-year, three institution experience with the Medtronic Octopus: systematic off-pump surgery. *Ann Thorac Surg* 1999;68:1478-81.
3. Arom KV, Flavin TF, Emery RW, Kshetry VR, Janey PA, Petersen RJ. Safety and efficacy of off-pump coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg* 2000;69:704-10.
4. Tokoyama T, Baumgartner FJ, Gheissari A, Capouya ER, Panagiotides GP, Declusin RJ. Off-pump versus on-pump coronary bypass in high-risk subgroups. *Ann Thorac Surg* 2000;70:1546-50.
5. Kilo J, Baumer H, Czerny M, Hiesmayr MJ, Ploner M, Wolner E, et al. Target vessel revascularization without cardiopulmonary bypass in elderly high-risk patients. *Ann Thorac Surg* 2001;71:537-42.
6. Ricci M, Karamanoukian HL, Abraham R, Von Fricken K, D'Ancona G, Choi S, et al. Stroke in octogenarians undergoing

- coronary artery surgery with and without cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg* 2000;69:1471-5.
7. Güler M, Kirali K, Tokar ME, Bozbuga N, Ömeroglu SN, Akinci E, et al. Different CABG methods in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Ann Thorac Surg* 2001;71:152-7.
  8. Higgins TL, Estafanous FG, Loop FD, Beck GJ, Blum JM, Parannandi L. Stratification of morbidity and mortality outcome by preoperative risk factors in coronary artery bypass patients. *J Am Med Assoc* 1992;267:2344-8.
  9. Tuman KJ, McCarthy RJ, March RJ, Najafi H, Ivankovich AD. Morbidity and duration of ICU stay after cardiac surgery. A model for preoperative risk assessment. *Chest* 1992;102:36-44.
  10. Nashef SAM, 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.
  11. Alonso JJ, Azpitarte J, Bardají A, Cabades A, Fernández A, Palencia M, et al. Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología en cirugía coronaria. *Rev Esp Cardiol* 2000;53:241-66.
  12. Jansen EWL, Borst C, Lahpor JR, Gründeman PF, Eefting FD, Nierich A, et al. Coronary artery bypass grafting without cardiopulmonary bypass using the octopus method: results in the first one hundred patients. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1998;116:60-7.
  13. Tasdemir O, Vural KM, Karagoz H, Bayazit K. Coronary artery bypass grafting on the beating heart without the use of extracorporeal circulation: review of 2,052 cases. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1998;116:68-73.
  14. Benetti FJ, Naselli G, Wood M, Geffner L. Direct myocardial revascularization without extracorporeal circulation: experience in 700 patients. *Chest* 1991;100:312-6.
  15. Buffolo E, Andrade JCS, Branco JNR, Aguiar LF, Teles CA, Gomes WJ. Coronary artery bypass grafting without cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg* 1996;61:63-6.
  16. Pfister AJ, Zaki MS, García JM, Mispireta LA, Corso PJ, Qazi AG, et al. Coronary artery bypass without cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg* 1992;54:1085-92.
  17. Nierich AP, Diephuis J, Jansen EWL, Borst C, Knappe JTA. Heart displacement during off-pump CABG: how well is it tolerated? *Ann Thorac Surg* 2000;70:466-72.
  18. Mathison M, Edgerton JR, Horswell JL, Akin JJ, Mack MJ. Analysis of hemodynamic changes during beating heart surgical procedures. *Ann Thorac Surg* 2000;70:1355-61.
  19. Wiklund L, Johansson M, Brandrup-Wognsen G, Bugge M, Radberg G, Berglin E. Difficulties in the interpretation of coronary angiogram early after coronary artery bypass surgery on the beating heart. *Eur J Cardiothorac Surg* 2000;17:46-51.
  20. Goldstein JA, Safian RD, Aliabadi D, O'Neill WW, Shannon FL, Basset J, et al. Intraoperative angiography to assess graft patency after minimally invasive coronary bypass. *Ann Thorac Surg* 1998;66:1978-82.
  21. Izzat MB, Khaw KS, Atassi W, Yim AP, Wan S, El-Zufari MH. Routine intraoperative angiography improves the early patency of coronary grafts performed on the beating heart. *Chest* 1999;115:987-90.
  22. D'Ancona G, Karamanoukian HL, Ricci M, Schmid S, Bergsland J, Salerno TA. Graft revision after transit time flow measurement in off-pump coronary artery bypass grafting. *Eur J Cardiothorac Surg* 2000;17:287-93.
  23. Ömeroglu SN, Kirali K, Güler M, Tokar ME, Ipek G, Isik Ö, et al. Midterm angiographic assessment of coronary artery bypass grafting without cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg* 2000;70:844-50.
  24. Ricci M, Karamanoukian HL, D'Ancona G, Bergsland J, Salerno TA. Preventing neurologic complications in coronary artery surgery: the «off-pump, no-touch» technique. *Am Heart J* 2000;140:345-7.
  25. Ascione R, Lloyd CT, Underwood MJ, Lotto AA, Pitsis AA, Angelini GD. Economic outcome of off-pump coronary artery bypass surgery: a prospective randomized study. *Ann Thorac Surg* 1999;68:2237-42.
  26. Diegeler A, Hirsch R, Schneider F, Schilling LO, Falk V, Rauch T, et al. Neuro monitoring and neurocognitive outcome in off-pump versus conventional coronary bypass operation. *Ann Thorac Surg* 2000;69:1162-6.
  27. Poveda JJ, Calvo M, Llorca J, Bernal JM. Factores pre y perioperatorios determinantes de la mortalidad precoz en pacientes mayores de 75 años sometidos a circulación extracorpórea. *Rev Esp Cardiol* 2000;53:1365-72.
  28. Juffe Stein A. Cirugía coronaria en la tercera edad. *Rev Esp Cardiol* 2001;54:677-8.
  29. Gabe ED, Favaloro RR, Favaloro MR, Raffaelli HA, Machain AH, Abud JA, et al. Cirugía coronaria en pacientes ancianos. Resultados hospitalarios y a largo plazo. *Rev Esp Cardiol* 2001;54:709-14.
  30. Stamou SC, Pfister AJ, Dangas G, Dullum MKC, Boyce SW, Bafi AS, et al. Beating heart versus conventional single-vessel reoperative coronary artery bypass. *Ann Thorac Surg* 2000;69:1383-7.
  31. Stamou SC, Bafi AS, Boyce SW, Pfister AJ, Dullum MKC, Hill PC, et al. Coronary revascularization of the circumflex system: different approaches and long-term outcome. *Ann Thorac Surg* 2000;70:1371-7.
  32. Varghese D, Yacoub MH, Trimlett R, Amrani M. Outcome of non-elective coronary artery bypass grafting without cardiopulmonary bypass. *Eur J Cardiothorac Surg* 2000;19:245-8.
  33. Yeatman M, Caputo M, Ascione R, Ciulli F, Angelini GD. Off-pump coronary artery bypass surgery for critical left main stem disease: safety, efficacy and outcome. *Eur J Cardiothorac Surg* 2001;19:239-44.
  34. Van Dijk D, Nierich A, Jansen E, Nathoe H, Suyker W, Diephuis J, et al. Early outcome after off-pump versus on-pump coronary bypass surgery. Results from a randomized study. *Circulation* 2001;104:1761-6.
  35. Cuenca JJ, Herrera JM, Rodríguez-Delgadillo MA, Paladini G, Campos V, Rodríguez F, et al. Revascularización miocárdica arterial completa con ambas arterias mamarias sin circulación extracorpórea. *Rev Esp Cardiol* 2000;53:632-41.
  36. Tector AJ, Amundsen S, Schmahl TM, Kress DC, Downey FX. Total revascularization with T-graft. *Ann Thorac Surg* 1994;57:33-9.
  37. Tector AJ, McDonald ML, Kress DC, Downey FX, Schmahl TM. Purely internal thoracic artery grafts: outcomes. *Ann Thorac Surg* 2001;72:450-5.
  38. Bull DA, Neumayer LA, Stringham JC, Meldrum P, Affleck DG, Karwande SV. Coronary artery bypass grafting with cardiopulmonary bypass versus off-pump cardiopulmonary bypass grafting: does eliminating the pump reduce morbidity and cost? *Ann Thorac Surg* 2001;71:170-5.
  39. Siebert J, Rogowski J, Jagielak D, Anisimowicz L, Lango R, Narkiewicz M. Atrial fibrillation after coronary artery bypass grafting without cardiopulmonary bypass. *Eur J Cardiothorac Surg* 2000;17:520-3.
  40. Chavanon O, Carrier M, Cartier R, Hébert Y, Pellerin M, Pagé P, et al. Increased incidence of acute ascending aortic dissection with off-pump aortocoronary bypass surgery? *Ann Thorac Surg* 2001;71:117-21.
  41. Hangler HB, Pfaller K, Antretter H, Dapunt OE, Bonatti JO. Coronary endothelial injury after local occlusion on the human beating heart. *Ann Thorac Surg* 2001;71:122-7.
  42. Locker C, Shapira I, Paz Y, Kramer A, Gurevitch J, Matsa M, et al. Emergency myocardial revascularization for acute myocardial infarction: survival benefits of avoiding cardiopulmonary bypass. *Eur J Cardiothorac Surg* 2000;17:234-8.
  43. Sternik L, Moshkovitz Y, Hod H, Mohr R. Comparison of myocardial revascularization without cardiopulmonary bypass to standard open heart technique in patients with left ventricular dysfunction. *Eur J Cardiothorac Surg* 1997;11:123-8.
  44. Czerny M, Baumer H, Kilo J, Zuckermann A, Grubhofer G, Chevchik O, et al. Complete revascularization in coronary artery bypass grafting with and without cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg* 2001;71:165-9.
  45. Cooley DA. Beating-heart surgery for coronary revascularization: is it the most important development since the introduction of the heart-lung machine? *Ann Thorac Surg* 2000;70:1779-81.
  46. Mack MJ. Beating-heart surgery for coronary revascularization: is it the most important development since the introduction of the heart-lung machine? *Ann Thorac Surg* 2000;70:1774-8.