

11206
2
24



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

FACULTAD DE MEDICINA
División de Estudios de Postgrado

**SOPORTE MECANICO DE LA CIRCULACION
CON BOMBA DE RODILLOS.**

TESIS DE POSTGRADO
Que presenta
GUILLERMO CAREAGA REYNA
Para obtener el Grado de Especialista en
CIRUGIA CARDIOVASCULAR



Asesor de Tesis:
DR. RUBEN ARGÜERO SANCHEZ

Hospital General
Centro Médico La Raza, I.M.S.S.

I.M.S.S.

México, D. F. 1991

FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

SOPORTE MECANICO DE LA CIRCULACION CON BOMBA DE RODILLOS

Careaga R G., Argüero S R., Sánchez R O.

Departamentos de Cirugía Cardiorácica y Medicina Extra-corpórea. Hospital General del Centro Médico "La Raza", IMSS.

RESUMEN:

El propósito de la presente es analizar y comunicar nuestra experiencia en pacientes con choque cardiogénico refractario postcardiotomía. De marzo de 1988 a febrero de 1991 se efectuaron 1430 cirugías a corazón abierto. 5 pacientes presentaron choque cardiogénico refractario por lo cual se decidió tratarlos con soporte mecánico con bomba de rodillos. Fueron 3 varones y 2 mujeres con una edad media de 55 años. Los 5 fallecieron, habiendo una duración máxima de 43 horas con el soporte. Concluimos que es factible en nuestro medio implantar un mecanismo de asistencia al ventrículo izquierdo con una mejoría por varias horas con menos requerimiento de medicamentos inotrópicos, indicando el procedimiento en base a lineamientos establecidos a nivel internacional.

INTRODUCCION:

Los avances clínicos, farmacológicos y tecnológicos en la cirugía cardiorácica y en el tratamiento pre y postoperatorio de pacientes cardíopatas han tenido un impacto significativo en la evolución, mejoría y curación de este tipo de pacientes.

El miocardio tiene enormes poderes de recuperación si se le da el tiempo suficiente para que estos operen.

Históricamente, avances farmacológicos en forma diversas tales como la digital, han sido de valor tanto para problemas crónicos como agudos. Hasta la introducción de la derivación cardiopulmonar a mediados de los 50's, no había soporte agudo útil. Aún entonces la derivación cardiopulmonar daba solo pocas horas de soporte, generalmente tiempo insuficiente para que se regenerara la función ventricular. Los sistemas de asistencia cardiaca parcial, como el sistema percutáneo de derivación izquierda, introducido por Dennis en 1962 (1), inició la era de los mecanismos de soporte mecánico más prolongado. Este fue rápidamente seguido por la contrapulsación arterial externa introducida por Clause (2) y la contrapulsación arterial interna por Mouloupoulos (3). El poco tiempo del ciclo cardiaco dió poca aplicación al sistema de Clause, pero el balón diastólico en la aorta ha tenido múltiples aplicaciones desde los trabajos

iniciales de Kantrowitz y posteriormente de Bregman (4), Mundth (5), Buckley (6), Booloki (7) y muchos otros.

Hemos llegado a una etapa en la cual puede parecer algo similar a la inmortalidad cardiaca. Con el último dispositivo de asistencia cardiaca -el corazón mecánico-, puede parecer que los humanos pueden vivir eternamente o al menos tanto como concierna al sistema circulatorio. Sin embargo con estos dispositivos deben verse problemas morales, éticos y económicos, sin mencionar las implicaciones sociales que trascienden a nuestras capacidades técnicas

Las nuevas técnicas de derivación para soporte cardiaco mecánico parecen resolver estos insalvables problemas dando un mecanismo de asistencia al corazón del propio paciente para que el mismo retorne a autosoportar su función mecánica.

El valor del balón intraórtico de contrapulsación es evidente por el marcado incremento en su aplicación como soporte temporal después de la revascularización miocárdica. Este mismo sistema también ha recibido un enorme incremento en su uso con la técnica de introducción percutánea. El refinamiento en materiales es típico de los avances científicos en el campo del soporte cardiaco. En este respecto, incrementando el beneficio temporal de las bombas para derivación de corazón izquierdo y derecho, ayudan

al miocardio enfermo a revivir posterior a cirugía valvular o lesiones miocárdicas.

La derivación de corazón izquierdo percutánea abandonada inicialmente, está recibiendo nuevo interés. Agregado a esto se ha aprendido acerca de la aplicación del corazón artificial total, aún sin resolver los problemas éticos y sociales.

Uno de los sistemas mecánicos es el corazón artificial, que tiene dos aplicaciones clínicas: la primera es el implante como soporte temporal y puente para trasplante cardiaco. En este caso se usa como un procedimiento de emergencia en pacientes con miocardio irrecuperable mientras se obtiene un donador de corazón adecuado. Esto desde abril de 1969. El segundo uso es la aplicación en pacientes con miocardio ventricular irrecuperable, quienes no fueron aceptados para trasplante de corazón. En esta situación se uso un Jarvik-7 por primera vez en diciembre de 1982.

En nuestro medio la indicación de estos sistemas se basa en los lineamientos establecidos a nivel internacional para manejo de pacientes que desarrollan choque cardiogénico postcardiotomía refractario a todas las medidas farmacológicas y/o mecánicas incluido el balón intraaórtico de contrapulsación. Aunque en la literatura se reportan varios dispositivos de asistencia mecánica

de la circulación, en nuestro medio solo se dispone de Bombas de Rodillos. No obstante, existen reportes que justifican su uso con los fines ya comentados (8). Se ha demostrado que el corazón "aturdido" (stunned myocardium), es susceptible de recuperarse siempre y cuando se reúnan las condiciones a fin de que la energía disponible se utilice en un proceso de reparación celular, con regeneración de compuestos de alta energía (ATP,ADP), en vez de utilizar dicha energía en una pobre e ineficiente actividad mecánica.

El procedimiento, aunque es altamente invasivo, es capaz de restablecer la hemodinámica de estos pacientes gravemente deteriorados. Consideramos indispensable definir no solo cual es el circuito extracorpóreo adecuado, sino también una correcta indicación, así como establecer sus contraindicaciones. Las complicaciones inherentes al procedimiento son múltiples y muy graves. Van desde infección, embolismo aéreo, problemas de coagulación, etc.

OBJETIVO:

El objetivo de esta tesis es presentar y analizar la experiencia de nuestro grupo de trabajo con la Asistencia Mecánica de la Circulación con Bomba de Rodillos.

MATERIAL Y METODOS:

De marzo de 1988 a febrero de 1991, en el Hospital General del Centro Médico "La Raza", se efectuaron 1430 intervenciones de corazón con derivación cardiopulmonar. De estas, 5 casos (0.2%), presentaron choque cardiogénico postcardiotomía refractario a tratamiento farmacológico agresivo e incluso a la asistencia con balón intraaórtico de contrapulsación. Los pacientes se caracterizaron por presentar, al intentar separarlos de la bomba de circulación extracorpórea, una rápida y progresiva caída de la presión arterial media (PAM) a niveles de 30 mm Hg, elevación de la presión de la aurícula izquierda (PAI) aproximadamente a 40 mm Hg, con un deterioro evidente de la función contráctil del corazón.

En virtud de que al reinstalarse la derivación cardiopulmonar se observaba una recuperación hemodinámica franca de los pacientes y teniendo todos ellos integridad neurológica, se decidió darles asistencia mecánica de la circulación. Para ello se empleó Bomba de Rodillos marca Gambro, así como oxigenadores de burbuja y en otros casos de membrana.

El protocolo de anticoagulación establecido nos permitió mantener el tiempo de coagulación activado (TCA) entre 360 y 400 segundos.

Los pacientes fueron 3 de sexo masculino y 2 de sexo femenino. La edad mínima fue de 49 años y la máxima de 66 con una media de 55 +- 3, habiéndose sometido a cirugía cardíaca con derivación cardiopulmonar con los siguientes diagnósticos: 4 con cardiopatía isquémica y 1 con cardiopatía reumática inactiva del tipo de la doble lesión mitral (cuadro 1).

CASO	SEXO	EDAD	DIAGNOSTICO
I	M	62	CI
II	M	60	CI
III	F	49	CRI (DLM)
IV	F	54	CI
V	M	66	CI

CUADRO 1. Masculino (M), Femenino (F), Cardiopatía isquémica (CI), Cardiopatía reumática inactiva (doble lesión mitral) (CRI DLM).

En todos los casos se estableció la derivación cardiopulmonar (DCP), en forma convencional, se sometieron a hipotermia moderada y se administró solución cardiopléjica a 4 grados centígrados compuesta de la siguiente manera: 1000 cc de Hartmann, 40 mg de lidocaína, 20 mEq de cloruro de potasio y 20 mEq de bicarbonato de sodio, administrando 650 cc en dosis inicial y posteriormente 325 cc cada 20 a 25 minutos durante el tiempo de pinzamiento aórtico.

Las modificaciones a las conexiones para el soporte ventricular se describen en forma individual para cada uno de los casos y se ejemplifican en esquemas.

Caso I:

Masculino de 62 años con diagnóstico de infarto agudo de miocardio, ruptura de septum interventricular, lesión de tres vasos (DA,MO,PL), entra a cirugía de emergencia en choque cardiogénico clasificación IV de Forrester. Se procede a colocarlo en DCP y se revasculariza con 3 hemoductos de safena, se cierra el defecto interventricular, tomando un tiempo de pinzamiento aórtico de 106 minutos y una duración de la DCP de 140 minutos.

Posterior al procedimiento se hicieron 3 intentos fallidos de retirar la DCP presentando en esos momentos choque cardiogénico, se implanta balón intraaórtico, sin obtener mejoría decidiendo dar apoyo biventricular dejando una cánula venosa número 40 en la aurícula derecha y una cánula arterial número 24 en la aorta ascendente (siendo así como se efectúan las conexiones para la DCP estandar), las cuales se exteriorizaron por los vértices de la incisión de la pared torácica (figs 1 y 2).

El paciente presentó mejoría hemodinámica importante con elevación de la PAM a 80 mm Hg, se pudo prescindir de inotrópicos para mantener una contractilidad adecuada, además de que su uso prolongado hubiera condicionado un mayor consumo energético por el miocardio.

El paciente falleció 3 horas después durante su traslado a la Unidad de Cuidados Intensivos Coronarios.

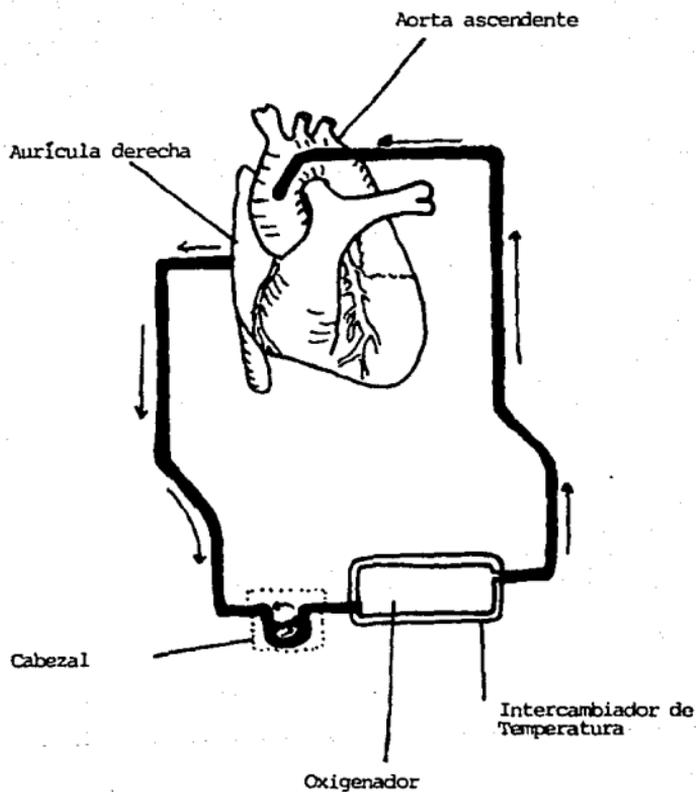


FIGURA 1. Derivación Cardiopulmonar estandar

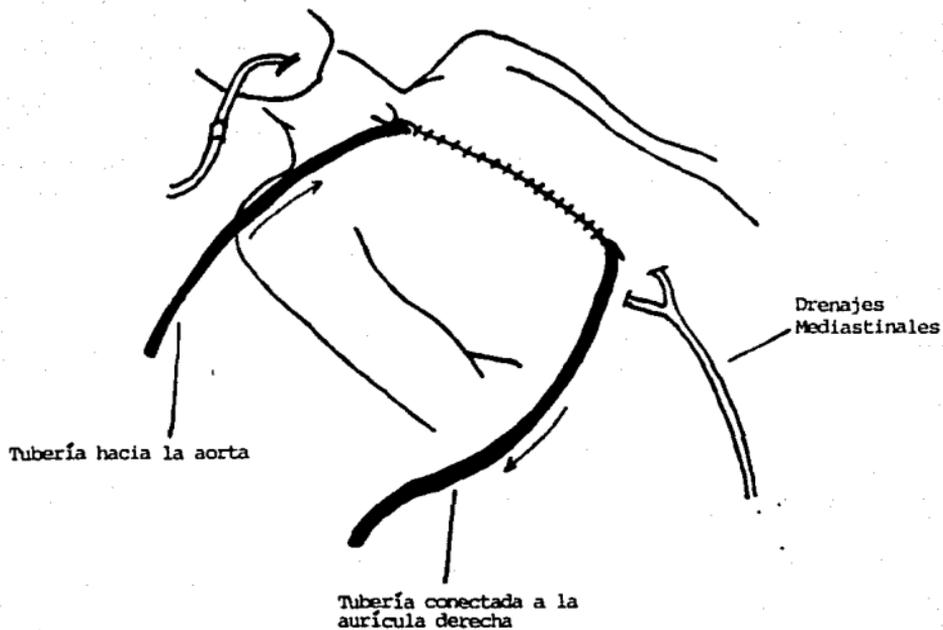


FIGURA 2. Salida de drenajes del soporte ventricular en los vértices de la Toracotomía anterior

Caso II:

Masculino de 60 años, con diagnóstico de cardiopatía isquémica, con dos infartos previos, demostrándose lesiones en las coronarias descendente anterior (DA), coronaria derecha (CD) y circunfleja, con fracción de eyección conservada, presión telediastólica de VI de 10 mm Hg. Solo se revascularizó la DA por tener lechos coronarios inadecuados en el resto de los vasos lesionados. El pinzamiento aórtico fue de 30 minutos y la DCP de 60 minutos. Hubo un intento fallido de destete de la DCP, por lo cual se decide implante de balón intraaórtico y se deja en reposo por 30 minutos, se hace un nuevo intento fallido por lo que se decide pasar a soporte biventricular, modificando la derivación original de la siguiente manera: se utilizaron 2 cabezales (uno para sistema derecho y el otro para sistema izquierdo), se excluyó el oxigenador, dejando esta función a los pulmones del paciente. Se dejó una cánula venosa 34 en la aurícula derecha conectada a un cabezal que regresaba la sangre a la arteria pulmonar sin pasar por el ventrículo derecho, a través de una cánula arterial 24 implantada a través de un injerto vascular de 5 mm de diámetro en la raíz del tronco de la arteria pulmonar. La sangre pasaba así a los pulmones y regresaba a la aurícula izquierda, de donde se extraía a través de una cánula angulada por la cual pasaba al segundo cabezal que la regresaba mediante una cánula arterial 24 a la aorta ascendente sin pasar por el ventrículo izquierdo. Así se

obtuvo un sistema de soporte biventricular (figs 3,4 y 5).

Las primeras tres horas mantuvo niveles urinarios adecuados, parámetros hemodinámicos estables en rango normal, miosis pupilar por efecto anestésico y sangrado dentro de niveles permisibles.

Posteriormente disminuye progresivamente la PAM, hay oliguria, midriasis con arreflexia, deterioro de la contractilidad miocárdica, presentando asistolia irrecuperable a las 5 horas de soporte.

Caso III:

Femenino de 49 años de edad con el diagnóstico de cardiopatía reumática inactiva del tipo de la doble lesión mitral sin lesión en coronarias. Es intervenida efectuando reemplazo valvular mitral y orejuelectomía izquierda sin complicaciones técnicas con un tiempo de pinzamiento aórtico de 40 minutos y una duración de la DCP de 78 minutos. Salió al primer intento con soporte farmacológico de dopamina a 6 gammas y dobutamina a 8 gammas, siendo normales sus exámenes de gases sanguíneos y electrolitos. Estando ya en Terapia Intensiva Postquirúrgica, sus parámetros hemodinámicos se vuelven inestables, presenta deterioro progresivo de la función miocárdica por lo que a las 16 horas de postoperada se implanta vía femoral derecha el balón intraaórtico de contrapulsación, respondiendo al mismo favorablemente solo 2 horas al cabo de las cuales nuevamente presenta caída de la PAM,

elevación de la PAI, su presión venosa central baja, teniendo entonces soporte triple inotrópico, asistencia adecuada del balón de contrapulsación, a 31 horas de operada, pasa nuevamente a quirófano, se reabre la esternotomía, se hepariniza y se canula la aorta ascendente y la aurícula derecha (como el caso I) y se deja el sistema con oxigenador de membrana, manteniéndose estable, dándose flujo de bomba suficiente para mantener una PAM de 80 mm Hg por 12 horas al cabo de las cuales se efectúa revisión de la hemostasia debido a que presenta hemorragia profusa a través de los drenajes mediastinales. La hemostasia es adecuada, nuevamente se cierra la pared torácica. Se mantiene estable, sin embargo un nuevo episodio hemorrágico obliga a reoperar encontrando desgarró en la zona de sujeción de la cánula de la aurícula derecha el cual se repara a satisfacción, llevando para entonces 24 horas de soporte mecánico. Se mantuvo estable 36 horas mas. Sin embargo las siguientes 7 horas presenta arritmias, oliguria, alargamiento del llenado capilar, midriasis pupilar con arreflexia y disminución progresiva de la PAM que no respondió a vasopresores ni flujos altos e inotrópicos, presentando asistolia irreversible a las 43 horas de soporte mecánico.

Durante el tiempo que duró la asistencia se hicieron mediciones de gasto cardiaco que mostraron leve mejoría inicial y posteriormente deterioro progresivo (fig 6).

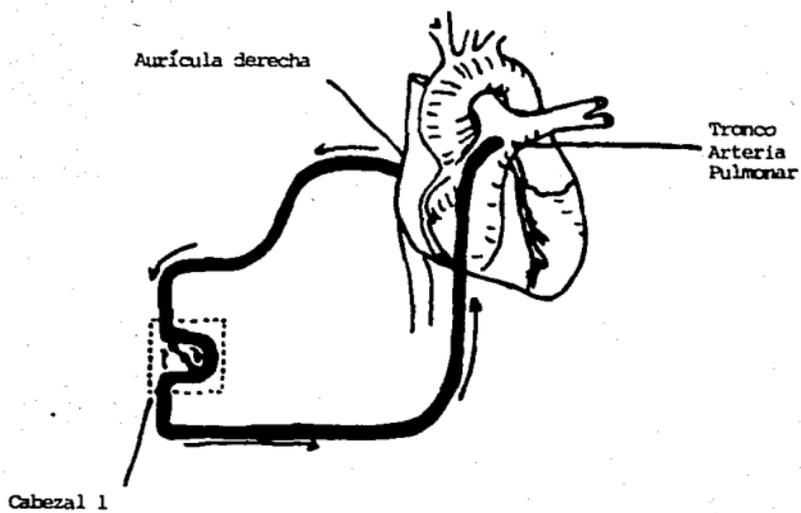


FIGURA 3. Soporte ventricular derecho.

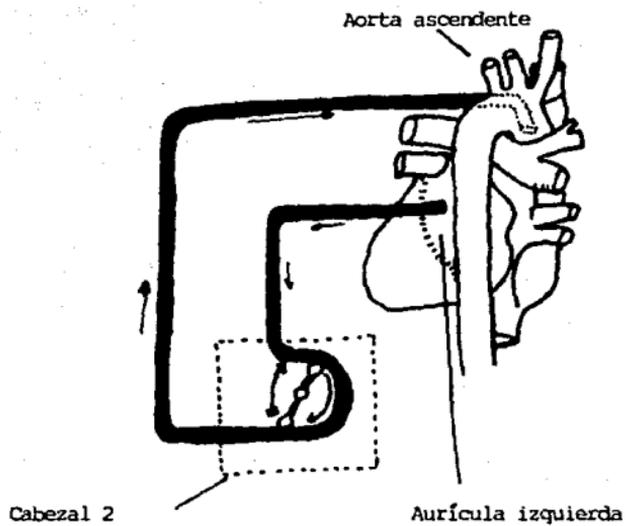


FIGURA 4. Soporte ventricular izquierdo. Vista posterior

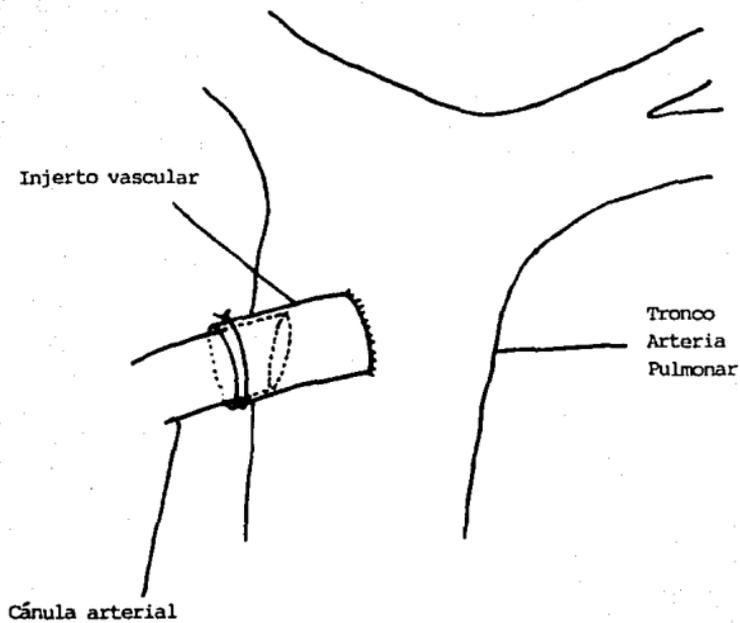
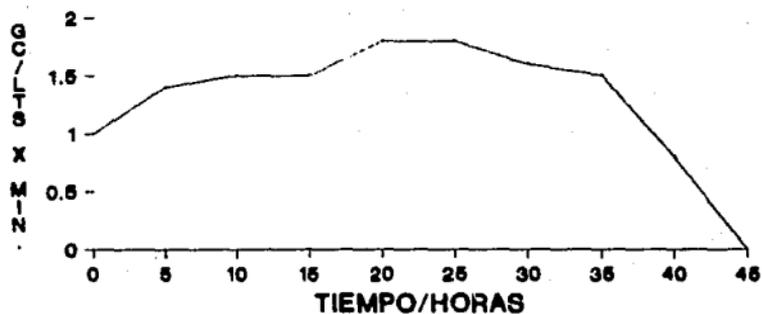


FIGURA 5. Aspecto del canulado de la arteria pulmonar mediante injerto vascular



— CASO III

FIGURA 6
EVOLUCION DE GASTO CARDIACO
CASO III

Caso IV:

Femenino de 54 años de edad con cardiopatía isquémica, mostrando lesiones de 2 vasos (coronaria derecha y marginal obtusa), aceptada para revascularización miocárdica la cual se efectúa con hemoductos de safena teniendo un tiempo de pinzamiento aórtico de 170 minutos y 190 de DCP. La paciente presenta función contráctil deficiente con un intento fallido de retiro de la bomba con apoyo farmacológico inotrópico, por lo que se implanta vía femoral derecha el balón intraaórtico de contrapulsación, se hace un nuevo intento fallido de destete de la DCP, por lo cual se deja en soporte biventricular por 4 horas al cabo de las cuales presenta deterioro de sus parámetros hemodinámicos y de la función contráctil con asistolia precedida de bradicardia que no respondió a medicamentos ni maniobras habituales. El sistema de soporte que se empleo fue con conexiones similares a los casos 1 y 3.

Caso V:

Masculino de 66 años de edad, con diagnóstico de cardiopatía isquémica con lesiones coronarias que ameritaron revascularizar la DA, MD y CD, procedimiento que se efectuó en 95 minutos de pinzamiento aórtico y DCP de 150 minutos. Desde que inició el paro cardiopléjico se detectó un aumento del tono muscular biventricular, que se corroboró al intentar salir de la DCP, lo

cual no se logró, catalogándose como "stone heart". Se implantó balón de contrapulsación, se intentó nuevo destete de la DCP que no se logró por inmovilidad absoluta del miocardio ventricular izq con leve mejoría del ventrículo derecho. Se decide dejar en soporte ventricular con la conexión estandar para DCP por 4 horas al cabo de las cuales se suspende por evidencia de lesión neurológica irreversible sin mejorar las condiciones del miocardio, debiendo mencionar que durante el tiempo de asistencia se intentó por vía farmacológica corregir el "stone heart".

RESULTADOS:

Fueron 1430 pacientes de los cuales solo 5 desarrollaron choque cardiogénico refractario a medicamentos y asistencia mecánica con balón de contrapulsación. La patología cardiaca preoperatoria fue isquémica en 4 casos (80%) y solo una valvular de causa reumática.

En todos el canulado inicial fue a la aurícula derecha para obtener la sangre para la DCP y en la aorta ascendente para regresarla ya oxigenada. Las modificaciones en las conexiones para hacer del procedimiento soporte miocárdico puro, solo se efectuaron en el caso II, donde se excluyó el oxigenador y en el caso III no fué posible por tener resección de la orejuela izquierda hacer exclusivamente un soporte ventricular izquierdo.

La duración del procedimiento de asistencia ventricular fué de 3 horas como mínimo y 43 como máximo, este en el caso III (lesión valvular mitral secundario a cardiopatía reumática inactiva). (cuadro 2).

CASO	BALON INTRAORTICO PREVIO AL SOPORTE	DURACION DEL SOPORTE
I	SI	3 HRS
II	SI	5 HRS
III	SI	43 HRS
IV	SI	4 HRS
V	SI	4 HRS

CUADRO 2. Duración de la Asistencia Mecánica de la Circulación.

Las mediciones de gasto cardiaco solo se pudieron realizar por la duración de la asistencia mecánica en el caso III, siendo el valor previo al soporte de 1.0 lts/min, la mejoría máxima durante la asistencia a 1.8 lts/min y el deterioro posterior a 0.8 lts/min (fig 6).

Los 5 pacientes fallecieron. En todos el daño fué multisistémico simultaneo, sin embargo durante el soporte ventricular los requerimientos inotrópicos fueron considerablemente menores.

Durante la asistencia mecánica todos estuvieron en hipotermia de 35 grados centígrados como mínimo y como máximo de 36.5 grados centígrados.

En todos los casos a excepción del V hubo una mejoría importante en la contractilidad miocárdica durante la asistencia mecánica evidenciada por el aumento de la PAM, con menor dosis de inotrópicos, mejoría de la diuresis, observación directa del corazón previo al cierre de la pared, aunque dicha mejoría fué de diferente duración, siendo mayor en el caso de la paciente sin lesión isquémica previa (caso III).

La conexión ideal para la asistencia mecánica de la circulación es la realizada en el caso II, dejando la oxigenación a cargo del paciente y solo supliendo la función miocárdica.

DISCUSION:

El síndrome de Bajo Gasto Cardíaco Postcardiotomía con evolución a Choque Cardiogénico refractario constituye una entidad de baja frecuencia, que a menudo depende de la isquemia miocárdica prolongada que ocurre durante el pinzamiento aórtico para realizar procedimientos cardíacos es la situación clínica en la cual se usa con más frecuencia la asistencia circulatoria, aunque otras indicaciones son: choque postinfarto de miocardio, paro cardíaco, embolia pulmonar masiva, choque postangioplastia y descompensación de un enfermo que espera trasplante cardíaco (9).

Se atribuye esta falla a que zonas de miocardio "no isquémico" o menos afectado por la oclusión aórtica no son capaces

de sostener la función contráctil en forma adecuada (10).

Por otro lado es conocido que en los primeros días posteriores a una derivación cardiopulmonar, el corazón tiende a mejorar paulatinamente debido a que se recupera de la isquemia del pinzado de la aorta y la manipulación durante la cirugía (11), se restituyen las reservas de fosfato de alta energía agotadas durante el periodo de isquemia (12), se resuelve el edema miocárdico (13), cede la vasoconstricción y el miocardio "aturdido" vuelve a funcionar adecuadamente (14,15,16).

Se ha observado una recuperación de la función ventricular derecha más temprana (3 a 5 días), que la función ventricular izquierda que es de 7 a 10 días (17).

Por otro lado la mayoría de estos pacientes con falla muy grave de la función miocárdica tienen integridad neurológica y de otros sistemas y una vez restablecida la DCP, tienen una contracción miocárdica muy adecuada. Buckberg (18) ha insistido en lo difícil que es con los medios actuales distinguir entre cuales corazones son irrecuperables y cuales no.

Los criterios establecidos para indicar alguno de los dispositivos de asistencia mecánica circulatoria se enumeran en el cuadro 3 (19).

PARAMETRO EVALUADO	VALOR*
Indice Cardiaco	- 2.0 lts / m2.
Resist. Vasc. Sist.	+2100 dinas/seg/cm5.
PAM	- 20 mm Hg.
Diuresis	-0.5 ml/kg/hr.

CUADRO 3. Criterios para indicar soporte ventricular.

* Con gases arteriales y electrolitos normales, inotrópicos a dosis tope y balón intraaórtico asistiendo adecuadamente, además de aporte de líquidos adecuado.

Dentro de los sistemas de asistencia ventricular destacan: bombas de rodillos, bombas centrífugas, bomba de Pierce-Donachy, dispositivo de asistencia al ventrículo izq de Novacor, hasta llegar a los corazones artificiales tales como el Jarvik (20,21,22,23,24). Debido a la inaccesibilidad de este tipo de dispositivos, nos ha parecido aún mas importante hacer experiencia con los medios de que disponemos, o sea las bombas de rodillos, dado que todos los sistemas, incluido estas, ya han sido evaluados cuidadosamente con estudios extensos en animales e in vitro por el Instituto Nacional de la Sangre, Corazón y Pulmón de los Estados Unidos y estan en uso clínico desde 1975 (25).

Aunque nuestra sobrevida máxima fué en solo un caso a 43 horas se demostró que en nuestro medio es factible implantar un sistema de asistencia al ventrículo izq con mejoría transitoria de los pacientes, con menor requerimiento de inotrópicos, tuvimos complicaciones ya descritas por otros grupos, que ademas coinciden

en que la indicación de soporte mecánico es menor al 1.0% (26,27,28).

En relación a la técnica, vale la pena mencionar que en el caso II se canuló la arteria pulmonar a través de un injerto vascular por haberse observado que el canulado directo ocasionaba deformidad de la valvula pulmonar, agravando la insuficiencia ventricular derecha.

Norman (23) ha demostrado que la función miocárdica puede ser evaluada con el monitoreo convencional durante la asistencia ventricular, lo cual se corrobora en esta tesis.

En caso de falla ventricular izq debe tenerse en mente la posibilidad de desarrollo posterior de falla biventricular por lo cual debiera estudiarse la necesidad de implantar de inicio un sistema de asistencia biventricular.

CONCLUSIONES:

1. Es factible con los recursos que se cuenta en nuestro medio, implantar un sistema uni o biventricular de asistencia mecánica a la circulación.

2. La evaluación de la función cardiaca se puede hacer con la monitorización empleada en forma convencional para los

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

procedimientos de cirugía a corazón abierto.

3. Los pacientes mostraron una mejoría evidente en sus parámetros hemodinámicos.

4. Fue posible mantenerlos vivos varias horas con requerimiento menor de medicamentos inotrópicos.

5. Afinamos las técnicas, y las complicaciones que tuvimos fueron detectadas y tratadas en forma oportuna y adecuada.

BIBLIOGRAFIA:

1. Dennis C, Hall D P, Moreno J R, et al: Reduction of the oxygen utilization of the heart by left heart bypass. *Circ Res*, 10: 298, 1962.
2. Clauss R H, Britwell W C, Abertal G, et al.: Assisted circulation I. The arterial counterpulsator. *J. Cardiovasc Surg*, 41:447, 1961.
3. Mouloupoulos S D , Topaz S and Kolff N J: Diastolic ballon pumping in medically refractory cardiogenic shock. Results in 27 patients. *Arch Surg*, 99: 739, 1961.
4. Bregman D, Kipke D C and Goetz R H.: The effect of synchronous unidirectional intra-aortic ballon pumping on hemodynamics and coronary blood flow in cardiogenic shock. *Trans Am. Soc. Artif. Intern. Organs*, 16: 439, 1970.
5. Mundth E D, Yurchak P M, Buckley M J, et al: Circulatory and emergency direct artery surgery for shock complicating acute myocardial infarction. *N. Engl. J. Med*, 283:1382, 1970.
6. Buckley M J, Craver J M, Gold H K, et al: Intra-aortic ballon assist for cardiogenic shock after cardiopulmonary bypass. *Circulation*, 48-50 (suppl. 3): III-90, 1973.

7. Bocoloki H.: Clinical application of intra-aortic balloon pump. Mt Kisco, N.Y., Futura Publishing Co. Inc. 1977.

8. Bregman D.: Mechanical support of the failing heart and lungs, New York, 1977, Appleton-Century-Crofts.

9. Beyersdorf F, Acar C, Buckberg G D, et al: Studies on prolonged acute regional ischemia. V Metabolic support of remote myocardium during left ventricular power failure. J. Thorac Cardiovasc Surg. 98(4): 567, 1989.

10. Elefteriades J A.: Cardiac Assist Devices, Cardiol. Clin. 6(3): 473, 1988.

11. Richenbacher W E, Pierce W S.: Ventricular assist devices. In Utley J R (ed): Perioperative Cardiac Dysfunction, vol 3. Baltimore, MD, Williams & Wilkins. pp 740, 1985.

12. Kanter K R, Pennington D G, Vandormael M, et al: Emergency resuscitation with extracorporeal membrane oxygenation for failed angioplasty. J. Am Coll Cardiol 11: 149A, 1988.

13. Reimer K A, Hill M L, Jennings R B .: Prolonged depletion of ATP and of the adenine nucleotide pool due to delayed resynthesis of adenine nucleotides following reversible myocardial ischemic injury in dogs. J Mol Cell Cardiol 13: 229-239, 1981.

14. Buxton A E, Golberg S, Harken A, et al: Coronary artery spasm immediately after myocardial revascularization. Recognition and management. N Engl J Med 304: 1249-1253, 1981.

15. Park S B, Leibler G A, Burkholder J A, et al: Mechanical support of the failing heart. Ann Thorac Surg 42: 627-631, 1986.

16. Schoen F J, Palmer D C, Bernhard W F, et al: Clinical temporary ventricular assist. Pathologic findings and their implications in a multi-institutional study of 41 patients. J Thorac Cardiovasc Surg 92: 1071-1081, 1986.

17. Pierce W S, Parr G V S, Myers J L.: Ventricular-assist pumping in patients with cardiogenic shock after cardiac operations. N Engl J Med 305: 1606-1610, 1981.

18. Buckberg G D, Luck J C, Payne D B, et al: Some sources of error in measuring regional blood flow with radioactive microspheres. J Appl Physiol. 31: 598-604, 1971.

19. Poe W E Jr and Pierce W S .: Temporary left ventricular assistance in acute myocardial infarction and cardiogenic shock. Rationale an criterion for utilization. Chest 79: 692, 1981.

20. Bernhard W F, et al: A new method for temporary left ventricular bypass. J Thorac Cardiovasc Surg. 70: 880, 1975.

21. Jarvik R K.: Artificial hearts. From engineering ideas to

patient care. Report 81-1, presented at bioengineering seminar. University of California, Berkeley, 1981.

22. Jarvik R K.: The total artificial heart. Sci Am. 244: 74, 1981.

23. Norman J C.: The role of assist devices in managing low cardiac output. Cardiovascular diseases, Bull. Texas Heart Institute 8: 119, 1981.

24. Pierce W S.: Prolonged mechanical support of the left ventricle. Circulation 58 (suppl 1):136, 1977.

25. Norman J C.: Intracorporeal partial artificial hearts. Initial clinical trials. Heart Lung 7: 788, 1978.

26. Golding L R, Jacobs G, Groves L K, et al.: Clinical results of mechanical support of the failing left ventricle. J Thorac Cardiovasc Surg. 83: 597, 1982.

27. Pae W E, Pierce W S, Pennock J L, et al.: Long-term results of ventricular assist pumping in postcardiotomy cardiogenic shock. J Thorac Cardiovasc Surg 93: 434, 1987.

28. Zumbro G L, Kitchens W R, Shearer G, et al.: Mechanical assistance for cardiogenic shock following cardiac surgery, myocardial infarction and cardiac transplantation. Ann Thorac Surg 44: 11-13, 1987.