

## ARTÍCULO ORIGINAL

# Propuesta de modelo predictivo de síndrome de bajo gasto cardíaco en la cirugía valvular cardíaca

Proposal predictive model of low cardiac output syndrome in cardiac valvular surgery

Yoandro Rosabal García\*<sup>1</sup> , Yaimet Pérez Infante<sup>2</sup> , Edis Alberto Rosales Guibert<sup>3</sup> 

<sup>1</sup>Hospital Provincial Clínico Quirúrgico Universitario “Saturnino Lora Torres”, Santiago de Cuba, Cuba

<sup>2</sup>Facultad de Estomatología, Universidad de Ciencias Médicas de Santiago de Cuba, Santiago de Cuba, Cuba

<sup>3</sup>Hospital Militar “Joaquín Castillo Duany”, Santiago de Cuba, Cuba

\*Yoandro Rosabal García. [yoandrorg@gmail.com](mailto:yoandrorg@gmail.com)

Recibido: 02/02/2024 - Aprobado: 20/05/2024

## RESUMEN

**Introducción:** la incidencia del síndrome de bajo gasto cardíaco postoperatorio es variable en las distintas series publicadas, desde un 4% hasta un 15%, con una mortalidad que se aproxima al 20%. Si bien en enfermos mayores de 70 años el síndrome puede estar presente hasta en un 63%, a pesar del desarrollo de mejores técnicas de cardioprotección y cuidados postoperatorios, la incidencia de este síndrome en poblaciones de alto riesgo no se ha modificado en una proporción significativa.

**Objetivo:** construir un modelo predictivo de síndrome de bajo gasto cardíaco postoperatorio a través de factores de riesgo.

**Métodos:** se realizó un estudio analítico de casos y controles en pacientes con síndrome de bajo gasto cardíaco postoperatorio atendidos en el Centro de Cardiología y Cirugía Cardiovascular del Hospital Provincial Docente “Saturnino Lora” de Santiago de Cuba, en un período de tres años; se empleó la regresión logística con ajustes para obtener el modelo.

**Resultados:** los factores de riesgo predictores de mayor valor son: edad >65 años, la función sistólica del ventrículo derecho disminuida, el tiempo de pinzamiento aórtico y el sangrado postoperatorio, que fueron los que arrojó el modelo de regresión logística. Se realizó su validación interna por división de datos.

**Conclusiones:** el modelo predictivo elaborado a partir de la regresión logística quedó compuesto por los predictores: edad >65 años, función sistólica del ventrículo derecho disminuida, el tiempo de pinzamiento aórtico >90 minutos y el sangrado postoperatorio prolongado; presentó buen ajuste y poder discriminante, sobre todo valor predictivo positivo.

**Palabras clave:** síndrome de bajo gasto cardíaco; fallo ventricular; cirugía cardíaca; circulación extracorpórea

## ABSTRACT

**Introduction:** the incidence of postoperative low cardiac output syndrome is variable in the different published series, from 4% to 15%, with a mortality that approaches 20%. Although in patients over 70 years of age the syndrome may be present in up to 63%, despite the development of better cardioprotection techniques and postoperative care, the incidence of this syndrome in high-risk populations has not changed in a significant proportion.

**Objective:** build a predictive model of postoperative low cardiac output syndrome through risk factors.

**Methods:** an analytical study of cases and controls was carried out in patients with postoperative low cardiac output syndrome treated at the Cardiology and Cardiovascular Surgery Center of the "Saturnino Lora" Provincial Teaching Hospital of Santiago de Cuba, in a period of three years; Logistic regression with adjustments was used to obtain the model.

**Results:** the most valuable predictive risk factors are: age >65 years, decreased right ventricular systolic function, aortic cross-clamping time and postoperative bleeding, which were those shown by the logistic regression model. Its internal validation was carried out by data division.

**Conclusions:** the predictive model developed from logistic regression was composed of the predictors: age >65 years, decreased right ventricular systolic function, aortic clamping time >90 minutes and prolonged postoperative bleeding; It presented good fit and discriminating power, especially positive predictive value.

**Key words:** low cardiac output syndrome; ventricular failure; heart surgery; extracorporeal circulation

## INTRODUCCIÓN

El síndrome de bajo gasto cardíaco (SBGC), una manifestación clínica de gasto cardíaco insuficiente y perfusión tisular periférica, fue propuesto por primera vez por Rao y colaboradores.<sup>(1)</sup> Estudios previos han demostrado que la mortalidad por todas las causas en el SBGC varía de 14,8 a 62,5% a corto plazo (un mes después del inicio) y de 21,4 a 36,6% a largo plazo (dos meses a un año después del inicio).<sup>(2)</sup>

El SBGC después de la cirugía cardíaca no solo conduce a la mala perfusión tisular, sino también a la disfunción orgánica múltiple del cerebro, los pulmones, el hígado, los riñones y el tracto gastrointestinal, lo que aumenta la utilización de los recursos de atención médica y los costos asociados.<sup>(3)</sup> Más importante aún, el SBGC puede ser un estado de reducción reversible del gasto cardíaco después de la cirugía cardíaca, el reconocimiento temprano y el tratamiento adecuado del SBGC pueden evitar su progresión a choque cardiogénico refractario y mejorar los resultados clínicos; la detección temprana es de gran importancia.<sup>(4)</sup>

Según estudios realizados en Norteamérica (Estados Unidos y Canadá) existió una reducción de la actividad quirúrgica de un 45% global entre marzo y abril de 2020 frente a la realizada en 2019, hubo un incremento de hasta el 7% en la cirugía coronaria, probablemente a expensas de la intervención quirúrgica urgente, con descensos importantes en la cirugía valvular de hasta el 7,5%.<sup>(5)</sup>

En el año 2020,<sup>(6)</sup> en España, la cirugía de sustitución valvular y coronaria muestra una mortalidad del 13,61%. La cirugía polivalvular y coronaria también presenta cifras similares (12,07%), lo que tiene relación con las complicaciones intra y postoperatorias, entre ellas el bajo gasto cardíaco.

Cuba es uno de los pocos países en vías de desarrollo capaz de realizar la colaboración en el campo de la cirugía cardiovascular, con la creación de los cardiocentros en diferentes regiones del país se pone en marcha el desarrollo de la especialidad.<sup>(7)</sup>

Datos estadísticos<sup>(8)</sup> muestran que en el período de 2019 a 2020 hubo un total de 3 004 pacientes que tuvieron tratamiento quirúrgico por alguna enfermedad cardiovascular.

La morbimortalidad perioperatoria es una de las principales limitaciones de la cirugía cardíaca con circulación extracorpórea a pesar de verse reducida de forma progresiva en las últimas décadas.<sup>(9)</sup>

Con esa premisa, es importante predecir el SBGC postoperatorio a partir de factores de riesgo. Sería útil construir un modelo matemático predictivo, base para una futura escala de riesgo. En Cuba no se ha informado ningún estudio que haya permitido la construcción de un modelo predictivo, mucho menos de una escala matemática para estimar el riesgo de padecer SBGC postoperatorio, lo que puntualmente constituye el problema científico.

Esta investigación tiene el objetivo de construir un modelo predictivo de síndrome de bajo gasto cardíaco postoperatorio a través de factores de riesgo.

## MÉTODOS

### Diseño y población

Se realizó un estudio observacional, analítico de casos y controles en el Centro de Cirugía Cardiovascular y Cardiología Santiago de Cuba (Cardiocentro), adjunto al Hospital Provincial Docente "Saturnino Lora" de la Ciudad de Santiago de Cuba, de la provincia del mismo nombre, durante el período comprendido de 2019 a 2021.

Formaron parte de la población de estudio los pacientes con diagnóstico de cirugía cardíaca valvular en el período de estudio (550 pacientes) ingresados en este centro hospitalario, el que da atención especializada a enfermos con afecciones cardiovasculares, tanto clínicas como intervencionistas y quirúrgicas, de la Provincia de Santiago de Cuba y de la Región Oriental. Desarrollaron bajo gasto cardíaco 61 pacientes.

Se calculó el tamaño mínimo muestral de los casos basado en la Ecuación 1, descrita por Soto y colaboradores:<sup>(10)</sup>

$$Nc = \frac{(p_1 \times q_1 + p_2 \times q_2) \times (Za + Z\beta)^2}{(p_1 - p_2)^2}$$

Donde: nc=número de casos y número de controles sin ajuste  
p1=proporción esperada entre los casos (0,12)

$$q1=1-p1$$

p2=proporción esperada entre los controles (0,30)

$$q2=1-p2$$

$$Za=1,96 \text{ y } Z\beta=0,84$$

Obtenidos de la distribución normal estándar en función de la seguridad de un 95% y un poder estadístico del 80%; se tuvo en cuenta Odds ratio a detectar 3,0 y teniendo que existir una relación desigual entre casos y controles, es decir, diferente de 1 se realiza un ajuste para el tamaño de muestra (Ecuación 2):

$$n_a = \frac{nc(1+c)}{2c} \text{ donde: } n_a = \text{número de controles ajustado, } nc = \text{número de controles sin ajuste y } c = \text{cociente de dividir los controles entre los casos.}$$

Por lo que se compuso el grupo de casos por 57 casos (bajo gasto cardíaco) y los controles por 114 pacientes que tuvieron no bajo gasto cardíaco postquirúrgico.

El tamaño de la muestra se calculó con el paquete estadístico EPIDAT versión 4.2 mediante un muestreo aleatorio simple 1:2.

Se define como caso al paciente con oliguria (diuresis inferiores a 0,5 ml/kg/h) y saturación venosa central <60% (con saturación arterial normal) y lactato >3 mmol/l (o ambos), sin hipovolemia relativa. Pacientes que vienen del quirófano con inotropos y que han de mantenerse para conseguir una situación hemodinámica adecuada.<sup>(11)</sup> Totalizaron 57 enfermos que presentaron síndrome de bajo gasto cardíaco y los 114 que no presentaron los criterios antes expuestos fueron definidos como controles.

### **Variables del estudio**

Variable dependiente: síndrome de bajo gasto cardíaco postoperatorio (SBGC)

Variables independientes: factores clínicos, hemodinámicos y ecocardiográficos

Edad: mayor de 65 años, menor igual de 65 años

Sexo: masculino, femenino

Comorbilidades de interés en la investigación: enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), diabetes mellitus (DM), cardiopatía isquémica y fibrilación auricular (según constancia en la historia clínica de que el paciente tuviese este antecedente).

Variables ecocardiográficas: las ecocardiografías se realizaron con un equipo de ecocardiograma Philips iE33, 48 horas antes de la operación en los pacientes programados para cirugía electiva y el día de la intervención en los que requirieron ser operados de urgencia.

Fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI):

– FEVI  $\leq$  35%

– FEVI > 35%

I. Excursión sistólica del plano anular tricúspideo (TAPSE): permite la evaluación de la función sistólica del ventrículo derecho, valores superiores a 17 mm son considerados normales

– TAPSE  $\geq$  17 mm (función sistólica del ventrículo derecho conservada)

– TAPSE < 17 mm (función sistólica del ventrículo derecho deprimida)

- II. Presión sistólica de arteria pulmonar (PSAP): se calcula el gradiente de presión sistólica entre la aurícula derecha y el ventrículo a partir de la velocidad pico del flujo regurgitante transtricuspidéico para estimar la PSAP sistólica. Valores inferiores a 30 mmHg son considerados normales
  - PSAP si (cuando el valor fue mayor de 30 mmHg)
  - PSAP no (cuando el valor fue menor de 30 mmHg)
- III. Tiempo de pinzamiento aórtico: mayor de 90 minutos o menor igual de 90 minutos
- IV. Volumen de sangramiento intraoperatorio:  $\geq$  de 500 ml o  $<$  de 500 ml.

### **Procedimientos/recolección y manejo de datos**

La información sobre las variables de interés se obtuvo de las historias clínicas y se introdujo en una planilla de recolección diseñada para ese fin.

La hoja de cálculo de Microsoft Excel contentiva de la información primaria, tanto de los casos como de los controles, fue importada con el paquete estadístico SPSS versión 20.0, con el que se realizó todo el procesamiento estadístico.

### **Análisis estadístico**

Se aplicó la prueba de ji cuadrado. Todos los análisis estadísticos se hicieron a dos colas (bilateral) y se consideraron estadísticamente significativos los valores de  $p < 0,05$ , además se realizó el análisis bivariado con los factores de riesgo y se obtuvieron los de mayor relación con la variable dependiente, según los valores de la razón de productos cruzados (Odds ratio) y la significación del estadígrafo de Wald.

Para la elaboración del modelo se realizó el análisis de regresión logística binaria multivariada ajustada a la incidencia real, en el que la presencia de bajo gasto cardíaco fue considerada como variable dependiente (1-presente, 0-ausente). Como posibles factores predictivos se incluyeron en el estudio las variables con coeficientes significativamente distintos de cero.

Entonces el modelo de regresión logística responde a la Ecuación 3:

$$p = \frac{1}{1 + e^{-z}}$$

Dónde:  $p$  es la probabilidad de síndrome de bajo gasto cardíaco

Siendo:  $Z = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_k X_k$

Y:  $\beta_0$  y  $\beta_k$  son los coeficientes estimados a partir de los datos

Para confirmar el rendimiento del modelo pronóstico del bajo gasto cardíaco se realizó una regresión logística binaria. Se definió nuevamente como variable dependiente la presencia de bajo gasto cardíaco postoperatorio (si o no) y como posible factor el valor del modelo.

Para la valoración del rendimiento del modelo se analizó su discriminación a través del análisis de la curva operador receptor (COR). Fue evaluado de la siguiente manera:

Mala:  $0,5 \leq 0,6$

Regular:  $0,6 \leq 0,75$

Buena:  $0,75 \leq 0,9$

Muy buena:  $0,9 \leq 0,97$

Excelente:  $0,97 \leq 1$

La calibración mediante el resultado de la prueba de Hosmer-Lemeshow. Se buscó el punto de corte óptimo correspondiente a la probabilidad de complicaciones orgánicas y se determinó el punto sobre la curva ROC más cercano a 0,05.

Se indicó cómo ajustar el término constante de la ecuación de regresión logística para determinar la probabilidad del evento de salud (ocurrencia de bajo gasto cardíaco) porque el modelo de este estudio se elaboró a partir de un diseño de casos y controles.

Se realizó la validación interna del modelo por partición de la muestra (data splitting). El conjunto de casos y sus correspondientes controles se dividió en dos subconjuntos de datos, uno con el 70% para elaborar el modelo (entrenamiento) y el otro con el 30% restante para la validación (prueba).

### **Consideraciones éticas**

Los autores declaran su compromiso de confidencialidad y protección de la información recogida durante la investigación. También se solicitó la autorización a la Dirección del centro y la aprobación del Comité de Ética de la investigación y del Consejo Científico para su ejecución.

## **RESULTADOS**

Los pacientes incluidos en el análisis fueron captados en el período de tiempo entre los años 2019 y 2020. Fueron estudiados 168 enfermos.

Se estudiaron 171 adultos, 58 (34,5%) tenían 65 años o más (OR: 5,65; IC 95% 2,8-11,4;  $p=0,001$ ). Se identificaron 34 pacientes (20,2%) con fibrilación auricular (OR: 2,84; IC 95% 1,31-6,14;  $p=0,007$ ) y 26 tenían fracción de ventrículo izquierda disminuida por debajo de 35% (15,5% (OR: 7,36; IC 95% 1,67-32,40;  $p=0,003$ ). En cuanto a la función sistólica del ventrículo derecho disminuida hubo un total de 19 -11,35- (OR: 1,91; IC 95% 1,21-3,02;  $p=0,016$ ). Otras variables como el tiempo de pinzamiento aórtico >90 minutos -50 (29,8%)- , sangramiento perioperatorio >500 ml -21 (12,5%)- y la cirugía de emergencia -76 (45,2%)- presentaron adecuada significación estadística (Tabla 1).

Se realizó la regresión logística para determinar cómo las variables en estudio afectan la probabilidad de presentar síndrome de bajo gasto cardíaco. Se utilizó un total de 171 casos en el análisis, en el que el modelo predictivo explicó el 77,4% en la aparición de síndrome de bajo gasto cardíaco en pacientes operados. Se mostraron valores de  $p \leq 0,05$  en variables como la edad  $\geq 65$  años, la FEVD, el tiempo de pinzamiento aórtico y el sangramiento perioperatorio  $\geq 90$  minutos; estas variables tienen una asociación estadísticamente significativa con las complicaciones (Tabla 2).

**Tabla 1.** Análisis bivariado según grupo de estudio

|   | Grupo de estudio |      |                  |      |       |      | p     | IC 95% |       |        |
|---|------------------|------|------------------|------|-------|------|-------|--------|-------|--------|
|   | Casos<br>N=57    |      | Control<br>N=114 |      | Total |      |       | OR     | LI    | LS     |
|   | No.              | %    | No.              | %    | No.   | %    |       |        |       |        |
| Edad >65 años                             | 34               | 60,7 | 24               | 21,4 | 58    | 34,5 | 0,001 | 5,65   | 2,8   | 11,4   |
| Sexo femenino                             | 31               | 55,4 | 52               | 46,4 | 83    | 49,4 | 0,275 | 0,699  | 0,367 | 1,332  |
| Antecedentes de diabetes mellitus         | 12               | 21,4 | 32               | 28,6 | 44    | 26,2 | 0,038 | 2,016  | 1,034 | 3,93   |
| Antecedentes de fibrilación auricular     | 18               | 32,1 | 16               | 14,3 | 34    | 20,2 | 0,007 | 2,842  | 1,314 | 6,145  |
| FEVI ≤35%                                 | 2                | 3,6  | 24               | 21,4 | 26    | 15,5 | 0,003 | 7,36   | 1,673 | 32,405 |
| FEVD disminuida                           | 11               | 19,6 | 8                | 7,1  | 19    | 11,3 | 0,016 | 1,91   | 1,217 | 3,02   |
| Presencia de HTP                          | 28               | 50   | 38               | 33,9 | 66    | 39,3 | 0,044 | 1,08   | 0,552 | 2,119  |
| Tiempo de pinzamiento aórtico >90 minutos | 31               | 55,4 | 19               | 17   | 50    | 29,8 | 0,001 | 2,926  | 1,942 | 4,41   |
| Sangrado perioperatorio >500 ml           | 12               | 21,4 | 9                | 8    | 21    | 12,5 | 0,013 | 3,12   | 1,227 | 7,939  |
| Presencia de cirugía de emergencia        | 34               | 60,7 | 42               | 37,5 | 76    | 45,2 | 0,004 | 2,57   | 1,33  | 4,97   |

FEVI: función sistólica del ventrículo izquierdo; FEVD: función sistólica del ventrículo derecho; HTP: hipertensión pulmonar; IC: intervalo de confianza; OR: Odds Ratio; LI: límite inferior; LS: límite superior  
% del total de columnas; ji cuadrado ≤0,05

Fuente: historias clínicas

**Tabla 2.** Resultados de la regresión logística binaria (modelo predictivo) y su ecuación

|                                     | B      | Sig.  | Exp (B) | IC 95% para EXP (B) |          |
|-------------------------------------|--------|-------|---------|---------------------|----------|
|                                     |        |       |         | Inferior            | Superior |
| Edad ≥65 años                       | 1,870  | 0,000 | 6,487   | 2,744               | 15,338   |
| FEVD deprimida                      | 1,418  | 0,025 | 4,128   | 1,193               | 14,277   |
| Tiempo pinzamiento ≥90 minutos      | 2,562  | 0,000 | 12,960  | 4,836               | 34,727   |
| Sangramiento perioperatorio ≥500 ml | 1,738  | 0,004 | 5,685   | 1,770               | 18,257   |
| Constante                           | -5,280 | 0,000 | 0,005   |                     |          |

FEVD: función sistólica del ventrículo derecho  
OR=Exp (B)

Fuente: Hoja de resultados del paquete estadístico SPSS

Ecuación 4, modelo de regresión logística (modelo predictor de SBGC):

$$\text{Modelo predictor} = \frac{1}{1 + e^{-(-5,280 + 1,870 x (\text{edad}) + 1,418 x (\text{FEVD}) + 2,562 x (\text{tiempo de pinzamiento aórtico}) + 1,738 x (\text{sangramiento perioperatorio}))}}$$

Dónde:

X<sub>1</sub>: es edad mayor o igual a 65 años

X<sub>2</sub>: es FEVD deprimida

X<sub>3</sub>: tiempo pinzamiento ≥90 minutos

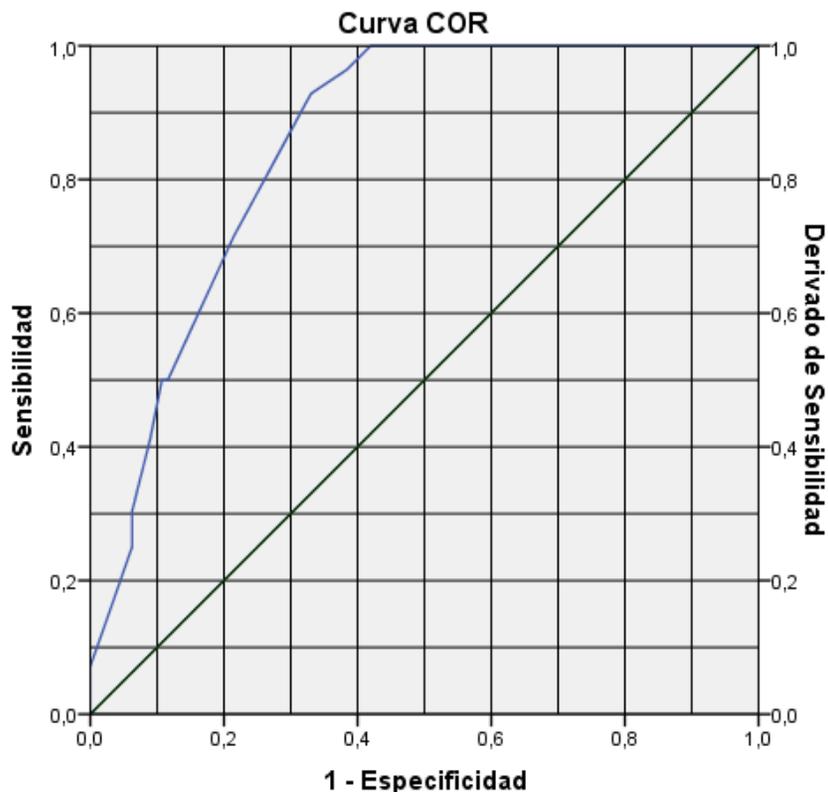
X<sub>4</sub>: sangramiento perioperatorio ≥500 ml

Para evaluar el rendimiento de modelo predictivo, con calibración y capacidad de discriminación, se determinaron para evaluar el ajuste del modelo el R<sup>2</sup> de Nagelkerke, que tiene un valor de 0,486 que explica que alrededor del 50% de la variabilidad de los datos se contempla en el modelo; el estadígrafo correspondiente a la prueba de Hosmer-Lemeshow, con valor de 0,58 y significación estadística superior a 0,05, por lo que denota una buena calibración (Tabla 3).

**Tabla 3.** Pruebas estadísticas aplicadas para evaluar rendimiento y calibración del modelo

|   |                                       |                                     |                                    |
|---|---------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| Hosmer y Lemeshow                             | Ji cuadrado<br>10,442                 | Grados de libertad<br>8             | Sig.<br>0,58                       |
| R <sup>2</sup> de Nagelkerke                  | -2 log de la verosimilitud<br>141,560 | R <sup>2</sup> Cox y Snell<br>0,350 | R <sup>2</sup> Nagelkerke<br>0,486 |
| Valores predictivos del modelo (valores en %) |                                       |                                     |                                    |
| Sensibilidad                                  |                                       | 78,74 %                             |                                    |
| Especificidad                                 |                                       | 70,73 %                             |                                    |
| Valor predictivo positivo                     |                                       | 89,29 %                             |                                    |
| Valor predictivo negativo                     |                                       | 51,79 %                             |                                    |
| Índice de Youden                              |                                       | 0,49                                |                                    |
| Razón de verosimilitud +                      |                                       | 2,69                                |                                    |
| Razón de verosimilitud -                      |                                       | 0,30                                |                                    |

Fuente: Hoja de resultados del paquete estadístico SPSS



Los segmentos de diagonal se generan mediante empates.

**Figura 1.** Curva operativa del receptor (COR)

Al analizar el área bajo la curva y la curva operativa del receptor (Figura 1), a partir de la sensibilidad y la especificidad, se comprobó que el área bajo la curva fue de 0,85, con un rango de 0,784-0,891, de ahí la buena capacidad del modelo para predecir el riesgo de síndrome de bajo gasto cardíaco (Tabla 4).

**Tabla 4.** Análisis del área bajo la curva

| Área bajo la curva modelo predictivo |       |       |  |                 |  |
|--------------------------------------|-------|-------|--|-----------------|--|
| Área                                 | Error | Sig.  | Intervalo de confianza asintótico al 95% |                 |  |
|                                      |       |       | Límite inferior                          | Límite superior |  |
| 0,853                                | 0,027 | 0,000 | 0,798                                    | 0,908           |  |

Fuente: Hoja de resultados del paquete estadístico SPSS

Se realizó la validación interna del modelo por el método de data splitting con conjunto de casos y sus correspondientes controles. Se dividió en dos subconjuntos de datos, uno para elaborar el modelo (entrenamiento) y el otro para la validación (prueba). Se pudo observar que los porcentajes correctos para ambos subconjuntos son muy parecidos y la prueba de Hosmer-Lemeshow mostró buen ajuste (Tabla 5).

**Tabla 5.** Resultados de la validación interna

|                           |    | Pronosticado  |    |      |         |    |      |
|---------------------------|----|---------------|----|------|---------|----|------|
|                           |    | Entrenamiento |    |      | Prueba  |    |      |
|                           |    | No            | Si | %    | No      | Si | %    |
| SBGC                      | No | 100           | 12 | 89,3 | 25      | 26 | 49   |
|                           | Si | 27            | 29 | 51,8 | 8       | 86 | 91,5 |
| Por ciento global         |    | 76,8          |    |      | 76,6    |    |      |
| Prueba de Hosmer-Lemeshow |    | p=0,235       |    |      | p=0,087 |    |      |

Fuente: Hoja de resultados del paquete estadístico SPSS

## DISCUSIÓN

El síndrome de bajo gasto cardíaco es una complicación frecuente y grave en los pacientes sometidos a cirugía cardíaca; sin embargo, tanto la incidencia como la respuesta al tratamiento y su posterior evolución son ampliamente variables en las diferentes publicaciones revisadas hasta el momento.

La edad es un factor de riesgo cardiovascular independiente y la probabilidad de muerte incrementa con esta, lo que se ha validado en diferentes escalas de riesgo, si bien el riesgo de muerte aumenta exponencialmente hay estudios que muestran una triplicación de la probabilidad de morir cuando se sobrepasa los 75 años.<sup>(12)</sup>

Un artículo de revisión refiere que la edad mayor a 65 años es uno de los elementos predisponentes de complicaciones y bajo gasto cardíaco en pacientes con cirugía cardíaca.<sup>(13)</sup>

En un estudio multicéntrico publicado en 2018 se señaló la edad de  $68,3 \pm 9,3$  años como uno de los factores que más se asociaron a la aparición de bajo gasto

postoperatorio y que en el grupo que presentó bajo gasto el 65,2% fue del sexo masculino.<sup>(14)</sup> Un estudio que incluyó 156 enfermos que fueron intervenidos quirúrgicamente por enfermedades valvulares cardíacas izquierdas en el año 2018 mostró que 46 presentaron bajo gasto cardíaco y que predominaron los pacientes mayores de 65 años,<sup>(15)</sup> datos que coinciden con lo mostrado en el presente estudio.

En un estudio realizado en el Hospital Popular Provincial de Guangdong<sup>(16)</sup> predominó el sexo masculino (69,8%) en relación al femenino (30,2%). El sexo masculino no tuvo mayoría en lo observado en la investigación, lo que discrepa con lo observado en la literatura y lo mostrado en la actual investigación.

La presencia de comorbilidades como la diabetes mellitus, la hipertensión arterial y la EPOC, etc. también se asocian a complicaciones, entre ellas el bajo gasto cardíaco. Según un estudio la comorbilidad más frecuente fue la hipertensión arterial, seguida por la enfermedad pulmonar obstructiva.<sup>(17)</sup>

En una investigación<sup>(15)</sup> la EPOC y la fibrilación auricular crónica fueron las comorbilidades más frecuentes en el grupo de pacientes que presentó bajo gasto; en otra<sup>(14)</sup> la hipertensión arterial (70,8) y la dislipidemia (63,5) estuvieron presentes en los pacientes que desarrollaron SBGC de su serie.

En una investigación sobre fibrilación auricular en el paciente quirúrgico<sup>(18)</sup> se observó que una de las complicaciones más frecuentes fue el bajo gasto cardíaco en un 23% de los pacientes.

Al comparar estas evidencias con la actual investigación tiene puntos de similitud encontrados en la descripción de la fibrilación auricular; en la presente investigación la fibrilación tuvo alta significación estadística, la que coincide con lo planteado.

La disfunción sistólica preoperatoria del ventrículo izquierdo ha sido considerada un factor determinante para el desarrollo postoperatorio de SBGC, esto se muestra en publicaciones realizadas. Un estudio<sup>(19)</sup> informa trastornos segmentarios de la contractilidad en 273 pacientes (58,6%), de los que 208 (59,4%) requirieron soporte inotrópico en el intraoperatorio; además, 42 pacientes tenían fracción de eyección reducida o inferior al 40% y 35 (83,3%) presentaron bajo gasto cardíaco. Esto coincide en medida con otro estudio<sup>(20)</sup> en el que se muestra como predictor la fracción de eyección menor de 40%. Barry Burtein y colaboradores<sup>(21)</sup> mostraron valores de fracción de eyección de aproximadamente 47,3%, con una derivación standard de  $\pm 16,2\%$ . En este estudio se observó la aparición de bajo gasto cardíaco en pacientes con fracción de eyección  $>50\%$ , lo que muestra lo diverso de esta enfermedad.

La evaluación de la función del VD es un aspecto clave en pacientes sometidos a cirugía cardíaca no solo antes de la intervención, sino también en el período del postoperatorio precoz, lo que queda demostrado en estudio en el que los pacientes que presentaron SBGC tenían menor FEVD, así como mayor presión media en la arteria pulmonar y la aurícula derecha y mayor presión sistólica en la arteria pulmonar, todas con diferencias significativas ( $p < 0,0001$ ).<sup>(15)</sup> Estos datos concuerdan con lo expresado en la presente investigación.

Un artículo de revisión<sup>(13)</sup> refiere que en un estudio unicéntrico que incluyó 1 524 pacientes sometidos a cirugía cardíaca 205 desarrollaron síndrome de bajo gasto cardíaco y se concluyó, mediante análisis multivariado, que la edad >65 años, la fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI) <50% y la cirugía con circulación extracorpórea fueron factores independientes de bajo gasto cardíaco. En un análisis multivariable se encontró que los principales predictores de la aparición del bajo gasto cardíaco fueron el tiempo prolongado de circulación extracorpórea (OR 4,89; p=0,001) y la edad mayor de 65 años, el sexo y la FEVI ≤40%.<sup>(15)</sup> Estos datos concuerdan con los de la presente investigación. Las variables antes mencionadas no solo se relacionan con la aparición del síndrome de bajo gasto cardíaco postoperatorio, sino con la supervivencia de estos pacientes posterior a la cirugía cardíaca.<sup>(22)</sup> Lo anterior se ve reflejado también en estudios que abordan la relación de algunos parámetros, tanto clínicos como ecocardiográficos, con la no solo aparición del bajo gasto postquirúrgico y la sobrevida del paciente.<sup>(23)</sup>

A opinión de los autores del presente estudio la aparición del síndrome de bajo gasto cardíaco se debe, en gran medida, a puntos vitales en el acto quirúrgico como el tiempo de pinzamiento aórtico, la función previa del ventrículo derecho y el sangramiento durante el procedimiento; lo que se ve reflejado no solo en los resultados de la presente investigación, sino en la bibliografía consultada.

La limitación principal de esta investigación radica esencialmente en no contar con una muestra suficiente para poder establecer el comportamiento de las complicaciones postquirúrgicas.

## CONCLUSIONES

El modelo predictivo elaborado a partir de la regresión logística quedó compuesto por los predictores: edad mayor de 65 años, FEVD disminuida, tiempo de pinzamiento aórtico mayor de 90 minutos y sangrado posoperatorio prolongado; presentó buen ajuste y poder discriminante, sobre todo valor predictivo positivo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rao V, Ivanov J, Weisel RD, Ikonomidis JS, Christakis GT, David TE. Predictors of low cardiac output syndrome after coronary artery bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg* [Internet]. 1996 [citado 15/08/2023];112(1):38–51. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/s0022-5223\(96\)70176-9](https://doi.org/10.1016/s0022-5223(96)70176-9)
2. Uhlig K, Efremov L, Tongers J, Frantz S, Mikolajczyk R, Sedding D, et al. Inotropic agents and vasodilator strategies for the treatment of cardiogenic shock or low cardiac output syndrome. *Cochrane Database Syst Rev* [Internet]. 2020 [citado 15/08/2023];(11):CD009669. Disponible en: <https://www.cochranelibrary.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD009669.pub4/full>. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD009669.pub4>
3. Duncan AE, Kartashov A, Robinson SB, Randall D, Zhang K, Luber J, et al. Risk factors, resource use, and cost of postoperative low cardiac output syndrome. *J Thorac Cardiovasc Surg* [Internet]. 2022 [citado 15/08/2023];163(5):1890–

- 1898.e10. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32800368/>.  
<https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2020.06.125>
4. Hong L, Xu H, Ge C, Tao H, Shen X, Song X, et al. Prediction of low cardiac output syndrome in patients following cardiac surgery using machine learning. *Front Med (Lausanne)* [Internet]. 2022 [citado 15/08/2023];9:973147. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9448978/>.  
<https://doi.org/10.3389/fmed.2022.973147>
  5. Ad N, Luc JGY, Nguyen TC, COVID-19 North American Cardiac Surgery Survey Working Group. Cardiac surgery in North America and coronavirus disease 2019 (COVID-19): Regional variability in burden and impact. *J Thorac Cardiovasc Surg* [Internet]. 2021 [citado 15/08/2023];162(3):893–903.e4. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7330597/>.  
<https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2020.06.077>
  6. Cuerpo Caballero G, Carnero Alcázar M, López Menéndez J, Centella Hernández T, Polo López L, García Fuster R, et al. Cirugía cardiovascular en España en el año 2020. Registro de intervenciones de la Sociedad Española de Cirugía Cardiovascular y Endovascular. *Cir Cardiovasc (Barc)* [Internet]. 2022 [citado 15/08/2023];29(4):207–220. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-cirurgia-cardiovascular-358-articulo-cirurgia-cardiovascular-espana-el-ano-S1134009622000869>. <https://doi.org/10.1016/j.circv.2022.03.023>
  7. Vera Rivero DA, Chirino Sánchez L, Yanes García R. Orígenes y desarrollo histórico de la cirugía cardiovascular en Cuba durante el siglo XX. *Acta Méd Centro* [Internet]. 2020 [citado 15/08/2023];14(1):133-141. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2709-79272020000100133&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2709-79272020000100133&lng=es)
  8. Ministerio de Salud Pública. Dirección de Registros Médicos y Estadísticas de Salud. Anuario Estadístico de Salud 2021 [Internet]. La Habana: MINSAP; 2022 [citado 15/08/2023]. Disponible en: [https://files.sld.cu/bvscuba/files/2023/10/Anuario-Estad%c3%adstico-de-Salud-2021.-Ed-2022\\_3.pdf](https://files.sld.cu/bvscuba/files/2023/10/Anuario-Estad%c3%adstico-de-Salud-2021.-Ed-2022_3.pdf)
  9. Bertini P, Guarracino F. Anticoagulation in extracorporeal membrane oxygenation: still a challenge. *Minerva Anesthesiol* [Internet]. 2020 [citado 15/08/2023];86(1):7-8. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31820880/>. <https://doi.org/10.23736/S0375-9393.19.14265-4>
  10. Soto A, Cvetkovich A. Estudios de casos y controles. *Rev Fac Med Hum* [Internet]. 2020 [citado 31/01/2024];20(1):138-143. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2308-05312020000100138&lng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-05312020000100138&lng=es). <http://dx.doi.org/10.25176/rfmh.v20i1.2555>
  11. Schoonen A, van Klei WA, van Wolfswinkel L, van Loon K. Definitions of low cardiac output syndrome after cardiac surgery and their effect on the incidence of intraoperative LCOS: A literature review and cohort study. *Front Cardiovasc Med* [Internet]. 2022 [citado 15/08/2023];9:926957. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9558721/>.  
<https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.926957>
  12. Kacila M, Tiwari KK, Granov N, Omerbašić E, Štraus S. Assessment of the initial and modified Parsonnet score in mortality prediction of the patients operated in the Sarajevo heart center. *Bosn J Basic Med Sci* [Internet]. 2010 [citado 15/08/2023];10(2):165-168. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5509404/>.  
<https://doi.org/10.17305/bjbms.2010.2717>

13. Lorenzo S. Síndrome de bajo gasto cardíaco en el posoperatorio de cirugía cardíaca. Rev Urug Cardiol [Internet]. 2020 [citado 15/08/2023];35(3):292-321. Disponible en: [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1688-04202020000300292](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-04202020000300292). <https://doi.org/10.29277/cardio.35.3.18>
14. Pérez Vela JL, Jiménez Rivera JJ, Alcalá Llorente MA, González de Marcos B, Torrado H, García Laborda C, et al. Síndrome de bajo gasto cardiaco en el postoperatorio de cirugía cardiaca. Perfil, diferencias en evolución clínica y pronóstico. Estudio ESBAGA. Med Intensiva [Internet]. 2018 [citado 15/08/2023];42(3):159-67. Disponible en: <https://www.medintensiva.org/es-sindrome-bajo-gasto-cardiaco-el-articulo-S0210569117301997>. <https://doi.org/10.1016/j.medin.2017.05.009>
15. Fernández Mesa JE, Padrón García KM, Paredes Cordero AM, Díaz Vázquez E, González Greck O, González Trujillo A. Predictores de bajo gasto cardíaco perioperatorio en pacientes operados de cirugía cardíaca valvular. CorSalud [Internet]. 2018 [citado 15/08/2023];10(4):286-293. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2078-71702018000400286&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2078-71702018000400286&lng=es)
16. Zhao X, Gu B, Li Q, Li J, Zeng W, Li Y, et al. Machine learning approach identified clusters for patients with low cardiac output syndrome and outcomes after cardiac surgery. Front Cardiovasc Med [Internet]. 2022 [citado 15/08/2023];9:962992. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9434347/>. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.962992>
17. Cubides Núñez RA. Complicaciones en pacientes intervenidos por reemplazo valvular aórtico en el Hospital Universitario Mayor Mederi 2015 – 2018 [tesis]. Bogotá: Universidad del Rosario; 2020 [citado 15/08/2023]. Disponible en: <https://repository.urosario.edu.co/handle/10336/25571>. [https://doi.org/10.48713/10336\\_25571](https://doi.org/10.48713/10336_25571)
18. Gómez-Nuñez K, Hechavarria-Pouymiró S, Perez-López H, Arazoza-Hernández A, Nápoles-Sierra I. Fibrilación auricular post operatoria en cirugía valvular. Rev Cuba Cardiol Cir Cardiovasc [Internet]. 2020 [citado 15/08/2023];26(3):e933 Disponible en: <https://revcardiologia.sld.cu/index.php/revcardiologia/article/view/933>
19. Sepúlveda FA, Jiménez LM, Castro HD, Castro JA, Cañas EM, Hidalgo JE, et al. Predictores de requerimiento intraoperatorio de soporte inotrópico y/o vasopresor en cirugía de revascularización miocárdica. Rev Chil Anest [Internet]. 2021 [citado 15/08/2023];6(50):851-856. Disponible en: <https://revistachilenadeanestesia.cl/revchilanestv5005101106/>. <https://doi.org/10.25237/revchilanestv5005101106>
20. Li Z, Zhang GB, Li TW, Zhang Y, Li MD, Wu Y. Risk factors of low cardiac output syndrome after cardiac valvular surgery in elderly patients with valvular disease complicated with giant left ventricle. Zhonghua Xin Xue Guan Bing Za Zhi [Internet]. 2021 [citado 15/08/2023];49(4):368-373. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33874687/>. <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112148-20210302-00187>
21. Burstein B, Anand V, Ternus B, Tabi M, Anavekar NS, Borlaug BA, et al. Noninvasive echocardiographic cardiac power output predicts mortality in cardiac intensive care unit patients. Am Heart J [Internet]. 2022 Mar [citado 15/08/2023];245:149-159. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34953769/>. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2021.12.007>
22. Torres Quiñones L, Rosabal García Y, Olivares Álvarez DR. Supervivencia de pacientes con síndrome de bajo gasto cardiaco en el periodo posoperatorio. Medisan [Internet].

2023 [citado 31/01/2024];27(6):e4563. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=368476358012>

23. Rosabal-García Y, Pérez-Infante Y, Duconger-Danger M. Predictores de supervivencia al síndrome bajo gasto cardíaco en pacientes sometidos a cirugía valvular cardíaca.

Rev Electrón Dr. Zoilo E. Marinello Vidaurreta [Internet]. 2024 [citado 23/02/2024];49:e3621. Disponible en:

<https://revzoilomarinaldo.sld.cu/index.php/zmv/article/view/3621>

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

## CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

YRG: conceptualización, curación de datos, adquisición de fondos, investigación, metodología, administración del proyecto, recursos, software, supervisión, validación, visualización, redacción del borrador original, redacción (revisión y edición).

YPI: curación de datos, metodología, validación.

EARG: conceptualización, análisis formal, adquisición de fondos, recursos, software, supervisión.