

PRODUCCION EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTO  
DE DEFECTOS SEPTALES INTRACARDIACOS\*

DR. CARLOS R. PACHECO\*\*  
DRA. CLARA GELBAR\*\*  
DR. RUBÉN ARGÜERO\*\*

**L**A CIRUGÍA cardiovascular, cuyo adelanto en los últimos años ha sido extraordinario, se ha podido llevar a cabo gracias al mejor conocimiento de la hemodinamia, de las técnicas anestésicas, de las técnicas quirúrgicas y de los aditamentos mecánicos, químicos y biológicos que han permitido resolver una gran variedad de estados patológicos ante los cuales el cirujano antiguamente se encontraba desarmado.

Queriendo nosotros tener experiencia propia en circulación extracorpórea y cirugía de corazón abierto, hemos provocado defectos septales interauriculares e interventriculares en el animal de experimentación, simulando lo más posible a los humanos, corrigiéndolos usando el circuito cardiopulmonar total, llevando a cabo nuestro trabajo en el Laboratorio de Cirugía Experimental del Hospital General. Estos son los primeros pasos, indispensables ciertamente para poner en práctica estas operaciones en los enfermos con cardiopatías que cada día se diagnostican en mayor número.

Revisando la literatura encontramos que ya varios autores se han ocupado de este tema, y así Miller, Gibbon, Grecco, Smith, Cohn y Allbritten<sup>1</sup> reportan 29 perros operados con circulación extracorpórea, en los cuales crean defectos interauriculares bajo visión directa. El defecto septal no se reparó en 5 animales, 3 de

\* Trabajo realizado en el Depto. de Cirugía Experimental del Hospital General, auspiciado por el Banco de México y leído en la sesión del 24 de mayo de 1961.

\*\*De la Unidad de Neumología, Hospital General, México, D. F.

los cuales sobrevivieron sacrificándose a los 23, 44 y 51 días; ninguno de ellos presentó en la autopsia cierre espontáneo o disminución importante del tamaño del defecto. En 24 de los 29 animales intervenidos después de crear el defecto septal, se cerró inmediatamente en el mismo acto operatorio con un colgajo de pericardio, 14 de estos 24 animales sobrevivieron y se sacrificaron a los 157 días de la intervención, encontrándose que en todos estaba el defecto perfectamente cerrado y el colgajo de pericardio cubierto por endotelio de ambos lados.

En 12 de los casos operados se colocó un tubo de plástico en la punta del corazón que llegaba al ventrículo izquierdo, durante el tiempo en el cual se creaba el defecto interauricular y la aurícula izquierda se exponía al aire atmosférico y por lo tanto había posibilidad de paso de aire a las cavidades izquierdas. El tubo fue de utilidad y ninguno de estos casos presentó embolia gaseosa coronaria. Por el contrario, en los otros 17 casos en los que se hizo el defecto interauricular sin poner tubo de seguridad antiembolígeno, hubo embolia gaseosa en 5 animales, 3 de los cuales murieron.

Esta comunicación nos demuestra como hechos fundamentales: en primer lugar, la no disminución espontánea del tamaño del defecto; en segundo término, la endotelización del injerto de pericardio colocado en el séptum y, finalmente, la protección contra la embolia gaseosa del tubo en cavidades izquierdas.

Glenn y Serrell<sup>2</sup> para evitar el embolismo aéreo en corazón izquierdo provocan la fibrilación cardíaca en el animal de experimentación, al que le hacen un defecto septal interauricular, encontrando que la falta de sístole y de diástole evitan el paso de aire hacia las cavidades izquierdas y no se presenta esta complicación. Discuten la posibilidad de hacer daño al miocardio con corazón fibrilante pero bien oxigenado, con el flujo coronario correcto.

Gibbon, Miller, Dobell, Engell y Voigt<sup>3</sup> comunican el cierre de defectos septales interventriculares con mecanismo de circulación extracorpórea. Operan 20 animales a los cuales han provocado defectos septales interventriculares altos según la técnica descrita por Kay con perforador de 9 mm. de diámetro. En un caso usaron perforador de 12.7 mm. de diámetro que hizo caer al animal en insuficiencia cardíaca y ameritó intervención de urgencia. De 14 a 122 días de provocado el defecto, someten al perro a circuito extracorpóreo para cerrarlo, lo que realizan con surjete continuo, habiendo tenido 8 muertes post-operatorias. Los otros 12 animales fueron sacrificados de una semana a 6 meses después de la operación y encontraron que el cierre del defecto fue completo en 9 casos, así como en 5 de los 8 que murieron post-operatoriamente, lo que hace un total de 14 cierres correctos con surjete en 20 casos operados. Uno de los animales sacrificados una semana después de la operación, demostró múltiples vegetaciones friables en el sitio del defecto y otro tenía trombos pediculados en ese lugar que eran una amenaza de embolia pulmonar. Nosotros igualmente tuvimos en nuestras reoperaciones un caso en el que hubo formación de trombos en el sitio

del defecto. Los autores en esta casuística usan también tubo de protección contra embolismo aéreo en cavidades izquierdas e insisten en que el sitio de la incisión debe ser exactamente atrás de la punta del corazón, para evitar la tunelización del músculo papilar anterior, su ruptura o la formación de embolias.

Debe hacerse énfasis especialmente en este artículo que la producción de un defecto mayor de 9 mm. de diámetro hace caer al animal en insuficiencia cardíaca derecha por el paso brusco de gran cantidad de sangre de un ventrículo a otro; que el surjete continuo no es un buen procedimiento para cerrar el defecto en los casos en que hay pérdida de substancia considerable, pues sólo 14 de los 20 animales mostraron éxito con esta sutura, por lo que estos defectos deben repararse con parche de material plástico. Es posible por el despulimiento de la superficie del defecto, la formación de trombos o vegetaciones que son causa de embolia pulmonar. La colocación del tubo aspirador de aire en cavidades izquierdas debe hacerse evitando lesionar el músculo papilar anterior.

Stukey, Newman, Dennis, Lewirtz, Sticovice, Gorayeb, Kernan y Young<sup>4</sup> también provocan defectos interventriculares en perros utilizando la derivación cardiopulmonar. Operan 17 animales colocándolos en circulación extracorpórea e introduciendo una sonda de Foley a través de la aurícula derecha hasta la tricúspide, para que succione la sangre que viene del seno coronario y de las venas de Tebesio y no interfiera al campo operatorio del ventrículo. Practican en ellos defectos interventriculares altos de 2 cms. de longitud y los cierran inmediatamente después con puntos separados. Viven 15 animales, muriendo los otros 2 por causas no atribuibles a la circulación extracorpórea. Administran un flujo sanguíneo de 20 c.c. por kilogramo de peso por minuto, manteniendo una presión arterial de 80 de sistólica por 40 de diastólica, durante la perfusión con 96% de saturación de oxígeno. Los autores no tuvieron problema de embolismo aéreo, habiéndoseles presentado fibrilación ventricular en 6 de los 17 animales intervenidos que regresó con las medidas adecuadas, lo que demostró un flujo coronario correcto. Concluyen que la circulación extracorpórea y el corazón abierto son el mejor método que existe para corregir defectos septales interventriculares.

#### TRABAJO EXPERIMENTAL

*Técnica de producción de defectos interauriculares.* Para producir comunicación interauricular, practicamos en el perro bajo anestesia general, endotraqueal controlada, toracotomía derecha en el 4º espacio intercostal. Disección extrapericárdica de ambas venas cavas que se circundan con cintas umbilicales. Apertura del pericardio por delante y paralelamente al nervio frénico en 10 cms. de extensión y traccionándolo con puntos separados. Colocación de puntos en U aproximadamente a 1 cm. por abajo de la base de la orejuela derecha en la pared libre de la aurícula, cardiotomía entre estos dos puntos, de 1 cm. y medio

de longitud que permite la insinuación del índice de la mano derecha (Fig. 1). Introducción del dedo hacia abajo y hacia atrás hasta llegar a medio centímetro por arriba de la desembocadura de la vena cava inferior localizando así la pared derecha del séptum interauricular. Se extrae el dedo y se introduce un perforador metálico cilíndrico de acero inoxidable de 0.9 cms. de diámetro con filo en toda su circunferencia de 12 cms. de longitud y conectado a un aparato de succión, dirigiéndolo hacia el séptum previamente localizado, guiándolo con el dedo índice

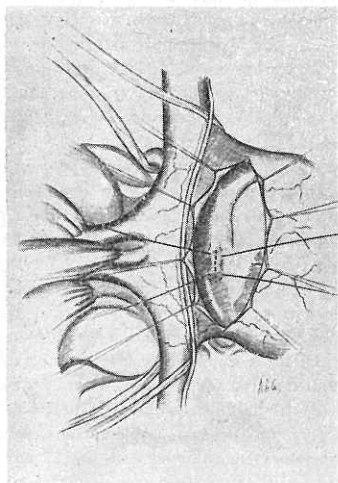


Fig. 1. Atriotomía derecha. Obsérvese la incisión del pericardio referida con puntos separados, las cintas umbilicales rodeando ambas venas cavas, la aurícula fijada con dos puntos en U y una línea punteada en el sitio de la cardirotomía.

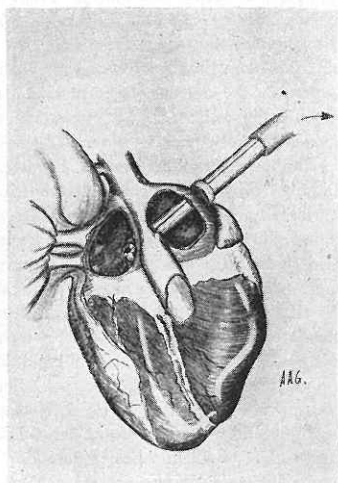


Fig. 2. Vista posterior de la producción de defecto septal interauricular. El perforador está atravesando el septum y tiene un tope de hule que llega hasta la pared libre de la aurícula derecha.

de la mano izquierda que se introduce en el seno transverso de Theile y con movimientos de rotación del tubo se perfora el séptum pasando a la aurícula izquierda, lo que se comprueba por la pérdida de resistencia que se ofrecía al extremo cortante del perforador (Fig. 2). Al retirar el tubo de succión se observa que en su luz ha traído un fragmento del séptum interauricular a manera de sacabocado. Nuevamente se introduce el dedo para corroborar la presencia del defecto y ampliarlo. Durante las maniobras intracardiáticas deben traccionarse las cintas que circundan a las cavas para disminuir la pérdida sanguínea. La incisión

de la aurícula se cierra con surjete continuo y la palpación del músculo cardíaco no demuestra la presencia de thrill a pesar de la correcta producción del defecto. Se cierran el pericardio y el tórax con puntos separados.

*Técnica de producción de defectos interventriculares.* Apertura del tórax en el 4º espacio intercostal derecho con el perro anestesiado por vía intravenosa y respiración artificial a través de cánula traqueal. Disección extrapericárdica de ambas venas cavas que se rodean con cintas umbilicales cuya función va a ser la misma que la que anotamos en la producción de defectos interauriculares. Pericardiotomía vertical por delante y paralela al nervio frénico con una rama horizontal que se dirige hacia adelante y que abre al pericardio en dos colgajos. Localización del infundíbulo de ventrículo derecho en el que se coloca una jareta

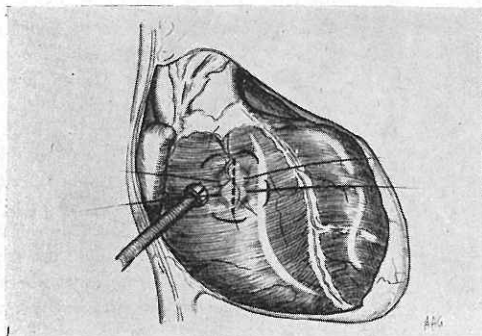


FIG. 3. Producción de defecto interventricular. Se ha colocado la jareta en el infundíbulo sujetándola con un torniquete, dos puntos en U entre los cuales con una línea punteada se marca el sitio de la ventriculotomía.

de 2 cms. de diámetro con sus hilos de entrada y de salida hacia la mano izquierda del cirujano, los que se controlan con un torniquete. Colocación de dos puntos en U dentro de la jareta y práctica de una cardiomotomía entre ellos de uno y medio centímetros de longitud (Fig. 3). Introducción del dedo índice a través de la cardiomotomía, dirigiéndolo hacia abajo y hacia atrás hasta identificar el séptum interventricular. Paso del perforador de 0.9 cms. de diámetro con borde libre cortante hasta llegar a apoyarlo en el séptum imprimiéndole movimientos de rotación para perforar. En este momento se tiene la sensación de pérdida de resistencia y de succión de un fragmento muscular del tabique (Fig. 4). En seguida y después de extraer el aspirador con el fragmento del séptum, se introduce de nueva cuenta el dedo índice para explorar la localización del defecto y agrandarlo.

Esta, en sus puntos básicos, es la técnica descrita por Kay, Thomas y Blalock.<sup>5</sup> Se cierra la cardiomotomía con puntos separados retirándose la jareta. Se palpa thrill muy intenso en la cara anterior del ventrículo derecho, cuyo sitio de mayor intensidad está en la porción infundibular. Cierre del pericardio con puntos separados

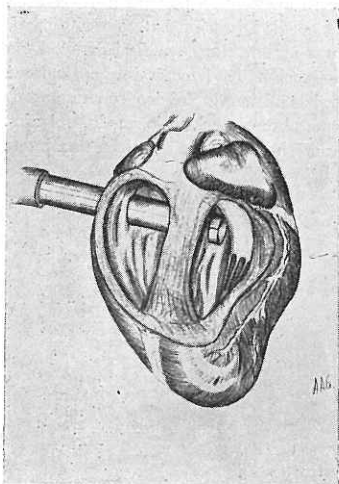


FIG. 4. Producción de defecto septal interventricular. El perforado ha atravesado el tabique interventricular muy próximo a la emergencia de los grandes vasos. Obsérvese la relación del perforador con la valva interna de la mitral.

y del tórax, con extracción del neumotórax a sello de agua.

Hemos puesto un tope de hule a tres centímetros de la punta cortante del aspirador para que se detenga en la pared externa del ventrículo derecho, pues nos ha sucedido en los primeros casos lesionar la valva septal de la mitral después de haber perforado el séptum. Otro accidente es la succión del pilar interno de la tricúspide con el tubo de succión, lo que origina una insuficiencia de la válvula, thrill en la aurícula derecha y crecimiento notable de la misma, con la muerte del animal.

*Cierre de los defectos provocados.* Para cerrar los defectos interauriculares e interventriculares previamente provocados, utilizamos una bomba de circulación extracorpórea y un oxigenador de plástico colocando al animal de experimentación en derivación cardiopulmonar total.

El modelo de bomba de circulación extracorpórea empleado por nosotros TM1, consta de un motor eléctrico simple a prueba de explosión, de  $\frac{1}{3}$  HP, clase 1 y grupo C, del cual salen dos flechas de dirección contraria que accionan cada una, una bomba Sigmamotor TM 1. Estas bombas tienen en la parte superior un botón circular graduado que aumenta o disminuye su velocidad. Cada una está dentro de una caja metálica y en conexión por sendas flechas a dos cabezas, una arterial y una venosa, que se encuentran en los extremos de la máquina de circulación extracorpórea (Fig. 5). Estas cabezas se abren a manera de bisagra dejando ver una serie de bastones verticales de acero, colocados en forma de S itálica si se les ve desde arriba y que al moverse comprimen y descomprimen sucesivamente un tubo que se coloca entre ellos y una lámina plana de metal (Fig. 6). Al moverse los vástagos en forma de digitaciones hacen una

función aspirativa e impelente del contenido del tubo. El motor, las bombas y las cabezas están montados sobre una base de aluminio de 132 centímetros de largo por 23 de ancho, que hace de todos estos implementos una sola unidad.

Esta unidad TM1 proporciona un flujo máximo de ocho litros de sangre en un minuto a una velocidad de 400 r.p.m. a través de un tubo de media pulgada de diámetro interior de látex o de tygon R3603. El flujo mínimo que de ella se puede obtener es de tres litros en un minuto, a razón de 200 r.p.m. Los flujos

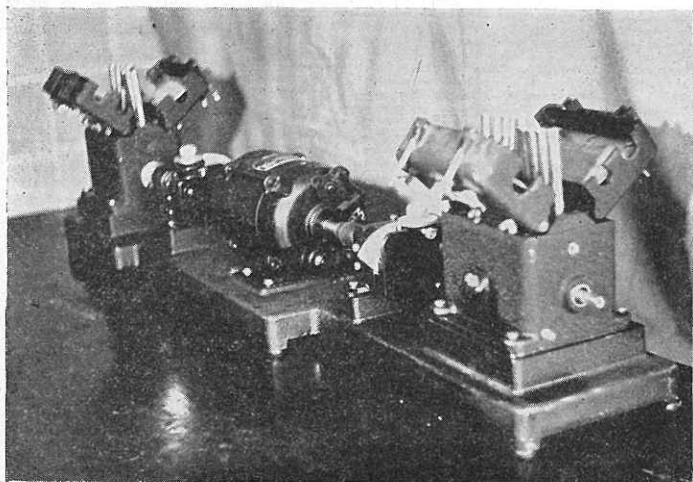


Fig. 5. Bomba de circulación extracorpórea Sigmamotor TM 1 que usamos en nuestro trabajo experimental.

altos se alcanzan con un tubo de media pulgada, permitiendo accionar la bomba a más baja velocidad, lo que disminuye la hemólisis al mínimo.

Entre ambas cabezas de la máquina de circulación extracorpórea se instala un oxigenador de sangre. Es éste un aparato de plástico, Pulmo Pak Abbott, de 56 centímetros de alto por 18 de ancho que se cuelga de una barra horizontal. Consta de dos depósitos para sangre, el primero más alto y más delgado que el segundo y en cuya parte inferior van a desembocar dos tubos de plástico, uno que trae la sangre de la cabeza venosa que ha sido succionada de las venas cavas y otro que se introduce hasta el nivel en que se derrama la sangre hacia el otro compartimiento y que tiene múltiples orificios en su trayecto. Termina este depósito sanguíneo por arriba, en un orificio que permite hacer caer la san-

gre en declive hacia el otro compartimento. En su parte más alta tiene un filtro con substancia antiespumante que deja pasar también la sangre oxigenada. El otro compartimento es más bajo y más ancho que el anterior; recibe la sangre arterializada a través de un filtro de orificios más finos que el primero y va a desembocar en un tubo de plástico que llega a la cabeza arterial de la máquina. El oxigenador cuenta además con un tubo intermedio que desemboca en el compartimento arterial y que se utiliza para derivar la sangre del seno coronario y con otro tubo colocado en la parte

más alta que sirve para el desprendimiento de oxígeno y anhídrido carbónico (Fig. 7).

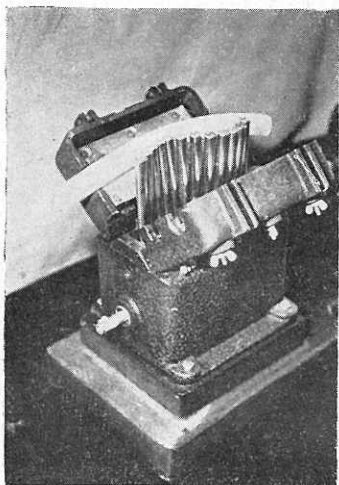


FIG. 6. Una cabeza de la bomba abierta que deja ver las barras metálicas que en forma de dedos hacen progresar la sangre y el tubo de la tex en su sitio.

La toma de sangre para cargar el circuito extracorpóreo se hace dos o tres horas antes de la operación. Extrayéndose de la arteria femoral, del número de perros necesarios para completar dos y medio litros. Se canula la arteria femoral previa puntura con anestesia local y se recoge la sangre en frascos siliconizados o en bolsas de plástico utilizando 40 mgrs. de heparina por cada 1,000 c.c. de sangre.

Para calibrar la máquina se coloca la tubería de las cabezas arterial y venosa conectándose al oxigenador. Los tubos que pasan por las cabezas son de 1 pulgada de diámetro y están hechos de látex. Se usa tubo de polivinilo de  $\frac{3}{8}$  de diámetro para recoger la sangre de las cavas, enviarla y extraerla del oxigenador y llevarla hasta la cá-

nula de la arteria femoral, cuyo grosor es variable de acuerdo con el tamaño del animal. Queda así un circuito extracorpóreo constituido por uno o dos tubos que recogen la sangre de las venas cavas, llevándola a través de un tubo largo a la primera bomba de succión o venosa; de allí a través de otro, al oxigenador que la mezcla con burbujas de oxígeno provenientes de un cilindro, luego por otro tubo y ya oxigenada a la cabeza arterial que la introduce por otro a la arteria femoral, a través de una sonda de calibre adecuado. En seguida se prueba en cada cabeza arterial y venosa por separado, la cantidad de sangre que es capaz de pasar a través del tubo en la unidad de tiempo. Esto constituye un



flujo sanguíneo, que es el producto de la velocidad de la corriente multiplicado por el calibre de la tubería. Nosotros hemos trabajado con un flujo de 40 a 50 c.c. por kilogramo de peso del animal por minuto.

El circuito extracorpóreo debe estar cargado con sangre inmediatamente antes de colocar las cánulas en las venas cavas. Para esto se introduce la sangre hepari-

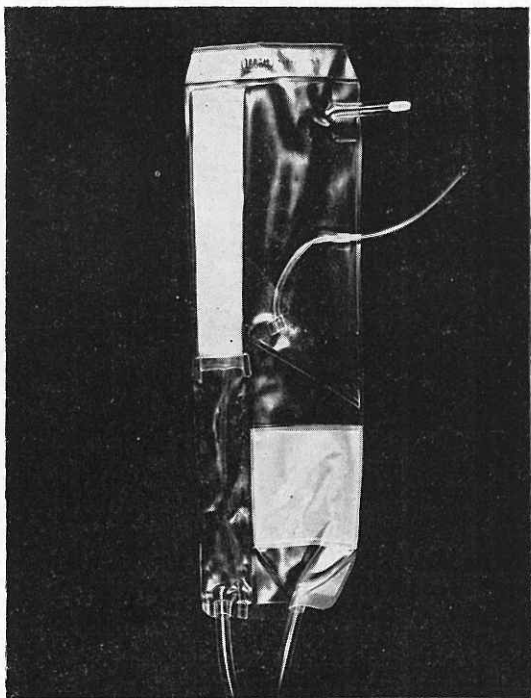


FIG. 7. Oxigenador de plástico.

nizada, que previamente se ha tomado, por una derivación lateral que tiene el lado venoso de la tubería. La cabeza correspondiente se encuentra succionando y se abre el tanque de oxígeno a razón de dos litros por minuto, de tal manera que la sangre que va a pasar a la tubería arterial vaya bien oxigenada. Se llena de sangre el oxigenador así como toda la tubería arterial que tiene su cabeza abierta,

quedando el circuito purgado totalmente de aire, se cierra la cabeza arterial y queda listo el sistema para su empleo (Fig. 8).

En un animal que previamente se había provocado defecto septal, se practicó toracotomía derecha bajo anestesia general y respiración artificial endotraqueal. Disección de ambas venas cavas, circundadas con cintas umbilicales, la superior por debajo de la acigos, heparinización del animal inyectando 1 mgr. por kilogramo de peso de heparina por vía venosa. Introducción de las cánulas con varios orificios, la de la vena cava superior a través de la orejuela derecha previa jareta

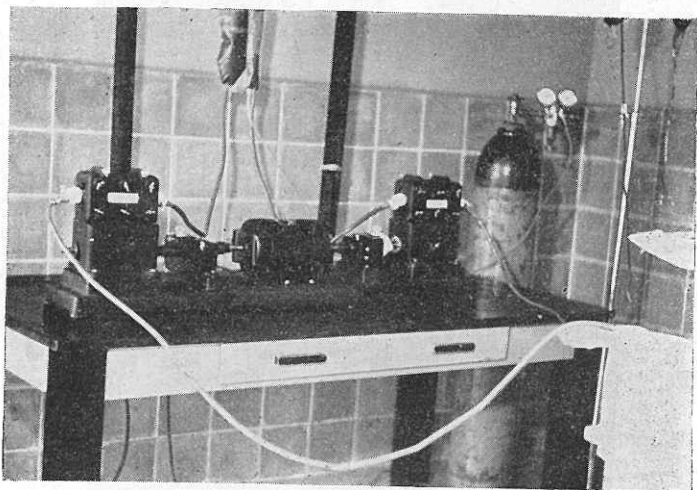


FIG. 8. Sistema extracorpóreo total constituido por bomba y oxigenador cargados de sangre y listos para usarse.

y la de la vena cava inferior a través de la pared auricular inmediatamente arriba de su desembocadura. En otro lote de animales introdujimos una sola cánula para el drenaje de las venas cavas a través de la vena yugular en el cuello. Esta cánula tiene algunas perforaciones en su extremidad y otras en su parte media, encargándose las primeras del drenaje de la vena cava inferior y las otras del de la vena cava superior. Las cintas umbilicales se usan de igual modo que cuando se meten dos cánulas a través de la aurícula, es decir para impedir que la sangre deslice entre la pared de la cava y la pared del tubo de plástico. La ventaja de este proceder es que en aurículas pequeñas queda mayor espacio para las maniobras quirúrgicas. Introducción de la cánula arterial a través de la femoral

derecha en el pliegue de la ingle, hasta la bifurcación de la aorta abdominal. Conexión del circuito extracorpóreo teniendo cuidado de que no queden burbujas de aire. Se echa a andar la bomba y se abre el tanque de oxígeno a razón de dos litros por minuto, como ya lo anotamos, comprobando que la succión de las venas cavas sea correcta y que el nivel sanguíneo del oxigenador se mantenga constante. En este momento se observa que el corazón disminuye de tamaño, se vuelve flácido y ligeramente bradicárdico; hechos que se acentúan al apretar las cintas umbilicales que rodean a las cavas e impedir que pase sangre entre éstas y el tubo de plástico (Fig. 9). Se practica cardiomotomía en la pared libre de la aurícula derecha cuando se trata de cerrar comunicación interauricular, rechazando las cánulas hacia abajo y hacia atrás. Queda la sangre que fluye del seno coronario y la que pasa proveniente de la aurícula izquierda y que se aspira constantemente. El corazón continúa latiendo, aunque en algunos casos hicimos pinzamiento previo del pedículo aorto-pulmonar, para provocar paro cardíaco por anoxia, evitando así el embolismo aéreo por comunicación de cavidades izquierdas y obteniendo una mejor visión de la zona operatoria, teniendo a la vez cuidado de, antes de cerrar completamente el defecto, que sangre libremente la aurícula izquierda, para evitar la presencia de aire residual; el defecto se suturó con surjete continuo de seda (Fig. 10).

En el caso de tratarse de comunicación interventricular, practicamos la cardiomotomía en el infundíbulo del ventrículo derecho inmediatamente por

abajo de la inserción de la válvula de la arteria pulmonar, lo que permite abordar el séptum en su porción más alta. Se cae a ventrículo derecho, inmediatamente arriba y adelante de la válvula septal de la tricúspide; abajo y atrás del infundíbulo se observa el séptum como una masa carnosa, interrumpida por el espolón y que hace convexidad a la cavidad del ventrículo. Entre el infundíbulo y la válvula de la arteria pulmonar es donde se ha provocado el defecto. También aquí produjimos paro cardíaco por inyección de citrato de potasio en la base de la aorta previo

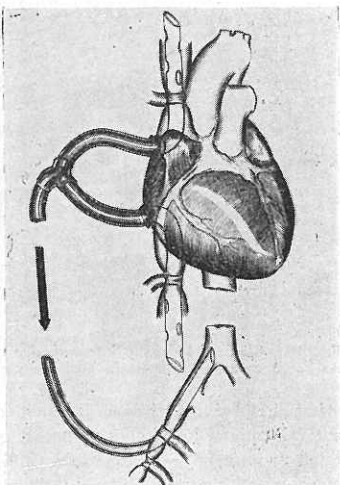


FIG. 9. Colocación de las cánulas venosas en las venas cavas y de la sonda arterial en la femoral. En el lugar de la flecha deben situarse la bomba y el oxigenador.

pinzamiento para asegurar que el cardioplégico va al sistema coronario (Fig. 11). Nos pareció superior el paro cardíaco con el fármaco, pues da un corazón sonrosado y que en nuestros casos no presentó dificultad para volver a latir. La recuperación del ritmo cardíaco se hace quitando el clamp del pedículo aortopulmonar, esperando a que la sangre lave el sistema coronario, que contiene el citrato de potasio, recuperando el corazón espontánea y lentamente su ritmo. En otras ocasiones no usamos paro cardíaco, aunque fueron las menos. Tomamos las mismas precauciones que se anotaron al hablar de comunicación interauricular para

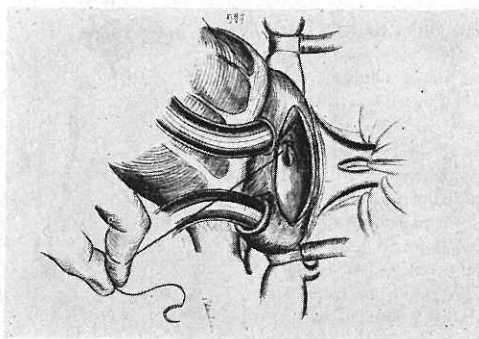


FIG. 10. Cierre del defecto interauricular con surjete continuo. Obsérvese las sondas de las venas cavas echadas hacia adelante para dejar libre la pared derecha del tabique.

evitar el embolismo aéreo en las cavidades izquierdas. Al cerrar la cardiomotía y antes de apretar los últimos puntos, se quita la pinza del pedículo aortopulmonar como ya se anotó y se aflojan las cintas que rodean las venas cavas empezando por la superior para permitir el llenado de sangre al corazón evitando la embolia gaseosa. La bomba de circulación extracorpórea sigue trabajando, hasta lograr la normalización del latido cardíaco, procediéndose después a retirar las sondas de las cavas y luego la de la femoral, reconstruyendo la arteria. El tórax se cierra con puntos separados de la manera habitual. La embolia gaseosa es de mucho más peligro en cavidades izquierdas que en cavidades derechas, pues en el primer caso pasa al sistema coronario comprometiendo la nutrición del miocardio y en el segundo el pulmón se encarga de la dilución del aire.

## CASUÍSTICA

Nuestra casuística experimental fue dividida en cuatro grupos:

*1er. Grupo.* Producción de comunicación interauricular con técnica cerrada y reparación posterior con circulación extracorpórea.

De la manera descrita con anterioridad, practicamos 28 comunicaciones interauriculares en el animal, habiendo logrado 18 casos de éxito y 10 defunciones. Las causas de defunción fueron: 3 casos en el transoperatorio, 1 por fibrilación ventricular y 2 por perforación de la pared posterior de la aurícula derecha y hemorragia concomitante; 3 casos por empiema postoperatorio; 2 casos, 5 y 14 horas después de la operación sin haber encontrado la causa en autopsia; 1 caso con gran hemotórax y hemopericardio por defecto de sutura de la aurícula y otro por problema anestésico después de terminada la producción del defecto.

De los 18 que sobrevivieron, 16 fueron sometidos a circulación extracorpórea con bomba oxigenador y corazón abierto para cerrar el defecto previamente elaborado. El caso que menos días tardó entre la primera y la segunda operación, dilató 9 días y el más tardado fue de 60 días, lo que hace un promedio de 34 días entre la primera y la segunda intervención. Al abrir la pared auricular se encontró que 2 defectos habían cicatrizado, siendo uno de 60 días de producido y el otro de 33. Otro caso más de 15 días de operado tenía un trombo en la superficie cruenta del defecto que hacía protrusión hacia la aurícula derecha. El defecto más pequeño que se encontró fue de 3 mm. de diámetro.

El promedio de tiempo de circulación extracorpórea fue de 20 minutos, yendo del menor de 8 minutos al mayor de 23 minutos. No se usó paro cardíaco y el flujo de la bomba fue de 40 c.c. por kilogramo de peso por minuto. Los corazones toleraron bien en general la circulación extracorpórea y solamente tuvimos 5 muertes durante la perfusión; 2 de ellas por error técnico en el manejo de la

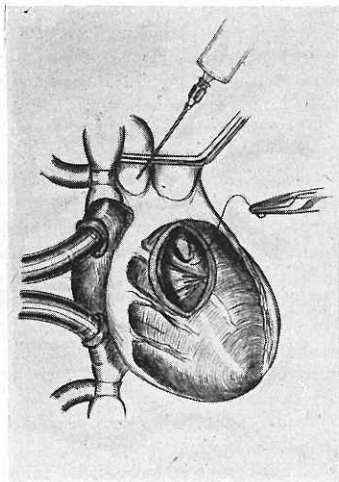


FIG. 11. Cierre de defecto interventricular con paro cardíaco y solución de parche de dacrón.

bomba, 2 por fibrilación ventricular irreversible y 1 por embolia aérea de las coronarias debida a error de aspiración de las cavidades izquierdas.

*2º Grupo.* Producción de comunicación interventricular con técnica cerrada y reparación posterior con circulación extracorpórea.

Operamos 26 perros a los que se les produjo defecto septal interventricular siguiendo la técnica de Kay que ya hemos descrito; 12 animales sobrevivieron quedando para someterlos después al cierre del defecto con circulación extracorpórea, las causas de la muerte en los 14 restantes fueron: ruptura de los pilares de la tricúspide por el perforador, 4 casos; perforación de la pared libre del ventrículo izquierdo a través del séptum y muerte por hemorragia, 3 casos; empiema post-operatorio, 2 casos; hemotórax post-operatorio y hemopericardio, 2 casos; hemorragia por ruptura de la jareta en el transoperatorio, 1 caso; fibrilación ventricular transoperatoria, 1 caso, y por causa desconocida en el post-operatorio, 1 caso.

Diez perros fueron sometidos a cierre del defecto con circulación extracorpórea, 14 días después de la primera operación, el más temprano y 33 el más prolongado, lo que hace un promedio entre una y otra intervención de 23 días. El tiempo de circulación extracorpórea varió de 12 a 24 minutos con un promedio de 18, y el flujo se estandarizó a 40 c.c. de sangre por kilogramo de peso corporal y por minuto, tal como lo habíamos encontrado útil en el grupo anterior. Tuvi- mos 4 muertes, una de ellas por insuficiencia tricuspídea al romper el pilar interno de la tricúspide, 2 por fibrilación ventricular y 1 por disociación aurículo-ventricular con asistolia completa del ventrículo. En este grupo tampoco usamos paro cardíaco.

*3er Grupo.* Producción y cierre del defecto septal interauricular en el mismo tiempo operatorio.

En este grupo se incluyen los animales en los cuales empezamos a poner en práctica la circulación extracorpórea. Fue en ellos donde pudimos estandarizar nuestras dosis de heparina, tanto para el sujeto como para la sangre extracorpórea, en donde tomamos el flujo de 40 c.c. por kilogramo de peso y por minuto como el ideal después de ensayar desde 35 hasta 95 c.c., en donde pusimos en práctica la introducción adecuada de las cánulas por la aurícula, por la yugular, por la femoral y por la subclavia, en donde usamos el paro cardíaco por anoxia y con citrato de potasio. Este grupo de animales sirvió también para entrenar el equipo médico y de laboratorio en esta clase de intervenciones. La mortalidad aquí fue muy alta, pues de 20 animales intervenidos sólo en 5 logramos a satisfacción la producción y el cierre del defecto.

*4º Grupo.* Producción y cierre del defecto septal interventricular en el mismo acto operatorio.

Para completar nuestro entrenamiento, operamos 5 animales con paro cardíaco y colocación de material plástico en el séptum interventricular, en los que

usamos como cardioplégico el citrato de potasio y para cerrar el defecto dacrón como material plástico. Produjimos el defecto bajo visión directa con circulación extracorpórea, usando el aspirador con extremo cortante de 9 mm. de diámetro. El dacrón lo suturamos con puntos separados y la recuperación del corazón con lavado de las coronarias quitando la pinza del pedículo aortopulmonar.

Esta casuística sobrevivió en su totalidad a la circulación extracorpórea, presentándose fibrilación solamente en dos casos que se resolvieron satisfactoriamente.

### DISCUSIÓN

Establecer una discusión respecto a las características ideales que debe llenar la bomba-oxigenador y a los problemas que implica el establecimiento de una circulación extracorpórea total, sería fuera del motivo de nuestro trabajo y dejaría incógnitas por despejar que en la actualidad corresponden a la investigación de gabinete y están más allá de nuestras posibilidades. Sin embargo, pensamos que debemos anotar los hechos fundamentales de nuestra casuística tratando de explicarlos y de sacar conclusiones valederas.

Practicamos 105 operaciones en 79 animales de las cuales 51 fueron con derivación cardiopulmonar total. La producción de defectos septales interauriculares por la técnica cerrada es sencilla, aunque se debe tener especial cuidado en la dirección del perforador que será hacia abajo y hacia atrás, pues el séptum es pequeño y hay posibilidad de herir estructuras vecinas. Merecen mencionarse en nuestros 10 casos de defunción, los 2 debidos a perforación de la cara posterior de la aurícula por mala dirección del perforador. Las otras defunciones no fueron por la técnica operatoria.

Más difícil es la producción de defecto interventricular, pues trabajamos con una cavidad de paredes más gruesas y que soporta una mayor presión. La introducción del perforador si no se hace exactamente en el infundíbulo y sólo para perforar el séptum, trae los accidentes que nosotros tuvimos en la casuística, pues 4 perros murieron por insuficiencia tricuspídea debida a ruptura de los pilares, produciéndose insuficiencia valvular con repleción de la aurícula derecha, 3 por ruptura de la pared libre del ventrículo izquierdo, ya que no usábamos todavía el tope de hule en el perforador. Los otros casos de defunción no ameritan comentario especial.

Al reintervenir los defectos producidos con objeto de cerrarlos usamos un flujo de 40 c.c. por kg. de peso corporal y por minuto que habíamos fijado practicando con los perros del Grupo N° 3. La estandarización se hizo usando diferentes flujos con la bomba y observamos que cuando era menor de 35 c.c., el corazón fibrilaba pocos minutos después de establecida la circulación extracorpórea y el animal se descerebraba. Cuando el flujo era mayor de esta cifra el animal mostraba gran cardiomegalia y edema generalizado que comprobamos en pulmón y

en cerebro. Estos trastornos eran más ostensibles si sobrepasaba de 70 c.c. por kilogramo y por minuto.

En 2 casos encontramos cicatrizada la comunicación interauricular, uno tenía 33 días de intervenido y el otro 60. Notamos que a medida que el tiempo pasa, el defecto tiende a cicatrizar, pero que si se reinterviene dentro de las dos semanas posteriores a la producción del defecto, éste permanece sensiblemente igual a su calibre de producción. En un caso de 15 días de operado encontramos un trombo en el defecto que hacía protrusión hacia cavidades derechas amenazando al circuito pulmonar con una embolia.

Los defectos interventriculares reducen mucho menos su calibre que los interauriculares. Tienen más tendencia a hacer sus bordes fibrosos y prácticamente nuestros casos mostraban la perforación septal de un diámetro similar al del instrumento que se había utilizado al producirlos. Son más fáciles de reparar que los interauriculares, pues el séptum es más grueso, más consistente y de mayor extensión.

Creemos que es más fácil de cerrarse espontáneamente el defecto interauricular que el interventricular, porque el primero se produce en un séptum más delgado y que está sometido a muy baja presión sanguínea. En cambio el defecto interventricular se produce en un séptum grueso y no se cierra porque el paso de la sangre del ventrículo izquierdo a ventrículo derecho es con la presión propia de ventrículo izquierdo que es mucho más elevada que la del ventrículo derecho.

De las 5 muertes que tuvimos al cerrar las comunicaciones interauriculares, una fue debida a embolia gaseosa de las coronarias por succión inadecuada de cavidades izquierdas durante la cardiotomía, la conducta de este caso debía haber sido el continuar la perfusión hasta que el aire alcanzara cavidades derechas a través del seno coronario. Entre las 4 defunciones del grupo comunicación interventricular que fueron sometidas a circulación extracorpórea, merece especial comentario la disociación aurículo-ventricular con asistolia completa del ventrículo que seguramente se debió a que en la sutura del defecto fue englobado el sistema de conducción.

El tiempo de circulación extracorpórea menor fue de 8 minutos en comunicación interauricular, hasta de 24 en comunicación interventricular, habiendo notado que mientras menor es el tiempo de derivación cardiopulmonar menores son las complicaciones en el trans y postoperatorio. Esto se explica en parte porque con un tiempo menor disminuye el traumatismo de la sangre, tanto de la bomba como del oxigenador y duran menos tiempo los cambios metabólicos que implica la circulación extracorpórea.

Pudimos observar también que cuando el corazón fibrilaba después del paro cardíaco por anoxia era más difícil que recuperara su ritmo normal, que cuando la fibrilación era después del paro con cardioplégico.



## CONCLUSIONES

- 1<sup>º</sup> Los animales de experimentación toleran satisfactoriamente la producción de defectos septales interauriculares e interventriculares de 9 mm. de diámetro.
- 2<sup>º</sup> Los defectos interauriculares tienen una tendencia mayor a cerrarse espontáneamente que los interventriculares.
- 3<sup>º</sup> La circulación extracorpórea para cerrar defectos septales provocados es tolerada satisfactoriamente por el animal de experimentación a un flujo de 40 c.c. por kg. de peso por minuto.
- 4<sup>º</sup> Técnicamente es más difícil el cierre del defecto interauricular que el interventricular en el animal de experimentación.

## REFERENCIAS

1. Miller, B. J., Gibbon, J. H., Grecco, V. F., Smith, B., A., Cohn, C. H., y Allbritten, F.: "The production and repair of interatrial septal defects under direct vision with the assistance of an extracorporeal pump-oxygenator circuit", *J. Thoracic Surg.*, 26: 598, 1953.
2. Glenn, W. W., and Serrell, W. H.: "Experimental cardiac surgery. The prevention of air embolism in open heart surgery, repair of interatrial septal defects", *Surgery*, 39: 195, 1953.
3. Gibbon, J. H., Miller, B. J., Dobell, A. R., Engell, H. G. and Voigt, G. B.: "The closure of interventricular septal defects in dogs during open cardiotomy with the maintenance of the cardio-respiratory function by a pump-oxygenator", *J. Thoracic Surg.*, 28: 235, 1954.
4. Stuckey, J. H., Newman, M. M., Dennis, C., Lewirtz, B. S., Sticovice, N., Gorayeb, E. J., Kernan, M., and Young, L. A.: "The creation and repair of interventricular septal defects in dogs utilizing the heart lung machine". *J. Thoracic Surg.*, 32: 410, 1956.
5. Kay, J. H., Thomas, V. and Blalock, A.: "The experimental production of high interventricular septal defects". *Surg. Gynec. and Obst.*, 99: 529, 1953.

COMENTARIO AL TRABAJO DEL DR. CARLOS PACHECO\*

DR. CLEMENTE ROBLES

COMENZARÉ felicitando al doctor Pacheco por su interés en abordar temas tan importantes de cirugía cardíaca desde el punto de vista experimental; es indudable que sin un entrenamiento adecuado en el gabinete experimental es imposible lanzarse a la cirugía humana en empresas tan complicadas como lo son el tratamiento de los defectos septales.

Es motivo de beneplácito para nosotros señalar cómo con dedicación, empeño y laboriosidad, aun cuando con elementos materiales muy modestos, es posible a cirujanos que laboran en establecimientos como el Hospital General capacitarse para realizar intervenciones que parecían ser la exclusiva de instituciones muy especializadas.

Me agradecería saber qué interesa más al doctor Pacheco: si estudiar el aspecto puramente de técnica operatoria en el tratamiento de los defectos septales, o si bien adentrarse y adquirir experiencia en el manejo de la circulación extracorpórea. Si lo primero, hubiese sido conveniente que hubiera realizado algunas observaciones con hipotermia, especialmente en los defectos del séptum auricular.

Si lo segundo, quizá debería haber empezado por hacer exclusiones cardíacas bajo circulación extracorpórea, sin realizar en el corazón de esos animales ningún procedimiento quirúrgico; esto nos parece particularmente provechoso para el que empieza, pues le permite observar con pureza toda la fisiopatología de la circulación extracorpórea, que es donde residen la esencia y la clave del método, procurando aclarar con el auxilio del laboratorio las modificaciones hemodinámicas del pH, de los elementos figurados de la sangre, de la coagulación, etc. Desafortunadamente, en el trabajo no figuran estos datos, que seguramente fueron omitidos voluntariamente. Sería imposible para mí comentar en el corto tiempo que señala el reglamento todos los aspectos de este trabajo; deseo tan sólo referirme a las indicaciones respectivas en el tratamiento de la C.I.A., de la hipotermia y de la circulación extracorpórea.

\* Leído el 24 de mayo de 1961.

Las ventajas de la primera son fundamentalmente su simplicidad, su poco costo y su inocencia cuando se realiza siguiendo fielmente las indicaciones de operar únicamente defectos del séptum secundum y cuando todo el procedimiento quirúrgico intracardiaco se realiza en un lapso que no exceda de 5 a 6 minutos como máximo.

La circulación extracorpórea es desde luego un procedimiento fisiológico, la hipotermia no lo es; permite al cirujano un límite de tiempo muchísimo más amplio, protege al enfermo y permite al operador corregir las contingencias derivadas de diagnósticos erróneos o incompletos; su principal inconveniente es su complejidad considerablemente mayor y su alto costo muy de tomarse en cuenta en instituciones pobres como las nuestras.

La tendencia actual, con los perfeccionamientos crecientes del equipo, es la de operar cada día mayor número de C.I.A. con circulación extracorpórea y oxigenación; a pesar de ello, nuestra opinión es que la hipotermia sigue teniendo buenas indicaciones.

La clave para seleccionar bien los enfermos que deban ser operados con uno o con otro procedimiento reside en la exactitud del diagnóstico para saber si son persistencias del ostium primum o secundum, si hay o no otra malformación asociada, o si se trata o no de atrio ventricularis comunis y señalar con exactitud el sitio y tamaño del defecto.

Los clínicos a menudo no pueden proporcionar al cirujano todos estos pormenores, se requiere recurrir a métodos de gabinete como el cateterismo usando sondas con balón inflable de diversos tamaños, el uso del angiocardiograma selectivo y la curva de dilución de diversas sustancias colorantes, todos estos métodos entre nosotros muy poco usados.

Como recursos para aumentar el lapso aprovechable por el cirujano cabe recordar la perfusión selectiva de la red coronaria y cefálica con sangre oxigenada y las exclusiones múltiples o en serie dando períodos de recuperación al músculo cardíaco.

Entre las malformaciones más frecuentemente asociadas a la C.I.A. cabe mencionar la desembocadura anómala de venas pulmonares y la estenosis pulmonar.

Terminaremos volviendo a insistir en la necesidad de diagnósticos exactos que permitan realizar operaciones de precisión.