



ORIGINAL

15 años de cirugía cardiaca infantil miniinvasiva; evolución y tendencias



Juan-Miguel Gil-Jaurena^{a,*}, María-Teresa González-López^a, Ramón Pérez-Caballero^a, Ana Pita^a, Rafael Castillo^b y Luis Miró^c

^a Cirugía Cardiaca Infantil, Hospital Gregorio Marañón, Madrid, España

^b Cirugía Cardiaca Infantil, Hospital Carlos Haya Málaga, Málaga, España

^c Cirugía Cardiaca Infantil, Hospital Valle de Hebrón, Barcelona, España

Recibido el 4 de mayo de 2015; aceptado el 16 de junio de 2015

Disponible en Internet el 26 de julio de 2015

PALABRAS CLAVE

Cirugía;
Defectos cardiacos
congénitos;
Cardiopatías
congénitas;
Miniinvasiva;
Comunicación
interauricular;
Comunicación
interventricular;
Circulación
extracorpórea

Resumen

Introducción: Los abordajes miniinvasivos en cirugía cardiaca infantil no son habituales. Pocos grupos presentan programas y experiencia, quedando limitados a cardiopatías simples. Presentamos una casuística recopilada a lo largo de 15 años y más de 200 pacientes.

Material y métodos: En el año 2000 comenzamos un programa de acceso submamario, ampliándolo progresivamente a casos complejos y edades menores. En 2009 incorporamos el abordaje axilar, con idénticas pautas. En 2013 iniciamos la cirugía por miniesternotomía inferior, ampliando la cartera de servicios. Entre julio del 2000 y diciembre del 2014 se intervino a 203 pacientes: 102 por vía submamaria, 50 por axilar, 44 por miniesternotomía inferior, 4 por toracotomía lateral-posterior y 3 por miniesternotomía superior.

Resultados: Por patologías, la más frecuente fue la comunicación interauricular *ostium secundum* (128), seguida del seno venoso (20), comunicación interventricular (20), *ostium primum* (16) y otras (19). Un caso fue reconvertido a esternotomía. No hubo eventos neurológicos. Las medias de edad fueron 7,8/3,7 y 1,8 años, con medias de peso de 28,1/16,1 y 9,4 kg en los accesos submamario, axilar y miniesternotomía, respectivamente. Los resultados estéticos han sido excelentes.

Conclusiones: Tras 15 años de experiencia acumulada, la cirugía miniinvasiva es segura y eficaz, con resultados estéticos excelentes. La introducción gradual de diferentes accesos alternativos permite establecer pautas de aprendizaje. La versatilidad de accesos (submamario, axilar, miniesternotomía) facilita la selección de abordajes en función de cardiopatía y edad/peso.

© 2015 Asociación Española de Pediatría. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: giljaurena@gmail.com (J.-M. Gil-Jaurena).

KEYWORDS

Surgery;
Heart defects,
congenital;
Congenital heart
disease;
Minimally invasive;
Atrial septal defect;
Ventricular septal
defect;
Cardiopulmonary
bypass

15 years of minimally invasive paediatric cardiac surgery; development and trends**Abstract**

Introduction: The minimally invasive approach is seldom reported in paediatric cardiac surgery. Teams gathering experience are scarce, with programs focused on simple cases. The experience is presented on a series of over 200 cases operated on in the past 15 years.

Material and methods: A sub-mammary approach program was started in 2000, which was gradually extended to include more complex and younger patients. The axillary incision was adopted in 2009, following the same steps. In 2013, the mini-sternotomy incision was introduced, increasing our armamentarium. From July 2000 until December 2014, 203 patients were operated on. The sub-mammary approach was used in 102 cases, axillary in 50 patients, mini-sternotomy in 44, postero-lateral thoracotomy in 4 cases, and upper mini-sternotomy in 3.

Results: By diagnosis, ostium secundum atrial septal defect was the most common (128), followed by sinus venosus (20), ventricular septal defect (20), ostium primum (16), and others (19). One patient was converted to sternotomy. No neurological events were detected. The mean age was 7.8/3.7 and 1.8 years, and the mean weight was 28.1/16.1 and 9.4 Kg. in the sub-mammary, axillary and mini-sternotomy approaches, respectively. The aesthetic results were excellent.

Conclusions: Based on our 15 years of experience, minimally invasive surgery is safe and yields excellent cosmetic results. The gradual introduction of alternative approaches (sub-mammary, axillary, mini-sternotomy) allowed us to set-up guidelines and learning curves. The wide range of incisions enables the most appropriate one to be selected depending on age/weight and cardiac condition.

© 2015 Asociación Española de Pediatría. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

Debido al auge de los procedimientos en cardiología intervencionista y la difusión de técnicas como laparoscopia o toracoscopia en otras especialidades quirúrgicas, numerosos grupos adoptaron abordajes alternativos a la esternotomía media¹⁻⁷. El entusiasmo inicial, alentado por los avances técnicos de los últimos 25 años, contrastaba con las reticencias de los más conservadores. Dudas respecto a la complejidad y duración de la técnica, así como resultados, no ayudaron a popularizar la cirugía miniinvasiva en las cardiopatías congénitas.

Los accesos quirúrgicos más habituales, como alternativa a la esternotomía media completa son: miniesternotomía inferior⁸⁻¹¹, toracotomía antero-lateral derecha (vía submamaria^{1,12-16}), toracotomía postero-lateral derecha^{17,18} y toracotomía axilar derecha¹⁹⁻²³. Las ventajas son fundamentalmente cosméticas, aunque se apuntan otras tales como: ahorro de hemoderivados, menor tasa de infecciones y recuperación precoz. Por el contrario, los inconvenientes más habituales son la complejidad técnica y curva de aprendizaje, la mayor duración de circulación extracorpórea y el pinzamiento aórtico, dificultad en las maniobras de protección miocárdica y de aireación.

En el presente trabajo, los autores relatan su experiencia a lo largo de 15 años y más de 200 casos. Se describen los criterios de selección y exclusión, así como las maniobras para solventar los inconvenientes antes citados. Detallamos los diversos abordajes utilizados, además de las pautas en

la ampliación de indicaciones hacia casos más complejos y edades menores. Todo ello sin perder de vista la premisa básica de la seguridad del paciente.

Material y métodos

En el año 2000 comenzamos un programa de cirugía cardíaca infantil miniinvasiva a través de un abordaje submamario. Los primeros casos seleccionados fueron mujeres adolescentes con senos desarrollados o surco submamario claramente definido y diagnóstico de CIA tipo *ostium secundum* (CIA OS), descartando la presencia de vena cava superior izquierda (VCSI) y/o ductus permeable. Un cirujano plástico nos ayudó en la apertura y cierre del tórax hasta familiarizarnos con la técnica¹⁶. Básicamente, la incisión en piel se realiza en el surco submamario o 6.º espacio intercostal; se desarrolla una lengüeta músculo-cutánea con el pectoral mayor²⁴ y se accede al tórax por el 4.º espacio intercostal. Tanto la canulación como la corrección se llevan a cabo exclusivamente por dicha incisión, sin accesos auxiliares. Posteriormente, ampliamos la indicación a pacientes de menor edad (niñas y niños) y otras patologías abordables por la aurícula derecha, como CIA seno venoso (SV) o CIA *ostium primum* (OP).

Tras una casuística acumulada de 71 casos, en 2009 incorporamos el abordaje axilar. Varios trabajos^{25,26} alertaban sobre la posibilidad de malformaciones tanto mamarias como dorsales debido a toracotomías antero-laterales y el acceso axilar ganó adeptos¹⁹⁻²¹. Como curva de aprendizaje, realizamos varios casos por toracotomía

Tabla 1 Relación de abordajes y cardiopatías

2000-2014	CIA OS	CIA SV	CIA OP	CIV	Cor Triat	CAV	Mitral	Glenn	Est Ao	Est Sup	Tric	Cim	VD Dc
Subm	72	13	12		2		3						102
Axilar	44	6											50
Mini	12	1	4	20	2	3					1	1	44
Lat-P								2				2	4
Est-S									2	1			3
	128	20	16	20	4	3	3	2	2	1	1	2	203

Axilar: toracotomía axilar; CAV: canal auriculoventricular completo; CIA: comunicación interauricular; Cim: síndrome de cimitarra; Cor Triat: *cor triatriatum*; Est Ao: estenosis valvular aórtica; Est-S: esternotomía parcial superior; Est Sup: estenosis supraválvular aórtica; Lat-P: toracotomía lateral-posterior; Mini: miniesternotomía inferior; Mitral: insuficiencia mitral; OP: *ostium primum* (canal auriculoventricular parcial); OS: *ostium secundum*; SV: seno venoso (con drenaje venoso pulmonar anómalo parcial); Subm: submamaria; Tric: plastia tricúspide; VD Dc: ventrículo derecho de doble cámara (estenosis medio-ventricular).

lateral-posterior^{17,18} antes de «minimizar» la incisión hacia la axila derecha, respetando los músculos dorsal ancho y serrato²⁷. Al igual que en la vía submamaria, todo el procedimiento se realiza íntegramente por el acceso axilar. Del mismo modo que en el acceso submamario previo, la indicación inicial fue la CIA OS, ampliándola posteriormente a la CIA SV.

De forma anecdótica, 4 pacientes fueron intervenidos por toracotomía lateral-posterior (2 casos de Glenn bidireccional, 2 síndromes de cimitarra) y otros 3 (varones) por miniesternotomía superior (2 comisurotomía valvular aórtica, una plastia de aorta ascendente en síndrome de Williams).

La miniesternotomía inferior ha sido la última modalidad adoptada por nuestro grupo, en 2013. Tras incidir la piel por debajo de la línea intermamaria, el esternón es abierto parcialmente. Junto a un separador esternal convencional, se utiliza un sistema de retracción craneal sujeto a la barra horizontal del anestesiólogo⁸⁻¹¹. El objetivo fue el cierre de la comunicación interventricular (CIV), patología corregida en los primeros meses de vida y no abordable con garantías por vía submamaria o axilar. Al igual que en las ocasiones anteriores, los primeros pacientes operados fueron casos más sencillos (CIA OS) hasta completar una curva de aprendizaje y pasar a indicaciones más complejas (CIV, CIA OP, canal auriculoventricular completo, etc.)

Una constante en nuestra filosofía de trabajo ha sido la de realizar la misma técnica y con los mismos pasos a través de una incisión alternativa (fig. 1). Así, las maniobras de canulación (aorta y ambas cavas) para establecer la circulación extracorpórea (CEC), la protección miocárdica (pinzamiento aórtico y cardioplejia por raíz aórtica) y la corrección quirúrgica son llevadas a cabo íntegramente por la única incisión alternativa (submamaria, axilar, miniesternotomía). No usamos puertos adicionales ni modificamos la estrategia de protección miocárdica por cambiar de vía de abordaje.

Resultados

Como se recoge en la tabla 1, el abordaje más utilizado ha sido la incisión submamaria (102), seguida de la axilar (50) y la miniesternotomía (44). Recordemos la incorporación gradual de dichos accesos en 2000, 2009 y 2013,

respectivamente. Los casos de toracotomía lateral-posterior (4) y miniesternotomía superior (3) fueron anecdóticos. Por patologías, la más frecuente resultó ser la CIA OS (128), seguida de la CIA SV (20) y CIA OP (16). Destaca la CIV con 20 casos y de introducción reciente por miniesternotomía en 2013. El resto de las patologías se agrupa en: 4 *cor triatriatum*, 3 canal AV completo, 3 insuficiencia mitral, 2 Glenn bidireccional, 2 estenosis valvular aórtica, 1 estenosis supraválvular aórtica, una plastia tricúspide, 2 síndrome de cimitarra y un ventrículo derecho de doble cámara.



Figura 1 A) Esquemas de diversas incisiones. B) Abordaje por miniesternotomía inferior. C) Abordaje submamario. D) Abordaje axilar.

Tabla 2 Comparación de edad (en años) y peso (en kg) en función del abordaje y la época (medias y rango)

	2000-2008 (71 casos)	2009-2012 (38 casos)	2013-2014 (94 casos)
Submamaria	71 pacientes Edad: 8,6 (3-15) Peso: 31,6 (15-77)	10 pacientes Edad: 6,4 (3-13) Peso: 23,5 (12-38)	21 pacientes Edad: 7,8 (3-14,8) Peso: 28,1 (8-61)
Axilar		26 pacientes Edad: 5,5 (3-9) Peso: 19,7 (14-29)	24 pacientes Edad: 3,7 (1-7) Peso: 16,1 (8-23)
Miniesternotomía inferior			44 pacientes Edad: 1,8 (7 días-8 años) Peso: 9,4 (3-37)
Toracotomía lateral-posterior		2 Glenn Edad: 3,5 (3-4) Peso: 16,5 (16-18))	2 cimitarra Edad: 7 (6-7) Peso: 21 (19-23)
Miniesternotomía superior			3 casos Edad: 11,7 (9-13) Peso: 41,3 (33-48)

Las gráficas de tarta (figs. 2-4) muestran la distribución por patologías en función del abordaje. La CIA OS es la más frecuente en los accesos submamario y axilar, siendo la CIV prevalente en la miniesternotomía. Del mismo modo, la vía axilar recoge solo dos cardiopatías (CIA OS, CIA SV), frente a 5 la vía submamaria (CIA OS, CIA SV, CIA OP, *cor triatriatum* y mitral) e incluso 8 diagnósticos diferentes la miniinvasiva, resultando así la más versátil.

Si revisamos la actividad por épocas (tabla 2), entendiendo como tal las sucesivas incorporaciones de accesos alternativos, el periodo 2000-2008 registra 71 casos de cierre submamario; entre 2009 y 2012 se realizan 38 intervenciones (10 submamarías, 26 axilares y 2 toracotomías postero-laterales) y 94 pacientes son tratados en 2013-2014 (21 submamaria, 24 axilar, 44 miniesternotomía inferior, 3 miniesternotomía superior y 2 toracotomía lateral).

Observamos en dicha tabla 2 cómo han oscilado las medias de edad (8,6/6,4/7,8 años) y peso (31,6/23,5/28,1 kg) en el abordaje submamario a lo largo de los

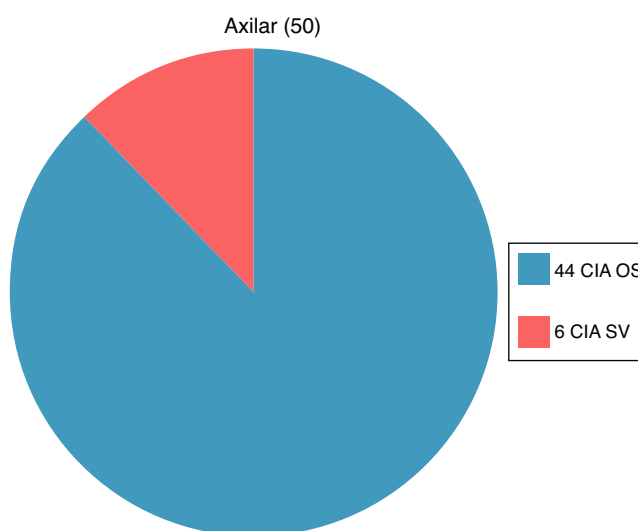


Figura 3 Abordaje axilar.

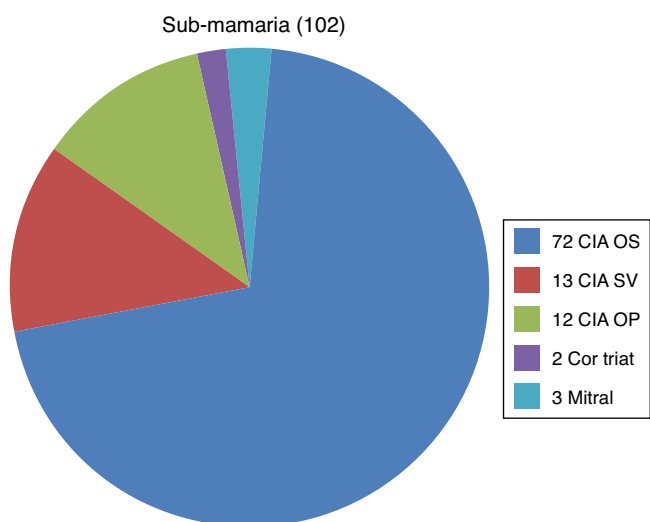


Figura 2 Abordaje submamario.

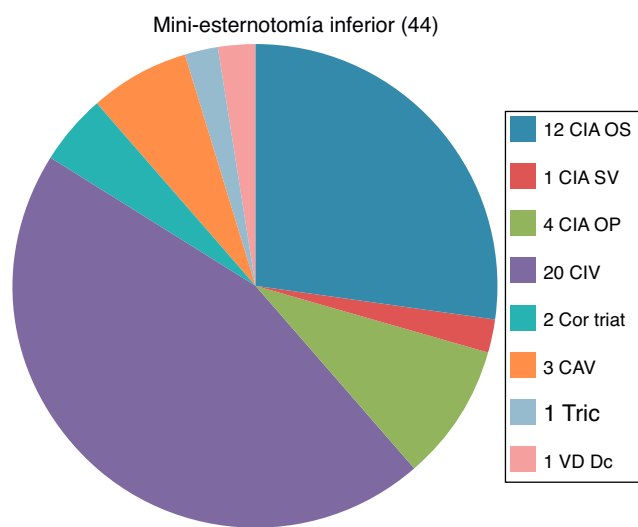


Figura 4 Abordaje por miniesternotomía inferior.

3 periodos. Igualmente, las variaciones en el acceso axilar han sido de 5,5 a 3,7 años y de 19,7 a 16,1 kg, respectivamente. Puede interpretarse como una indicación cada vez más precoz en el cierre quirúrgico de la CIA OS (y SV, en menor medida). Sin embargo, el dato comparativo más evidente radica en la notable diferencia en las medias de edad y peso entre los diferentes abordajes reflejado en la última columna (tabla 2). Son mayores los pacientes intervenidos por acceso submamario (7,8 años; 28,1 kg), medianos los operados por vía axilar (3,7 años, 16,1 kg) y menores los abordados por miniesternotomía (1,8 años, 9,4 kg), como las CIV.

No se registraron eventos neurológicos adversos (confirmando la seguridad de los accesos alternativos y la eficacia de las maniobras de protección y de aireación). Solo un caso hubo de transformarse en esternotomía (tasa de reconversión <0,5%): intento fallido de cierre de CIV por vía submamaria. Tanto familiares como pacientes calificaron como excelente el resultado cosmético (fig. 1).

Discusión

A diferencia de otras especialidades quirúrgicas, la cirugía cardiaca apenas se ha beneficiado de accesos miniinvasivos. Dos son las razones principales: dificultad de operar a través de incisiones pequeñas (o remotas) en un órgano que «se mueve» y precisa circulación extracorpórea (CEC), unido al auge de los procedimientos percutáneos. Tratar una cardiopatía simple (CIA, por ejemplo) evitando la CEC y una esternotomía resultan argumentos incontestables. Frente a ello, los cirujanos buscamos soluciones imaginativas sin renunciar a la seguridad del paciente, avalados por una experiencia de 50 años en el caso concreto de la corrección quirúrgica de la CIA. En otras palabras: conocemos la historia natural de la patología (modificada quirúrgicamente) a largo plazo y además introducimos variantes «estéticas» sin compromiso del resultado inicial.

Como citamos en la introducción, la historia de la cirugía miniinvasiva se remonta a los años 90, principalmente con los accesos por miniesternotomía inferior y toracotomía lateral. La mayoría de los grupos reproducían los mismos pasos a través de un abordaje alternativo, respetando las maniobras de canulación (para la CEC) y protección con cardioplejia. Posteriormente, comenzaron a modificarse algunas técnicas con objeto de minimizar las incisiones. Así, la canulación femoral (arteria y vena) ganó adeptos, al igual que la protección miocárdica sin cardioplejia (fibrilación inducida o corazón latiendo). Los resultados iniciales mostraban tiempos más largos: duración total de la intervención, CEC, isquemia coronaria (pinzamiento) como reflejo de la curva de aprendizaje.

Son varios los factores y las mejoras técnicas que avivan el interés por la cirugía miniinvasiva (más allá de la «competencia» con nuestros colegas hemodinamistas):

1. Ecografía transesofágica (ETE) intraoperatoria. Nos permite visualizar la función miocárdica, posición de cánulas intracardiacas y maniobras para de-aireación de cavidades izquierdas.
2. Mejoras en perfusión, incluyendo cánulas y sistemas de drenaje venoso activo (permite líneas de menor tamaño para un mismo peso).

3. Insuflación de CO₂ en campo operatorio, que minimiza el riesgo de embolia aérea en las maniobras de extracción de aire.

Dichas mejoras redundan en la seguridad del paciente, disminuyendo riesgos relacionados con la protección miocárdica y extracción de aire en cavidades izquierdas (maniobras menos sencillas de realizar en accesos alternativos a una esternotomía media completa).

Los equipos con experiencia acumulada, fundamentalmente en toracotomías laterales, muestran una evolución en sus estrategias quirúrgicas. En grupos alemanes, la incisión submamaria deja paso a la axilar ante la sospecha de deformidades mamarias²⁵ tardías. Posteriormente, se ha comprobado que el acceso²⁴ subpectoral (frente al transpectoral) las previene. Igualmente, sustituyen la protección miocárdica clásica (pinzamiento y cardioplejia) por la fibrilación²⁰ inducida (ayudados por ETE). Vida et al. (Padua, Italia) han recorrido la totalidad de accesos laterales^{5,26}, acompañados de las novedades técnicas. Comenzaron con el abordaje submamario y postero-lateral extenso, incluso diferenciado por sexos²⁸ para después incorporar la canulación femoral (y cervical, en ocasiones) monitorizada por *near infra red spectroscopy*²⁹ (NIRS) para así minimizar progresivamente la incisión original.

Nuestro trabajo recoge la experiencia acumulada a lo largo de 15 años. Se han mantenido 2 premisas: seguridad del paciente y reproducción de los mismos pasos por una única incisión alternativa. Los avances han sido cautos, comenzando por casos «fáciles» y ampliando las indicaciones tras superar curvas de aprendizaje y analizar las distintas fases quirúrgicas de cada procedimiento³⁰. En 2 publicaciones iniciales^{16,22} comparamos los tiempos de CEC y pinzamiento respecto a la esternotomía convencional, demostrando que estas no se incrementaban y ratificando de este modo la seguridad del procedimiento. Una constante en nuestra trayectoria es la *no* modificación de la estrategia de protección miocárdica (pinzamiento aórtico más cardioplejia). No usamos puertos adicionales ni modificamos la técnica de protección miocárdica por cambiar de vía de abordaje: «*same tools, same steps, same risks, different approach*». Consideramos que las alternativas (como fibrilación inducida o corazón latiendo) no se utilizan habitualmente en *casos simples* operados por esternotomía media y no se justifican tan solo por un acceso torácico diferente. Igualmente, la ayuda de uno o varios puertos adicionales (torácicos, femoral, yugular, etc.) convierten a esta variante de cirugía en «pluri-miniinvasiva» y no ha formado parte de nuestra casuística.

La tasa de reconversión ha sido muy baja. Tan solo en uno de los 203 casos (< 0,5%) fue necesaria la reconversión a esternotomía media, comprobando que la CIV no era abordable con garantías por vía submamaria. Otros aspectos, como la ausencia de eventos neurológicos (confirmando la seguridad de los accesos alternativos y la eficacia de las maniobras de protección y de-aireación) o la satisfacción de pacientes y padres, han sido altamente positivos.

La incorporación de los accesos axilar y miniesternotomía de manera progresiva a nuestra práctica habitual nos permite ampliar nuestra cartera de servicios. Prácticamente, el 20% de nuestros casos con CEC se realizan por vía miniinvasiva. En este sentido, el incremento de nuestra actividad

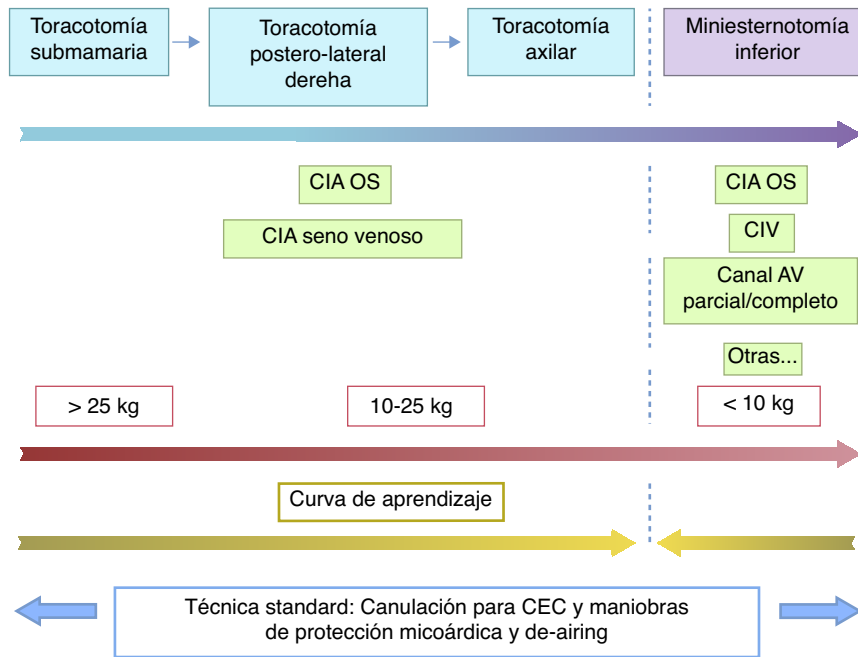


Figura 5 Algoritmo curvas de aprendizaje.

ha sido notable desde que ofrecemos cierres de CIV por miniesternotomía (con su consiguiente curva de aprendizaje con casos más simples). Prevemos un incremento en los casos de miniesternotomía en comparación con el axilar y submamario, dada la ampliación de indicaciones a edades más tempranas y mayor número de patologías. El acceso por toracotomía lateral-posterior utilizado en cuatro pacientes (2 Glenn, 2 síndrome de cimitarra) puede resultar muy útil como paso previo a la vía axilar. Consideramos anecdóticos los 3 casos intervenidos por miniesternotomía superior sobre valvulopatía aórtica o supraavicular, dado el escaso impacto cosmético que ofrecen.

Actualmente, nuestra casuística recoge cardiopatías abordables a través de la aurícula derecha (e izquierda ocasionalmente, como patología mitral y *cor triatriatum*) y alberga casos de complejidad creciente desde CIA OS hasta canal AV completo. Debido a la indicación cada vez más precoz en la corrección de algunas cardiopatías, la versatilidad en los abordajes nos permite seleccionar el más adecuado en cada caso. Los diferentes accesos presentados no son excluyentes entre sí; pueden ofrecerse distintas alternativas en función del tipo de cardiopatía o peso del paciente. Así, tal como se refleja en la tabla 2, una CIV en un niño menor de 10 kg es cerrada a través de miniesternotomía; una CIA *ostium secundum* o CIA tipo *seno venoso* por vía axilar si pesa 16 kg, optando por un abordaje submamario si se trata de una niña mayor con mamas desarrolladas (fig. 5). El abordaje diferencial en función del sexo²⁸ ya no es una premisa; tanto niños como niñas pueden beneficiarse de accesos miniinvasivos hoy en día.

Los estándares de calidad de la cirugía miniinvasiva deben ser idénticos a la convencional. La cosmética es un *valor añadido* a los buenos resultados que registra la cirugía cardíaca infantil en los años recientes. Huelga decir que los accesos alternativos a la esternotomía no deben hipotecar la cirugía. La primera crítica surge de nosotros mismos:

no podemos justificar un mal resultado por una cuestión estética. Conviene aprender a reconocer las propias limitaciones, como nuestro intento fallido de corregir una CIV por vía submamaria.

Desde el punto de vista didáctico, la curva de aprendizaje es progresiva y segura aplicando normas rigurosas en la selección de casos. Nuestra sugerencia para las toracotomías laterales es comenzar por el acceso submamario, continuar por el lateral-posterior y finalmente el axilar. Es conveniente que todo el equipo quirúrgico se familiarice con las técnicas miniinvasivas (fig. 5) y domine los abordajes alternativos a la esternotomía media.

Otros accesos menos invasivos son posibles con tecnología robótica³⁰⁻³³. La dificultad estriba tanto en la carestía del aparataje como en su escasa aplicación a niños por debajo de los 30 kg²³. Un paso intermedio puede darse con la cirugía videoasistida^{34,35}, aplicando la ayuda de material toracoscópico (endoscopio rígido, separadores y pinzas específicas) a los abordajes miniinvasivos.

Conclusiones

La corrección quirúrgica de cardiopatías congénitas seleccionadas mediante un abordaje mínimamente invasivo en edad pediátrica presenta unos excelentes resultados. No incrementa el riesgo quirúrgico, aportando una menor morbilidad postoperatoria y consiguiendo un mejor resultado funcional y estético respecto a la cirugía convencional. Tras una experiencia acumulada de 15 años y más de 200 casos, podemos establecer unas pautas de docencia y curvas de aprendizaje en diferentes accesos. Debido al adelanto progresivo en la edad de corrección quirúrgica en algunas cardiopatías, y gracias a la versatilidad en los diferentes accesos miniinvasivos, elegimos el abordaje más adecuado en función de la edad y la patología.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- Lancaster LL, Mavroudis C, Rees AH, Slater AD, Ganzel BL, Gray LA Jr. Surgical approach to atrial septal defect in the female. Right thoracotomy versus sternotomy. *Am Surg*. 1990;56:218–21.
- Cremer JT, Boning A, Anssar MB, Kim PY, Pethig K, Harringer W, et al. Different approaches for minimally invasive closure of atrial septal defects. *Ann Thorac Surg*. 1999;67:1648–52.
- Hagl C, Stock U, Haverich A, Steinhoff G. Evaluation of different minimally invasive techniques in pediatric cardiac surgery: Is a full sternotomy always a necessity. *Chest*. 2001;119:622–7.
- Del Nido PJ. Minimal incision congenital heart surgery. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*. 2007;19:319–24.
- Vida VL, Padalino MA, Motta R, Stellin G. Minimally invasive surgical options in pediatric heart surgery. *Expert Rev Cardiovasc Ther*. 2011;9:763–9.
- Gil-Jaurena JM, Zabala JI. Cirugía cardiaca mínimamente invasiva en el niño. *Cardiocre*. 2013;48:17–20.
- Luo H, Wang J, Qiao C, Zhang X, Zhang W, Song L. Evaluation of different minimally invasive techniques in the surgical treatment of atrial septal defect. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2014;148:188–93.
- Bichell DP, Geva T, Bacha EA, Mayer JE, Jonas RA, del Nido PJ. Minimal access approach for the repair of atrial septal defect: The initial 135 patients. *Ann Thorac Surg*. 2000;70:115–8.
- Nicholson IA, Bichell DP, Bacha EA, del Nido PJ. Minimal sternotomy approach for congenital heart operations. *Ann Thorac Surg*. 2001;71:469–72.
- Sun HS, Ma WG, Xu JP, Sun LZ, Lu F, Zhu XD. Minimal access heart surgery via lower ministernotomy: Experience in 460 cases. *Asian Cardiovasc Thorac Ann*. 2006;14:109–13.
- Bautista-Hernández V. Cirugía de mínima invasión. *Cir Cardio*. 2014;21:107–10.
- De Mulder W, Vanermen H. Repair of atrial septal defects via limited right anterolateral thoracotomy. *Acta Chir Belg*. 2002;102:450–4.
- Dabritz S, Sachweh J, Walter M, Messmer BJ. Closure of atrial septal defects via a limited right anterolateral thoracotomy as a minimal invasive approach in female patients. *Eur J Cardiothorac Surg*. 1999;15:18–23.
- Mishaly D, Ghosh P, Preisman S. Minimally invasive congenital cardiac surgery through right anterior minithoracotomy approach. *Ann Thorac Surg*. 2008;85:831–5.
- Masseti M, Babatasi G, Rossi A, Neri E, Bhojroo S, Zitouni S. Operation for atrial septal defect through a right anterolateral thoracotomy: Current outcome. *Ann Thorac Surg*. 1996;62:1100–3.
- Gil-Jaurena JM, Murtra M, Gonçalves A, Miró L, Vilá R, García-Górriz M. Estudio comparativo de la vía de abordaje en el cierre de la comunicación interauricular. *Rev Esp Cardiol*. 2002;55:1213–6.
- Metras D, Kreitmann B. Correction of cardiac defects through a right thoracotomy in children. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1999;117:1040–2.
- Vida VL, Padalino MA, Bhattarai A, Stellin G. Right posterior-lateral minithoracotomy access for treating congenital heart disease. *Ann Thorac Surg*. 2011;92:2278–80.
- Yang X, Wang D, Wu Q. Repair of atrial septal defect through a minimal right vertical infraaxillary thoracotomy in a beating heart. *Ann Thorac Surg*. 2001;71:2053–62.
- Schreiber C, Bleiziffer S, Kostolny M, Hörer J, Eicken A, Holper K, et al. Minimally invasive midaxillary muscle sparing thoracotomy for atrial septal defect closure in prepubescent patients. *Ann Thorac Surg*. 2005;80:673–6.
- Prêtre R, Kadner A, Dave H, Dodge-Khatami A, Bettex D, Berger F. Right axillary incision: A cosmetically superior approach to repair a wide range of congenital cardiac defects. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2005;130:277–81.
- Gil-Jaurena JM, Zabala JI, Conejo L, Cuenca V, Picazo B, Jiménez C, et al. Cirugía mínimamente invasiva en niños. Corrección de la comunicación interauricular por vía axilar y submamaria. *Rev Esp Cardiol*. 2011;64:208–12.
- Gil-Jaurena JM, Castillo R, Zabala JI, Conejo L, Cuenca V, Picazo B. Incisión axilar para el cierre quirúrgico de la comunicación interauricular. *An Pediatr*. 2013;79:108–11.
- Dietl CA, Torres AR, Favalaro RG. Right submamarian thoracotomy in female patients with atrial septal defects and anomalous pulmonary venous connections. Comparison between the transpectoral and subpectoral approach. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1992;104:723–7.
- Bleiziffer S, Schreiber C, Burgkart R, Regenfelder F, Kostolny M, Libera P, et al. The influence of right anterolateral thoracotomy in prepubescent female patients on late breast development and on the incidence of scoliosis. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2004;127:1474–80.
- Vida VL, Tessari C, Fabozzo A, Padalino MA, Barzon E, Zucchetta F, et al. The evolution of the right anterolateral thoracotomy technique for correction of atrial septal defects: Cosmetic and functional results in prepubescent patients. *Ann Thorac Surg*. 2013;95:242–8.
- Gil-Jaurena JM, Castillo R, González M. Complete muscle-sparing technique in axillary closure of atrial septal defects. *Asian J Cardiothorac Surg*. 2013;21:756–8.
- Vida VL, Padalino MA, Boccuzzo G, Veshti AA, Speggorin S, Falasco G, et al. Minimally invasive operation for congenital heart disease: A sex-differentiated approach. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2009;138:933–6.
- Vida VL, Padalino MA, Boccuzzo G, Stellin G. Near-infrared spectroscopy for monitoring leg perfusion during minimally invasive surgery for patients with congenital heart defects. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2012;143:756–7.
- Bonaros N, Schachner T, Oehlinger A, Ruetzler E, Kolbitsch C, Dichtl W, et al. Robotically assisted totally endoscopic atrial septal defect repair: Insights from operative times, learning curves, and clinical outcome. *Ann Thorac Surg*. 2006;82:687–93.
- Ma ZS, Dong MF, Yin QY, Feng ZY, Wang LX. Totally thoracoscopic repair of atrial septal defect without robotic assistance: A single-center experience. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2011;141:1380–3.
- Feng Wang MD, Min Li MD, Xuezheng Xu MD, Shiqiang Yu MD, Zhaoyun Cheng MD, Chao Deng MD, et al. Totally thoracoscopic surgical closure of atrial septal defect in small children. *Ann Thorac Surg*. 2011;92:200–3.
- Liu G, Qiao Y, Ma L, Ni L, Zeng S, Li Q. Totally thoracoscopic surgery for the treatment of atrial septal defect without of the robotic Da Vinci surgical system. *J Cardiothorac Surg*. 2013;8:119–22.
- Rotes AS, Burkhart HM, Suri RM, Grogan M, Taggart NW, Li Z, et al. Minimally invasive video-assisted surgical closure of atrial septal defects: A safe approach. *World J Pediatr Congenit Heart Surg*. 2014;5:527–33.
- Zhe Z, Kun H, Xuezheng X, Yunge C, Zengshan M, Huiming G, et al. Totally thoracoscopic versus open surgery for closure of atrial septal defect: propensity-score matched comparison. *Heart Surg Forum*. 2014;17:E227–31.