

## Comportamiento de los pacientes ancianos operados de cirugía cardíaca con circulación extracorpórea

Dr. Alain Moré Duarte<sup>a</sup>✉, Dr. Luis A. González Borges<sup>a</sup>, Dra. Alina Ceballos Álvarez<sup>b</sup>, Dra. Leyslett Rodríguez Gonzáles<sup>b</sup>, Dr. Mario Plasencia Pérez<sup>a</sup>, Lic. Edixon Robaina Cabrera<sup>a</sup> y Lic. Ortelio Zamora Roche<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Servicio de Cirugía cardiovascular.

<sup>b</sup> Unidad de Cuidados Intensivos.

Cardiocentro Ernesto Che Guevara. Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

### INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Recibido: 17 de diciembre de 2014

Modificado: 03 de febrero de 2015

Aceptado: 03 de marzo de 2015

### Conflictos de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses

### Abreviaturas

**CEC:** circulación extracorpórea

**EPOC:** enfermedad pulmonar obstructiva crónica

Versiones On-Line:

Español - Inglés

✉ A More Duarte

Cardiocentro Ernesto Che Guevara

Cuba 610 e/ Barcelona y Capitán

Velazco. Santa Clara, CP 50200.

Villa Clara, Cuba.

Correo electrónico:

[alain@cardiovc.sld.cu](mailto:alain@cardiovc.sld.cu)

### RESUMEN

**Introducción:** Cada día se incrementa el número de pacientes añosos con enfermedades cardiovasculares graves, que requieren de un acto quirúrgico para devolverle cierta calidad de vida que los haga socialmente útiles, a pesar de los riesgos.

**Objetivos:** Analizar el comportamiento de los pacientes añosos sometidos a cirugía cardíaca con circulación extracorpórea.

**Método:** Se realizó un estudio descriptivo, retrospectivo, transversal, con los pacientes de más de 65 años de edad intervenidos quirúrgicamente en el Cardiocentro Ernesto Che Guevara, de Santa Clara, desde enero del 2013 a marzo del 2014.

**Resultados:** El 73,1 % fueron hombres y predominaron los pacientes comprendidos entre los 65 y 70 años con un 67,3 %. La revascularización miocárdica fue la cirugía de más incidencia y tiempos prolongados de circulación extracorpórea. El 98,1 % padecían de hipertensión arterial. Las complicaciones posoperatorias más frecuentes fueron la disfunción renal y el bajo gasto grave con 44,2 y 34,6 % respectivamente.

**Conclusiones:** Predominaron los hombres, de 65 a 70 años, hipertensos, sometidos a revascularización miocárdica con circulación extracorpórea prolongada, siendo la disfunción renal la complicación más frecuente.

**Palabras clave:** Anciano, Cirugía cardíaca, Circulación extracorpórea

### Evolution of elderly patients who underwent cardiac surgery with cardiopulmonary bypass

### ABSTRACT

**Introduction:** There is a steady increase in the number of elderly patients with severe cardiovascular diseases who require a surgical procedure to recover some quality of life that allows them a socially meaningful existence, despite the risks.

**Objectives:** To analyze the behavior of elderly patients who underwent cardiac surgery with cardiopulmonary bypass.

**Method:** A descriptive, retrospective, cross-sectional study was conducted with pa-

tients over 65 years of age who underwent surgery at the Cardiocentro Ernesto Che Guevara, in Santa Clara, from January 2013 to March 2014.

**Results:** In the study, 73.1% of patients were men; and there was a predominance of subjects between 65 and 70 years of age, accounting for 67.3%. Coronary artery bypass graft was the most prevalent type of surgery and had the longest cardiopulmonary bypass times. Hypertension was present in 98.1% of patients. The most frequent postoperative complications were renal dysfunction and severe low cardiac output, with 44.2% and 34.6% respectively.

**Conclusions:** There was a predominance of men, the age group of 65 to 70 years, hypertension, and patients who underwent coronary artery bypass graft with prolonged cardiopulmonary bypass. Renal dysfunction was the most frequent complication.

**Key words:** Elderly, Cardiac surgery, Cardiopulmonary bypass

---

## INTRODUCCIÓN

El mejoramiento de las condiciones de vida ha contribuido a un aumento de la duración de la vida media de los individuos en el mundo<sup>1</sup>. En Cuba la población está sufriendo un proceso de envejecimiento paulatino desde hace varios lo que implica un reajuste de la infraestructura nacional y el diseño de nuevas políticas sobre todo en las esferas de la seguridad social y la salud<sup>2</sup>.

La Organización Mundial de la Salud, principalmente para los efectos de los beneficios sociales, recomienda como añosos todos los individuos con edad igual o superior a 65 años<sup>1</sup>.

Cada día se incrementa el número de pacientes añosos con enfermedades cardiovasculares graves que requieren de un acto quirúrgico para devolverle cierta calidad de vida, que los haga socialmente útil, a pesar de los riesgos.

Estos pacientes se caracterizan por la reducción de la capacidad funcional en la mayoría de los órganos, los cuales prácticamente no toleran situaciones que en adultos jóvenes son compensadas por la reserva funcional existente. Así, la incidencia de complicaciones neurológicas y psiquiátricas —especialmente accidente vascular encefálico— insuficiencia respiratoria, disfunción renal, sepsis, entre otras, se incrementa proporcionalmente con la edad. Además sufren del envejecimiento cardíaco intrínseco, el cual comprende los cambios lentamente progresivos tanto estructurales como anatómicos que sufre el corazón en ausencia de factores de riesgo cardiovasculares mayores<sup>3</sup>.

Desde hace varios años los estudios sobre cirugía cardíaca en pacientes de edad avanzada demuestran que con la mejoría de las técnicas y tecnologías quirúr-

gicas los resultados son satisfactorios aunque superiores en complicaciones, mortalidad y morbilidad postoperatorias. En algunos estudios se considera que la edad avanzada solo constituye un factor de riesgo menor para la morbilidad y la mortalidad postoperatorias de los pacientes con cirugía cardíaca, a pesar de poseer un mayor número de comorbilidades y una menor reserva fisiológica de los diferentes sistemas de órganos<sup>4</sup>.

Es imprescindible que el equipo quirúrgico esté preparado para enfrentar este reto. Dentro de ellos tienen gran peso los perfusionistas, pues se deben tomar en cuenta todos los efectos dañinos que provoca la circulación extracorpórea (CEC) en el organismo, por lo que la decisión del especialista puede marcar la diferencia.

El objetivo de esta investigación fue analizar el comportamiento de los pacientes añosos tras cirugía cardíaca con CEC.

## MÉTODO

### Población y tipo de estudio

Se realizó un estudio descriptivo, retrospectivo, transversal, en los pacientes de más de 65 años de edad intervenidos quirúrgicamente en el Cardiocentro Ernesto Che Guevara, de Santa Clara, en el período comprendido desde enero del 2013 a marzo del 2014. No se excluyeron pacientes; la muestra fue intencional y coincide con la población de estudio. Las variables y datos se obtuvieron de las historias clínicas, los modelos de perfusión y el registro de terapia intensiva. Se usó la estadística descriptiva para la representación de los datos en tablas.

En el presente trabajo se cumplieron los estándares

establecidos en los códigos internacionales de ética médica.

### Técnicas de procesamiento, análisis y presentación de los resultados

Se creó una base de datos en Microsoft Excel 2010 y en SPSS 15 con los datos primarios. Para el análisis estadístico se utilizaron medidas de frecuencia y para su distribución, el porcentaje. Para determinar la relación entre las variables se utilizó Chi cuadrado de independencia.

Se establecieron diferentes niveles de significación de las variables:  $p > 0.05$ , no significativo;  $p < 0.05$ , significativo;  $p < 0.01$ , muy significativo y  $p < 0.001$ , altamente significativo.

La información obtenida se ha plasmado en tablas para su mejor interpretación.

### RESULTADOS

En la **tabla 1** se observa la distribución de la frecuencia de los grupos etarios con un predominio de pacientes comprendidos entre los 65 y 70 años de edad, con un 67,3 % del total y la disminución súbita del número de pacientes a medida que se incrementa la edad.

La distribución de los pacientes por sexo puede ser observada en la **tabla 2**, donde se aprecia el predominio del sexo masculino de los pacientes operados (73,1 % del sexo masculino vs. 26,9 % femenino).

La distribución de pacientes por tipo de cirugía según sexo se muestra en la **tabla 3**, donde la revascularización miocárdica fue la de mayor frecuencia en el sexo masculino 21 (55,3 %) y de forma general, también se constató una mayor incidencia de esta enfermedad en 24 pacientes (46,1 %), de ahí que se encontraran diferencias altamente significativas ( $\chi^2=21.5$ ;  $p=0.006$ ) con el resto de las operaciones. Seguido de estos resultados aparece la sustitución valvular aórtica con el 21,1 % de los casos.

En la **tabla 4**, se muestra la distribución de pacientes por antecedentes patológicos personales, donde resultaron más frecuentes los pacientes hipertensos (51 para un

**Tabla 1.** Distribución de los pacientes intervenidos quirúrgicamente según grupos etarios. Cardiocentro “Ernesto Che Guevara” de Santa clara, Villa Clara, Cuba. Enero 20013-Marzo 2014.

Grupos etarios (años)	Nº	%
65 - 70	35	67,3
71 - 75	11	21,2
76 - 80	5	9,6
Más de 80	1	1,9
Total	52	100

Fuente: Modelos de perfusión e Historias Clínicas.

**Tabla 2.** Distribución de los pacientes intervenidos quirúrgicamente según sexo.

Sexo	Nº	%
Masculino	38	73,1
Femenino	14	26,9
Total	52	100

98,1 %), seguidos de la cardiopatía isquémica y la diabetes mellitus, por lo que se evidenciaron diferencias altamente significativas ( $p=0.001$ ) en favor de la hipertensión arterial.

Más de la mitad de las intervenciones (59,6 %) fueron prolongadas según el tiempo de CEC (**Tabla 5**), lo que estuvo relacionado con la complejidad del acto operatorio. La conducción de la perfusión en todos los casos se rigió por el protocolo de trabajo de nuestro servicio para pacientes añosos, el cual incluye medidas tan importantes, como mantenimiento de la presión

**Tabla 3.** Distribución de pacientes por tipo de cirugía según sexo.

Tipo de Cirugía	Masculino		Femenino		Total	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Revascularización miocárdica (RVM)	21	55,3	3	21,4	24	46,1
Sustitución valvular aórtica (SVAo)	8	21,1	3	21,4	11	21,1
Sustitución valvular mitral (SVM)	3	7,9	6	42,9	9	17,3
SVM y SVAo	4	10,5	2	14,3	6	11,6
RVM y SVAo	2	5,2	0	0	2	3,9
Total	38	100	14	100	52	100

$\chi^2=21.5$   $p=0.006$

**Tabla 4.** Distribución de pacientes por antecedentes patológicos personales.

Antecedentes Patológicos Personales	Nº	%
Hipertensión arterial	51	98,1
Cardiopatía isquémica	33	63,4
Diabetes mellitus	18	34,6
EPOC	14	26,9
Fumador	11	21,1
Otros	6	11,5

$\chi^2=13.2$   $p=0.001$

**Tabla 5.** Distribución de los pacientes intervenidos quirúrgicamente, según duración de la CEC.

Duración (minutos)	Nº	%
Menos 120	21	40,4
Más de 120	31	59,6
Total	52	100

**Tabla 6.** Incidencia de complicaciones mayores en los pacientes mayores con 65 o más años intervenidos para cirugía cardíaca.

Complicaciones postoperatorias	Número	%
Disfunción renal	23	44,2
Bajo gasto postoperatorio	18	34,6
Ventilación prolongada	14	26,9
Disfunción neurológica	4	7,6
Sepsis respiratoria grave	3	5,7
Trastornos metabólicos	3	5,7
Anemia	2	3,8
Dehiscencia esternal	1	1,9
Fallecidos	2	3,8

Fuente: Registros estadísticos, bases de datos de pacientes, historias clínicas individuales y registro de los pacientes egresados de la Unidad de Cuidados Intensivos del Cardio-centro "Ernesto Che Guevara".

arterial media por encima de 60 mmHg, hematocritos superiores al 25 %, empleo de ultrafiltración y hemodilución controlada, entre otras.

En la **tabla 6** se muestra la incidencia de las compli-

caciones postoperatorias. La disfunción renal fue la complicación más frecuente con una incidencia del 44,2 %, la cual es más elevada que la informada por otros autores, como Parolari<sup>6</sup> *et al.* (8,9 %), Swaminathan<sup>7</sup> *et al.* (10,8 %), D'Onofrio<sup>8</sup> *et al.* (23,5 %) y Brown<sup>9</sup> *et al.* (39 %). El bajo gasto postoperatorio fue la segunda complicación por orden de aparición, al estar presente en el 34,6 %. Esta cifra está dentro del rango de valores registrados, que de acuerdo a Álvarez *et al.*<sup>10</sup>, Rudiger *et al.*<sup>11</sup> y Mebazaa *et al.*<sup>12</sup>, se encuentra entre el 3 y el 45 %.

## DISCUSIÓN

El deterioro general que sufre el organismo con la el tiempo es el sustrato patológico para que la edad avanzada sea considerada un factor de riesgo importante en innumerables alteraciones del estado de salud, lo que incrementa el riesgo quirúrgico a niveles inaceptablemente altos. A pesar de ello, con el envejecimiento poblacional mundial y la morbilidad asociada se incrementa el número de pacientes con cirugía cardiovascular, a los cuales se les intenta mejorar su calidad de vida<sup>13-14</sup>. Nuestros resultados contrastan con otros estudios, donde el número de pacientes octogenarios de cirugía cardíaca es mayor. Craver y colaboradores<sup>15</sup> publicaron los resultados de una serie consecutiva de 601 octogenarios a los que se les realizaron una variedad de procedimientos quirúrgicos, que incluyen revascularización miocárdica, sustitución valvular aórtica y mitral, aislada y en diversas asociaciones. La mortalidad global fue de 9,1 %, con una sobrevida a los 5 años de 55 % para los octogenarios, 69 % para los añosos entre 70 y 79 años y 81 % para los pacientes entre 60 y 69 años. En otro estudio, Blanche y colaboradores<sup>16</sup> analizan los resultados de cirugía cardíaca en 30 pacientes con edad igual o superior a los 90 años, con una mortalidad hospitalaria del 10 %.

La distribución del sexo es similar a la de grandes estudios como el de William y colaboradores<sup>5</sup>, donde en un grupo de 300 pacientes octogenarios con revascularización miocárdica, el 31,3 % fueron mujeres. El sexo femenino es considerado un factor de riesgo para la cirugía cardíaca. Algunos estudios sugieren que este sexo es un factor de riesgo independiente de morbilidad y mortalidad postoperatorias. Posibles explicaciones a este fenómeno podrían ser que las mujeres son intervenidas a mayor edad y con más urgencia que los hombres, además reciben un menor número de injer-

tos arteriales. También presentan arterias coronarias más finas que representan una dificultad mayor para la realización de las anastomosis<sup>13</sup>.

La cirugía cardíaca más frecuente realizada a pacientes añosos, son la revascularización del miocardio, la de aneurismas ventriculares como: complicaciones de infarto de miocardio, la cirugía valvular especialmente aórticos, debido a los cambios degenerativos y la de aneurismas y disecciones aórticas. La conducción optimizada del acto quirúrgico, la protección miocárdica y la perfusión centrada en las mayores necesidades específicas del grupo etario, permite obtener resultados similares a la de pacientes más jóvenes<sup>17</sup>. Baguineid *et al.*<sup>18</sup> afirman que en los últimos 10 años el número de pacientes añosos operados de revascularización miocárdica aumentó 5 veces, con una mortalidad 3,5 veces mayor en comparación con 1,8 en pacientes jóvenes.

Un aumento de la presión arterial puede comprometer la función cardíaca, cerebral y renal. Más del 50 % de las personas mayores de 65 años de edad padecen de hipertensión arterial, atribuible a la rigidez de las paredes arteriales. Ello constituye un dato de gran valor para el perfusionista, al necesitar mantener presiones arteriales medias superiores durante toda la CEC (60-85 mmHg). La hipertensión sistólica aislada aumenta el riesgo de dolencia cardiovascular cerca de 2 a 5 veces, y el riesgo de accidente vascular encefálico cerca de 2,5 veces. Los índices de mortalidad global son mayores que en la población normotensa<sup>19</sup>.

La diabetes mellitus es un importante factor de riesgo independiente para la enfermedad vascular aterosclerótica coronaria, y un importante predictor de la mortalidad intrahospitalaria tras la cirugía de revascularización miocárdica. Se asocia con complicaciones renales, neurológicas, estadía prolongada en cuidados intensivos, mayor número de transfusiones sanguíneas, complicaciones respiratorias y reintervenciones<sup>20-21</sup>.

Los pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) presentan dificultad para retirar la ventilación asistida con más frecuencia. Se registra una mortalidad del 19 % asociada a la EPOC grave, 4 % para la moderada a ligera y 2 % para los pacientes sin EPOC<sup>22</sup>.

El proceso de envejecimiento se acompaña de una reducción sustancial de la función renal; y la CEC puede comprometer aun más al sistema renal en estos pacientes, en relación con los más jóvenes. Durante la

cirugía, la CEC lesiona los elementos formes de la sangre por lo que se produce hemoglobina libre y micropartículas que afectan negativamente la función renal, conjuntamente con otros factores como: la hipotermia, el recalentamiento, la vasodilatación y la hiperemia, con acumulación en el tercer espacio; la hemodilución, los daños de isquemia/reperfusión, la liberación de catecolaminas, hormonas –como la renina, la angiotensina, aldosterona, la vasopresina, el péptido natriurético atrial– y las citoquinas inflamatorias. De tal forma se produce un aumento de la resistencia vascular renal, una disminución de su perfusión y una caída del filtrado glomerular. La hipotensión y el uso de vasopresores en el postoperatorio acentúan la afectación renal, unido a la carencia de bombas centrífugas. Los pacientes añosos son bastantes sensibles a desarrollar insuficiencia renal aguda durante episodios de hipotensión arterial, insuficiencia cardíaca, hipovolemia, deshidratación, sepsis y agentes neurotóxicos<sup>23-24-25</sup>.

La prevalencia de cirugías cardíacas en los pacientes adultos mayores se incrementa continuamente en la medida que lo hace su expectativa de vida. Los resultados quirúrgicos han mejorado progresivamente a pesar del incremento de la edad de los pacientes atendidos a nivel global. No obstante, la morbilidad y la mortalidad perioperatorias, así como las complicaciones neurológicas y renales, de estos pacientes son superiores a la de los grupos etarios más jóvenes. De igual manera son más propensos a requerir ventilación prolongada y reintervenciones, producidas por sangramiento postoperatorio, sobre todo después de CEC<sup>4-15</sup>.

## CONCLUSIONES

De los pacientes añosos con cirugía cardíaca, predominaron los hombres con edades comprendidas entre 65 a 70 años, y antecedentes patológicos personales de hipertensión arterial y cardiopatía isquémica. El tipo de cirugía cardíaca predominante fue la revascularización miocárdica, seguida de la sustitución valvular aórtica, con tiempos de CEC prolongados en su mayoría. La complicación postoperatoria más frecuente en estos pacientes fue la disfunción renal, seguida del bajo gasto postoperatorio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Herreros JM. Cirugía cardíaca en la tercera edad. *Rev Esp Cardiol.* 2002;55:1114-6.
2. Ministerio de Salud Pública. Anuario Estadístico de

- Salud 2010. La Habana: Dirección Nacional de Registros Médicos y Estadísticas de Salud; 2011.
3. Dai DF, Chen T, Johnson SC, Szeto H, Rabinovitch PS. Cardiac aging: from molecular mechanisms to significance in human health and disease. *Antioxid Redox Signal*. 2012;16:1492-526.
  4. Priebe HJ. The aged cardiovascular risk patient. *Br J Anaesth*. 2000;85:763-78.
  5. Williams DB, Carrillo RG, Traad EA, Wyatt CH, Grahowski R, Wittels SH, *et al*. Determinants of operative mortality in octogenarians undergoing coronary bypass. *Ann Thorac Surg*. 1995;60:1038-43.
  6. Parolari A, Pesce LL, Pacini D, Mazzanti V, Salis S, Sciacovelli C, *et al*. Risk factors for perioperative acute kidney injury after adult cardiac surgery: role of perioperative management. *Ann Thorac Surg*. 2012;93:584-91.
  7. Swaminathan M, Hudson CC, Phillips-Bute BG, Patel UD, Mathew JP, Newman MF, *et al*. Impact of early renal recovery on survival after cardiac surgery-associated acute kidney injury. *Ann Thorac Surg*. 2010;89:1098-104.
  8. D'Onofrio A, Cruz D, Bolgan I, Auriemma S, Cresce GD, Fabbri A, *et al*. RIFLE criteria for cardiac surgery-associated acute kidney injury: risk factors and outcomes. *Congest Heart Fail*. 2010;16:S32-6.
  9. Brown JR, Kramer RS, Coca SG, Parikh CR. Duration of acute kidney injury impacts long-term survival after cardiac surgery. *Ann Thorac Surg*. 2010;90:1142-8.
  10. Álvarez J, Taboada M, Rodríguez MJ, Rey M, Ulloa B, Ginesta V. Complicaciones hemodinámicas de la cirugía cardíaca. En: Otero E, Rofilanchas JJ, Belda RJ, eds. *Riesgo y complicaciones en cirugía cardíaca*. Madrid: Médica Panamericana; 2004. p. 205-19.
  11. Rudiger A, Businger F, Streit M, Schmid ER, Maggiorini M, Follath F. Presentation and outcome of critically ill medical and cardiac-surgery patients with acute heart failure. *Swiss Med Wkly*. 2009;139:110-6.
  12. Mebazaa A, Pitsis AA, Rudiger A, Toller W, Longrois D, Ricksten SE, *et al*. Clinical review: Practical recommendations on the management of perioperative heart failure in cardiac surgery. *Crit Care [Internet]*. 2010 [citado 8 Dic 2014];14:201. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2887098/pdf/cc8153.pdf>
  13. Jones RH, Hannan EL, Hammermeister KE, Delong ER, O'Connor GT, Luepker RV, *et al*. Identification of preoperative variables needed for risk adjustment of short-term mortality after coronary artery bypass graft surgery. The Working Group Panel on the Cooperative CABG Database Project. *J Am Coll Cardiol*. 1996;28:1478-87.
  14. Sabik JF, Blackstone EH, Gillinov AM, Banbury, MK, Smedira NG, Lytle BW. Influence of patient characteristics and arterial grafts on freedom from coronary reoperation. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2006;131:90-8.
  15. Craver JM, Puskas JD, Weintraub WW, Shen Y, Guyton RA, Gott JP, *et al*. 601 octogenarians undergoing cardiac surgery: outcome and comparison with younger age groups. *Ann Thorac Surg*. 1999;67:1104-10.
  16. Blanche C, Matloff JM, Denton TA, Khan SS, DeRobertis MA, Nessim S, *et al*. Cardiac operations in patients 90 years of age and older. *Ann Thorac Surg*. 1997;63:1685-90.
  17. Baretta R, Pannek N, Knecht JP, Krabatsch T, Hübner S, Hetzer R. Risk stratification scores for predicting mortality in coronary artery bypass surgery. *Thorac Cardiovasc Surg*. 2002;50:237-46.
  18. Baguneid MS, Fulford PE, Walker MG. Cardiovascular surgery in the elderly. *J R Coll Surg Edinb*. 1999;44:216-21.
  19. Davis RF, Kurusz M, Conti VR. Conduct of cardiopulmonary bypass. In: Gravlee GP, Davis RF, Stammers AH, Ungerleider RM, eds. *Cardiopulmonary bypass: Principles and practice*. 3ra. Ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2008. 543-71.
  20. Yamamoto T, Hosoda Y, Takazawa K, Hayashi I, Miyagawa H, Sasaguri S. Is diabetes mellitus a major risk factor in coronary artery bypass grafting? The influence of internal thoracic artery grafting on late survival in diabetic patients. *Jpn J Thorac Cardiovasc Surg*. 2000;48:344-52.
  21. Magee MJ, Dewey TM, Acuff T, Edgerton JR, Hebel JF, Prince SL, *et al*. Influence of diabetes on mortality and morbidity: Off-pump coronary artery bypass grafting versus coronary artery bypass grafting with cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg*. 2001;72:776-80.
  22. Tuman KJ, McCarthy RJ, March RJ, Najafi H, Ivanovich AD. Morbidity and duration of ICU stay after cardiac surgery. A model for preoperative risk assessment. *Chest*. 1992;102:36-44.
  23. Cooper WA, O'Brien SM, Thourani VH, Guyton RA,

- Bridges CR, Szczech LA, et al. Impact of renal dysfunction on outcomes of coronary artery bypass surgery: Results from the Society of Thoracic Surgeons National Adult Cardiac Database. *Circulation*. 2006;113:1063-70.
24. Brown JR, Cochran RP, Leavitt BJ, Dacey LJ, Ross CS, MacKenzie TA, et al. Multivariable prediction of renal insufficiency developing after cardiac surgery. *Circulation*. 2007;116:1139-43.
25. Rosner MH, Portilla D, Okusa MD. Cardiac surgery as a cause of acute kidney injury: Pathogenesis and potential therapies. *J Intensive Care Med*. 2008;23:3-18.