

Análisis de la mortalidad y distribución de procedimientos de cirugía de cardiopatías congénitas utilizando el método de ajuste de riesgo RACHS-1

MARIANO ITHURALDE^{MTSAC, 1}, DANIEL FERRANTE², CARLOS SEARA^{MTSAC, 3}, ALEJANDRO ITHURALDE^{†, 4}, MARÍA BALLESTRINI⁵, MARISA GARCÍA NANI⁴, PABLO GARCÍA DELUCIS⁶, CARLOS NOJEK^{MTSAC, 7}

Recibido: 13/12/2006
Aceptado: 07/03/2007

Dirección para separatas:
Dr. Mariano Ithuralde
Ayacucho 1281 - Buenos Aires,
Argentina

RESUMEN

Introducción

El método RACHS (*Risk Adjustment for Congenital Heart Surgery*) es ampliamente utilizado para predecir mortalidad y ajuste de riesgo en cirugía cardíaca pediátrica y constituye una herramienta para comparar resultados nacionales con centros de referencia.

Objetivos

1) Describir la distribución de los procedimientos de acuerdo con el RACHS. 2) Validación del RACHS en la Argentina. 3) Mortalidad ajustada de acuerdo con una población de referencia.

Material y métodos

1) De marzo de 2001 a marzo de 2006 se incluyeron 571 pacientes menores de 18 años sometidos a cirugía cardíaca. Los procedimientos se agruparon de acuerdo con el RACHS-1. 2) Validación: se realizó regresión logística y evaluación de calibración y discriminación (prueba de Hosmer-Lemeshow y curva ROC). 3) Mortalidad ajustada: se comparó la mortalidad observada *versus* la esperada a una distribución de procedimientos de una población de referencia (estandarización directa) y se obtuvieron la mortalidad ajustada y la razón de mortalidad estandarizada (SMR).

Resultados

Se incluyeron 571 pacientes. 1) Distribución de acuerdo con el RACHS: RACHS 1: 17,51%, RACHS 2: 38,00%, RACHS 3: 31,17%, RACHS 4: 8,23%, RACHS 5: 0,18%, RACHS 6: 4,90%. 2) Mortalidad por *score* y validación del *score*: RACHS 1: 0%, RACHS 2: 0,92%, RACHS 3: 3,37%, RACHS 4: 10,64%, RACHS 5: 0%, RACHS 6: 32,14%. Prueba de Hosmer-Lemeshow $p = 0,50$ (no significativo indica calibración adecuada sin diferencias en mortalidad observada *versus* esperada), área ROC = 0,84, $p < 0,001$. 3) Mortalidad observada: 3,85%, mortalidad ajustada 3,05%, SMR 0,47 (0,27-0,67).

Conclusiones

El método RACHS es una herramienta de estratificación válida en nuestra población. La distribución de acuerdo con el riesgo es similar a la población original. La mortalidad ajustada fue menor que la observada, lo cual indica resultados adecuados.

REV ARGENT CARDIOL 2007;75:179-184.

Palabras clave > Cirugía cardiovascular - Cardiopatías congénitas - Riesgo - Mortalidad

Abreviaturas > RACHS *Risk Adjustment for Congenital Heart Surgery* | SMR Razón de mortalidad estandarizada
ROC *Receiver operator characteristics*

F.L.E.N.I. Departamento de Cardiología Infantil y de Cirugía Cardiovascular Pediátrica

^{MTSAC} Miembro Titular de la Sociedad Argentina de Cardiología

† Para optar a Miembro Titular de la Sociedad Argentina de Cardiología

¹ Jefe del Departamento de Cardiología Infantil

² Médico Cardiólogo Epidemiólogo - Consultor del Departamento de Cardiología

³ Coordinador del Departamento de Cardiología Infantil

⁴ Médicos del staff de Cardiología Infantil

⁵ Coordinadora del Área de Recuperación Cardiovascular Pediátrica

⁶ Médico del staff de Cirugía Cardiovascular Pediátrica

⁷ Jefe de los servicios de Cirugía Cardiovascular Pediátricos y Adultos

INTRODUCCIÓN

La diversidad de procedimientos quirúrgicos y la enorme variedad anatómica de las cardiopatías congénitas han dificultado el análisis comparativo de mortalidad y calidad de los resultados quirúrgicos, ya sea de un mismo lugar o entre diferentes centros y/o áreas regionales. En enero de 2002, Jenkins y colaboradores publicaron en el *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* (1) una original propuesta de evaluación y ajuste de riesgo. Este método, llamado *The Risk Adjustment for Congenital Heart Surgery* (RACHS-1), fue creado para facilitar una comparación ajustada de las diferencias de mortalidad entre pacientes sometidos a cirugía de cardiopatías congénitas. Los procedimientos fueron clasificados por un panel de once expertos (cardiólogos y cirujanos cardiovasculares infantiles) en seis categorías de riesgo sobre la base de información obtenida de los datos de dos importantes estudios multicéntricos: Pediatric Cardiac Care Consortium (PCCC) con 4.370 intervenciones realizadas en 32 hospitales y American Hospital Discharge Data (HDD) con 3.646 operaciones registradas. La validación del método y los resultados fueron publicados por otros autores. (2, 3)

En este trabajo hemos querido evaluar nuestra población en un estudio unicéntrico (una institución de Buenos Aires, Argentina, en la cual se operan aproximadamente 150 cardiopatías congénitas por año), con el propósito de validar el método RACHS-1 en la Argentina.

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente trabajo tuvo por objetivo:

- 1) Describir la distribución de los procedimientos de acuerdo con el RACHS.
- 2) La validación del RACHS-1 en la Argentina.
- 3) Estimar la mortalidad ajustada de acuerdo con una población de referencia.

Población

Se incluyeron consecutivamente en forma prospectiva-retrospectiva (bidireccional) 571 pacientes menores de 18 años, de ambos sexos y de un único centro, operados entre marzo de 2001 y marzo de 2006.

Evaluación de los pacientes

Cada procedimiento se clasificó de acuerdo con el método RACHS-1, que asigna a cada cirugía una categoría de riesgo de muerte intrahospitalaria de 1 a 6 (Tabla 1). De cada paciente se obtuvo la edad y el sexo. No fue posible evaluar la estadía hospitalaria, dado que muchos pacientes, en especial los recién nacidos, fueron derivados precozmente a sus centros de origen al presentar buena evolución en el posoperatorio.

Análisis estadístico

Para la validación del *score* se realizó un modelo de regresión logística, utilizando al primero como variable independiente y la mortalidad intrahospitalaria como variable dependiente. Luego de la estimación del modelo se evaluaron la calibración a través de la prueba de Hosmer-Lemeshow

Tabla 1. Procedimientos individuales según categoría de riesgo (extraído del trabajo original de Jenkins, et al [1])

<p>Categoría de riesgo 1</p> <p>Comunicación interauricular (<i>ostium secundum</i>, seno venoso) Aortopexia Ductus arterioso > 30 días Coartación de la aorta > 30 días Anomalia parcial del retorno venoso pulmonar</p>
<p>Categoría de riesgo 2</p> <p>Valvulotomía aórtica o valvuloplastia Resección subaórtica Valvulotomía pulmonar o valvuloplastia Reemplazo de válvula pulmonar Infundibulectomía del VD - aumento del tracto de salida pulmonar Reparación de fistulas coronarias Comunicación interauricular, <i>Ostium primum</i> Comunicación interauricular asociada con comunicación interventricular Comunicación interventricular sola o asociada con valvulotomía pulmonar o resección infundibular Comunicación interventricular asociada con eliminación de cerclaje pulmonar Reparación de CIV no especificada Tetralogía de Fallot Anomalia total del retorno venoso pulmonar > 30 días Anastomosis de Glenn Anillos vasculares Ventana aortopulmonar Coartación de la aorta < 30 días Transección de la arteria pulmonar Aurícula única Comunicación VI-AD</p>
<p>Categoría de riesgo 3</p> <p>Reemplazo de válvula aórtica Procedimiento de Ross Parche de tracto de salida del VI Miotomía ventricular Aortoplastia Valvuloplastia o valvulotomía mitral Reemplazo de válvula mitral Valvectomía tricuspídea Valvulotomía o valvuloplastia tricuspídea Reemplazo de válvula tricuspídea Anomalia de Ebstein > 30 días Anomalia coronaria con túnel intrapulmonar o sin él Cierre de válvulas semilunares aórtica o pulmonar Conducto VD-APT o VI-APT Doble salida del VD con reparación o no de obstrucción del VD Fontan Canal a-v completo o transicional con reemplazo valvular o sin él Cerclaje de la arteria pulmonar Tetralogía de Fallot con atresia pulmonar Cor triatriatum Anastomosis S/P <i>Switch</i> auricular <i>Switch</i> arterial Reimplantación de arteria pulmonar anómala Anuloplastia Coartación de la aorta + CIV Escisión de tumor intracardiaco</p>

continúa

Tabla 1. Continuación

Categoría de riesgo 4
Valvulotomía o valvuloplastia aórtica < 30 días
Procedimiento de Konno
Reparación de anomalía compleja (ventrículo único), agrandamiento de CIV
Anomalía total del retorno venoso < 30 días
Septectomía auricular
Reparación de TGV+ CIV+ estenosis subpulmonar (Rastelli)
Switch auricular +CIV
Switch auricular + estenosis subpulmonar
Switch arterial + eliminación de cerclaje
Switch _L arterial + CIV
Switch arterial + estenosis subpulmonar
Tronco arterioso
Interrupción o hipoplasia del arco aórtico con CIV o sin ella
Plástica del arco transverso
Unifocalización pulmonar en tetralogía de Fallot y atresia pulmonar
Doble switch
Categoría de riesgo 5
Anomalía de Ebstein < 30 días
Tronco arterioso + interrupción del arco aórtico
Categoría de riesgo 6
Etapas 1 de reparación del síndrome de hipoplasia del VI (Norwood)
Etapas 1 de reparación del ventrículo izquierdo no hipoplásico
Damus-Kaye-Stansel

(comparación de probabilidades observadas *versus* las esperadas, dado el modelo) y también la discriminación, mediante la construcción de una curva ROC (*receiver operator characteristics*). Una prueba de Hosmer-Lemeshow no significativa indica calibración adecuada sin diferencias en la mortalidad observada *versus* la esperada y un área ROC de 0,80 o más indica buena discriminación.

Para obtener la mortalidad ajustada se comparó la mortalidad observada *versus* la esperada a una distribución de procedimientos de una población de referencia (estandarización directa).

Para lograr una medida útil que permitiera cotejar nuestro desempeño con otros centros, se estimó la razón de mortalidad estandarizada (SMR), que se obtiene dividiendo la mortalidad observada de la esperada (estandarización indirecta). Si el cociente es mayor de uno indica una mortalidad mayor que la esperada de acuerdo con la propia distribución de procedimientos.

Tabla 2. Distribución de la población de acuerdo con categorías de RACHS y mortalidad en cada grupo

RACHS-1	n	%	% Población original	Muertes (n)	Mortalidad (%)
1	100	17,5	25,9	0	0
2	217	38,0	32,9	2	0,9
3	178	31,1	32,5	6	3,3
4	47	8,2	5,1	5	10,6
5	1	0,1	0,1	0	0
6	28	4,9	3,5	9	32,1

RESULTADOS

Se incluyeron 571 operaciones. La distribución de acuerdo con las categorías RACHS fue la siguiente: RACHS 1: 17,5%, RACHS 2: 38,0%, RACHS 3: 31,1%, RACHS 4: 8,2%, RACHS 5: 0,1%, RACHS 6: 4,9%. En relación con la población de referencia, se observó un perfil de mayor riesgo, evidenciado por una proporción menor de RACHS 1 y una proporción mayor de RACHS 6 (Tabla 2).

La mortalidad total fue del 3,8% (n = 22).

La mortalidad de acuerdo con cada categoría de RACHS fue la siguiente: RACHS 1: 0%, RACHS 2: 0,9%, RACHS 3: 3,3%, RACHS 4: 10,6%, RACHS 5: 0%, RACHS 6: 32,1% (Tabla 2).

En el modelo de regresión logística, el *score* RACHS se asoció en forma significativa con la mortalidad (*odds ratio* por cada unidad de aumento del *score*: 2,59, IC 95% 1,93-3,47; p < 0,001). La edad agregada al modelo no presentó asociación significativa con la mortalidad.

La prueba de Hosmer-Lemeshow fue no significativa (p = 0,50), es decir que la mortalidad observada fue similar a la esperada por el modelo. La correlación entre la mortalidad observada y la esperada fue significativa (r = 0,992 IC 95% 0,99-0,993; p < 0,001) (Figura 1).

El área ROC fue de 0,84 (IC 95% 0,76-0,92; p < 0,001), lo cual indica una discriminación adecuada.

Con el método de estandarización directa, la mortalidad esperada fue del 3,05% (IC 95% 1,75-4,36). Por estandarización indirecta, la SMR fue de 0,47 (límites de confianza del 95% 0,27-0,67) (Tabla 3).

DISCUSIÓN

La estratificación de riesgo y el análisis comparativo de los resultados quirúrgicos en cardiopatías congénitas es un procedimiento complejo. El RACHS-1 es, sin duda, un intento válido para obtenerlos, ya que no sólo toma en cuenta la mortalidad global, sino que permite un análisis comparativo, basado en la distribución de pacientes según la complejidad de las cirugías. Es de aplicación sencilla y de alto valor predictivo. Se encuentran en estudio otros métodos, entre ellos el *score* aristotélico, (4) que analiza otros parámetros como morbilidad y dificultades técnicas. La compara-

ción con el RACHS es difícil por las diferencias de diseño y aplicación. Éste se centra en mortalidad inmediata, dato importante que es fácil de obtener de cualquier base de datos, y la analiza en función del tipo de cirugía; de ese modo agrupa anatomías diversas que

permiten muestras acotadas en tamaño de valor estadístico. (5)

El método aristotélico introduce valores subjetivos, como dificultad o complejidad, no validados como herramienta de comparación estadística y ha sido cuestionado por otros autores en cuanto a su capacidad predictora de la mortalidad. (6, 7)

Distribución de procedimientos

El primer paso de nuestro análisis fue establecer si trabajábamos con poblaciones de riesgo equivalente. Si cotejamos estadísticamente nuestros resultados, la distribución de acuerdo con el riesgo es análoga y estadísticamente afín a la población original.

Larsen y colaboradores, (3) en un trabajo realizado recientemente en un centro de Dinamarca (Skejby), compararon la distribución de los procedimientos entre las dos poblaciones del estudio original (PCCC y HDD) y las del estudio unicéntrico realizado en Alemania (Bad Oeynhausen) por Boethig y colaboradores (Figura 2). (2) Si agregamos nuestros números a la tabla de la figura, podemos observar una distribución similar en todos los grupos, en tanto que se advierte una diferencia en la categoría de mayor riesgo (RACHS 6). El PCCC, el estudio alemán y el nuestro (FLENI) tienen un porcentaje mayor de pacientes en este último grupo de complejidad, como la operación de Norwood para el síndrome de hipoplasia del ventrículo izquierdo.

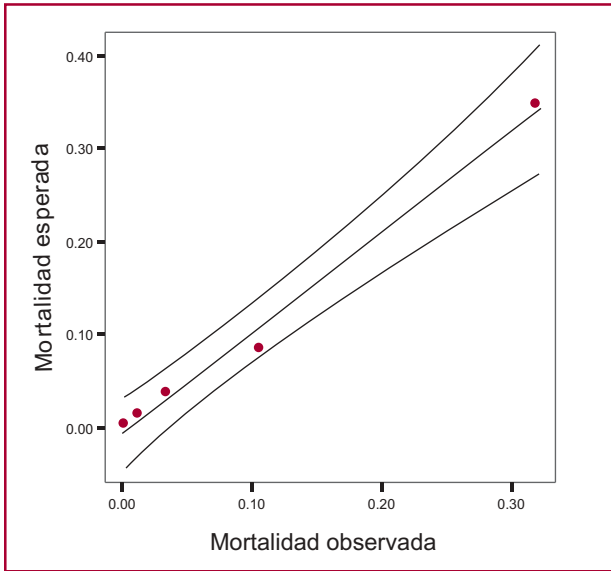


Fig. 1. Mortalidad observada versus mortalidad esperada (regresión y bandas de confianza del 95%).

a) directa					
RACHS	Población	Casos	Tasa observada (%)	Población de referencia	Casos esperados
1	100	0	0,0	961	0,0
2	217	2	0,9	1.222	11,3
3	178	6	3,4	1.205	40,6
4	47	5	10,6	191	20,3
5	1	0	0,0	2	0,0
6	28	9	32,1	128	41,1
Total	571	22	3,9	3.709	113,3

- Casos esperados: Tasa observada aplicada a población de referencia en cada RACHS.
 - Mortalidad esperada: 113,3 / 3.709 = 3,05%.

b) indirecta			
RACHS	Población	Tasa de referencia	Casos esperados
1	100	0,4	0,4
2	217	3,8	8,2
3	178	8,5	15,1
4	47	19,4	9,1
5	1	0	0,0
6	28	47,7	13,4
Total	571	-	46,3

- Casos esperados: Tasa de referencia aplicada a población observada.
 - SMR: muertes observadas/esperadas = 22 / 46,3 = 0,47

Tabla 3. Estandarización de mortalidad

Al ser nuestro objetivo comparar resultados, la complejidad de las intervenciones y la distribución de los procedimientos de acuerdo con el riesgo deben ser estadísticamente equivalentes.

Validación del modelo

En nuestro trabajo establecimos el grupo control tomando la categoría 1 de RACHS con 0% de mortalidad. Los *odds ratio* obtenidos en cada categoría fueron estadísticamente significativos ($p < 0,001$), indicativo de un alto valor predictivo y clara diferencia estadística de mortalidad entre los seis grupos.

Si bien nuestra mortalidad en la categoría de alto riesgo (RACHS 6) es levemente menor que la publica-

da en el estudio original (1996-1997), se deben tener en cuenta los adelantos en el campo de la cardiología infantil en esta última década, con una mejora sustancial de sobrevida quirúrgica. Nuestros resultados comparados con estudios unicéntricos de fechas más recientes (1996-2002) (Tabla 4) resultan semejantes, aunque se continúa observando una tendencia no significativa de menor mortalidad en RACHS 6 de nuestro grupo.

La prueba de Hosmer-Lemeshow, realizada para comprobar la calibración del modelo (mortalidad observada *versus* esperada) en cada categoría de RACHS, indicó una evaluación sin diferencias entre lo observado y lo esperado, equivalente a otros modelos publicados o aun mejor. (8)

Nuestro índice ROC (*receiver operator characteristics*) mostró discriminación adecuada de la mortalidad hospitalaria. Si consideramos un área de 1 como valor perfecto y por debajo de 0,5 como valor de predicción nulo, el nuestro, de 0,84, es estadísticamente significativo ($p < 0,001$) y comparable con lo publicado en los estudios de referencia: PCCC (0,811), HDD (0,814), (1) Larsen en el estudio dinamarqués (Skejby) (0,741) (3) y Boething y colaboradores (0,755) en el estudio alemán (BO). (2)

Jenkins y colaboradores, en el trabajo original, (1) encuentran sus valores comparables con estudios prospectivos realizados en adultos, como el Veterans Affairs Continuous Improvement in Cardiac Surgery Study (0,731) (9) o el Society for Thoracic Surgeons Coronary Artery Bypass Graft Risk Model (0,800). (10)

Mortalidad ajustada

La razón de mortalidad estandarizada (SMR) en nuestro estudio fue de 0,47 (límites de confianza del 95% 0,27-0,67) e indica una mortalidad observada menor que la esperada, de acuerdo con la distribución de los procedimientos. Es una valoración estadística, no utilizada en los estudios preliminares, que estimamos que contribuye al análisis de riesgo en forma más exhaustiva y de mayor valor estadístico que el obtenido solamente con el análisis de la mortalidad observada.

El diseño del trabajo original nos obligó a excluir al grupo cada vez más numeroso de pacientes adultos (> 18 años) operados de cardiopatías congénitas en nuestro Departamento, población que consideraremos en estudios posteriores.

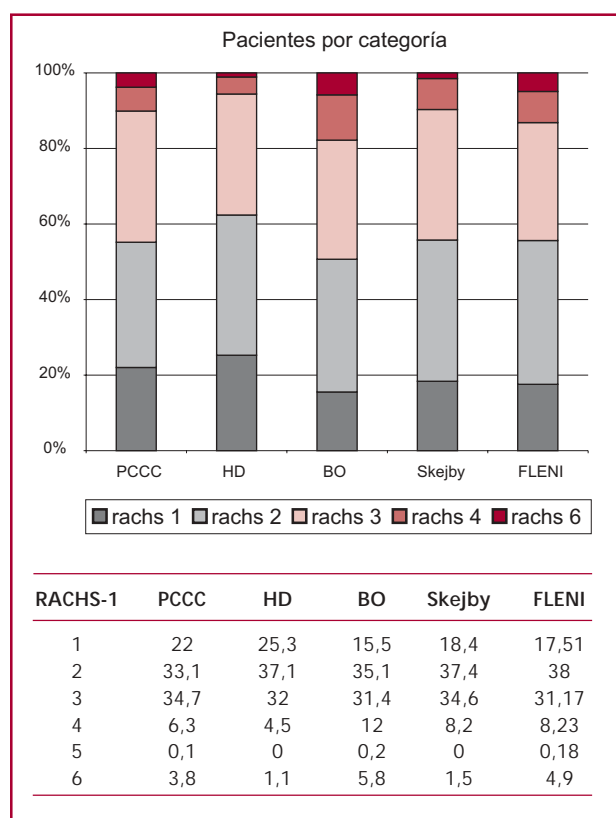


Fig. 2. Distribución comparativa de las distintas categorías de RACHS en el PCCC, HD, BO, Skejby y FLENI.

Tabla 4. Distribución de mortalidad en porcentajes y 95% de intervalo de confianza en las seis categorías de RACHS (adaptada de Larsen, et al [3])

RACHS-1	PCCC	HD	BO	Skejby	FLENI
1	0,4 (0,1-1)	0,3 (0,1-1,1)	0,3 (0,01-1,5)	1,1 (0,1-4)	0
2	3,8 (2,9-5,0)	3,3 (2,4-4,4)	4,0 (2,8-5,5)	3,1 (1,5-5,4)	0,92 (0,1-3,2)
3	9,5 (8,1-11)	6,5 (5,2-8,1)	5,7 (4,1-7,6)	8,5 (5,7-12)	3,37 (1,24-7,19)
4	19 (15-24)	19,6 (14-27)	9,9 (6,7-14)	17 (9,2-27)	10,64 (3,5-23,1)
5			50 (6,8-93)		0
6	47 (39-55)	42 (26-58)	40 (32-49)	57 (29-82)	32,1 (15,8-52,3)

Las pocas intervenciones aún no clasificadas (p. ej., túnel VI-aorta) podrían ser incluidas por el Comité de Expertos en próximas publicaciones, así como la consideración de la continuación o no del RACHS 5, categoría con muy escaso número de pacientes en todos los trabajos publicados, que incluye sólo dos tipos de cirugía de muy baja incidencia y que presenta dificultades en el análisis estadístico.

No incluimos en el análisis los días de internación, ya que nuestros datos están sesgados por la pronta derivación de algunos pacientes a las unidades neonatales de origen para completar el tratamiento pediátrico, además de algunas altas demoradas por problemas sociales que impiden el pronto retorno al lugar de origen.

Por último, pensamos, en concordancia con lo expresado por Jenkins y colaboradores en el trabajo original, (1) que este método, a pesar de sus limitaciones, es de gran ayuda para evaluar la *performance* de un departamento de Cirugía y Cardiología Pediátrica. La información obtenida permite una comparación inteligente e integral en una disciplina difícil por la extrema diversidad de condiciones –muy diferente de la encontrada en cirugía cardiovascular en adultos–, que puede aplicarse fácilmente a casi todos los casos de cirugía de cardiopatías congénitas.

Agradecimientos

Agradecemos al ingeniero Marcelo Otero por su valioso aporte en la elaboración del banco de datos y el asesoramiento en el área de informática y a la señora Gloria Stuart Pennington por su asesoramiento en la traducción de textos en inglés, así como en la redacción.

SUMMARY

Assessment of Mortality and Distribution of Surgery Procedures in Congenital Heart Disease Using the RACHS-1 Risk Adjustment Method

Background

The RACHS method is widely used to predict mortality and risk adjustment in pediatric cardiovascular surgery, and constitutes a valid tool to compare the results between different health centers.

Objectives

1) Statistical comparison of the distribution of our procedures according to RACHS classification, 2) validation of the RACHS Model in a cardiovascular surgery center in Argentina, 3) obtain an adjusted mortality rate to compare our results to a standard population.

Methods

1) From March/2001 to March/2006 all consecutive patients under 18 years of age who underwent cardiovascular surgery in our institution were included. The procedures were grouped by the 6 RACHS-1 categories and patients' age. 2) Model validation: Hosmer-Lemeshow test was performed to test model calibration (observed vs. expected mortality). ROC (receiver operator characteristics) analysis was per-

formed to evaluate model discrimination. 3) Adjusted mortality: to compare mortality to a standard population direct standardization was performed to obtain crude and adjusted mortality and the standardized mortality ratio (SMR).

Results

A total of 571 procedures were screened. 1) Population description: RACHS 1: 17.51%, RACHS 2: 38.00%, RACHS 3: 31.17%, RACHS 4: 8.23%, RACHS 5: 0.18%, RACHS 6: 4.9%. 2) Model validation: Mortality by RACHS: Rachs 1: 0%; Rachs 2: 0.92%; Rachs 3: 3.37%; Rachs 4: 10.64%; Rachs 5: 0%; Rachs 6: 32.14%. Test de Hosmer-Lemeshow $p=0.50$ $p<0.001$., ROC Area for the model was 0.84 $p<0.001$. 3) Crude mortality was 3.85%, expected mortality according to a reference distribution population was 3.05%, and the SMR was 0.47 (95% CI 0.27-0.67).

Conclusions

In our institution the RACHS method is a valid risk stratification tool in pediatric cardiovascular surgery patients. The risk distribution in our population is statistically similar to the original study. However, mortality was lower than expected according to a standard population.

Key words > Congenital Heart Disease - Cardiovascular Surgery - Mortality - Risk

BIBLIOGRAFÍA

- Jenkins KJ, Gauvreau K, Newburger JW, Spray TL, Moller JH, Iezzoni LI. Consensus-based method for risk adjustment for surgery for congenital heart disease. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2002;123:110-8.
- Boethig D, Jenkins KJ, Hecker H, Thies WR, Breyman T. The RACHS-1 risk categories reflect mortality and length of hospital stay in a large German pediatric cardiac surgery population. *Eur J Cardiothorac Surg* 2004;26:12-7.
- Larsen SH, Pedersen J, Jacobsen J, Johnsen SP, Hansen OK, Hjortdal V. The RACHS-1 risk categories reflect mortality and length of stay in a Danish population of children operated for congenital heart disease. *Eur J Cardiothorac Surg* 2005;28:877-81.
- Lacour-Gayet F, Clarke D, Jacobs J, Comas J, Daebritz S, Daenen W, et al; Aristotle Committee. The Aristotle score: a complexity-adjusted method to evaluate surgical results. *Eur J Cardiothorac Surg* 2004;25:911-24.
- Jenkins KJ. Risk adjustment for congenital heart surgery: The RACHS-1 method. *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu* 2004;7:180-4.
- Kang N, Tsang VT, Elliott MJ, de Leval MR, Cole TJ. Does the Aristotle Score predict outcome in congenital heart surgery? *Eur J Cardiothorac Surg* 2006;29:986-8.
- Al-Radi OO, Harrell FE Jr, Caldaroni CA, McCrindle BW, Jacobs JP, Williams MG, et al. Case complexity scores in congenital heart surgery: a comparative study of the Aristotle Basic Complexity score and the Risk Adjustment in Congenital Heart Surgery (RACHS-1) system. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2007;133:865-75.
- Hannan EL, Racz M, Kavey RE, Quaegebeur JM, Williams R. Pediatric cardiac surgery: the effect of hospital and surgeon volume on in-hospital mortality. *Pediatrics* 1998;101:963-9.
- Grover FL, Johnson RR, Marshall G, Hammermeister KE. Factors predictive of operative mortality among coronary artery bypass subsets. *Ann Thorac Surg* 1993;56:1296-306.
- Shroyer AL, Grover FL, Edwards FH. 1995 coronary artery bypass risk model: The Society of Thoracic Surgeons Adult Cardiac National Database. *Ann Thorac Surg* 1998;65:879-84.