

Experiencia de 3 años con el cierre quirúrgico esternal multitorsión

Sergio R. Claire-Guzman, Edgar Hernandez-Rendón, Alberto López-Gutiérrez, Carolina Alvarez-Moreno, Jaime Salgado-Vázquez, Carlos Riera-Kinkel, y Daniel Torres-Bernal.

Servicio de Cirugía Cardiorábrica, UMAE, Hospital de Cardiología "Centro Médico Nacional Siglo XXI", IMSS. Ciudad de México, MÉXICO.

Objetivo. Demostrar que el cierre esternal multitorsión previene la dehiscencia esternal y mediastinitis de una manera significativa.

Material y Métodos. En el presente estudio se evalúa el beneficio clínico del uso del cierre esternal multitorsión en pacientes con factores de riesgo de dehiscencia esternal que son intervenidos a cirugía cardíaca. Se analizaron 55 pacientes sometidos a cirugía cardíaca con factores de riesgo de dehiscencia esternal a los cuales se realizó cierre quirúrgico multitorsión. Todos los pacientes fueron seguidos por 14 días, 30 días y 60 días del postoperatorio.

Resultados. Se evaluaron un total de 55 pacientes para cierre multitorsión, los cuales presentaban factores de riesgo de dehiscencia esternal. Treinta y cinco de estos pacientes fueron del sexo masculino y la edad media de 61.8 años. El 100% con IMC mayor a 30 kg/m². Las cirugías realizadas fueron revascularización miocárdica en 69.1%, valvular en 23.7%, cierre de comunicación interventricular en 1.8%, procedimientos combinados valvular e isquémico en 5.4%. En 92.8% se presentó osteoporosis. Ninguno de los pacientes presentó dehiscencia esternal a 2 semanas de seguimiento. La mortalidad fue de 5.5%. Ningún paciente presentó dehiscencia esternal en 30 y 60 días. Ningún paciente presentó mediastinitis. La infección superficial de la herida esternal se presentó en 5 pacientes (9.1%).

Conclusiones. Este método de cierre es eficaz, simple y rápido de realizar. Reduce significativamente el uso de cierres de rescate complejos para cierres fallidos en pacientes de alto riesgo de dehiscencia esternal como los pacientes obesos o con presencia de osteoporosis.

Palabras clave: Estereotomía; Dehiscencia esternal; Cierre esternal multitorsión; Obesidad.

Objective. To show that sternal multitwist surgical closure prevents sternal dehiscence and mediastinitis in a significant way.

Material and Methods. The present study evaluates the clinical benefit of the use of sternal multitwist surgical closure in patients factors for sternal dehiscence with risk who are operated on for cardiac surgery. Fifty-five patients undergoing cardiac surgery with risk factors for sternal dehiscence were analyzed for whom a multitwist surgical closure. All patients were followed for 14 days, 30 days and 60 postoperative days.

Results. A total of 55 patients were evaluated for multitwist closure, which presented risk factors for sternal dehiscence. Thirty-five of these patients were male and the mean age was 61.8 years. 100% with BMI greater than 30 kg/m². The surgeries performed were myocardial revascularization in 69.1%, valvular in 23.7%, closure of ventricular septal defect in 1.8%, combined valvular and ischemic procedures in 5.4%. In 92.8%, osteoporosis occurred. None of the patients had sternal dehiscence at 2 weeks of follow-up. Mortality was 5.5%. No patient presented sternal dehiscence in 30 and 60 days. No patient had mediastinitis. The superficial infection of the sternal wound was present in 5 patients (9.1%).

Conclusions. This method of closure is effective, simple and quick to perform. It does significantly reduce the use of complex rescue techniques for failed sternal closures in patients at high risk for sternal dehiscence such as obese or osteoporotic patients.

Key words: Sternotomy; Sternal dehiscence; Sternal multitwist surgical closure; Obesity.

(*Cir Card Mex* 2017; 2(3): 80-84)

© 2017 por la Sociedad Mexicana de Cirugía Cardíaca, A.C.



La esternotomía se introdujo en los años 50's con el fin de lograr una mejor exposición a las estructuras cardíacas. Actualmente se utiliza en la mayoría de los procedimientos torácicos como revascularización miocárdica, implantes valvulares, y cirugías de cardiopatías congénitas [1]. La esternotomía comienza con la separación de los tejidos superficiales del esternón, posterior a ello se realiza una incisión

longitudinal a lo largo del esternón usando una sierra de alta frecuencia. Un retractor esternal es utilizado para separar las dos mitades del cuerpo esternal, así facilitando la apertura esternal [1-3]. Aunque existen otros abordajes menos invasivos como la toracotomía lateral, la esternotomía sigue siendo la opción preferida de los pacientes debido a que se asocia con menor incidencia de complicaciones respiratorias y menor dolor [4].

Autor Responsable: Dr. Edgar Hernández Rendón
email: dr.hernandez.cardioracico@gmail.com

La dehiscencia esternal se define como la separación del esternón óseo y se asocia frecuentemente con infección de la

herida esternal, la mayoría de las veces por *Staphylococcus aureus*. Desde la introducción de la esternotomía mediana para permitir el acceso a los órganos intratorácicos, se ha informado que la infección de la herida esternal y la dehiscencia ocurren en aproximadamente de 0.5% a 5% de los casos [5]. Varios estudios han mostrado tasas de mediastinitis de 1% a 2.5% y tasas de mortalidad de 15% a 50% [6-8]. Los factores de riesgo intraoperatorios son la esternotomía fuera de la línea media, la osteoporosis, la derivación cardiopulmonar prolongada, las fracturas transversales del esternón y la recolección bilateral de la arteria mamaria interna. Otros factores de riesgo para la dehiscencia esternal incluyen la enfermedad pulmonar obstructiva crónica, las reoperaciones, la insuficiencia renal, la diabetes mellitus, el uso crónico de esteroides, la obesidad, la infección concurrente y el apoyo respiratorio postoperatorio prolongado [9,10]. Los hallazgos clínicos incluyen dolor, fiebre, leucocitosis, secreción serosanguínea o purulenta de la incisión, inestabilidad esternal y un "clic" esternal. El factor más importante en la prevención de la dehiscencia esternal y mediastinitis es una aproximación esternal estable [11]. La dehiscencia ocurre a menudo dentro de las dos primeras semanas postoperatorias [12].

Más de 40 técnicas diferentes se han descrito para el cierre esternal, alegando reducir las tasas de infección de la herida e incluso la mortalidad [13]. Todas las técnicas pretenden maximizar la estabilidad esternal. Sin embargo, es difícil diferenciar las ventajas entre las diversas técnicas. La aplicación de técnicas de bioingeniería permite el análisis de las propiedades de los dispositivos de fijación ósea de manera científica [14].

En el presente estudio se evalúa el beneficio clínico del uso del cierre esternal multitorsión en los pacientes con factores de riesgo de dehiscencia esternal que son intervenidos de cirugía cardíaca.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio observacional y transversal. Se analizaron la evolución clínica postoperatoria de 55 pacientes sometidos a cirugía cardíaca (cirugía valvular, revascularización miocárdica, cirugía de aorta o congénitos) con factores de riesgo de dehiscencia esternal (obesidad, osteoporosis, la derivación cardiopulmonar prolongada, fracturas transversales del esternón, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, reoperación, insuficiencia renal, diabetes mellitus, infección concurrente y apoyo respiratorio postoperatorio prolongado) a los cuales se realizó cierre quirúrgico esternal multitorsión.

Las complicaciones tempranas fueron la mortalidad temprana (dentro de los primeros 30 días del postoperatorio), reoperación por sangrado, dehiscencia esternal, y mediastinitis (inestabilidad esternal con afectación ósea con colección mediastinal y organismos aislados en secreción). Las complicaciones menores de la herida fueron definidas como infecciones superficiales o dehiscencia de la herida que requirieron manejo con antibioticoterapia o curación en cama. Se utilizaron datos recabados de expedientes clínico del archivo de nuestra institución, y que cumplieron los criterios de inclusión propuestos. Todos los casos fueron operados por un solo

cirujano. El período de tiempo utilizado fue del 1° de enero de 2014 al 20 de octubre de 2016.

La obesidad se definió como índice de masa corporal de 30 kg/m². La insuficiencia renal se definió como un nivel de creatinina sérica postoperatoria superior a 1.5 mg en un paciente con función renal previamente normal. Se consideró el diagnóstico de EPOC en cualquier paciente con síntomas de tos crónica, producción de esputo y disnea. El diagnóstico fue confirmado por espirometría (volumen expiratorio forzado en el primer segundo de expiración / capacidad vital forzada del 70%). Se definió como derivación cardiopulmonar prolongada aquella mayor a 180 minutos. La presencia o no de osteoporosis fue evaluada de manera subjetiva. Se definió ventilación prolongada en el posoperatorio cuando se requirió apoyo mecánico ventilatorio por mas de 24 horas. La infección asociada se determinó por cultivo positivo (orina, esputo, secreción de la herida o hemocultivo). Se administró Cefalotina 2mg por vía intravenosa para la profilaxis antibiótica a la inducción anestésica, continuándose durante 3 días después de la operación en todos los pacientes. Al comprobarse alguna infección, se cambió la antibiotico-terapia de acuerdo a antibiograma.

Antes de la cirugía se realizó la asepsia de la piel con solución de gluconato de clorexidina y alcohol isopropílico, y se cubrió con poliuretano. Todos los pacientes fueron seguidos 14 días, 30 días y 60 días después de la cirugía.

Técnica quirúrgica

El cierre esternal multitorsión se realizó utilizando acero inoxidable número 5. La colocación inicial de las suturas de alambre es idéntica al cierre esternal tradicional. Colocamos todos los alambres a aproximadamente 1.5 cm del borde esternal, o parasternal en esternones estrechos. Se colocan ocho alambres, seis en el cuerpo del esternón y dos en el manubrio. La aproximación de los alambres comienza girando los extremos de alambre adyacentes. No se requiere tensión en esta etapa, sin embargo es importante mantener la parte retorcida de los cables equidistante de donde los cables emergen. Los extremos contralaterales de los hilos adyacentes son entonces trenzados a mano bajo tensión haciendo que los bordes esternales se junten. Para ayudarlo, un ayudante se aproxima al esternón usando los otros cables. De nuevo es importante que la parte retorcida de los alambres esté equidistante de donde los alambres emergen del hueso. Los dos extremos retorcidos de los alambres se retuercen entonces juntos, tensando adicionalmente todas las porciones de los hilos entrelazados. La porción torcida de cuatro hilos resultante se dobla para quedar situada a lo largo de la superficie esternal (Fig. 1). Se utilizan suturas no absorbibles para cerrar la herida por planos.

RESULTADOS

Se evaluaron un total de 55 pacientes para cierre multitorsión, los cuales presentaban factores de riesgo de dehiscencia esternal. Treinta y cinco pacientes fueron del sexo masculino y 20 del sexo femenino. La edad media fue de 61.8 años (± 10.8 años). El 100% de los pacientes eran pacientes obesos con IMC mayor a 30 kg/m². Las comorbilidades del preoperatorio y transoperatorio se resumen en la Tabla 1. Los diagnos-

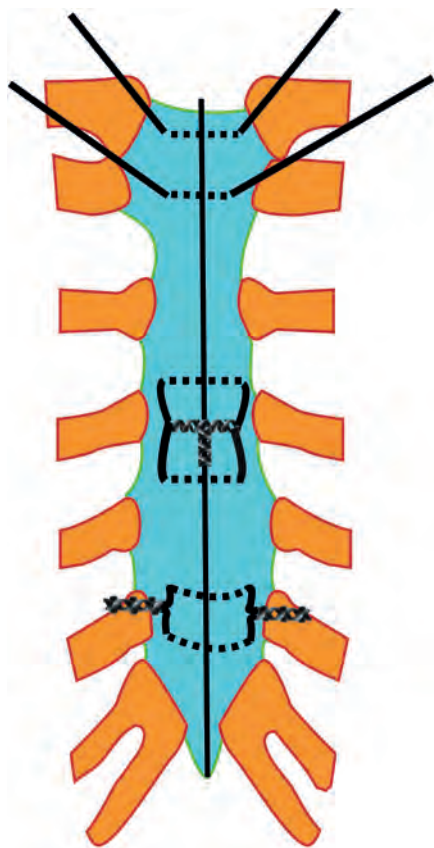


Figura 1. Cierre esternal multitorsión

Los resultados de los pacientes operados (Tabla 2) fueron cardiopatía isquémica (65%), doble lesión aórtica (10%), estenosis aórtica (5.5%), cardiopatía isquémica y doble lesión mitral (3.6%), y 1.8% para cada diagnóstico siguiente (doble lesión aórtica asociada a doble lesión mitral, comunicación interventricular postinfarto, disfunción valvular mitral, doble lesión mitral e insuficiencia tricuspídea, cardiopatía isquémica y estenosis aórtica, cardiopatía isquémica y doble lesión aórtica, insuficiencia mitral e insuficiencia tricuspídea). De todas estas cirugías 3.6% tenían cirugía cardíaca previa. 92.8% presentaron osteoporosis. Los tiempos de derivación cardiopulmonar y pinzamiento aórtico fueron de 101.78 ± 24.6 minutos y 64.7 ± 25.2 minutos, respectivamente. La media de apoyo mecánico ventilatorio fue de 16.2 horas. Los factores de riesgo postquirúrgicos fueron neumonía en 30.9%, tos por más de 24 horas en 29.1%, insuficiencia renal aguda que requirió terapia sustitutiva renal fue de 7.3%, infarto agudo del miocardio en 5.5%, y derrame pleural de más de 20% en 7.3%.

Los resultados de complicaciones por sangrado se presentaron en 5.5%. Ninguno de los pacientes presentó dehiscencia esternal a 2 semanas de seguimiento. La mortalidad fue de 5.5% (3 pacientes). La mortalidad se presentó posterior a las dos semanas, por lo que el número de pacientes en el seguimiento a 30 y 60 días se redujo a 52 pacientes. Ningún paciente presentó dehiscencia esternal a 30 y 60 días. Ningún paciente presentó mediastinitis. La infección superficial de la herida esternal se presentó en 5 pacientes que representa el 9.1%. Solo un paciente presentó granuloma postquirúrgico.

Tabla 1. Factores de riesgo para dehiscencia esternal

FACTORES DE RIESGO PREOPERATORIOS	FACTORES DE RIESGO POSTOPERATORIOS
Obesidad (IMC > 30 kg/m ²)	Pinzamiento aórtico > 100 minutos
Género femenino	Derivación cardiopulmonar > 180 minutos
Enfermedad pulmonar obstructiva crónica	Cirugía concomitante
Tabaquismo	Uso de arteria mamaria interna izquierda
Diabetes mellitus	Apoyo mecánico ventilatorio > 24 horas
Hipertensión	
Cirugía cardíaca previa	
Osteoporosis	
Edad > 75 años	
Insuficiencia renal crónica	
Historia de radiación en tórax	
Estado de inmunosupresión (esteroides)	
Reoperación	

DISCUSIÓN

La dehiscencia esternal y mediastinitis están entre las complicaciones más graves que pueden ocurrir cuando se utiliza una esternotomía media como acceso en cirugía cardíaca [15]. La dehiscencia esternal suele ocurrir cuando el hilo o alambre corta a través del hueso y provoca múltiples fracturas del esternón [16]. La fijación estable es particularmente crucial en la población en crecimiento con varios factores de riesgo para la inestabilidad esternal, como la obesidad, la diabetes, el tabaquismo, la inestabilidad hemodinámica y el uso de esteroides [17]. La inestabilidad esternal, la infección de la herida, la osteomielitis y la dehiscencia están relacionadas. La cuestión de si la inestabilidad esternal o la infección es el principal problema subyacente en las complicaciones medias de la esternotomía sigue sin resolverse. Losanoff en una revisión del cierre primario de las esternotomías medias, reportó que la menor incidencia de mediastinitis, en muchas series con un cierre esternal mejorado, parecía apoyar la creencia de que la infección de la herida es en gran medida dependiente de la técnica [18]. Fowler y cols. analizaron retrospectivamente 331,429 pacientes que habían sido sometidos a procedimientos de revascularización coronaria (CABG) para identificar factores de riesgo de complicaciones mayores, como mediastinitis (Tabla 1). Además, los autores desarrollaron un sistema

Tabla 2. Diagnósticos de las cardiopatías operadas

DIAGNÓSTICO	FRECUENCIA
Cardiopatía isquémica	36
Doble lesión aórtica	06
Estenosis aórtica	03
Cardiopatía isquémica + doble lesión mitral	02
Doble lesión aórtica + doble lesión mitral	01
CIV postinfarto	01
Disfunción protésica mitral	01
Doble lesión mitral + insuficiencia tricuspídea	01
Cardiopatía isquémica + estenosis aórtica	01
Cardiopatía isquémica + doble lesión aórtica	01
Cardiopatía isquémica + Insuficiencia mitral	01
Insuficiencia mitral + insuficiencia tricuspídea	01

de puntuación simplificado para estimar el riesgo individual de una infección grave. No obstante, el modelo de predicción presentado requiere validación prospectiva [19]. El factor clave para prevenir estas complicaciones es una aproximación esternal estable. Por lo tanto, todas las técnicas pretenden maximizar la estabilidad esternal, pero es difícil diferenciar entre los méritos de varias técnicas. Dependiendo de la cantidad de movimiento y tensión que se coloque en el punto de contacto, el hueso se fracturará frecuentemente antes de que el período de curación sea completo. Especialmente si el esternón es inusualmente estrecho o osteoporótico, o si ha sido manipulado incorrectamente con el retractor del esternón. Casha y cols. concluyeron que las técnicas de cierre de banda peristernal y esternal son significativamente superiores al cierre estándar, mientras que los cierres de poliéster y ocho deben ser realizados con precaución [20]. Bottio y cols. evaluaron la eficiencia del cableado esternal doble cruzado en comparación con el cierre transesternal estándar. Los autores demostraron que la técnica de cableado cruzado peristernal doble alcanzó una estabilidad esternal mayor y una menor incidencia de infección de la herida [21]. Peivandi y cols. evaluaron los factores que conducen a mal resultado después de la revisión quirúrgica del esternón no cicatrizante. Los autores concluyeron que los factores de riesgo pre, intra y postoperatorios tenían una influencia mucho mayor en el resultado después del tratamiento quirúrgico de las complicaciones de la herida esternal profunda que en las estrategias operativas. Por lo tanto, la identificación de los pacientes con un mayor riesgo y tratamiento agresivo de los factores de riesgo podría mejorar los resultados después de la revisión esternal [22].

Todas las técnicas pretenden maximizar la estabilidad esternal, pero es difícil diferenciar entre los méritos de diversas técnicas científicamente. La estabilidad de los cierres de esternotomía se encuentra en el alambre de torsión [23]. Nuestra técnica de entrelazado de cables multitorsión ofrece máxima estabilidad esternal sobre otros tipos de cierres ya que la parte retorcida de este cierre contiene cuatro hilos de alambre [20]. Esta mayor estabilidad en el cierre esternal resulta en una unión ósea más segura [24]. Nuestra técnica de cierre se ha utilizado en 55 pacientes obesos con otros factores de riesgo de dehiscencia esternal con resultados satisfactorios. La serie de casos fue realizada por un solo cirujano durante un período de 3 años, con tasa de dehiscencia del 0%. Casha y cols. reportaron una tasa de dehiscencia esternal con esta técnica de 0.5% [25]. Creemos que la colocación de ocho hilos en lugar de seis reduce aún más la tasa de dehiscencia.

En la técnica de entrelazado de cada unidad del cierre consiste en dos hebras rectas de alambre y dos alambres retorcidos que puentean el esternón. El alambre de torsión aumenta la resistencia del alambre único más allá de las contribuciones aditivas de sus partes constitutivas, el efecto del alambre retorcido corresponde a un calibre más grande de alambre. Las ventajas sobre los cables de ocho hilos incluyen los siguientes: i) Los cables detrás del esternón se tensan antes de los cables anteriores al esternón, ii) la compresión lateral del esternón [26] estabiliza las porciones fracturadas del esternón y disminuye el sangrado del esternón y la médula, iii) con nuestra técnica hay cuatro alambres retorcidos juntos en lugar de

dos, reduciendo así el riesgo de desenroscar, lo que resulta en un cierre más seguro en los casos en que la dehiscencia se produce por el desvío de cables. También el desenroscar con nuestra técnica resultaría en un fallo del elemento anterior del cierre, pero no en el elemento posterior, que se aprieta de forma independiente, iv) El área dentro de la "mordida" de un alambre entrecruzado multitorsión es más grande que otras técnicas. La interconexión de alambre multitorsión da lugar a la distribución del esfuerzo del esterno sobre un área aumentada así disminuyendo el riesgo de corte del alambre a través del hueso [27]. Las desventajas teóricas de esta técnica se relacionan con la mayor cantidad de material extraño localizado anterior al esternón. Esto no ha probado ser problemático en la práctica. Sin embargo, el nudo torcido más grande puede ser más prominente que el nudo torcido convencional en individuos extremadamente delgados, especialmente debido a su ubicación cerca de la línea media. Los alambres se colocan paraesternalmente utilizando la fuerza de la corteza esternal lateral, si el esternón es delgado, estrecho o muestra signos de osteoporosis. Estos incluyen abolladura del esternón por retractores, pandeo de las cortezas esternal con destrucción del espacio de la médula, resistencia mínima a la aguja del alambre o fracturas del esternón.

Se ha probado biomecánicamente la rigidez del cierre de alambre en un modelo metálico esternal [20]. Los resultados mostraron que el cierre más rígido fue el cierre de múltiples hilos entrelazado que desplazó sólo 0.37 mm a una fuerza de 20 kg, mientras que el cierre en 8 desplaza los bordes esternales en 1.20 mm y el cierre convencional de 0.78 mm. Se ha demostrado que la fijación rígida del esternón resulta en la unión temprana [28]. Esta evidencia biomecánica añade peso a nuestra experiencia clínica favorable con esta técnica de cierre.

CONCLUSIONES

Aún no existe una técnica única ampliamente adoptada de cierre esternal. Las técnicas tradicionales no siempre ofrecen una fijación adecuada y pueden dar lugar a complicaciones. Este método de cierre es eficaz, simple y rápido de realizar. No prolonga el cierre del tórax en comparación con el cierre convencional de la esternotomía. Las complicaciones presentadas son mínimas (granuloma o infección superficial). Otro inconveniente que puede presentarse es la perforación de la arteria o venas mamarias o alguna de sus ramas. En nuestra serie se presentaron 3 reintervenciones por sangrado, ninguna relacionada a la técnica de cierre esternal. Creemos que los hilos multitorsión interconectados son un método fiable de cierre de esternotomía que debería reducir significativamente el uso de cierres de rescate complejos para cierres fallidos en pacientes de alto riesgo de dehiscencia esternal como los pacientes obesos o con presencia de osteoporosis.

Existen limitaciones en nuestro estudio, estos fueron el número de pacientes. Sólo se analizó una técnica de cierre esternal utilizada por un solo cirujano en pacientes de riesgo de dehiscencia esternal. Se pretende realizar una segunda parte del estudio comparándola con otros cierres esternales utilizados en nuestro centro hospitalario.

FINANCIAMIENTO: Ninguno.

DECLARACIONES: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

REFERENCIAS

1. Dalton ML, Connally SR, Sealy WC. Julian's reintroduction of Milton's operation. *Ann Thorac Surg* 1992; 53: 532-3.
2. Ott DA, Cooley DA, Solis RT, Harrison CB 3rd. Wound complications after median sternotomy: a study of 61 patients from a consecutive series of 9,279. *Cardiovasc Dis* 1980; 7: 104-11.
3. Ali IM, El-shanafi S, Kinley EC, Clark V. Subtotal median sternotomy for heart surgery. *Eur J Cardiothorac Surg* 2000; 17: 255-8.
4. Choukairi F, Ring J, Thekkudan J. Management of sternal wound dehiscence. *Wounds* 2011; 7: 99-105.
5. Ceresa F, Casablanca G, Patané F. Complicated sternal dehiscence treated with the Strasbourg thoracic osteosyntheses system (STRATOS) and the transposition of greater omentum: a case report. *J Cardiothorac Surg* 2010; 5:53.
6. Loop FD, Lytle BW, Cosgrove DM, et al. J. Maxwell Chamberlain memorial paper. Sternal wound complications after isolated coronary artery bypass grafting: early and late mortality, morbidity, and cost of care. *Ann Thorac Surg* 1990; 49:179 - 87.
7. Harjula A, Jarvinen A. Postoperative median sternotomy dehiscence. *Scand J Thorac Cardiovasc Surg* 1983;17: 277-81.
8. El Gamel A, Yonan NA, Hassan R, et al. Treatment of mediastinitis: early modified Robicsek closure and pectoralis major advancement flaps. *Ann Thorac Surg* 1998;65: 41-7.
9. Schwann TA, Habib RH, Zacharias A, et al. Effects of body size on operative, intermediate, and long-term outcomes after coronary artery bypass operations. *Ann Thorac Surg* 2001; 71:521-31.
10. Olbrecht VA, Barreiro CJ, Bonde PN, Williams JA, Baumgartner WA, Gott VL. Clinical outcomes of noninfectious sternal dehiscence after median sternotomy. *Ann Thorac Surg* 2006; 82:902-7.
11. Di Marco RF, Lee MW, Bekoe S, Grant KJ, Woelfel G, Pellegrini RV. Interlocking figure-of-8 closure of the sternum. *Ann Thorac Surg* 1989; 47:927-9.
12. Wilkinson GAL, Clarke DB. Median sternotomy dehiscence: a modified wire suture closure technique. *Eur J Cardiothorac Surg* 1988; 2:287-90.
13. Goldman G, Nestel R, Snir E, Vidne B. Effective technique of sternum closure in high-risk patients. *Arch Surg* 1988; 123:386-7.
14. Sargent LA, Seyfer AE, Hollinger J, Hinson RM, Graeber GM. The healing sternum: a comparison of osseous healing with wire versus rigid fixation. *Ann Thorac Surg* 1991; 52:490-4.
15. Losanoff JE, Collier AD, Wagner-Mann CC, et al. Biomechanical comparison of median sternotomy closures. *Ann Thorac Surg* 2004; 77: 203-9.
16. McGregor WE, Payne M, Trumble DR, Farkas KM, Magovern JA. Improvement of sternal closure stability with reinforced steel wires. *Ann Thorac Surg* 2003; 76: 1631-4.
17. Pai S, Gunja NJ, Dupak EL, McMahon NL, et al. In vitro comparison of wire and plate fixation for midline sternotomies. *Ann Thorac Surg* 2005; 80: 962-8.
18. Losanoff JE, Jones JW, Richmann BW. Primary closure of median sternotomy: techniques and principles. *Cardiovasc Surg* 2002; 2: 102-10.
19. Fowler VG, O'Brien SM, Muhlbaier LH, Corey GR, Ferguson TB, Peterson ED. Clinical predictors of major infections after cardiac surgery. *Circulation* 2005; 112: 358-65.
20. Casha AR, Yang L, Kay PH, Saleh M, Cooper GJ. A biomechanical study of median sternotomy closure technique. *Eur J Cardiothorac Surg* 1999; 15: 365-9.
21. Bottio T, Rizzoli G, Vida V, Casarotta D, Gerosa G. Double crisscross sternal wiring and chest wound infections: a prospective randomised study. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003; 126: 1352-6.
22. Peivani AA, Kasper-König W, Quinkenstein E, Loos AH, Dahm M. Risk factors influencing the outcome after surgical treatment of complicated deep sternal wound complications. *J Cardiovasc Surg* 2001; 42: 601-3.
23. Hicks GL, Haake W, Stewart SS, DeWeese JA. The nuts and bolts of sternal dehiscence. *Ann Thorac Surg* 1983; 36:364-5.
24. Di Marco RF, Lee MW, Bekoe S, Grant KJ, Woelfel G, Pellegrini RV. Interlocking figure-of-8 closure of the sternum. *Ann Thorac Surg* 1989; 47:927-9.
25. Casha AR, Ashraf SS, Kay PH, Cooper GJ. Routine sternal closure using interlocking multitwisted wires. *Eur J Cardiothorac Surg* 1999; 16: 353-5.
26. Robicsek F, Daugherty HK, Cook JW. The prevention and treatment of sternum separation following open-heart surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1977; 73:267-8.
27. Murray KD, Pasque MK. Routine sternal closure using six overlapping figure-of-8 wires. *Ann Thorac Surg* 1997; 64:1852-4.
28. Sargent LA, Seyfer AE, Hollinger J, Hinson RM, Graeber GM. The healing sternum: a comparison of osseous healing with wire versus rigid fixation. *Ann Thorac Surg* 1991;52:490-4.
19. Shuhaiber J, Anderson R. Meta-analysis of clinical outcomes following surgical mitral valve repair or replacement. *Eur J Cardiothorac Surg* 2007; 31: 267-275.
20. Butchart E, Payne N, Li H, Buchan K, Mandana K, Grunkemeier G. Better anticoagulation control improves survival after valve Replacement. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2002;123:715-23.