Infección del sitio quirúrgico en niños sometidos a cirugía cardíaca con cierre esternal diferido. Estudio de casos y controles

Javiera Retamal, Pedro Becker, Rodrigo González, Marcela Ferrés, Jaime Cerda, María I. Riquelme, Regina Pérez y Cristián Clavería

Surgical site infections in children undergoing cardiac surgery with delayed sternal closure. Case-control study

Introduction: Surgical site infections (SSI) are an important cause of morbidity in pediatric cardiac surgery. Risk factors in patients requiring delayed sternal closure (DSC) are unknown. **Aim:** To report the rate of SSI in children undergoing cardiac surgery with DSC and determine the risk factors. **Methodology:** A retrospective case-control study, in patients younger than 15 years old undergoing cardiac surgery with DSC in our center between 2009 and 2010. SSI was diagnosed according to the criteria of the nosocomial infections committee of our institution, based on international recommendations. Univariate and multivariate analysis of variables was performed. A $p < 0.05$ was considered significant. **Results:** 58 patients were included; the average age was 9.5 days. The most frequent diagnosis was transposition of the great arteries (36%) and hypoplastic left heart syndrome (27%). 13 patients had SSI (22%); 11 incisional and 2 mediastinitis. It was independently associated to SSI by-pass (BP) time longer than 200 min (OR adjusted = 9,53; IC 95% 1,37-66,35) and mechanical ventilation (MV) more than 5 days (OR adjusted = 8,98; IC 95% 1,16-69,40). **Conclusion:** The duration of BP and MV are risk factors of SSI in children undergoing cardiac surgery with DSC.

Key words: Surgical site infection, delayed sternal closure, cardiac surgery, congenital heart disease.

Palabras clave: Infección del sitio quirúrgico, cierre esternal diferido, cirugía cardíaca, cardiopatías congénitas.

Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago.

Facultad de Medicina

División de Pediatría (UR, MF, RP, CC).

División de Enfermedades

Cardiovasculares (PB, RG).

Departamento de Salud Pública (JC).

Hospital Clínico, Red de Salud UC CHRISTUS.

Enfermera Comité de Prevención y Control IAAS (MR).

Declaración de conflictos de interés:

Ninguno

Fuente de financiamiento: Ninguno

Recibido: 11 de abril de 2016

Aceptado: 5 de julio de 2016

Correspondencia a:

Cristián Clavería Rodríguez

claveria@med.puc.cl

Introducción

Las infecciones del sitio quirúrgico (ISQ) son las infecciones nosocomiales más frecuentes en pacientes post operados^{1,2}. Aumentan los días de hospitalización, los costos asociados a la intervención, prolongan el uso de antimicrobianos, aumentan significativamente el riesgo de mortalidad y son consideradas un marcador de calidad de la atención^{1,3-6}.

Las ISQ son una importante causa de morbilidad en pacientes pediátricos sometidos a cirugía cardíaca. La tasa reportada es variable y oscila entre 3 y 8%⁶⁻⁸. En análisis retrospectivos se han identificado como factores de riesgo asociados a ISQ la duración de la cirugía, la edad menor de 1 mes, la duración del requerimiento de inótrópos y la ventilación mecánica invasora (VMI), entre otros⁹⁻¹⁴.

El cierre esternal diferido (CED) es una técnica ampliamente utilizada en cirugía cardíaca de alta complejidad. Consiste en el cierre de la esternotomía media en un tiempo quirúrgico posterior al de la cirugía cardíaca realizada, e implica el manejo del paciente en los primeros días del postoperatorio en la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátrica (UCIP) con la esternotomía abierta y cubierta

por una membrana de polietileno suturada a la piel (Figuras 1a y 1b). Es una alternativa eficaz para evitar el efecto constrictivo torácico durante el post-operatorio de cirugías cardíacas complejas asociadas a edema pulmonar y cardíaco y presencia de dispositivos extra-cardíacos que ocupan espacio (por ejemplo, conductos entre el ventrículo derecho y arterias pulmonares)¹⁵, y facilita el manejo de pacientes con sangrado durante el post operatorio inmediato. Publicaciones recientes respaldan su indicación de rutina en intervenciones paliativas como la cirugía de Norwood¹⁶; sin embargo, su uso se ha asociado a mayor frecuencia de infecciones en el post operatorio, entre ellas, ISQ y especialmente bacteriemias^{17,18} y a hospitalizaciones más prolongadas. Además, la evidencia ha fallado en demostrar un beneficio en la disminución de la mortalidad post quirúrgica de estos pacientes¹⁹. Pero sí se han reportado beneficios desde el punto de vista hemodinámico y ventilatorio^{7,19,20}.

La tasa de ISQ reportada en los pacientes sometidos a CED es muy variable (1 a 28%) atribuidas principalmente a las condiciones de gravedad en su post operatorio inmediato, tipo de profilaxis antimicrobiana recibida y determinados diagnósticos de la cardiopatía de base que

Figura 1a. Recién nacido post operado de cirugía cardíaca con esternotomía abierta, la que está cubierta por una membrana de polietileno estéril suturada a los bordes de la piel.

Figura 1b. Recién nacido post operado de cirugía cardíaca con esternotomía abierta, cubierta por una membrana de polietileno estéril suturada a los bordes de la piel y sellada, por sobre la membrana, con varias capas de Iovan®.

se asocian a un mayor riesgo (doble salida del ventrículo derecho, troncos arteriales, transposición de grandes arterias, principalmente)^{6,21-23}.

Existe aún escasa información en la literatura científica respecto a los factores de riesgo de ISQ en pacientes con CED.

El objetivo de este estudio fue evaluar la tasa de ISQ en los pacientes portadores de cardiopatía congénita sometidos a cirugía cardíaca con CED y determinar si los factores de riesgo de ISQ identificados en pacientes con cierre externo primario son también variables predictoras de ISQ en pacientes con CED.

Pacientes y Métodos

Estudio de casos y controles que incluyó a los pacientes bajo 15 años de edad, portadores de cardiopatía congénita y sometidos a cirugía cardíaca con CED, desde enero de 2009 a diciembre de 2010, en el Hospital Clínico de la Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC), que es uno de los centros de referencia nacional para la resolución de las cardiopatías congénitas operables en pacientes bajo 15 años de edad.

Se definió como *casos* a aquellos pacientes con CED que presentaron ISQ y *controles* aquellos que no presen-

taron infección dentro del mismo período. El diagnóstico de ISQ se realizó según los criterios diagnósticos vigentes del Centro para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC) de Estados Unidos de América, publicadas el año 1999 y que fueron identificadas y registradas por el Comité de Prevención y Control de Infecciones Asociadas a la Atención en Salud (IAAS) del hospital¹.

Se excluyeron aquellos pacientes sometidos a cirugía cardíaca por patología infecciosa (endocarditis o mediasinitis), a los fallecidos antes del día 15 post operatorio y a aquellos con un seguimiento menor de 15 días post cirugía. Se realizó una revisión de las fichas clínicas, registrando variables demográficas (sexo, edad y peso al momento de la cirugía), tipo de cardiopatía congénita, puntaje de RACHS-1, (del inglés *risk adjustment in congenital heart surgery*), ampliamente utilizado en la estratificación de riesgo de las diferentes cirugías cardíacas de las cardiopatías congénitas (puntaje: 1-2 bajo riesgo, 3-4 mediano riesgo y 5-6 alto riesgo de mortalidad)²⁴, cirugía realizada y evolución peri-operatoria (días de hospitalización pre operatoria, infecciones previas, profilaxis antimicrobiana, días de hospitalización en Unidad de Cuidados Intensivos durante el post-operatorio, días de uso de fármacos vasoactivos, días de uso de VMI, uso de nutrición parenteral, indicación y tiempo de tórax abierto, procedimientos invasores previos, tiempo de CEC, necesidad de re-operación). Se registró además la presencia y tipo de ISQ, resultados de cultivos y tratamiento realizado.

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Dirección de Investigación y la Dirección del Hospital Clínico de la PUC, Red de Salud UC Christus.

Análisis estadístico

Las variables categóricas fueron descritas en términos de número y porcentaje, y las variables continuas en términos de mediana y rango. En el análisis univariable, la comparación entre variables categóricas se realizó mediante el test de χ^2 o test exacto de Fisher, según correspondiera. En el análisis multivariable se utilizó un modelo de regresión logística, incluyendo sólo aquellas variables con 15 o más puntos porcentuales de diferencia entre casos y controles en el análisis univariado; sus resultados fueron expresados en términos de *odds ratio* ajustados y su respectivo intervalo de confianza 95%. La bondad de ajuste del modelo se evaluó mediante el test de Hosmer y Lemeshow. Se consideró estadísticamente significativo todo valor- $p < 0,05$. Los análisis fueron realizados mediante el software estadístico SPSS versión 22.

Resultados

En el período comprendido entre enero de 2009 y diciembre de 2010 se realizaron 514 cirugías cardíacas en nuestro hospital. En 67 pacientes se realizó cierre

esternal diferido (13%). De ellos, se excluyeron nueve pacientes: dos cuya indicación quirúrgica fue patología infecciosa (mediastinitis y endocarditis, respectivamente), cuatro fallecidos antes de los 15 días de post-operatorio (sin antecedente de ISQ) y tres por registros incompletos. Los 58 pacientes restantes fueron incluidos en el análisis, 57% de sexo masculino.

La mediana de edad de la muestra fue de 9,5 días (2 días a 11 años). El 77% de los pacientes tenían menos de un mes de edad y 19% pesaban $\leq$ tres kilos al momento de la cirugía.

Los diagnósticos más frecuentes fueron transposición de grandes arterias (TGA) (21/58, 36%) e hipoplasia de ventrículo izquierdo (HVI) (16/58, 27%). Respecto al puntaje de RACHS-1, categorías de bajo riesgo 1 y 2 (5/58, 8,6%), categorías de mediano riesgo 3 y 4 (31/58, 53,4%) y categorías de alto riesgo 5 y 6 (22/58, 38%).

La mediana de tiempo de hospitalización pre cirugía fue de siete días (1 a 101 días) y tiempo de hospitalización en UCI post operatoria mediana de 10 días (5 a 90 días).

Diecinueve pacientes (32%) recibieron antimicrobianos en dosis terapéutica previos a la cirugía, 10 de ellos por sospecha de infección connatal y nueve consideradas como IAAS.

La duración promedio del tiempo quirúrgico fue de 6,6 h, con una mediana de tiempo de circulación extracorpórea (CEC) de 207 min. La principal indicación de cierre esternal diferido fue definido como profiláctica buscando los beneficios de esta técnica: evitar el efecto constrictivo torácico asociado al edema pulmonar y cardíaco post CEC y facilitar el manejo de los pacientes con alto riesgo de sangrado durante el post operatorio.

Todos los pacientes recibieron profilaxis antimicrobiana peri-operatoria consistente en cefazolina (o cefazolina + aminoglucósido en 55% de los pacientes), la cual se mantuvo hasta 24 h post cierre esternal.

El tiempo promedio de cierre esternal diferido fue de tres días (1 a 23 días). Catorce pacientes (24%) requirieron re-exploración torácica, en la mayoría de los casos por sangrado y taponamiento cardíaco (6 pacientes, 10,3%). El cierre esternal definitivo, fue realizado en su mayoría en la UCIP (64%) con el objetivo de evitar el potencial compromiso hemodinámico que significa el traslado de estos pacientes al pabellón quirúrgico.

La mediana de días de fármacos vasoactivos (DVA) y VMI post-cirugía fue de 6 días (Tabla 1).

Trece pacientes presentaron ISQ (22%); 10 incisional superficial (17%), uno incisional profunda (1,7%) y dos mediastinitis (3,5%). En cinco pacientes el diagnóstico de ISQ fue clínico ya que no se aisló microorganismo en los cultivos. Las características clínicas y microbiológicas se detallan en la Tabla 2.

En el análisis univariado la única variable asociada significativamente con ISQ fue CEC mayor de 200 min

Tabla 1. Caracterización de las variables demográficas y perioperatorias

Variable	n (%) o mediana (rango)
Sexo	
Varones	33 (56,9)
Mujeres	25 (43,1)
Edad	9,5 días (2 días-11 años)
Edad	
Menor o igual a 7 días	17 (29,3)
Mayor a 7 días	41 (70,7)
Peso	3.424 g (2.180 g - 32.200 g)
Peso*	
Menor o igual a 3.000 g	10 (18,9)
Mayor a 3.000 g	43 (81,1)
Diagnóstico	
D-TGA	21 (36,2)
HVI	16 (27,6)
Otro	21 (36,2)
RACHS-1	
1-4	36 (62,1)
5-6	22 (37,9)
Hospitalización pre-cirugía	
Menor o igual a 7 días	31 (53,4)
Mayor a 7 días	27 (46,6)
Procedimiento pre-quirúrgico	
Sí	18 (31,0)
No	40 (69,0)
CEC	
Menor o igual a 200 min	27 (46,6)
Mayor a 200 min	31 (53,4)
Tórax abierto	
Menor o igual a 2 días	28 (48,3)
Mayor a 2 días	30 (51,7)
VMI	
Menor o igual a 5 días	24 (41,4)
Mayor a 5 días	34 (58,6)
Re-exploración post-quirúrgica	
Sí	14 (24,1)
No	44 (75,9)
Infección del sitio quirúrgico	
Sí	13 (22,4)
No	45 (77,6)

*5 datos faltantes. D-TGA: d-transposición de grandes arterias, HVI: hipoplasia del ventrículo izquierdo, CEC: circulación extracorpórea, VMI: ventilación mecánica invasora.

($p = 0,013$) (Tabla 3). Las variables que obtuvieron 15 o más puntos porcentuales de diferencia entre el grupo de casos y controles fueron CEC, VMI, necesidad de re-exploración quirúrgica, puntaje de RACHS-1 y diagnóstico. Estas se incluyeron en un análisis multivariado por regresión logística, en el que CEC mayor a 200 min

Tabla 2. Resultados de cultivo y tipo de infección del sitio quirúrgico

Paciente	Resultado cultivo	Tipo de infección del sitio quirúrgico
1	Herida operatoria y secreción traqueal: <i>Pseudomonas aeruginosa</i> y <i>Klebsiella pneumoniae</i> BLEE(+)	Mediastinitis
2	Herida operatoria: <i>Staphylococcus coagulasa</i> negativa oxacilina resistente	Incisional superficial
3	Herida operatoria: <i>Staphylococcus coagulasa</i> negativa oxacilina resistente	Incisional superficial
4	Herida operatoria: <i>Staphylococcus coagulasa</i> negativa oxacilina resistente	Incisional superficial
5	Herida operatoria: <i>Staphylococcus coagulasa</i> negativa oxacilina resistente	Incisional superficial
6	Negativo	Incisional superficial
7	Negativo	Incisional superficial
8	Negativo	Incisional profundo
9	Negativo	Incisional superficial
10	Herida operatoria: <i>Staphylococcus aureus</i> SM+ <i>Staphylococcus coagulasa</i> negativa oxacilina resistente	Incisional superficial
11	Negativo	Incisional superficial
12	Herida operatoria y líquido pleural: <i>Candida albicans</i>	Mediastinitis
13	Herida operatoria: <i>Staphylococcus coagulasa</i> negativa oxacilina resistente	Incisional superficial

SM: sensible a meticilina, BLEE: betalactamasa de espectro extendido.

Tabla 3. Comparación de variables demográficas y perioperatorias entre casos y controles (análisis univariable)

Variables	Infección del sitio quirúrgico		Valor p
	Presente (n: 13) n (%)	Ausente (n: 45) n (%)	
Sexo			
Varones	6 (46,2)	27 (60,0)	0,526
Mujeres	7 (53,8)	18 (40,0)	
Edad			
Menor o igual a 7 días	3 (23,1)	14 (31,1)	0,736
Mayor a 7 días	10 (76,9)	31 (68,9)	
Peso*			
Menor o igual a 3.000 g.	2 (16,7)	8 (19,5)	1,000
Mayor a 3.000 g.	10 (83,3)	33 (80,5)	
Diagnóstico			
D-TGA	5 (38,5)	16 (35,6)	0,463
HVI	5 (38,5)	11 (24,4)	
Otras	3 (23,1)	18 (40,0)	
RACHS-1			
1-4	6 (46,2)	30 (66,7)	0,208
5-6	7 (53,8)	15 (33,3)	
Hospitalización pre-cirugía			
Menor o igual a 7 días	7 (53,8)	24 (53,3)	1,000
Mayor a 7 días	6 (46,2)	21 (46,7)	
Procedimiento pre-quirúrgico			
Sí	3 (23,1)	15 (33,3)	0,735
No	10 (76,9)	30 (66,7)	
CEC			
Menor o igual a 200 min	2 (15,4)	25 (55,6)	0,013
Mayor a 200 min	11 (84,6)	20 (44,4)	
Tórax abierto			
Menor o igual a 2 días	5 (38,5)	23 (51,1)	0,534
Mayor a 2 días	8 (61,5)	22 (48,9)	
VMI			
Menor o igual a 5 días	2 (15,4)	22 (48,9)	0,053
Mayor a 5 días	11 (84,6)	23 (51,1)	
Re-exploración post-quirúrgica			
Sí	5 (38,5)	9 (20,0)	0,268
No	8 (61,5)	36 (80,0)	

*5 datos faltantes. D-TGA: d-transposición de grandes arterias, HVI: hipoplasia del ventrículo izquierdo, CEC: circulación extracorpórea, VMI: ventilación mecánica invasora.

(OR ajustado = 9,53; IC 95% 1,37-66,35) y VMI más de cinco días (OR ajustado = 8,98; IC 95% 1,16-69,40) se asociaron de manera significativa e independiente a ISQ. El modelo de regresión logística ajustó adecuadamente los datos (valor-p test de Hosmer y Lemeshow = 0,971).

Discusión

El presente estudio permitió establecer la tasa de ISQ que se presentó en pacientes portadores de cardiopatía congénita sometidos a cirugía cardíaca con CED en uno de los centros pediátricos de cirugía cardíaca perteneciente a la red de Garantías Explícitas de Salud (GES) del Ministerio de Salud, actualmente a cargo de la atención de, al menos, 20% de los niños chilenos con cardiopatías congénitas.

Las tasas de ISQ en cirugía cardíaca pediátrica reportadas por el Comité de Prevención y Control de IAAS local durante los años 2009 y 2010 fueron de 4,8 y 4,9%, respectivamente (Tasa MINSAL 2007 P50

de 3,4%). La tasa observada de ISQ en nuestros pacientes con CED fue 22%, mayor a lo reportado en la literatura médica, lo que confirma a estos pacientes como un grupo de alto riesgo. Estudios publicados desde los años 80 reportan cifras de hasta 28%²¹. Sin embargo, la incidencia reportada en estudios posteriores es menor (15,2%). Las series más numerosas publicadas recientemente por Tabutt y cols.²¹ y Harder y cols.²², reportan incidencias de ISQ de 6,7 y 11%, respectivamente.

En relación al diagnóstico de ISQ, en cinco pacientes (38%) se planteó este diagnóstico considerando sólo las características clínicas de la herida operatoria, ya que sus cultivos fueron negativos.

En nuestro Centro se utilizó CED en 100% de los pacientes portadores de hipoplasia del ventrículo izquierdo sometidos a la primera etapa de la cirugía paliativa (Norwood Sano) y en más de 75% de aquellos portadores de transposición de grandes arterias, a los que se les realizó *switch* arterial. Este hecho podría relacionarse con la tasa de ISQ en nuestros pacientes con CED según los datos obtenidos por el estudio multicéntrico de Johnson y cols., quienes reportaron que centros con uso medio o alto de CED en relación a la etapa 1 de la cirugía paliativa de la HVI (más de 75% de los pacientes) tienen significativamente mayor incidencia de ISQ¹⁸.

La incidencia de mediastinitis en nuestros pacientes alcanzó a 3,5%, frecuencia similar a la descrita en estudios más recientes, los que reportan tasas de 1,9 a 7,5%^{8,15, 21-23,25}.

El análisis de regresión logística demostró que el tiempo de CEC mayor a 200 min y el tiempo en VMI por más de 5 días fueron los principales factores de riesgo asociado con la ocurrencia de ISQ con un OR ajustado = 9,53 (IC 95% 1,37-66,35) y OR ajustado = 8,98 (IC 95% 1,16-69,40), respectivamente. La mediana de días de VMI y de tiempo de CEC en nuestros pacientes es similar a lo reportado en la literatura científica¹⁸.

Otros autores no han encontrado esta asociación²¹. El diseño de este estudio no permite atribuir causalidad a la asociación encontrada.

El reducido número de pacientes incluidos y el diseño retrospectivo constituyen nuestra mayor limitación en el presente análisis.

Es ampliamente reconocido que la respuesta inflamatoria sistémica observada en niños sometidos a cirugía cardíaca y CEC está asociada a alto riesgo de falla orgánica múltiple^{26,27}. La etiología es multifactorial e incluye el trauma quirúrgico, injuria por isquemia reperusión y activación leucocitaria producida por el circuito. Está demostrado que la ultrafiltración disminuye este fenómeno pero no lo anula. Al parecer, en los pacientes con hipoplasia del ventrículo izquierdo, la respuesta inflamatoria sería mayor en comparación con otras cardiopatías^{26,27}. Las concentraciones plasmáticas de citocinas pro-infla-

matorias se han asociado directamente a la duración de la CEC y a ventilación mecánica prolongada^{26,27}. Por otra parte, la apoptosis e inhibición linfocitaria, probablemente secundaria al estado hiperinflamatorio post-CEC, podría determinar un estado de inmunodeficiencia transitoria que aumentaría el riesgo de infección²⁸, lo que podría sustentar la asociación encontrada.

El énfasis en este grupo de riesgo, se debe centrar en el desarrollo de protocolos claramente orientados a la prevención de infecciones del sitio quirúrgico²⁹.

Conclusión

La tasa de ISQ en los pacientes portadores de cardiopatía congénita sometidos a cirugía cardíaca con CED fue de 22%, constituyendo un grupo de riesgo. Los factores de riesgo identificados asociados a la ocurrencia de ISQ fueron CEC mayor a 200 min y el tiempo de VMI mayor de 5 días.

Estos hallazgos son un importante aporte para el desarrollo de protocolos estandarizados en el cuidado de niños sometidos a cirugía cardíaca con CED, con el claro objetivo de disminuir esta tasa, y con especial énfasis en una conducta activa en el cierre esternal y retiro precoz de la VMI.

Resumen

Introducción: Las infecciones del sitio quirúrgico (ISQ) son importante causa de morbilidad en cirugía cardíaca pediátrica. Los factores de riesgo en pacientes que requieren cierre esternal diferido (CED) se desconocen. **Objetivos:** Reportar la tasa de ISQ en niños sometidos a cirugía cardíaca con CED y determinar factores de riesgo de ISQ. **Metodología:** Estudio retrospectivo de casos y controles en pacientes bajo 15 años de edad, sometidos a cirugía cardíaca con CED, en los años 2009 y 2010. Se consideró casos aquellos con ISQ diagnosticada según criterios del comité de IAAS local. Se realizó análisis uni y multivariado de las variables. Se consideró significativo un $p < 0,05$. **Resultados:** Se incluyeron 58 pacientes; la mediana de edad fue 9,5 días. Diagnósticos más frecuentes fueron transposición de grandes arterias (36%) e hipoplasia de ventrículo izquierdo (27%). Trece pacientes presentaron ISQ (22%); 11 incisionales y 2 mediastinitis. Se asociaron de manera independiente a ISQ: circulación extracorpórea (CEC) mayor a 200 min (OR ajustado = 9,53; IC 95% 1,37-66,35) y ventilación mecánica invasora (VMI) más de 5 días (OR ajustado = 8,98; IC 95% 1,16-69,40). **Conclusión:** La duración de CEC y VMI son factores de riesgo de ISQ en niños sometidos a cirugía cardíaca con CED.

Referencias bibliográficas

- 1.- Mangram A J, Horan T C, Pearson M L, Silver L C, Jarvis W R. The Hospital Infection Control Practices Advisory Committee. Guideline for the prevention of surgical site infection, 1999. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1999; 20: 247-80.
- 2.- Barriga J, Cerda J, Abarca K, Ferrés M, Fajuri P, Riquelme M, et al. Infecciones asociadas a la atención en salud (IAAS) en pacientes pediátricos post-operados de cardiopatías congénitas. *Rev Chilena Infectol* 2014; 31 (1): 16-20.
- 3.- Klevens R M, Edwards J R, Richards C L Jr, Horan T C, Gaynes R P, Pollock D A, et al. Estimating health care-associated infections and deaths in US hospitals, 2002. *Public Health Rep* 2007; 122: 160-6.
- 4.- Welke K F, Shen I, Ungerleider R M. Current assessment of mortality rates in congenital cardiac surgery. *Ann Thorac Surg* 2006; 82 (1): 164-70.
- 5.- Grisaru-Soen G, Paret G, Yahav D, Boyko V, Lerner-Geva L. Nosocomial infections in pediatric cardiovascular surgery patients: a 4-year survey. *Pediatr Crit Care Med* 2009; 10 (2): 202-6.
- 6.- Pollock E M, Ford-Jones E L, Rebeyka I, Mindorff C M, Bohn D J, Edmonds J F, et al. Early nosocomial infections in pediatric cardiovascular surgery patients. *Crit Care Med* 1990; 18 (4): 378-84.
- 7.- Furnary A P, Magovern J A, Simpson K A, Magovern G J. Prolonged open sternotomy and delayed sternal closure after cardiac operations. *Ann Thorac Surg* 1992; 54: 233-9.
- 8.- Woodward C S, Son M, Calhoon J, Michalek J, Husain S A. Sternal wound infections in pediatric congenital cardiac surgery: a survey of incidence and preventative practice. *Ann Thorac Surg* 2011; 91 (3): 799-804.
- 9.- Allpress A L, Rosenthal G L, Goodrich K M, Lupinetti F M, Zerr D M. Risk factors for surgical site infections after pediatric cardiovascular surgery. *Pediatr Infect Dis J* 2004; 23: 231-4.
- 10.- Mehta P A, Cunningham C K, Colella C B, Alferis G, Weiner L B. Risk factors for sterna wound and other infections in pediatric cardiac surgery patients. *Pediatr Infect Dis J* 2000; 19: 1000-4.
- 11.- Kagen J, Lautenbach E, Bilker W B, Matro J, Bell L M, Domínguez T E, et al. Risk factors for mediastinitis following median sternotomy in children. *Pediatr Infect Dis J* 2007; 26: 613-8.
- 12.- Nateghian A, Taylor G, Robinson J L. Risk factors for surgical site infections following open-heart surgery in a Canadian pediatric population. *Am J Infect Control* 2004; 32: 397-401.
- 13.- Costello J M, Graham D A, Morrow D F, Morrow J, Potter-Bynoe G, Sandora T J, et al. Risk factors for surgical site infection after cardiac surgery in children. *Ann Thorac Surg* 2010; 89 (6): 1833-41.
- 14.- Sohn A H, Schwartz J M, Yang K Y, Jarvis W R, Guglielmo B J, Weintrub P S. Risk factors and risk adjustment for surgical site infections in pediatric cardiothoracic surgery patients. *Am J Infect Control* 2010; 38 (9): 706-10.
- 15.- Riphagen S, McDougall M, Tibby S M, Alphonso N, Anderson D, Conal A, et al. "Early" delayed sterna closure following pediatric cardiac surgery. *Ann Thorac Surg* 2005; 80: 678-85.
- 16.- Srinivasan C, Sachdeva R, Morrow W R, Gossett J, Chipman C W, Imamura M, et al. Standardized management improves outcomes after the Norwood procedure. *Congenit Heart Dis* 2009; 4 (5): 329-37.
- 17.- Das S, Rubio A, Simsic J M, Kirshbom P M, Kogon B, Kanter K R, et al. Bloodstream infections increased after delayed sternal closure: cause or coincidence. *Ann Thorac Surg* 2011; 91 (3): 793-7.
- 18.- Johnson J N, Jagers J, Li S, O'Brien S M, Li J S, Jacobs J P, et al. Center variation and outcomes associated with delayed sternal closure after stage 1 palliation for hypoplastic left heart syndrome. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2010; 139 (5): 1205-10.
- 19.- Sarris G E, Chatzis A C, Giannopoulos N M, Kirvassilis G, Berggren H, Hazekamp M, et al. The arterial switch operation in Europe for transposition of the great arteries: a multi-institutional study from the European Congenital Heart Surgeons Association. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2006; 132 (3): 633-9.
- 20.- Ereke E, Yalcinbas Y, Turkecul Y, Saygili A, Ayse Ulukol, Ayse Sarioglu, et al. Indications and risks of delayed sternal closure after open heart surgery in neonates and early infants. *World J Pediatr Congenit Heart Surg* 2012; 3 (2): 229-35.
- 21.- Tabbutt S, Duncan B W, McLaughlin D, Wessel D L, Jonas R A, Laussen P C. Delayed sternal closure after cardiac operations in a pediatric population. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1997; 113 (5): 886-93.
- 22.- Harder E E, Gaies M G, Yu S, Donohue J E, Hanauer D A, Goldberg C S, et al. Risk factors for surgical site infection in pediatric cardiac surgery patients undergoing delayed sternal closure. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2013; 146 (2): 326-33.
- 23.- McElhinney D B, Reddy V M, Parry A J, Johnson L, Fineman J R, Hanley F L. Management and outcomes of delayed sternal closure after cardiac surgery in neonates and infants. *Crit Care Med* 2000; 28 (4): 1180-4.
- 24.- Jenkins K J, Gauvreau K, Newburger J W, Spray T, Moller J H, Iezzoni L. Consensus-based method for risk adjustment for surgery for congenital heart disease. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2002; 123: 110-6.
- 25.- Al-Sehly A A, Robinson J L, Lee B E, Taylor G, Ross D B, Robertson M, et al. Pediatric post sternotomy mediastinitis. *Ann Thorac Surg* 2005; 80 (6): 2314-20.
- 26.- Appachi E, Mossad E, Mee R B, Bokesch P. Perioperative serum interleukins in neonates with hypoplastic left-heart syndrome and transposition of the great arteries. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2007; 21 (2): 184-90.
- 27.- Allan C K, Newburger J W, McGrath E, Elder J, Psinos C, Laussen P C, et al. The relationship between inflammatory activation and clinical outcome after infant cardiopulmonary bypass. *Anesth Analg* 2010; 111 (5): 1244-51.
- 28.- Shi S S, Shi C C, Zhao Z Y, Shen H Q, Fang X M, Tan L H, et al. Effect of open heart surgery with cardiopulmonary bypass on peripheral blood lymphocyte apoptosis in children. *Pediatr Cardiol* 2009; 30 (2): 153-9.
- 29.- Woodward C, Son M, Taylor R. Prevention of sternal wound infection in pediatric cardiac surgery: A protocolized approach. *World J Pediatr Congenit Heart Surg* 2012; 3 (4): 463-9.