

Desarrollo de un modelo predictivo de estancia prolongada en Cuidados Intensivos tras cirugía cardíaca con circulación extracorpórea

N. SERRANO HERNÁNDEZ, J. MÁLAGA GIL, R. GALVÁN GARCÍA, C. GARCÍA MARTÍN, J. VILLEGAS DEL OJO, S. HUIDOBRO AMARO, C.Ch. HENRY, P. REVUELTA RABASA Y M.L. MORA QUINTERO

Servicio de Medicina Intensiva. Hospital Universitario de Canarias. La Laguna. Tenerife. España.

Objetivo. Desarrollar un modelo predictivo de estancia prolongada en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) en pacientes intervenidos de cirugía cardíaca bajo circulación extracorpórea (CEC).

Diseño. Estudio prospectivo observacional durante un período de tres años de una cohorte de pacientes postoperados de cirugía cardíaca bajo CEC.

Ámbito. UCI médico-quirúrgica de 24 camas en un hospital universitario de tercer nivel.

Pacientes y métodos. Fueron estudiados 483 pacientes. Se excluyeron aquellos casos menores de 18 años y también los intervenidos sin necesidad de *bypass* cardiopulmonar. Se seleccionaron variables predictoras de una estancia en UCI superior a 7 días. Con las variables identificadas como predictoras se construyó un modelo probabilístico mediante regresión logística múltiple.

Intervenciones. Ninguna.

Variables de interés principales. Para cada caso se consignaron sexo, edad, superficie corporal, cirugía cardíaca o vascular previas, días de estancia hospitalaria pre-UCI, valor de la escala de riesgo preoperatorio de Parsonnet, tipo de intervención, tiempos de clampaje, isquemia y CEC; duración de la intervención, uso de balón de contrapulsación intraaórtico (BCIA), valores al

ingreso en UCI del índice cardíaco, presión venosa central (PVC), gasometría arterial; puntuaciones de gravedad APACHE II, APS de APACHE III y SAPS II en el día de ingreso; número de horas de intubación tras la intervención; número de días de estancia en UCI y mortalidad o supervivencia como resultado del ingreso. Como variable dependiente se fijó la presencia o ausencia de una estancia superior a 7 días en UCI.

Resultados. Los pacientes fueron 299 hombres y 184 mujeres, con edad media de 64 años. Fueron seleccionadas como predictoras las siguientes variables (*odds ratio* [OR]: IC 95%): sexo masculino (0,585; 0,371-0,923), edad en años (1,028; 1,006-1,051), necesidad de BCIA (4,214; 1,631-10,89), valor de la PVC en mmHg (1,149; 1,077-1,225), presencia de pH inferior a 7,30 (2,420; 1,263-4,635), IC \leq 2,2 (1,846; 1,138-2,994) y duración de la intubación endotraqueal > 12 horas (2,439; 1,507-3,946). Las pruebas de calibración y discriminación del modelo mostraron un valor 7,62 (8 grados de libertad; $p = 0,47$) para el Chi cuadrado de Hosmer Lemeshow y un valor del área bajo la curva ROC de 0,760 (IC 95%: 0,713-0,807).

Conclusiones. Algunas variables postoperatorias elementales tras cirugía cardíaca con circulación extracorpórea permiten estimar la probabilidad de estancia en UCI > 7 días. El análisis de resultados mediante modelos predictivos puede suponer una mejora en la evaluación de los cuidados intensivos perioperatorios de cirugía cardíaca.

PALABRAS CLAVE: *bypass cardiopulmonar, circulación extracorpórea, cirugía cardíaca, estancia en UCI, modelo predictivo, morbilidad, regresión logística múltiple, variables predictoras.*

Proyecto EPICURE para Evaluación e Investigación Epidemiológica en Cuidados Intensivos (www.epicure.org).

Correspondencia: Dr. N. Serrano Hernández.
Hospital Universitario de Canarias.
38320 La Laguna. Tenerife. España.
Correo electrónico: nserrano@epicure.org

Manuscrito aceptado el 18-XI-2004.

DEVELOPMENT OF A PREDICTIVE MODEL FOR PROLONGED HOSPITAL STAY IN AN INTENSIVE CARE UNIT AFTER OPEN-HEART SURGERY WITH CARDIOPULMONARY BYPASS

Objective. To develop a predictive model for prolonged hospital stay in an intensive care unit (ICU) for patients after open-heart surgery with cardiopulmonary bypass (CPB).

Design. Observational prospective study over 3 years on a cohort of patients after open-heart surgery with CPB.

Context. Medical-surgical ICU with 24 beds in a third level university hospital.

Patients and methods. 483 patients were studied. Patients below 18 years of age and patients without CPB were excluded. Predictive variables for a hospital stay in ICU higher than 7 days were selected. A probabilistic model was built through multiple logistic regression using the variables identified as predictors.

Interventions. None.

Primary endpoints. Variables identified in every patient were sex, age, body surface area, history of cardiac or vascular surgery, hospital stay (days) before ICU, Parsonnet preoperative risk scale score, type of intervention, clamping time, ischemia and CPB; length of the intervention, use of intraaortic counterpulsation balloon (IACB), cardiac index at ICU admission, central venous pressure, arterial gasometry; APACHE II, APACHE III PHC, and SAPS II severity scores at ICU admission; hours of intubation after the intervention; days of stay in ICU, and mortality or survival as a result of admission in ICU. Presence or absence of an ICU stay higher than 7 days was adopted as dependent variable.

Results. Patients were 299 men and 184 women with a mean age of 64 years. The following variables (odds ratio; CI 95%) were selected as predictors: male (0.585; 0.371-0.923), age (in years) (1.028; 1.006-1.051), need of IACB (4.214; 1.631-10.89), PVC in mmHg (1.149; 1.077-1.225), pH lower than 7.30 (2.420; 1.263-4.635), CI \leq 2.2 (1.846; 1.138-2.994), and endotracheal intubation > 12 hours (2.439; 1.507-3.946). Calibration and discrimination tests of the model showed $p = 0.47$ for Hosmer Lemeshow chi-square, and the area under receiver operating characteristics curve was 0,760 (CI 95%: 0.713-0.807).

Conclusions. Some basic postoperative variables after open-heart surgery with cardiopulmonary bypass make possible estimate the probability of a stay in ICU > 7 days. The analysis of results through predictive models can imply an improvement in the evaluation of the open-heart surgery perioperative intensive care.

KEY WORDS: cardiopulmonary bypass, open-heart surgery, stay in ICU, predictive model, morbidity, multiple logistic regression, predictive variables.

INTRODUCCIÓN

Hasta ahora, la variable más utilizada como resultado final de modelos predictivos de la gravedad en paciente críticos ha sido la condición dicotómica mortalidad/supervivencia¹⁻⁴. Sin embargo, la aplicación de este parámetro a patologías de baja mortalidad, aunque consumidoras importantes de recursos, como el postoperatorio de cirugía cardíaca, donde la mortalidad suele ser inferior al 5%, supone una dificultad para generar modelos estadísticos válidos para la descripción del proceso o para llevar a cabo una planificación adecuada^{5,6}.

Durante el postoperatorio de cirugía cardíaca la estancia en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) suele ser corta: a ello ha contribuido en los últimos años la generalización de la extubación precoz, *fast-track*⁷. Como consecuencia, una estancia en UCI superior a la considerada como habitual en un medio hospitalario determinado puede significar, además de morbilidad o complicaciones postoperatorias, un problema para la programación de las intervenciones siguientes.

Por tanto, podría resultar de interés estimar ya en las primeras horas tras la intervención quirúrgica la probabilidad de requerir una estancia prolongada en UCI. Los objetivos en el presente trabajo han sido, en primer lugar, la identificación de variables predictoras de una estancia en UCI mayor de 7 días tras cirugía cardíaca con circulación extracorpórea (CEC) y, en segundo lugar, la construcción de un modelo para estimar la probabilidad de desarrollar este evento.

MÉTODOS

Durante un período de 3 años (01/01/98 a 31/12/01) fueron estudiados los pacientes ingresados en nuestra Unidad procedentes de quirófano de cirugía cardíaca, tras ser intervenidos bajo CEC. Fueron excluidos los pacientes menores de 18 años y también los intervenidos sin *bypass* cardiopulmonar.

La lista de variables independientes recogidas por caso incluyó: sexo, edad, superficie corporal calculada a partir de peso y talla, cirugía cardíaca o vascular previas, días de estancia hospitalaria pre-UCI, valor de la escala de riesgo preoperatorio de Parsonnet⁸, tipo de intervención (coronaria, valvular, mixta: coronaria + valvular, u otras, por ejemplo: cierre de comunicación interauricular), tiempos de clampaje, isquemia y CEC en minutos, tiempo completo de la intervención (de "piel a piel"), uso de balón de contrapulsación intraaórtico, valores al ingreso en UCI del índice cardíaco (IC), presión venosa central (PVC), gasometría arterial con FiO₂: 1,00 (pH, PaO₂ y PaCO₂); puntuaciones de gravedad APACHE II, *Acute Physiology Score* de APACHE III y SAPS II en el día de ingreso¹⁻³; número de horas de intubación tras la intervención; número de días de estancia en UCI y mortalidad o supervivencia como resultado del ingreso.

Para la condición dicotómica de la variable dependiente se fijó como criterio positivo una estancia

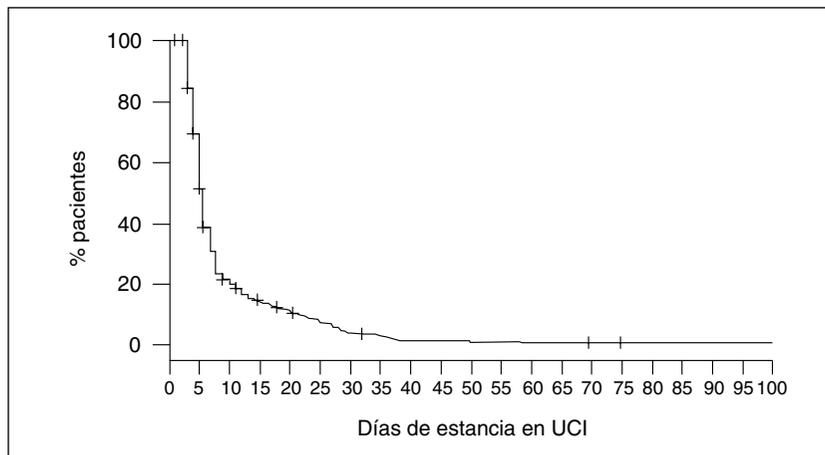


Figura 1. Curva actuarial del tanto por ciento de pacientes que siguen en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) en relación con el tiempo de estancia.

superior a 7 días en UCI. Este punto de corte corresponde al percentil 75 de toda la estancia acumulada por la casuística de cirugía cardíaca de nuestro centro, y en la práctica resultaría muy poco probable en nuestro medio que un paciente sin complicaciones postoperatorias superase esta estancia en Cuidados Intensivos.

De forma preferente se consideraron variables primarias para el análisis estadístico por estimarse *a priori* para ellas una mejor capacidad predictora. Como consecuencia, los valores y parámetros derivados como la escala de riesgo preoperatorio de Parsonnet y las puntuaciones de gravedad de APACHE II, APS III y SAPS II se utilizaron exclusivamente con fines descriptivos de la población en estudio.

El procesamiento estadístico de los datos se llevó a cabo por medio del programa SPSS para Windows, versión 11.0.1 (SPSS Inc., Chicago, Illinois). Se realizó un análisis de regresión logística múltiple mediante el método condicional por pasos hacia delante. En las variables seleccionadas como predictoras, un intervalo de confianza de la *odds ratio* (OR) conteniendo el valor 1 se consideró un criterio por el cual la variable era eliminada de la ecuación.

Con objeto de examinar la influencia sobre la selección de variables predictoras de los pacientes que fallecieron con estancia inferior al punto de corte, que serían interpretados por el análisis como "casos favorables", se realizó un segundo análisis estadístico con exclusión de dichos casos de la muestra, comparando la selección de variables y su significación predictora en ambas situaciones.

Se investigó la colinealidad entre variables, de forma que ante un *cluster* de variables fuertemente correlacionadas entre sí, se escogería una variable única en representación de todas las variables del agrupamiento.

La categorización de variables continuas se llevó a cabo tras confirmar la capacidad predictora de la correspondiente variable numérica al asociarse de forma significativa con la variable dependiente. Las nuevas variables cualitativas que sustituyeron a las variables cuantitativas de origen, se introdujeron en lugar de

éstas en el análisis de regresión logística múltiple y fueron sometidas a idéntico proceso de selección.

Para cada variable incluida definitivamente en la ecuación, se obtuvieron los valores de la OR y su intervalo de confianza para el 95% (IC 95%).

Finalmente, la calibración y discriminación del modelo en la muestra de desarrollo se determinaron, respectivamente, por medio de la prueba de bondad del ajuste de Hosmer-Lemeshow⁹ y del valor del área bajo la curva ROC¹⁰.

RESULTADOS

Fueron estudiados 483 pacientes, 299 hombres y 184 mujeres, con una edad media de 64,1 años (desviación estándar [DE], 10,8) (rango, 27 a 85). Treinta y cuatro pacientes (7%) ya habían sido sometidos a cirugía cardíaca con anterioridad y 18 habían sido sometidos a cirugía vascular previa. En 260 pacientes se realizó revascularización coronaria, y en 86 cirugía valvular; en otros 33 pacientes la cirugía fue mixta, coronaria y valvular; finalmente, 4 pacientes se sometieron a procedimientos de cierre de comunicación interauricular. El tiempo de estancia hospitalaria pre-UCI fue de 12,4 días (DE, 10,4) (rango, 0 a 158), y la estancia en UCI fue de 8,6 días (DE, 9,8) (rango 1 a 100). La distribución del porcentaje de enfermos ingresados en la UCI a lo largo del tiempo se muestra en la figura 1.

Se encontró una elevada colinealidad entre los tiempos quirúrgicos de clampaje, isquemia, CEC y de intervención "de piel a piel", por lo que a efectos de análisis estadístico se consideró exclusivamente el tiempo de CEC como única variable representativa de este agrupamiento.

Los pacientes con estancia en UCI inferior o igual a 7 días (grupo I) fueron 225 hombres y 119 mujeres, que registraron una estancia media de 4,7 días (DE, 1,3) (rango, 1 a 7). El grupo de pacientes con estancia superior a 7 días (grupo II) fueron 74 varones y 65 mujeres, con estancia media de 18,4 días (DE, 14); (rango, 8 a 100). El resto de comparaciones entre ambos grupos se resume en la tabla 1.

TABLA 1. Características generales de los enfermos

	Grupo I (estancia UCI ≤ 7 días)	Grupo II (estancia UCI > 7 días)	P
Número de pacientes	344	139	
Edad, años, media (DE)	63 (11)	66 (10)	0,002
Sexo masculino (%)	65,4	53,2	0,02
SC, m ² , media (DE)	1,81 (0,18)	1,82 (0,55)	0,816
Cirugía cardiovascular previa, n (%)	37 (11)	11 (8)	0,403
Estancia hospitalaria pre-UCI, días, media (DE)	12 (8)	13 (14)	0,19
Riesgo preoperatorio (L), %, media (DE)*	14 (8)	17 (8)	< 0,001
Tipo de cirugía, n (%)			
Coronaria	196 (57)	64 (46)	0,09
Valvular	124 (36)	62 (45)	
Mixta u otros	24 (7)	13 (9)	
Tiempo de circulación extracorpórea, min, media (DE)	100 (36)	114 (42)	0,001
Balón de contrapulsación aórtico, n (%)	9 (3)	17 (12)	< 0,001
Índice cardíaco, l/min/m ² , media (IC 95%)	2,3 (2,2-2,3)	2,0 (1,9-2,2)	< 0,001
IC ≤ 2,2 l/min/m ² (%)	53,2	73,4	< 0,001
PVC, mmHg, media (DE)	12 (3)	14 (3)	< 0,001
Gases arteriales, media (IC 95%)			
pH	7,39 (7,38-7,39)	7,36 (7,34-7,37)	< 0,001
pH < 7,30 (%)	10,5	20,1	0,007
pCO ₂ , mmHg	34,6 (34,0-35,2)	35,7 (34,6-36,8)	0,07
pO ₂ , (FiO ₂ 1,0), mmHg	290 (279-302)	274 (256-292)	0,13
Puntuaciones de gravedad, media (DE)			
APACHE II	13 (4)	16 (5)	< 0,001
Acute Physiology Score III	26 (11)	38 (12)	< 0,001
SAPS II	31 (7)	38 (9)	< 0,001
Intubación orotraqueal tras CEC, horas, media (rango)	12 (10-14)	180 (91-268)	< 0,001
Intubación orotraqueal > 12 horas	19,8	37,4	< 0,001
Supervivencia n (%)	330 (96)	128 (92)	0,11

IC 95%: intervalo de confianza del 95%; CEC: circulación extracorpórea; SC: superficie corporal; IC: índice cardíaco; PVC: presión venosa central; UCI: Unidad de Cuidados Intensivos.
*Según la escala de riesgo preoperatorio de Parsonnet.

No se observaron diferencias significativas de las variables independientes según se incluyeran o no en el análisis los pacientes fallecidos con 7 o menos días de estancia en UCI.

El modelo probabilístico incluyó finalmente como variables: sexo masculino, edad en años, necesidad de balón de contrapulsación aórtica, valor de la PVC en mmHg, presencia de pH inferior a 7,30, IC al ingreso ≤ 2,2 l/min/m², y necesidad de intubación por tiempo > 12 horas. La OR y los IC 95% de estas variables quedan expresados en la tabla 2.

La calibración del modelo mediante la prueba de bondad del ajuste de Hosmer-Lemeshow con las probabilidades ordenadas en una distribución de 10 estratos, tal como queda reflejado en la tabla 3, muestra que no existen diferencias significativas (p > 0,05) entre lo observado y lo predicho.

La estimación de la discriminación según la curva ROC muestra un área bajo esta curva con un valor de 0,760 con IC 95%: 0,713-0,807 (fig. 2).

DISCUSIÓN

Hasta el momento actual, sólo unas cuantas variables se han considerado de interés como medida del resultado final en el desarrollo de modelos de predicción en cirugía cardíaca³. Aunque el riesgo de mortalidad podría parecer la determinación preferente en estos pacientes^{6,11,12}, posiblemente la variable de resultado más analizada sea el riesgo de desarrollar morbilidad postoperatoria, bien en sentido genérico^{13,14} o referida a complicaciones específicas como fibrilación auricular^{15,16}, fallo renal^{17,18} o daño cerebral¹⁹. También el riesgo de requerir in-

TABLA 2. Valores predictores de estancia en la Unidad de Cuidados Intensivos superior a 7 días en el modelo multivariante

	OR (IC 95%)	P
Sexo masculino	0,585 (0,371-0,923)	0,02
Edad (por 1 año)	1,028 (1,006-1,051)	0,01
Balón de contrapulsación aórtico (sí/no)	4,214 (1,631-10,89)	0,003
PVC (por 1 mmHg)	1,149 (1,077-1,225)	0,00003
pH < 7,30 (sí/no)	2,420 (1,263-4,635)	0,008
IC ≤ 2,2, l/min/m ² (sí/no)	1,846 (1,138-2,994)	0,01
Intubación orotraqueal > 12 horas (sí/no)	2,439 (1,507-3,946)	0,0003

PVC: presión venosa central; IC: índice cardíaco; OR: odds ratio; IC 95%: intervalo de confianza para la media al 95%.

TABLA 3. Calibración del modelo multivariante (Hosmer-Lemeshow)

Deciles de riesgo	Estancia UCI ≤ 7 días		Estancia UCI > 7 días	
	Observados	Esperados	Observados	Esperados
0,02239-0,08938	45	45,87	4	3,13
0,09061-0,12278	47	42,80	1	5,20
0,12313-0,15815	41	41,40	7	6,60
0,15839-0,20439	38	39,18	10	8,82
0,20521-0,24694	35	37,11	13	10,89
0,24708-0,29285	34	35,23	14	12,77
0,29306-0,35102	35	32,59	13	15,41
0,35290-0,43060	33	29,38	15	18,62
0,43397-0,55415	22	25,01	27	23,99
0,56426-0,91713	14	15,43	35	33,57

Chi cuadrado 7,62; grados de libertad 8; p = 0,47.

La bondad del ajuste viene reflejada por la ausencia de diferencias significativas (p > 0,20) entre los valores observados y los valores esperados según el modelo. UCI: Unidad de Cuidados Intensivos.

tubación prolongada ha sido considerado una variable de interés en varios estudios²⁰⁻²⁵, lo mismo que el riesgo de presentar infecciones²⁶, o de necesitar transfusiones²⁷. En general, el diseño de estudios bajo estos planteamientos se ha considerado un avance importante en la evaluación de los cuidados intensivos perioperatorios de cirugía cardíaca, y entre las recomendaciones actuales está el desarrollo de nuevos estudios que analicen otras variables que puedan tener repercusión sobre el proceso⁵.

En nuestro caso, hemos considerado que la predicción de una estancia prolongada en Cuidados Intensivos podría suponer, además de una estimación indirecta de la morbilidad postoperatoria, una ayuda en la planificación de camas de UCI para las próximas intervenciones y una justificación de la ocupación existente en cada momento⁷.

Brown et al, en 2003, presentaron un trabajo realizado sobre población pediátrica dirigido también a identificar pacientes que requerirán mayor estancia en UCI tras cirugía cardíaca²⁸, pero muchas varia-

bles clínicas no son intercambiables con las de la población adulta donde, hasta nuestro conocimiento, la predicción de este parámetro sólo ha sido llevada a cabo desde un punto de vista sociosanitario en un estudio todavía más reciente²⁹. No obstante, estos dos estudios previos han demostrado que es posible y útil llevar a cabo este tipo de análisis predictor.

Nuestro estudio ha puesto de manifiesto varias cuestiones de interés. En primer lugar, ha sido posible identificar variables presentes a la recepción del paciente desde quirófano relacionadas con mayor probabilidad de estancia prolongada en UCI y que pueden asociarse a mayor morbilidad. A partir de estas variables, hemos obtenido un modelo predictivo con capacidad de calibración y discriminación suficientes para permitir su utilización prospectiva en otra cohorte de pacientes de características similares.

En segundo lugar, hemos encontrado que algunas variables seleccionadas por el modelo probabilístico refuerzan conceptos clínicos tradicionales en cirugía cardíaca. Así, la influencia del sexo, resultando protectora la condición sexo masculino, la importancia de la edad, o la necesidad de balón de contrapulsación intraaórtico (BCIA) pueden considerarse como conceptos clásicos o esperables de una estancia prolongada. También el valor 2,2 para el IC, que resultó seleccionado estadísticamente por los límites inferior y superior de los respectivos IC de los grupos, recobra toda su dimensión clásica como punto de corte asociado a mal pronóstico³⁰. Lo mismo ocurre con el valor de pH al ingreso inferior a 7,30, que resultaría esperable como predictor de mala evolución, al igual que lo sería la necesidad de intubación por tiempo superior a 12 horas^{22,24,25}, teniendo en cuenta un ámbito como el nuestro en el que se procura extubar a estos pacientes lo antes posible.

En tercer lugar, destacaremos la fuerte asociación estadística entre la primera determinación de PVC al ingreso desde quirófano y la estancia prolongada en UCI. Algunos autores como Kopman y Ferguson ya señalaron hace 20 años que la elevación de la PVC sobre la presión arterial pulmonar de enclavamiento constituye un dato desfavorable a la salida de bomba

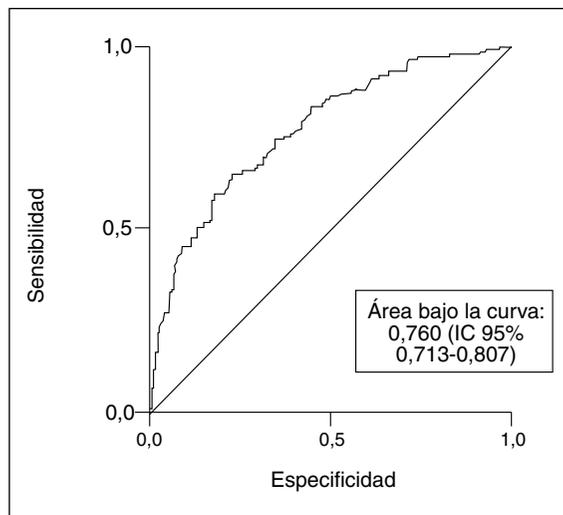


Figura 2. Prueba de discriminación mediante curva ROC para la muestra de desarrollo.

de CEC^{31,32}, pero no hemos hallado estudios recientes en relación con sus implicaciones en términos de morbilidad y aumento de la estancia postoperatoria en Cuidados Intensivos.

Finalmente, otras variables que podrían juzgarse como responsables de alargar la estancia postoperatoria en UCI no han demostrado una asociación tan significativa. Así, la existencia previa de una intervención relacionada, cardíaca o vascular, no parece suponer una mayor estancia en esta población. Este hecho posiblemente sea debido a que en la mayoría de los casos la cirugía ha sido electiva y, por tanto, la decisión de la intervención quirúrgica se hizo teniendo en cuenta la valoración preoperatoria. Tampoco el tiempo de estancia hospitalaria previa a la intervención ha permitido seleccionar pacientes con mayor inestabilidad o deterioro. En cuanto al tipo de cirugía, los pacientes con cirugía valvular sólo mostraron una tendencia a prolongar su estancia frente a los otros tipos de cirugía, pero sin alcanzar significación estadística. Lo mismo se encontró con el tiempo de CEC. También es destacable que la inclusión o no de los pacientes fallecidos con 7 o menos días de estancia en UCI, considerados como "casos favorables" a efectos de análisis, no modificase la selección y significación de variables independientes predictoras de estancia prolongada. Este último aspecto podría interpretarse tanto como un dato de robustez de las variables seleccionadas, como debido a que el número de casos que fallecen en los primeros 7 días es pequeño y, por ello, carente de poder para modificar los valores de los estimadores (OR).

Nuestro estudio presenta algunas limitaciones. Además de haber sido llevado a cabo en una sola institución y contar con un número limitado de pacientes, no proporciona datos sobre cuánto predice cada variable incluida en el modelo, sino la capacidad de discriminar y de clasificar que tiene el modelo globalmente. Ante esto, es preciso no confundir el hecho de la admisión o exclusión de una variable en el modelo con su capacidad predictora. Debemos tener muy presente que la inclusión de una variable según una estrategia de modelización mide la fuerza de asociación entre esa variable independiente y la variable dependiente y la significación estadística de dicha asociación, pero no su capacidad de predecir.

En resumen, y a modo de conclusión, podemos decir que es posible identificar al ingreso en UCI variables predictoras de estancia prolongada tras cirugía cardíaca, con independencia de otros eventos postoperatorios que pudieran requerir un control de calidad aparte. Salvando las inevitables diferencias poblacionales con otras UCI, será necesario validar prospectivamente el modelo probabilístico obtenido sobre una muestra independiente de pacientes antes de proceder a su uso rutinario. En cualquier caso, el análisis de resultados mediante la utilización de estos modelos predictivos puede ser una herramienta útil en la mejora de la calidad asistencial en el postoperatorio de cirugía cardíaca.

BIBLIOGRAFÍA

1. Knaus WA, Draper EA, Wagner DP, Zimmerman JE. APACHE II: a severity of disease classification system. *Crit Care Med.* 1985;13:818-29.
2. Knaus WA, Wagner DP, Draper EA, Zimmerman JE, Bergner M, Bastos PG, et al. The APACHE III prognostic system. Risk prediction of hospital mortality for critically ill hospitalized adults. *Chest.* 1991;100:1619-36.
3. Le Gall JR, Lemeshow S, Saulnier F. A new Simplified Acute Physiology Score (SAPS II) based on a European/North American multicenter study. *JAMA.* 1993;270:2957-63.
4. Lemeshow S, Teres D, Klar J, Avrunin JS, Gehlbach SH, Rapoport J. Mortality Probability Models (MPM II) based on an international cohort of intensive care unit patients. *JAMA.* 1993;270:2478-86.
5. Higgins TL. Quantifying risk and assessing outcome in cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 1998;12:330-40.
6. Higgins TL, Estafanous FG, Loop FD, Beck GJ, Lee JC, Starr NJ, et al. ICU admission score for predicting morbidity and mortality risk after coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg.* 1997;64:1050-8.
7. Flynn M, Reddy S, Shepherd W, Holmes C, Armstrong D, Lunn C, et al. Fast-tracking revisited: routine cardiac surgical patients need minimal intensive care. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2004;25:116-22.
8. Parsonnet V, Dean D, Bernstein AD. A method of uniform stratification of risk for evaluating the results of surgery in acquired adult heart disease. *Circulation.* 1989;79:3-12.
9. Hosmer DW, Lemeshow S. *Applied Logistic Regression.* New York: John Wiley and Sons; 1989. p. 140-5.
10. Hanley JA, McNeil BJ. The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve. *Radiology.* 1982;143:29-36.
11. Orr RK. Use of a probabilistic neural network to estimate the risk of mortality after cardiac surgery. *Med Decis Making.* 1997;17:178-85.
12. Ben Abraham R, Efrati O, Mishali D, Yulia F, Vardi A, Barzilay Z, et al. Predictors for mortality after prolonged mechanical ventilation after cardiac surgery in children. *J Crit Care.* 2002;17:235-9.
13. Estafanous FG, Loop FD, Higgins TL, Tekyi-Mensah S, Lytle BW, Cosgrove DM III, et al. Increased risk and decreased morbidity of coronary artery bypass grafting between 1986 and 1994. *Ann Thorac Surg.* 1998;65:383-9.
14. Serrano N, Revuelta P, Málaga J, Galván R, García C, Villegas J, et al. Desarrollo de un modelo predictor de morbilidad en cirugía cardíaca [abstract]. *Med Intensiva.* 2002;26:s158.
15. Mathew JP, Fontes ML, Tudor IC, Ramsay J, Duke P, Mazer CD, et al. A multicenter risk index for atrial fibrillation after cardiac surgery. *JAMA.* 2004;291:1720-9.
16. Orłowska-Baranowska E, Baranowski R, Michalek P, Hoffman P, Rywik T, Rawczyńska-Englert I. Prediction of paroxysmal atrial fibrillation after aortic valve replacement in patients with aortic stenosis: identification of potential risk factors. *J Heart Valve Dis.* 2003;12:136-41.
17. Stallwood MI, Grayson AD, Mills K, Scawn ND. Acute renal failure in coronary artery bypass surgery: independent effect of cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg.* 2004;77:968-72.
18. Albahrani MJ, Swaminathan M, Phillips-Bute B, Smith PK, Newman MF, Mathew JP, et al. Postcardiac surgery complications: association of acute renal dysfunction and atrial fibrillation. *Anesth Analg.* 2003;96:637-43.
19. Trittenwein G, Nardi A, Pansi H, Golej J, Burda G, Hermon M, et al. Early postoperative prediction of cerebral damage after pediatric cardiac surgery. *Ann Thorac Surg.* 2003;76:576-80.
20. Kern H, Redlich U, Hotz H, von Heymann C, Grosse J, Konertz W, et al. Risk factors for prolonged ventilation after cardiac surgery using APACHE II, SAPS II, and TISS: comparison of three different models. *Intensive Care Med.* 2001;27:407-15.
21. Dunning J, Au J, Kalkat M, Levine A. A validated rule for predicting patients who require prolonged ventilation post cardiac surgery. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2003;24:270-6.
22. Nozawa E, Kobayashi E, Matsumoto ME, Feltrim MI, Carmona MJ, Auler JJ. Assessment of factors that influence wea-

ning from long-term mechanical ventilation after cardiac surgery. *Arq Bras Cardiol.* 2003;80:301-10.

23. Naughton C, Reilly N, Powrozyk A, Aps C, Hunt T, Hunter D, et al. Factors determining the duration of tracheal intubation in cardiac surgery: a single-centre sequential patient audit. *Eur J Anaesthesiol.* 2003;20:225-33.

24. Yende S, Wunderink R. Validity of scoring systems to predict risk of prolonged mechanical ventilation after coronary artery bypass graft surgery. *Chest.* 2002;122:239-44.

25. Bezanson JL, Weaver M, Kinney MR, Waldrum M, Weintraub WS. Presurgical risk factors for late extubation in Medicare recipients after cardiac surgery. *Nurs Res.* 2004;53:46-52.

26. Michalopoulos AS, Geroulanos S, Mentzelopoulos SD. Determinants of candidemia and candidemia-related death in cardiothoracic ICU patients. *Chest.* 2003;124:2244-55.

27. Magovern JA, Sakert T, Benckart DH, Burkholder JA, Liebler GA, Magovern GJ Sr, et al. A model for predicting trans-

fusion after coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg.* 1996;61:27-32.

28. Brown KL, Ridout DA, Goldman AP, Hoskote A, Penny DJ. Risk factors for long intensive care unit stay after cardiopulmonary bypass in children. *Crit Care Med.* 2003;31:28-33.

29. Johnston G, Goss JR, Malmgren JA, Spertus JA. Health status and social risk correlates of extended length of stay following coronary artery bypass surgery. *Ann Thorac Surg.* 2004;77:557-62.

30. Forrester JS, Diamond GA, Swan HJ. Correlative classification of clinical and hemodynamic function after acute myocardial infarction. *Am J Cardiol.* 1977;39:137-45.

31. Kopman EA, Ferguson TB. Interaction of right and left ventricular filling pressures at the termination of cardiopulmonary bypass. Central venous pressure/pulmonary capillary wedge pressure ratio. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1985;89:706-8.

32. Kopman EA. Central venous pressure/pulmonary capillary wedge pressure ratio. *Ann Thorac Surg.* 1996;62:319.