

BASES FISIOLÓGICAS DE LA CARDIOPLEJÍA DEL NIDO



LIC. BRÍGIDA AGUERREVERE BRANGER C.C.P.
SANTO DOMINGO, REPÚBLICA DOMINICANA

Coordinadora de Perfusión
y estudios especiales
CEDIMAT

EXPERIENCIA EN EL SERVICIO DE CIRUGÍA CARDIOVASCULAR DE ADULTOS

CEDIMAT Centro Cardiovascular. República Dominicana.

Palabras Clave:

Cardioplejía; Del Nido; hiperpolarización; reperfusión.

RESUMEN

La mayoría de los procedimientos de cirugía cardíaca en los cuales se utiliza la circulación extracorpórea requieren de la parada del corazón para proporcionar un campo quirúrgico exangüe y libre de movimientos, la protección miocárdica del corazón detenido es un componente importante en el resultado final del procedimiento.

La cardioplejía Del Nido si bien fue creada para corazones inmaduros, esta dando resultados en la población adulta. Ofrece una menor viscosidad que las convencionales 4:1 ya que la relación sangre: cristaloides es de 1:4. Se podría sugerir que tiene mejor alcance en la microvasculatura coronaria, ofrece una menor cantidad de calcio que otras cardioplejías lo que potencialmente se traduce como una reducción en la concentración de Ca en el retículo sarcoplásmico y ofrece un período más prolongado de despolarización por poseer mayor cantidad de potasio que las otras cardioplejías y por poseer lidocaína como agente hiperpolarizante.

Presentamos una serie de 300 pacientes adultos sometidos a cirugía cardíaca en el centro cardiovascular CEDIMAT República Dominicana.

POTENCIAL DE MEMBRANA Y CARDIOPLEJÍAS

Las células cardíacas cuando se encuentran cargadas negativamente, se dice que están polarizadas, mientras más negativas estén se les denomina hiperpolarizadas (alrededor de -80 - -90 mV), a medida a que se acercan al signo positivo en el potencial de membrana, se despolarizan (onda p del electrocardiograma) para dar inicio al ciclo cardíaco.

El potasio actúa en el potencial de membrana alrededor de -60 mV y es considerado un agente despolarizante.

La Lidocaína actúan en el potencial alrededor de -85 mV (en un ambiente más negativo) y la adenosina actúa alrededor de -90 mV ambas son consideradas como agentes hiperpolarizantes.

A) Onda del Electrocardiograma, el potasio actúa a -60 mV muy cercano a la onda p del electrocardiograma

B) Potencial de acción tipo meseta el potasio y la lidocaína actúan bloqueando los canales de sodio, la adenosina actúa alrededor de -90 mV cuando la célula está en el nivel de reposo.

Las soluciones para protección miocárdica pueden ser divididas por su composición (sangre o cristaloides) o de acuerdo a la temperatura a la que se administre (normotérmica, templada o fría), adicionalmente también pueden ser clasificadas como extracelulares (aquellas en las que los electrolitos se acercan a los valores normales de los mismos en sangre) o intracelulares (bajos niveles de sodio y calcio) las cardioplejías intracelulares generalmente se refieren a cardioplejías cristaloides Ej.: Custodiol.

La cardioplejía Del Nido puede ser clasificada como una cardioplejía extracelular despolarizante modificada. (1) Analicemos en primera instancia sus componentes responsables del arresto:

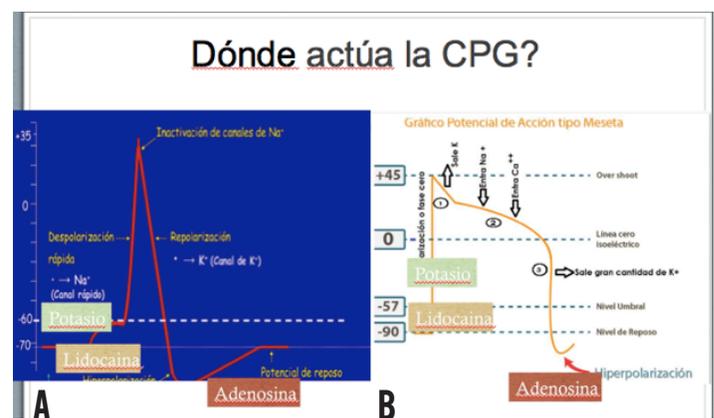


Figura 1

POTASIO

El potasio es el principal Catión intracelular su valor extracelular es de 3.5 mEq/l. Para detener un corazón es necesario una concentración entre 20-30 meq/lt de potasio suministrados directo a las arterias coronarias, existen dos vehículos en donde puede viajar esta concentración, sangre o cristaloi-de o la combinación de las dos con distintas proporciones: 1:1, 1:4, 4:1, 8:1, 20:1 (casos de microplegia) Estas proporciones refieren el primer dígito a la sangre y el segundo dígito al cristaloi-de.

Si bien es cierto que el potasio en las cardioplejías nos ayuda a conseguir la línea isoelectrica que tanto se busca al colocar la pinza aórtica, su alto contenido ha sido implicado en injurias miocárdicas, especialmente en el período de reperfusión. Dobson describe que se conocen por lo menos cinco mecanismos de daño al miocardio mediados por el potasio cuando se utiliza en concentraciones mayores a 10 mEq/l en arresto cardioplégico. Entre ellos están: 1) Diferencias anti-naturales en los voltajes de la membrana y desbalance iónico durante el arresto. 2) Vasoconstricción coronaria desencadenando mal distribución de la cardioplejía. 3) Activación del endotelio vascular coronario el cual se vuelve permeable pro inflamatorio y promueve la agregación plaquetaria 4) Creación de ambiente pro arritmico y trastornos de la conducción 5) Mayor incidencia de síndrome de bajo gasto cardiaco por aturdimiento miocárdico, específicamente disfunción izquierda. Estos mecanismos juegan un papel más significativo en miocardios adultos con enfermedad coronaria e isquémicos (2).

El sistema de conducción del corazón presenta diferencia de sensibilidad al potasio, siendo el nodo AV más resistente. Esto explica porque las cardioplejías de rutina producen una abolición rápida de la onda p y una leve persistencia de un ritmo nodal, que cesa al completarse la concentración antes mencionada. Las cardioplejías con potasio también han demostrado efectos indeseables en pacientes con función renal comprometida (3).

LIDOCAÍNA

Es un antiarrítmico clase B1 de uso frecuente. Se clasifica como un bloqueador de los canales de sodio. El bloqueo de los canales de sodio aumenta el período refractario del miocito cardíaco. Cuando la cardioplejia se da en un ambiente ideal sin que haya eliminación, esta acción se prolonga debido a que la lidocaína permanece en concentraciones adecuadas para afectar continuamente al miocardio, a esto puede atribuírsele el largo tiempo que toman ciertos corazones en volver al latir cuando se ha retirado la pinza aórtica. La lidocaína actúa en el potencial de membrana alrededor de -80 mV, en un ambiente más negativo que el potasio.

Además, el bloqueo del canal de sodio ayuda a contrarrestar los efectos negativos de una parada despolarizada hipercalemica, al polarizar la membrana de la célula en algún grado y la prevención de la acumulación de sodio y de calcio dentro de la célula.

OTROS AGENTES PRESENTES EN LA CARDIOPLEJÍA DEL NIDO

Magnesio

Después del potasio, el magnesio es el segundo catión mas abundante dentro de la célula, es un bloqueador de los canales de calcio, reduciendo la entrada de calcio a la célula disminuyendo las demandas metabólicas y preservando los metabolitos miocárdicos

La función miocárdica está íntimamente relacionada con la concentración intracelular. El flujo normal del calcio en el miocardio aumenta el calcio intracelular para la contracción y disminuye para la relajación. Este efecto es posible, ya que cuando se combina un nivel de calcio bajo con el magnesio, en soluciones cardioplégicas hipotérmicas, se ha demostrado que mejora la recuperación ventricular. Esto es debido a que el magnesio compite con el calcio bloqueando su entrada a la célula y evitando así una acumulación excesiva dentro de la célula mientras se encuentra detenido el corazón.

Buffers de la cardioplejía Del Nido

Bicarbonato de sodio (exógeno):

En condiciones de anoxia se ha demostrado que se inhibe la glucólisis anaeróbica y su producción de ATP por la acumulación en exceso de iones de hidrógeno. La mezcla de la cardioplejía Del Nido incorpora bicarbonato de sodio como una solución de amortiguación para secuestrar iones de hidrógeno en exceso y para ayudar a mantener el pH intracelular.

La anhídrida carbónica (endógeno):

Las células rojas de la sangre contienen una alta concentración de la anhídrida carbónica, una enzima que facilita el barrido de iones de hidrógeno con bicarbonato para generar dióxido de carbono y agua. Esta propiedad de las células rojas de la sangre puede ser de hecho su papel más importante en la cardioplejía, no tanto la oxigenación que podrían aportar los glóbulos rojos, ya que el hematocrito promedio debido a la proporción 1:4 es de el 6%

Manitol

El Manitol es una solución hiperosmolar 1319 mOsm con propiedades de diuresis osmótica, prevención del edema miocárdico y barrido de radicales libres, por lo que su acción tiene doble propósito en la cardioplejía.

Aparte de ser colocado en la cardioplejía, se han descrito

que el añadir 0,5 g/kg de Manitol al 20%, 5 minutos antes del despinzamiento aórtico en pacientes de cirugía cardíaca congénita pediátrica disminuye los niveles de oxidoniteico plasmático, incrementa el flujo coronario y disminuye el edema miocárdico por tratarse de una solución hiperosmolar. (1- 8)

Cardioplejía Del Nido

Preparación

El agente diluyente de la cardioplejía Del Nido es el Plas-malyte A de Baxter o cualquier otra solución como la Multi-lytos R (Lab Alfa. Rep. Dominicana) que cumpla con los siguientes componentes:

Por cada 1000 ml:

Cloruro de sodio: 140 mEq

Cloruro de potasio: 5 mEq

Cloruro de magnesio: 3mEq

Cloro: 98 mEq

Acetato: 27 mEq

Gluconato sódico: 23 mEq

Osmolaridad: 280 – 310 mOsmol/l

Ph: 7.4 aprox.

Los aditivos para hacer la formula de cardioplejía Del Nido son los siguientes:

Manitol al 20%: 16.3 ml

Sulfato de magnesio al 50%: 4 ml

Cloruro de potasio (2 mEq/ml): 13 ml

Lidocaína al 1%: 13 ml

Bicarbonato de sodio 8.4%: 13 ml

Relación:

El set de cardioplejía debe ser 1:4 (sangre: cristaloides), bien sea un set con líneas $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{8}$ en el mismo rodillo de la bomba o en rodillos gemelos líneas $\frac{1}{4}$ con velocidades diferentes para generar una proporción 1:4, como se muestra en la figura 2. Otra forma de hacerlo, como bien se describe en el artículo en relación a la historia de la cardioplejía Del Nido por el hospital de niños de Boston (1), consiste en tomar (al entrar en circulación extracorpórea) la proporción de sangre oxigenada correspondiente a la proporción 1 (sangre) de la relación 1:4 y transferirlo a la bolsa del cristaloides con los aditivos.



Figura 2

Dosis:

La dosis generalmente es 20 ml/kg de peso, para la dosis de inducción, limitándose a un 1 Litro para corazones hipertroficados, enfermedad arterial coronaria severa, insuficiencias aórticas donde se haya utilizado la anteroplejia por aguja y no de manera directa por ostium puede administrarse hasta 1400 ml. Para cirugías cortas puede administrarse 10 ml/kg. Nosotros en CEDIMAT Centro Cardiovascular. Rep. Dominicana en el Servicio de Cirugía Cardiocascular de Adultos colocamos para pacientes masculinos 1100 ml y para pacientes femeninas 1000 ml administrando la dosis de 1400ml en casos especiales como lo descrito anteriormente.

Redosis:

La cardioplejía en si fue diseñada para tener una duración de 180 minutos, hay reportes donde usan monodosis y centros como el nuestro donde colocan una segunda dosis de 400 ml a los 60 min. Los centros actuales que la usan en adultos colocan una redosis a los 60 o 90 minutos o no colocan.

Temperatura:

La temperatura debe ser de 4 ° a 12 ° C con un set de cardioplejía o en su defecto un set que garantice la temperatura mencionada, se recomienda el uso de solución helada alrededor del corazón, teniendo precaución con el nervio frénico, recomendamos que la conducta de la perfusión sea mantenida alrededor de los 34 ° C, ya que un estado normotérmico en estructuras cercanas como hígado, diafragma, aorta torácica, o condiciones como la disminución del retorno venoso pueden alterar el metabolismo cardíaco creando efectos indeseados. (7)

Vías de administración:

Se recomienda que la cardioplejía Del Nido sea administrada de manera anterógrada, es importante garantizar que la cardioplejía llegue correctamente a su destino, técnicas de retroplejia no son recomendadas por la posible movilización de la cánula del seno coronario. En la mayoría de los casos la dosis será única, es por ello que es necesario que se garantice su correcta administración.

Flujo y presiones de administración:

El flujo cardioplégico debe ir en consonancia a la presión diastólica de entrada del paciente a la sala operatoria, sumándose alrededor de 30 mmHg para obtener una referencia de presión de línea, otra referencia puede ser 110 ml/min/m² durante 4 minutos aproximadamente, para cardioplejías de baja viscosidad. (12)

Bloqueo de la entrada de calcio

Se ha demostrado que las estrategias que limitan la entrada de Ca intracelular, mejoran la recuperación de la función ventricular tras los períodos de isquemia. De hecho dichas alteraciones en la homeostasis del Ca podrían ser la causa de un déficit de protección miocárdica de las cardioplejías tradicionales, reflejándose en corazones aturridos, hipercontráctiles e incluso el temido corazón de piedra.

La composición de la cardioplejía Del Nido posee menor proporción de sangre lo que marca una reducción importante del aporte de calcio y que potencialmente atenúa la entrada del mismo en el retículo sarcoplásmico. Al ser 1:4 provee 75% menos calcio que las cardioplejías 4:1, además aporta menor viscosidad, lo que facilita la penetración en la microcirculación del miocardio. Del Nido posee mayor concentración de K que la hemática estándar, por lo que podría conseguir períodos mayores de despolarización de la membrana, logrando una mayor inhibición del potencial de acción. La lidocaína como agente hiperpolarizante bloquea los canales de Na⁺ previniendo secundariamente la entrada del calcio al citosol, es importante no suprimir por completo el calcio para no exponer al corazón a la paradoja del calcio al desclampeaje de la aorta. La cardioplejía Del Nido posee únicamente el calcio que le brinda la porción de sangre, siendo este considerado como trazas.

Costos

El costo estimado de la preparación de la Cardioplejía Del Nido es aproximadamente. 7.39 euros por una unidad de 1000 ml, lo que quiere decir que una bolsa y sus aditivos no debería sobrepasar de los \$10 en países en donde se realiza la mezcla por el perfusionista (5).

Tiempo de recuperación espontánea del ritmo

La cardioplejía Del Nido presenta un mayor tiempo de recuperación del primer latido tras el despinzamiento aórtico (aproximadamente el doble), que cardioplejías convencionales (5), tardándose a veces hasta 6 minutos como fue observado en nuestra serie, lo que coincidió en ocasiones con pacientes a los cuales se les administró segundas dosis. Este fenómeno podría ser atribuido al efecto residual de la lidocaína. Existe la posibilidad de que un período de inactividad eléctrica y mecánica durante la reperfusión temprana, desempeñe un papel similar al ya conocido con la administra-

ción de cardioplejía caliente de reperfusión o *hot shot* (12). La reperfusión caliente genera un período de asistolia tras el despinzamiento aórtico, durante el cual la energía producida por el miocito se destina preferentemente al proceso reparador celular, más que a la actividad mecánica, además de lavar el exceso de lactato producido durante la parada cardíaca y reducir las demandas inmediatas de oxígeno del miocito. Un período de inactividad más prolongado durante la reperfusión, podría contribuir a la normalización de la concentración de iones intracelulares antes del restablecimiento de la actividad mecánica, previniendo la hipercontractilidad secundaria al exceso de Ca citosólico y por tanto limitando el daño celular. (9)

Tiempo al primer latido. Tomado de la tesis: Protecting The Aged Heart During Cardiac Surgery: Use of Del Nido cardioplejía provides superior functional recovery in isolated hearts (Dalhousie University Halifax, Nova Scotia August 2013)

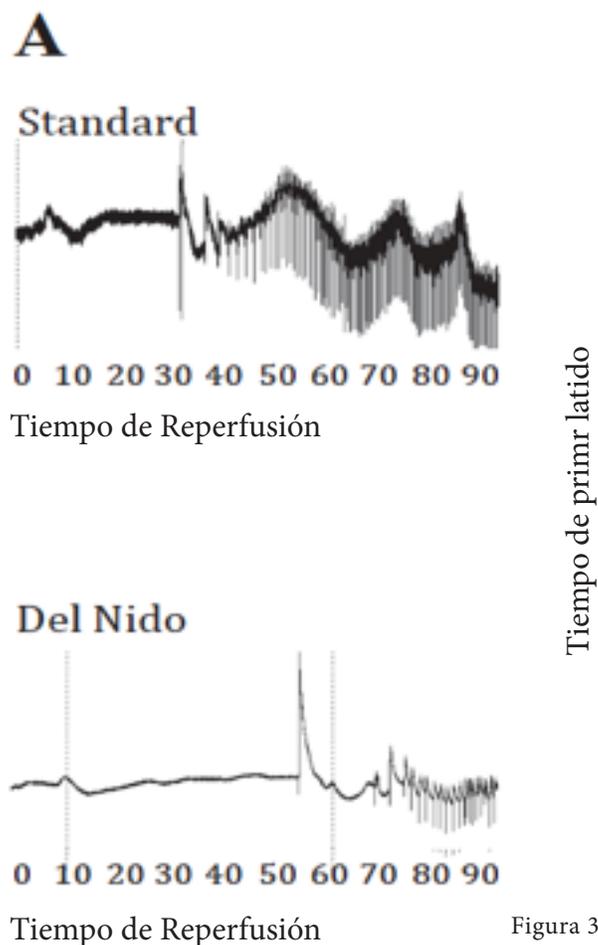
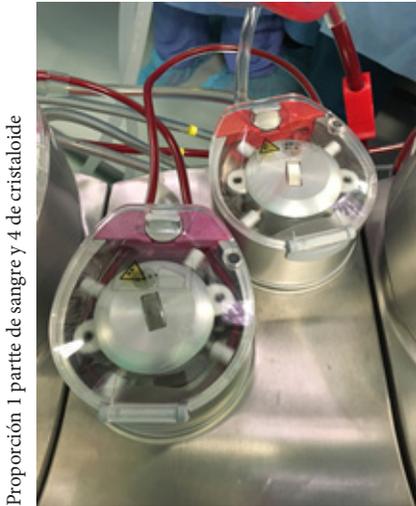


Figura 3

A CONTINUACIÓN SE PRESENTA LA EXPERIENCIA EN EL SERVICIO DE CCV ADULTOS DE CEDIMAT REPUBLICA DOMINICANA.

Métodos:

Estudio observacional y retrospectivo que engloba 300 pacientes adultos (18 -84 años) desde Enero del 2015 a Enero del 2017. La utilización de dicha cardioplejía fue elección del cirujano Jefe del Servicio de Cirugía Cardiovascular. La preparación fue realizada con la fórmula Del Nido por el perfusionista titular del caso, preparada el mismo día. Se administró por set de cardioplejía Myotherm Medtronic CP50 Terumo con proporción 1:4 en rodillos gemelos



Proporción 1 parte de sangre y 4 de cristaloide

Figura 4



Solución Multilytos R.1000ml Lab. ALFA. Rep. Dominicana

Figura 5

A una velocidad de 250 ml/min de manera anterógrada por cánula de anteroplejía DLP aortic root with vent Medtronic o bajo visión directa por ambos ostiums coronarios por cánulas DLP ostial basket tip maleable Medtronic. Cantidades de 1000 ml para pacientes femeninas y 1100 ml para pacientes masculinos, con excepción de pacientes con corazones hipertróficos, donde fue administrado 1400 ml. En ninguno de los casos fue utilizada la retroplejía. La segunda dosis fue administrada a los 60 minutos. Las presiones manejadas oscilaron entre 120- 135 mmHg.

Se registraron parámetros demográficos y tipo de procedimiento, supervivencia a los 30 días de posoperatorio.

En cuanto a los parámetros de perfusión se registraron: superficie corporal, tiempo de circulación extracorpórea, tiempo de pinzamiento aórtico, tiempo en lograr la asistolia, tiempo en recuperar el ritmo regular, el porcentaje de pacientes donde fue necesario desfibrilar, temperatura mínima venosa del paciente, dosis de cardioplejía, potasio poscardioplejía, glicemia transoperatoria, hematocrito posadministración de cardioplejía, Fracción de eyección pre-CEC por eco transesofágico quirúrgico, Fracción de eyección pos-CEC por eco transesofágico, cantidad de inotrópicos a la salida de quirófano, reoperaciones y cirugías con paro circulatorio total y perfusión cerebral anterógrada selectiva.

RESULTADOS

Los resultados se presentan en la Tabla 1.

N° = 300 de pacientes Enero 2015 - Enero 2017

VARIABLE	MIN- MAX	MEDIANA	TOTAL
Peso	43-110	76 Kg	
Edad	18- 84	66 años	
S.C	1.5 - 2.19	1.89 m ²	
Tiempo CEC.	52 - 246	170 min	
Tiempo Pinza Ao.	42 - 211	81 min	
Tiempo en lograr asistolia en segundos	15 - 45	37	
1 Dosis.	1- 1	1	169 pacientes
Redosis.	2 - 3	2	131 pacientes
Reactivación actividad Eléctrica.			0 %
HCT post DLN	16-30	27 %	
K ⁺ Post DLN	3.6-5.0	4.6 mEq/l	
% Desfibrilación Post retiro clamp Ao.			0%
Recuperación espontanea del ritmo en seg.	5- 540	152"	
F.E. eco transeof Pre DLN.	20-60	52%	
F.E. eco transeof Post DLN.	20-60	52%	
Cantidad Inotrópicos salida de quirófano.	1-3	1	1 Inotrópico
Balón de Contrapulsación Intra aórtico post DLN.	0	0	0%
Tiempo de extubación.	5-36	14 hrs	14 hrs
Temp. mínima venosa.	18 C – 34 C	34 C	34 C
PCT y perf. Cerebral			11 Pacientes
REDO.			10 Pacientes
Glucosa transoperatoria.	110-197	140	140 g/dl
Mortalidad a los 30 días %		10	3,6 %

DLN: Del Nido, F.E: fracción de eyección, PCT: paro circulatorio total, REDO: reoperación (abreviación en inglés)

Tabla 2
Tipos de procedimientos quirúrgicos.

Tipo de Procedimiento	numero total de casos
Coronario	140
Mixoma Aurícula izquierda	9
CIA	8
CIV	3
Doble Valvular	10
Válvula aortica o Mitral	67
Plastia Tricuspidea	2
Plastia Mitral	16
Cirugía de Davis	6
Bentall	19
Aorta ascendente y hemiarco (Disecciones Aórticas)	13
Mini Root (Mini raíz aórtica)	7

La serie de 300 pacientes presentó una sobrevida de 96%, la asistolia fue lograda en un promedio de menos de 1 minuto, las redosis, fueron a los 60 minutos, pero en algunos casos en los cuales el procedimiento estaba llegando a su final no fue considerada la redosis, en ninguno de los casos hubo actividad eléctrica entre dosis o retiro del pinzamiento, no hubo alteración de la fracción de eyección pre-DLN y pos-DLN, el promedio del uso de inotrópicos fue de 1, en específico Dobutamina. Desde el punto de vista de hemodilución el Hematocrito pos-DLN se mantuvo en cifras óptimas teniendo en cuenta que se utilizo hemoconcentrador en todos los casos. A pesar de ser una cardioplejía con cantidades de potasio mayores a las de otras fórmulas, el K⁺ pos-DLN no mostró elevación significativa, aun en pacientes con cifras de creatinina por encima de 1.5 mg/dl. El promedio de la glicemia transoperatoria se mantuvo dentro de los límites normales. En ningún caso fue necesaria la desfibrilación y el promedio de recuperación espontánea del ritmo fue de 2 minutos y 5 segundos, no fue necesario colocar el marcapasos sin estar el ritmo presente, se esperó hasta el latido para su colocación, en ciertos casos de bradicardia se colocó el marcapaso y al cabo de un corto tiempo la frecuencia cardíaca fue normalizada dejando el marcapaso a demanda, 2 pacientes presentaron un bloqueo arículo ventricular (AV) transitorio en los cuales se colocó el marcapaso, pero dichos pacientes fueron excluidos de este estudio. No hubo necesidad de trans y posoperatorio de colocación de balón de contrapulsación intra aórtico en ninguno de los casos, pero 4 de los pacientes ingresaron a sala operatoria con un balón de contrapulsación, el tiempo de extubación en UCI fue de 14 horas y la mortalidad a los 30 días, para esta serie de pacientes fue de 3.6%.



CEDIMAT. Centro Cardiovascular. Santo Domingo República Dominicana.

Figura 6

LIMITACIONES

El estudio comprende una sola serie sin grupo control, no fueron medidas enzimas cardiacas, aunque la FDA ha eliminado la Troponina I como marcador evaluador de los diferentes métodos de cardioplejías. (6)

RECOMENDACIONES

La cardioplejía Del Nido ha sido ampliamente estudiada y comparada en la población pediátrica. Como bien menciona el Dr. Richard Jonas (7), antes de que se establezca en la población adulta, como método de elección por sus bondades evidentes, entre otras, el acortamiento de tiempos quirúrgicos. Es recomendable que se elaboren estudios amplios randomizados, donde se mida el índice cardíaco/gasto cardíaco en diferentes horas posoperatorias y por patologías como se ha hecho en pediatría en el posoperatorio de diferentes cardiopatías corregidas, ya que la mayoría de los estudios miden parámetros indirectos de función ventricular. Se recomienda también que la cardioplejía Del Nido sea igual a la descrita en las técnicas provenientes de la original fórmula del Hospital de niños de Boston, y que aquellas en las que se altere la concentración, la relación de la proporción o la temperatura no deben llevar el mismo nombre que la cardioplejía Del Nido.

En cardioplejías monodosis que utilicen frío, es importante tener en cuenta que la temperatura miocárdica podría estar afectada por las pérdidas/ganancias insensibles a causa de exposición a luces de la sala operatoria, frontoluz y mantas térmicas. Así como también el drenaje inadecuado por la cánula venosa, específicamente en casos de revascularización miocárdica en donde se cambia de posición el corazón para la realización de las diferentes anastomosis distales, pudiendo aumentar la temperatura miocárdica. Y por último, no olvidar que la lidocaína en la cardioplejía del Nido puede mantener un silencio eléctrico, quizás proporcionando al equipo quirúrgico una sensación falsa de seguridad en cuanto al nivel del metabolismo miocárdico.

CONCLUSIONES

La cardioplejía Del Nido si bien fue creada para corazones inmaduros, esta dando resultados en la población adulta. Ofrece una menor viscosidad que las convencionales 4:1 por lo que pudiera pensarse tiene mejor alcance en la microvasculatura coronaria, posee una menor cantidad de calcio, lo que potencialmente se traduce como una reducción en la concentración de Ca en el retículo sarcoplásmico y un período más prolongado de despolarización por poseer mayor cantidad de potasio y por contener lidocaína como agente hiperpolarizante. Ciertamente se pueden acortar los tiempos de pinzamiento aórtico y es de gran utilidad en cirugías de abordaje mínimamente invasivo, debido a la no interrupción del procedimiento para administración de dosis subsiguientes de manera constante.

El 90% del consumo miocárdico energético se destina a la actividad electromecánica, 2/3 de esta energía se consume en la contracción y 1/3 en la relajación. El 10% restante del gasto energético se utiliza para procesos básicos de la célula y metabolismo propio para mantener su homeostasis.

De esto se deduce que el factor más relevante en la protección miocárdica es la abolición de la actividad electromecánica. La cardioplejía Del Nido posee un bajo aporte calórico ofreciendo un total de 21 kcal.

El futuro en protección miocárdica estará enfocado probablemente en el fin de la era del potasio, en adición de otros buffers diferentes al bicarbonato de sodio quien disminuye sus propiedades amortiguadoras a bajas temperaturas y en el 10% restante de esta ecuación, que es el responsable de aquellos efectos aislados indeseados, que persisten entre método y método de protección miocárdica y que se reflejan sin explicación en corazones disfuncionantes post perfusión con una corrección quirúrgica adecuada.

REFERENCIAS

1. History and Use of del Nido Cardioplejía Solution at Boston Children's Hospital. Gregory S Matte CCP, Pedro Del Nido MD. J Extracorporeal Technology 2012 Sept, 44
2. Hiperkalemic cardioplejía for adult and pediatric surgery: end of an era? Geoffrey Dobson, Giuseppe Faggian, Francesco Onoratti, Jakob Vinten-Johansen. Frontiers in physiology Journal doi: 10.3389/fphys.2013.00228
3. Shaw. R.M and Rudy Y. Electrophysiology effects os acute myocardial ischemia: a theoretical study of altered cell excitability and action potencial duration. Cardiovas. Res.35,256-272.doi:101016
4. Dobson GP. Membrane Polarity: A target for myocardial protection and reduced inflammation in adult and pediatric cardiothoracic surgery. J. Thoracic Cardiovascular Surgery 1994; 107:499-504
5. Alejandro Vázquez, Cassandra Favieresb, Manuel Pérez, Francisco Valeraa, Salvador Torregrosaa, Lucia Donatea, Tomás Herediaa, Ana Bela, Carlos Hernandez, Mona Schulera, Alberto Berbela, Oscar Blanco, Pilar Sepúlvedac, Eduardo Lópezb y Jose A. Monteroa- Cardioplejía Del Nido: una estrategia de protección miocárdica segura, eficaz y económica. Cir Cardio. 2015;22(6):287-293Original.
6. Claus J Preusse, MD. PH Custodiol Cardioplejía: A single - Dose Hyperpolarizing Solution. J extracorporeal Technol. 2016 Jun; 48(2): P15-P20.
7. Pranava Sinha, Richard Jonas. Perfusion Journal. Time for randomized prospective trials of single dose del Nido cardioplejía solution in adults. 2016 Vol. 31 (1) 34-37
8. Diaz jc, vargas m j, vera m rev. española de perfusión, vol.33 efecto protector del manitol en la agresión oxidativa producida por la isquemia reperfusión miocardica en pacientes pediátricos sometidos a cirugía correctiva. issn: 0211.
9. Piper, H.M. , Abdallah, Y., Schäfer, C.The first minutes of reperfusion: A window of opportunity for cardioprotection (Review)
10. Proteccion miocárdica combinada con normotermia sistémica y disfunción ventricular izquierda aguda en corrección de tetralogía de Fallot. F. Vargas, J. Leon-Wyss, Y. Mariñez, B. Aguerreverre. Centro cardiovascular CEDIMAT. Rep. Dominicana. Poster Presentado en Congreso de Perfusion ClateBras 2016.
11. Cristina Tocón Alé, Diego Solís Clavijo, Sergio Caballero Gálvez, Juan Vargas Mancilla, Ginés Tocón Pastor, Sebastián López Sánchez.. Reacción cardiomiocítica y mitocondrial ante la isquemia. Medidas de protección. Revista Asociación Española de Perfusionistas Volumen 54.
12. Arun Govindapillai Protecting The Aged Heart During Cardiac Surgery: Use Of Del Nido Cardioplejía Provides Superior Functional Recovery In Isolated Hearts Submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of Master of Science at Dalhousie University Halifax, Nova Scotia August 2013.