

La tercera ola de la cirugía cardiaca

Carlos Riera-Kinkel^a

The third wave of cardiac surgery

A review of the history of cardiac surgery around the world is made divided into three stages, the first since the beginning of humanity until 300 years BC; the second moment shows how comes the platform that would give the anatomical and functional bases of the cardiovascular system. This historic moment includes: 1. the description and analysis of the function of blood and its components; 2. the description of the normal and abnormal Anatomy of the human heart and its vessels; 3. the anatomic and functional correlation: Foundation of the deductive thinking, and 4. the anatomic and functional integration with the clinic. Finally, the third wave, which is living today, is the stage of the technological explosion that begins with procedures as thoracoscopic surgery with the concept of reducing surgical trauma through minimum approach surgery. Also the use of robotics to solve some of the alterations in the CC, another is hybrid procedures and finally the use of fetal cardiac surgery.

Se hace una revisión de la historia de la cirugía cardiaca a nivel mundial dividida en tres etapas; la primera desde los inicios de la humanidad hasta 300 años a.C. El segundo momento muestra cómo surge la plataforma que daría las bases anatómicas y funcionales del sistema cardiovascular. Este momento histórico comprende: 1. La descripción y el análisis de la función sanguínea y sus componentes; 2. La descripción de la anatomía normal y anormal del corazón humano y sus vasos; 3. La correlación anatomo-funcional: fundamento del pensamiento deductivo, y 4. La integración anatomo-funcional con la clínica. Por último, la tercera ola, que es la que se vive en la actualidad, es la etapa de la explosión tecnológica que inicia con los procedimientos toracoscópicos, con el concepto de reducir el trauma quirúrgico mediante la cirugía de mínimo abordaje. También está el uso de la robótica para solucionar algunos de las alteraciones en las Cardiopatías Congénitas, otro son los procedimientos híbridos y finalmente la cirugía fetal.

Keywords

Thoracic Surgery
Heart
History of Medicine

Palabras clave

Cirugía Torácica
Corazón
Historia de la Medicina

^aDivisión de Cirugía Cardiotorácica, Hospital de Cardiología, Centro Médico Nacional Siglo XXI, Instituto Mexicano del Seguro Social, Ciudad de México, México

Comunicación con: Carlos Riera-Kinkel
Teléfono: (55) 5627 6927
Correo electrónico: rierac7@gmail.com

El sociólogo canadiense Alvin Toffler,¹ describe las etapas de la evolución de la sociedad en tres olas, siendo la primera ola la etapa agrícola, en donde los hombres pudieron asociarse para realizar las primeras comunidades sedentarias, lo cual permitió un mejor desarrollo. La segunda ola corresponde a la Revolución Industrial, la cual establece los incrementos de la productividad y el desarrollo científico. Por último, la tercera ola, que es la que se vive en la actualidad, es la etapa de la explosión tecnológica, por lo que haciendo un símil de estos eventos con el desarrollo de la cirugía cardiaca, el presente artículo plantea comentar cada una de estas etapas en relación con el desarrollo de la cirugía cardiaca.

Primera ola

Primer momento: de la praxis a la razón (del paleolítico a Egipto (30 000 a 300 años a. C.)

Aquí seguimos los lineamientos recomendados por el Dr. Fause Attie;² el hombre primitivo percibió la importancia del corazón. Dejó huella de este concepto en sus dibujos rupestres, el más antiguo es el que corresponde a la figura de un mamut, la cual fue descubierta en la cueva de Pindal, en España, en 1908 por Abbe Breuil, quien le atribuyó una antigüedad de 30 mil años. Se señala en el dibujo, la posición de una sombra a la altura del hombro que corresponde al corazón, siendo así la primera evidencia histórica de

la que se tiene registro sobre el conocimiento de este órgano. Mesopotamia fue una de las primeras civilizaciones que desarrolló un imperio, dejando evidencia de escritos bien estructurados en tablillas de cerámica que habrían de ser sustituidas por cilindros de madera donde se inscriben tratados de medicina, con símbolos cuneiformes. Los primeros escritos acerca de las malformaciones congénitas en el ser humano fueron también señalados en dichas tablillas cuneiformes, las cuales se conservaban en la Biblioteca Real de Nínive (hoy es la ciudad de Mosul, en Irak). Es el primer escrito donde se describe la *ectopia cordis*. Así, en hipérbole “el corazón histórico” del conocimiento del sistema cardiovascular nació en el mundo árabe.

Con la llegada de los egipcios (3000 a. C.), mucha de su información fue copiada a papiros, siendo para la cardiología los más famosos el de Edwin Smith y el de Ebers, en donde se describen claramente fenómenos como la circulación y su relación con el corazón, y se señala de manera exacta la localización del mismo. Es en el papiro de Ebers donde se describe de forma detallada la importancia de la palpación del pulso asociado con la vida. Además, siempre estuvo presente la interpretación mística, mágica y religiosa, tal como se ilustra en un bajorrelieve egipcio que data del 1250 a. C., en donde en el juicio final se valoraba el peso del corazón como un indicador de la conducta en vida del sujeto, siendo después entregado a su devorador místico (figura 1).

Así, la palpación del pulso arterial fue la única ventana hacia el corazón durante miles de años, y quién diría que después de 6000 años de observaciones y razonamientos, la palpación del pulso se transformaría en la actualidad una ventana real para observar su interior a través de catéteres y permitir no solo su estudio, sino también su terapéutica.

Los chinos por su parte, hacia el año 260 a. C., hicieron importantes observaciones. Chi Huang Ti, el emperador amarillo, afirmó que la sangre fluía continuamente en círculo por todo el cuerpo sin un principio ni un fin y “nunca se detenía”. Él afirmó que la sangre era gobernada por el corazón y fue el primero en asociar el incremento de la fuerza del pulso con la ingesta de sal.

El segundo momento histórico, al que el Dr. Attie ha llamado la transición del pensamiento descriptivo simple al comparativo, se presenta al describir cómo surge la plataforma que daría las bases anatómicas y funcionales del sistema cardiovascular para un pensamiento más analítico, y así dar el gran salto al razonamiento deductivo.² Este momento histórico se titula: El sistema cardiovascular en salud y enfermedad: un viaje desde Aristóteles hasta Maude Abbot. Este momento histórico es crucial para la evolución del pensamiento humano, y la medicina no fue la excepción.



Figura 1 Escena del libro de los muertos, papiro de Hu-nefer, XIX dinastía (1307-1196 A. C.) (Museo Británico, Londres), en donde se muestra al difunto acompañado por Anubis, y su corazón es pesado; una segunda figura de Anubis comprueba la balanza, mientras que el “devorador” está presente y Thoth registra el resultado. En el grabado de la parte superior el difunto adora a un grupo de deidades

ción; por ello, si se tuviese que señalar cuáles son las principales aportaciones que más tarde sustentarían no sólo a la Medicina y a la Cardiología en general, sino también a los orígenes de la cardiología pediátrica, serían cuatro: 1. La descripción y el análisis de la función sanguínea y sus componentes; 2. La descripción de la anatomía normal y anormal del corazón humano y sus vasos; 3. La correlación anatomo-funcional: fundamento del pensamiento deductivo, y 4. La integración anatomo-funcional con la clínica.

Estas aportaciones fueron las bases para el abordaje sistemático en el estudio de las cardiopatías congénitas, dando el gigantesco paso histórico del pensamiento deductivo al aplicativo, es decir a la comprobación de hipótesis.

Aristóteles fue quien describió los latidos en el corazón del pollo. Hipócrates, por su parte, basó su pensamiento en la Teoría de los cuatro humores, a saber: sangre, flema, bilis amarilla y bilis negra. Las mezclas variables de estos humores en diversas personas determinaban sus ‘temperamentos’, así como sus cualidades físicas y mentales. Los árabes aceptaron estas hipótesis.

Sin embargo, debieron de transcurrir más de cuatro siglos entre Aristóteles y Galeno para que se conociera gran parte de la anatomía cardiaca, y fue precisamente Galeno quien intentó explicar las funciones del foramen ovale y del conducto arterioso. Galeno pensaba que la sangre pasaba al pulmón en donde era purificada y que ésta se mezclaba con el Pneuma para llegar al ventrículo izquierdo; sin embargo, afirmó que el hígado era el órgano central del cuerpo, productor de sangre fresca. La Iglesia consideró su trabajo como una auténtica inspiración divina, por lo tanto infalible, otorgándole el calificativo de “Galen el Divino”.

La medicina árabe entró en este escenario con un movimiento activo de traducción de la filosofía griega, la ciencia y la medicina. Ibin Al-Nafis fue un médico árabe reconocido en Damasco en el año de 1210 por el descubrimiento de la circulación pulmonar, concepto al que llegó seguramente por reflexión pura, porque la disección estaba prohibida por la ley musulmana. Afirmó que la sangre se mezclaba con el aire de los pulmones y negó rotundamente la porosidad del septum interventricular. Sus teorías no fueron aceptadas por sus contemporáneos.

Al arribo del Renacimiento Italiano durante los siglos XV y XVI, el conocimiento del corazón tuvo un nuevo impulso, especialmente con el estudio de la anatomía humana, basado en el método de la disección en cadáver y la introducción de los nuevos conceptos de la anatomía patológica.

De esta forma, Leonardo Da Vinci describió y dibujó un caso de defecto septal atrial. Los trabajos

de Leonardo sobre anatomía siguen sorprendiendo a propios y a extraños; en uno de sus bocetos se observa la primera descripción del corazón univentricular con comunicación interatrial y la persistencia de la vena cava superior izquierda.

Miguel Serveto no fue un pensador pasivo, definitivamente su rebeldía de pensamiento revolucionó la ciencia. Fue el primer personaje de occidente en dudar de las aseveraciones de Galeno. En un capítulo de su libro “Rescatando al Cristianismo”, describió el paso de la sangre por los pulmones, sitio en el que cambiaba de color e igualmente negó la presencia de poros en el septum interventricular. Fue incinerado vivo en 1553 acusado de herejía por cuestionar a Galeno el Divino y negar a la doctrina de la trinidad (figura 2).

Fue en Padua, Italia, donde nueva información acerca de la circulación fue aportada por Jerónimo Fabricio. En sus estudios de disección humana descubrió las válvulas venosas y fue el primero en documentar la anatomía del foramen oval y la persistencia del conducto arterioso en el feto humano.

Por su parte Andreas Vesalius realizó un tratado del corazón como órgano central, retirando la idea del hígado como reservorio y centro de la circulación. Él afirmó que las venas pulmonares llevaban la sangre procedente desde los pulmones al atrio izquierdo. Reconoció además que las venas en general poseían “ostíolas” o pequeñas puertas denominadas más tarde como valvas venosas (figura 3).

Así, la historia está llena de descubrimientos parciales que con el paso del tiempo los grandes pensadores fueron capaces de conjuntar y consolidar para dar origen a un cambio radical al conocimiento y por ello pasan a la historia.

Tal es el caso de William Harvey, quien revolucionó el pensamiento por su capacidad de síntesis de todas las aportaciones al conocimiento médico. Su tratado “De Motu Cordis” marcó una nueva era en la cardiología. Se inicia así la clínica clásica, como un intento de correlacionar los aspectos anatómicos y funcionales en condiciones de salud y enfermedad. Se da principio a la medicina experimental para comprobar todo lo sintetizado en su tratado. Demuestra el papel de las valvas venosas como contenedoras del retorno venoso e infirió la existencia de capilares de enlace entre arterias y venas, aunque no pudo demostrarlo por la falta de microscopio (figura 4).

Marcello Malpighi demostró experimentalmente la existencia de capilares, del endotelio y describió por vez primera a los eritrocitos como responsables de que la sangre sea roja. Por lo anterior, es considerado como el padre de la microanatomía e histología. Estos hallazgos serían confirmados por el holandés Anton Van Leeuwenhoek, quien describió a los corpúsculos



Figura 2 Miguel Serveto y Conesa (1509-1553)



Figura 3 Andreas Vesalius (1514-1564)



Figura 4 William Harvey (1578-1657)

en los capilares de la oreja del conejo y sobre la piel de la rana, con un sistema de lupas que más tarde se llamaría microscopio. El microcosmos, daría un universo de conocimientos que hoy día nos sigue maravillando (figura 5).

Simultáneamente en esa época, los descubrimientos tecnológicos y la fabricación de máquinas (sobre todo las de vapor), sacudirían al mundo y, lógicamente, la medicina no estuvo al margen. Así, René Descartes quien era “mecanicista” en la concepción de

la naturaleza describió en 1637, al ser humano como una máquina, y dio su toque a las ideas de Harvey, ya que pensaba que la sangre al pasar por los pulmones se condensaba y al llegar al corazón esta se volvía a gasificar originando la expansión pulsátil del corazón, siempre negó la contracción y afirmó la expansión del corazón como su función principal.

La fisiología tuvo su época de esplendor en los albores del siglo XVIII. Stephen Hales, describió la medición de la presión arterial colocando un tubo en una arteria de caballo, con lo que demostró el bombeo intermitente del corazón. Una mención especial al respecto merece Nicolás Steno (del danés: Niels Stensen) quien fue educado en un ambiente luterano. Él describió en 1665 por primera vez lo que más tarde sería denominado la Tetralogía de Fallot. Además, Steno fue el primero en cuestionar las hipótesis de condensación de la sangre en los pulmones y su gasificación en el corazón como medio para conseguir el bombeo descrito por William Harvey. Steno, se convirtió en misionero católico y fue beatificado en 1988 por su santidad Juan Pablo II.

Hacia fines del siglo XVIII Morgagni crea las bases de la anatomo-fisiología comparada y su libro es uno de los más grandes de la historia, ya que describe perfectamente a la comunicación interventricular y al ventrículo único, confirmando las observaciones de Leonardo Da Vinci.

Resulta interesante cómo a través de la historia se repiten hechos de gran trascendencia para el avance científico y, en muchas ocasiones, sin la necesidad de equipos sofisticados. Un buen ejemplo de ello es Laennec, inventor del estetoscopio como herramienta para el diagnóstico. En 1819 da un salto enorme al



Figura 5 Anton van Leeuwenhoek Vagi (1632-1723)



Figura 6 René Théophile Hyacinthe Laënnec (1781-1826)

conocimiento clínico y demarca un nuevo rumbo para la cardiología, pues en su tratado sobre auscultación fueron descritas algunas cardiopatías congénitas (figura 6).

El primer libro escrito sobre “malformaciones del corazón humano” del que se tiene registro es el de Thomas Peacock, en 1858. Es una de las obras más completas al correlacionar los datos anatómicos con los clínicos. Su descripción magistral de lo que más tarde se llamaría tetralogía de Fallot es hoy día un clásico; además describió el soplo de la estenosis pulmonar.

La correlación de la anatomía con los signos fisiológicos toma su cauce al que se agregan la anomalía de la válvula tricúspide descrita por Ebstein en 1866 y la inversión del flujo intracavitario descrita por Eisenmenger en 1897.

En homenaje a Arthur Fallot, “padre de la medicina forense” se otorgó el epónimo a la malformación congénita cianótica, conocida como tetralogía de Fallot. Dos de los más eminentes patólogos, Robert Anderson y Richard van Praagh quienes han tenido discrepancias en la nomenclatura de las cardiopatías congénitas, están de acuerdo con el epónimo de Tetralogía de Fallot.

La clínica tuvo su esplendor con la descripción de signos y soplos característicos; así por ejemplo, la extraordinaria contribución de Roger, en 1879 en la que aseveró que el soplo de la comunicación interventricular era patognomónico, fue un concepto irrefutable que sólo pudo ser demostrado hasta la época del ECO doppler a color, muchas décadas después.

Sorpresivamente Gibson, no fue el primero en reconocer el soplo de la persistencia del conducto

arterioso descrito por él en 1900. Sin embargo, su publicación fue extraordinaria porque expresó el concepto del soplo en términos fisiopatológicos al explicar su producción por la diferencia de presiones entre la aorta y la arteria pulmonar. Resulta impactante saber que el diagrama de la auscultación clásica de Gibson fue por lo menos 30 años antes al uso de la fonocardiografía.

Los grandes descubrimientos tecnológicos de fines del siglo XIX se convirtieron en nuevas herramientas para el clínico, tales como los Rayos X, la fluoroscopía y la electrocardiografía, incorporadas al estudio en la práctica clínica.

Segunda ola

Dos colegas que compartieron aula, la Dra. Maude Abbot y la Dra. Helen Brooke Taussing presentaron la primera clasificación de las cardiopatías congénitas (CC), cuyo fundamento radicó en dos características: la primera es el desarrollo de los ventrículos, y la segunda, la magnitud del flujo pulmonar. En aquel momento las CC eran catalogadas como cianógenas y no cianógenas, y el diagnóstico de cualquiera de ellas era equivalente a un pronóstico fatal (figura 7).

La Doctora Taussing estaba interesada en resolver la problemática de sus pacientes en los pabellones de la Universidad de Baltimore, de los niños catalogados como “azules”, y que morían desafortunadamente sin ningún tipo de tratamiento (figura 8).

En el año de 1939 el Dr. Robert Edward Gross, cirujano de la Universidad de Harvard, exaltaba la



Figura 7 Maude E. Abbott (1869-1940)



Figura 8 Helen Brooke Taussig (1898-1986)



Figura 9 Vivien Theodore Thomas (1910-1985)

importancia del cierre del conducto arterioso o de Botal, dado que la expectativa de vida para estos pacientes era de tan solo dos décadas. La doctora Taussing le propone la posibilidad de incrementar el flujo pulmonar, mediante la creación de un ducto muy semejante al conducto arterioso para resolver la problemática de los niños azules. De manera pronta, el Dr. Gross rechaza dicha propuesta, justificado por el hecho de que recientemente había publicado los beneficios del cierre y que sería incongruente una propuesta contraria.²

Para la Dra. Taussing esto no fue una limitación a sus ideas, por lo que se acerca a otro eminentе ciru-

jano, reconocido por sus cualidades académicas, el Dr. Alfred Blalock, quien acepta que es una buena idea, y que era posible aplicar los modelos que previamente había diseñado con la ayuda de su jefe del Laboratorio de Cirugía experimental, Vivian Thomas, afroamericano procedente de una familia de carpinteros y notable por su creatividad y habilidad quirúrgica (figura 9).

El modelo consistía en descender la arteria subclavia izquierda y anastomosarla directamente a la arteria pulmonar izquierda. Ante los ojos maravillados tanto del personal de anestesia como enfermería, el Dr. Blalock asistido por quien en ese momento era residente, el Dr. Denton Cooley, que aceptó ayudar a Blalock, a pesar de que muchos cirujanos se oponían a realizar dicho procedimiento.³

El Dr. Billroth, durante una reunión de la Academia de Cirujanos, dijo: "Debe ser expulsado de la academia a todo aquel que se atreviera a suturar el corazón"; un cirujano que se atrevió a ir contra esta máxima fue el Dr. Walter Lilihei, quien se encontraba experimentando sobre la perfusión de órganos, y la circulación cruzada, que ya había sido propuesta por Carrel y Lindberg, que con un sistema de vidrio de baja porosidad, permitía la perfusión de órganos y que más tarde se convertiría en la empresa Pirex.⁴

Una mañana de abril de 1954, una pequeña de nombre Pamela se convertiría en la primera paciente que se beneficiaría de la primera cirugía de corazón, con un sistema de circulación cruzada, que recuerda al cuadro de Frida Kahlo, sometida al cierre de una comunicación interventricular, que antes de esta fecha se consideraba fatal (figura 10).



Figura 10 Las dos Fridas como ejemplo de circulación extracorpórea cruzada. Frida Kahlo, 1939

Su madre se prestó a dicho procedimiento, el cual resultó exitoso, y permitió que el procedimiento se extendiera por todos los Estados Unidos de Norteamérica (EE.UU.). Pronto se empezaron a desarrollar los centros de cirugía cardiaca, principalmente en Michigan y Houston, Texas, los cuales se enfocaron al desarrollo de varios sistemas de derivación cardiopulmonar, tal fue el caso de los prototipos de de Wall de 1955 y de Wall-Gott de 1956, que eran oxigenadores de burbuja, más tarde Ellis-Cooley-Debakey en 1961.⁵

El Dr. John Gibbon y su esposa Mary Hopkinson, quienes vivieron toda su vida en un área suburbana del centro de los EE. UU.; Gibbon creció en una pequeña granja de Kentucky y trabajó ordeñando vacas; ese mismo principio de la digitalización secuencial que provoca la propulsión de la leche, así como de un sistema de rodillos, terminó en el desarrollo de una bomba de circulación extracorpórea⁶ (figura 11).

Una vez que los sistemas de derivación cardiopulmonar fueron perfeccionados, se hicieron posibles los avances en varias técnicas de corrección total de varias CC como padecimientos más complejos como la tetralogía de Fallot y la doble vía de salida del ventrículo derecho.

Rastelli⁷ propone muchas de las técnicas que sirven tanto para septar el corazón para el canal auriculoventricular, así como para restituir la continuidad ventrículo-arterial con un tubo valvulado, principio que fue aplicado por Ross y Konno utilizando injertos pulmonares para ampliar el anillo aórtico y homoinjertos para restituir la continuidad ventrículo arterial.⁸

El siguiente problema a resolver era la transposición de grandes vasos, donde se propone en primer término la reconstrucción fisiológica propuesta por Senning⁹ y Mustard,¹⁰ pero debido a la gran incidencia de arritmias auriculares, Jatene,¹¹ un cirujano brasileño, propone la reconstrucción anatómica, que consiste en realizar un switch arterial, con reimplantación de las arterias coronarias, dicho procedimiento ha demostrado su efectividad con el paso de los años.

El siguiente gran paso de la cirugía de las CC, que se asoció a la cirugía de Jatene, fue la propuesta del Dr. Aldo Castañeda, para corregir las CC en los primeros meses de vida, lo cual transformó la cirugía cardiaca neonatal, obligando entonces a mejorar los sistemas de asistencia circulatoria y reducir la respuesta inflamatoria, durante la derivación cardiopulmonar.¹²

De la mano de las técnicas que requieren de una gran habilidad técnica, como la cirugía de Jatene, las otras dos malformaciones de difícil resolución son la atresia pulmonar con comunicación interventricular, y colaterales aorto-pulmonares, a las que el Dr. Frank

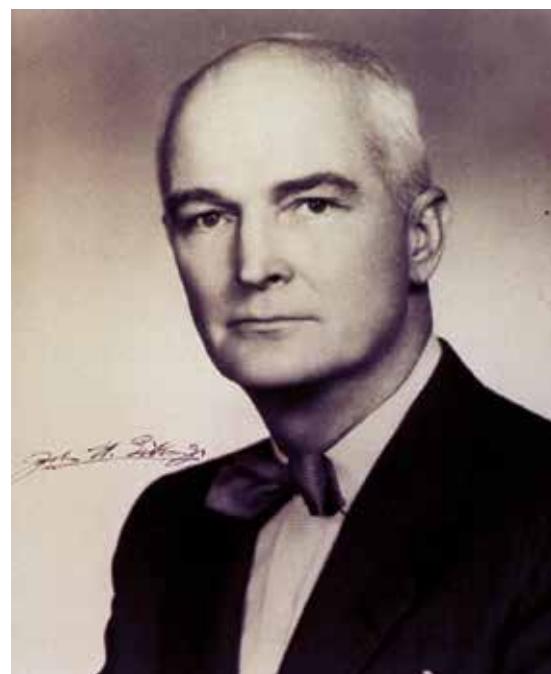


Figura 11 John H. Gibbon Jr. (1904-1973)

Hanley^{13,14} ha participado tan activamente, y por otro lado la corrección de la hipoplasia de ventrículo izquierdo, por parte del Dr. William Norwood,¹⁵ que establece los conceptos que aún anulan al Fontan para la corrección de la forma univentricular.

Una vez resueltas, por parte de gran parte de los países avanzados, estas CC tan complejas, se demostró que los resultados de la cirugía cardiotóraca pediátrica dependen de un equipo bien integrado de cirujanos, anestesiólogos, perfusionistas, instrumentistas, intervencionistas y especialistas en medicina crítica, los cuales, en conjunto, establecen que los resultados son directamente proporcionales al volumen de procedimientos realizados, e inversamente proporcionales al grado de complejidad de dichos procedimientos, los cuales ya han sido categorizados por seis niveles de riesgo.¹⁶

Tercera ola

La tercera ola de la cirugía cardiaca de la CC, inicia en los procedimientos toracoscópicos, impulsados predominantemente por el Dr. Redmond Burke, el cual apoya el concepto de reducir el trauma quirúrgico mediante la cirugía de mínimo abordaje.¹⁷ De la misma forma, el Dr. Pedro del Nido y su grupo, en Boston, han promocionado el uso de la robótica para solucionar algunos de las alteraciones en las CC.¹⁸

El perfeccionamiento de las técnicas en la ecocardiografía fetal, demostró que el pronóstico de vida

se mejora rotundamente cuando el diagnóstico se hace en el periodo preoperatorio, lo cual provoca una inercia de pensamiento que plantea la posibilidad de intervención fetal, la cual se propone para varias áreas, como es el caso de las hernias diafragmáticas izquierdas, que provocan hipoplasia ipsilateral del pulmón con hipertensión arterial pulmonar secundaria. De la misma forma es posible solucionar lesiones obstructivas de tráquea, así como intervencionismo con cateterismo guiado por ultrasonografía para realizar angioplastia de la arteria pulmonar y/o aórtica. Ambas intervenciones mejoran rotundamente el desarrollo ventricular y, con ello, el pronóstico de estos pacientes.

La diferencia de los países avanzados a los que se encuentran en vías de desarrollo radica justamente en que los países en vías de desarrollo solo han podido mejorar sus resultados en la segunda ola, siendo los resultados de medianos a deficientes en los de la tercera ola, cuyo problema radica no en una problemática individual de cada servicio sino en la interacción de los mismos. Este principio empuja lo que ya todos estamos viendo en cirugía de CC, es que los procedimientos híbridos alcanzarán en el futuro un crecimiento exponencial, cuando tanto cirujanos como intervencionistas comprendan que sus tareas no son privativas de su área, sino que son producto del apoyo conjunto de cada especialidad, para mejorar la calidad de vida de los pacientes.

Sin duda alguna los avances en la cirugía de CC es inmensa, lo cual ha provocado no solo el incremento de la sobrevida y de la calidad de vida de los pacientes, sino la modificación de la epidemiología de toda la cirugía cardiaca para el futuro, pues el cirujano cardiaco que está avezado en las CC le permitirá tratar en el futuro a muchos de los pacientes operados durante la infancia de problemas congénitos y que, en una alta frecuencia, se encontrarán más adelante con problemas valvulares importantes, los cuales deben de ser solucionados por un cirujano cardiaco que esté familiarizado de la fisiopatología y de las variedades anatómicas de estos pacientes.

Los avances de este tipo de cirugía se contrastan con los costos de la misma, provocando abismos éticos por solucionar, pues algunos países optan por el aborto en lugar de plantear la posibilidad de dar resolución a problemas de tan alta complejidad. Pero sea cual sea el criterio ético de cada institución, lo anterior hace que muchas de nuestras instituciones se planteen el reto de solucionarlas, lo cual no deja de sorprendernos día con día.

El desarrollo tecnológico de sistemas sofisticados para la monitorización, y la derivación cardiopulmonar fueron las bases para vislumbrar conceptos que pueden llevarnos hasta la frontera de lo inimaginable.

Estos avances se han centrado en tres áreas:

- Cirugía toracoscópica. Aplicando el principio del mínimo abordaje, no solo para fines estéticos, sino para reducir el trauma quirúrgico. Con esto se han podido diseñar procedimientos quirúrgicos que permitan el cierre de conducto arterioso, corrección de anillos vasculares, etc.¹⁹
- Mínimo abordaje. Se desarrolla con el objetivo de disminuir el trauma, y asociado al diseño de sistemas de circulación extracorpórea, que permita el drenaje venoso por succión activa permite que los dispositivos sean cada vez más pequeños y con ello se puede colocar al paciente en derivación cardiopulmonar, con incisiones más pequeñas.^{20,21}
- Cirugía robótica. Une los conceptos anteriores, otorgando al cirujano mayor precisión para desarrollar su cirugía.²²
- Cirugía híbrida. Este concepto está tomando cada vez mayor brío, pues es posible realizar correcciones quirúrgicas de manera simultánea con cirugía y cardiología intervencionista, pues es posible resolver circunstancias que son de difícil acceso para el cirujano, para reducir los tiempos quirúrgicos o la magnitud de la invasión. De este proceso se han creado varias técnicas como implante de prótesis pulmonares por vía percutánea, colocación de 'stents' para coartación de aorta en niños cada vez más pequeños, cirugía endoscópica transoperatoria, para la colocación de 'stents' perioperatorios, Norwood híbrido (colocación de 'stent' en conducto arterioso, bandaje de ambas ramas de la pulmonar), lo cual permite el crecimiento del paciente y mejorar el índice de sobrevida de los pacientes con hipoplasia de ventrículo izquierdo.²³
- Cirugía fetal. Se refiere al intervencionismo relacionado a malformaciones cardíacas y no cardíacas, que mejoran la sobrevida de los pacientes una vez nacidos. Con la ayuda del ecocardiograma fetal, es posible identificar *in utero* cardiopatías congénitas como la hipoplasia de ventrículo izquierdo, lo cual permite introducir, mediante una punción guiada con el ultrasonido, directamente en el miocardio del feto un balón que dilate la vía de salida del ventrículo izquierdo.²⁴ Por otra parte es posible resolver la hipoplasia pulmonar derivada de la hernia de Bochdalek, pues al resolverse *in utero*, el feto desarrolla normalmente el pulmón, y con ello se evita la hipertensión.^{25, 26}

Declaración de conflicto de interés: los autores han completado y enviado la forma traducida al español de la declaración de conflictos potenciales de interés del Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas, y no fue reportado alguno que tuviera relación con este artículo.

Referencias

1. Toffler A. *The third wave*. New York: Plaza and Janes; 1979.
2. Attie-Cury F. Pasado, presente y futuro de la cardiología pediátrica. En: Zamora-González C, editor. *El estado actual de la cardiología pediátrica en México*. México: Círculo de Especialistas en Cardiopatías Congénitas; 2011.p.325-52.
3. Chávez-Sánchez I. *Diego Rivera. Sus frescos en el INC*. México: INC; 1946.
4. Gross RE. Surgical ligation of a patent ductus arteriosus. Report of first successful case. *JAMA*. 1939; 112: 729-31.
5. Blalock A, Taussig HB. The surgical treatment of malformations of the heart in which there is pulmonary stenosis or pulmonary atresia. *JAMA*. 1945; 128:189-202.
6. Lillehei CW, Cohen M, Warden HE y col. The results of direct vision closure of ventricular septal defects in eight patients by means of controlled cross circulation. *Surg Gynecol Obstet*. 1955; 101: 446-52.
7. Jonas RA. *Comprehensive surgical management of congenital heart disease*. London: Arnold; 2004.
8. Gibbons JH. Application of mechanical heart and lung apparatus to cardiac surgery. *Minn Med*. 1954; 33: 171-85.
9. Rastelli GC, Kirklin JW, Titus JL. Anatomic observation on complete form of persistent common atrioventricular canal with special reference to atrioventricular valves. *Mayo Clin Proc*. 1966; 41: 296-308.
10. Ross DN, Somerville J. Correction of pulmonary atresia with a homograft aortic valve. *Lancet*. 1966; 2: 1446-7.
11. Senning A. Surgical correction of transposition of great vessels. *Surgery*. 1959; 45: 966-1004.
12. Mustard WT. Successfull two stage correction of transposition of the great vessels. *Surgery*. 1964; 55: 469-72.
13. Jatene AD, Fontes VF, Paulista PP y col. Anatomic correction of transposition of great vessels. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1976; 72: 364-70.
14. Castaneda AR, Lamberti J, Sade RM, Williams RG, Nadas AS. Open-heart surgery in the first three months of life. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1974; 68:719-31.
15. Castañeda AR, Jonas RA, Mayer JE, Hanley FL. *Cardiac surgery of the Neonate and Infant*. Philadelphia: WB Saunders Company; 1994. p.8-18.
16. Reddy VM, McElhinney DB, Silverman NH, Hanley FL. The double switch procedure for anatomical repair of congenital corrected transposition of the great arteries in infants and children. *Eur Heart J*. 1997; 18: 1470-7.
17. Norwood WI, Dobell AR, Freed MD, Kirklin JW, Blackstone EH. Intermediate results of the arterial switch repair. A 20-institution study. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1988;96:854-63.
18. Riera-Kinkel C. Actualidades en el tratamiento quirúrgico de las cardiopatías congénitas. *Rev Mex Pediatr*. 2010; 77 (5): 214-23.
19. Burke RP, Jacobs JP, Cheng W, Trento A, Fontana GP. Video-assisted thoracoscopic surgery for patent ductus arteriosus in low birth weight neonate and infants *Pediatrics*. 1999; 104 (2 pt1):227-30.
20. Pigula FA, Khalil PN, Mayer JE, del Nido PJ, Jonas RA. Repair of tetralogy of Fallot in neonates and young infants. *Circulation*. 1999; 100: 157-61.
21. Mazzera E, Brancaccio G, Feltri C, Michielon G, Di Donato R. Minimally invasive surgical closure of patent ductus arteriosus in premature infants: a novel approach. *J Card Surg*. 2002; 17(4): 292-6.
22. Nicholson IA, Bichell DP, Bacha EA, del Nido PJ. Minimal sternotomy approach for congenital heart operations. *Ann Thorac Surg*.2001; 71(2): 469-72.
23. Meehan JJ, Sandler A. Pediatric robotic surgery: A single-institutional review of the first 100 consecutive cases. *Surg Endosc*. 2008; 22(1): 177-82.
24. Chen Q, Parry AJ. The current role of hybrid procedures in the stage 1 palliation of patients with hypoplastic left heart syndrome. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2009; 36: 77-83.
25. Chetham JP. Intervention in the critically ill neonate and infant with hypoplastic left heart syndrome and intact atrial septum. *J Interv Cardiol*. 2001; 14(3): 357-66.
26. Kurzel RB, Naunheim KS, Schwartz RA. Repair of symptomatic diaphragmatic hernia during pregnancy. *Obstet Gynecol*. 1988; 71(6 Pt 1): 869-71.