

Hemodilución, hipotermia moderada y flujos bajos en circulación extracorpórea

Estudio comparativo utilizando dextrosa, Ringer y Haemaccel

*Dr. Carlos Esperanza G.**

*Dr. Antonio Rivera A.***

*Dr. Rubén Gallardo.****

ACTUALMENTE la hemodilución en circulación extracorpórea parece ser el método universalmente adoptado para intervenciones cardíacas que requieren exclusión cardiopulmonar.

En el Servicio de Cirugía Cardíaca del Hospital General del Centro Médico Nacional, la hemodilución se efectúa de dos maneras: llenando la máquina extracorpórea con 70% de sangre ACD y 30% de diluyente; o bien, con 100% de diluyente. El primer método (30% de diluyente y 70% de sangre) se utiliza en máquinas con oxigenador de discos, flujos altos (2 l/m^2) e hipotermia a 32°C . El segundo, en el que no se emplea sangre en el llenado de la máquina, se usa el sistema de oxigenación de burbuja gruesa, flujos bajos (30-40 cc/kg) e hipotermia moderada ($30\text{-}33^\circ\text{C}$).

Nuestro propósito en la presente comunicación, es comparar los resultados de laboratorio obtenidos al utilizar el segundo método, es decir, hemodilución (sin emplear sangre), hipotermia moderada ($30\text{-}33^\circ\text{C}$) y flujos bajos (30-40 ml/kg), en los que se llenó la máquina con dextrosa al 5%, so-

lución de Ringer o Haemaccel en tres grupos de pacientes respectivamente.

MATERIAL Y METODO

En 30 pacientes sometidos a cirugía extracorpórea se empleó como llenado de la máquina, dextrosa al 5% en 10 pacientes, solución de Ringer en otros 10 y Haemaccel en 10 más. La cantidad de llenado fue a razón de 16 ml/kg. Todas las exclusiones cardiopulmonares duraron más de 30 minutos.

Se registró presión arterial directa (6), presión venosa central, volumen urinario, electrocardiograma y temperatura esofágica.

La temperatura mínima fue de 30°C . Se tomaron dos muestras de sangre arterial y de orina, una antes de iniciar la perfusión y otra una hora después de terminada.

Se determinó en ellas, equilibrio ácido básico, hemoglobina libre en plasma, hematocrito, hemoglobina, urea, creatinina, bilirrubina directa e indirecta, proteínas totales, albúmina, globulinas y su relación, electró-

* Cirujano Cardiovascular del Hospital General del Centro Médico Nacional del I.M.S.S., México, D.F.

** Residente del Servicio de Cirugía Cardíaca del mismo hospital.

*** Residente de Cirugía General del mismo hospital.

litos en sangre y orina y osmolaridad de sangre y orina.

Hay que hacer notar que al iniciar la perfusión se administró 100 ml/m² de NaHCO₃ al 10%, dosis que se repitió cada hora de perfusión.

RESULTADOS

Equilibrio ácido-básico:

Antes de la perfusión todos los pacientes presentaron alcalosis respiratoria; pH elevado, pCO₂ bajo y un exceso de base de —5 promedio. Una hora después de terminada la perfusión las cifras son muy semejantes. Es decir se inició y se terminó la perfusión en alcalosis respiratoria.

Hemoglobina libre en plasma (fig. 1):

El incremento de la hemoglobina libre en plasma al terminar la perfusión fue muy semejante cuando se empleó dextrosa al 5% y solución de Ringer (80 y 75 mg%), pero cuando se utilizó Haemacel la cifra llegó a 16.9 mg%.

Hb EN PLASMA (mg. %)

<u>DEXTROSА 5 %</u>	<u>RINGER</u>	<u>HAEMACCEL</u>
8.7	7.5	16.9

FIG. 1.—Incremento de la hemoglobina libre en plasma al utilizar diferentes diluyentes en la máquina de circulación extracorpórea.

Hematócrito (Ht) y hemoglobina (Hb) (figs. 2 y 3):

Las variaciones encontradas tanto para el Ht como para la Hb fueron muy semejantes; con dextrosa el Ht de 41.5 bajó a 38.2, con Ringer de 41.8 a 40.8 y con Haemacel de 43.4 a 34.1. La Hb sufrió las siguientes variaciones: con dextrosa de 12.9 a 12.2, con Ringer de 13.3 a 12.9 y con Haemacel de 14.2 a 11.1 g%.

Ht (ml. %)

<u>DEXTROSА 5 %</u>		<u>RINGER</u>		<u>HAEMACCEL</u>	
PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
41.5	38.2	41.8	40.8	43.4	34.1

FIG. 2.—Valores de hematocrito (Ht) antes y después de someter al paciente a circulación extracorpórea.

Hb (gr. %)

<u>DEXTROSА 5 %</u>		<u>RINGER</u>		<u>HAEMACCEL</u>	
PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
12.9	12.2	13.3	12.9	14.2	11.1

FIG. 3.—Valores de hemoglobina (Hb) antes y después de someter al paciente a circulación extracorpórea.

Urea y creatinina:

Las variaciones fueron mínimas, estuvieron dentro de cifras normales y fueron semejantes con los tres tipos de llenado.

Bilirrubinas:

Las variaciones estuvieron dentro de cifras normales con los tres tipos de llenado.

Proteínas totales (fig. 4):

Las proteínas totales disminuyen prácticamente igual a las variaciones observadas en la Hb y el Ht.

Con dextrosa de 7.8 a 5.6, con Ringer de 7.0 a 6.0 y con Haemacel de 7.8 a 6.0. Las demás fracciones varían proporcionalmente, y la relación A/G permanece igual.

PROTEINAS TOTALES (gr. %)

<u>DEXTROSA 5 %</u>		<u>RINGER</u>		<u>HAEMACCEL</u>	
PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
7.8	— 6.6	7.0	— 6.0	7.8	— 6

FIG. 4.—Variaciones de las cantidades de proteínas totales en plasma en relación con los diferentes diluyentes usados.

Electrolitos en sangre (fig. 5):

Una variación importante se observa en la concentración plasmática de potasio cuando se emplea dextrosa al 5%. De 3.8 disminuye a 2.0 mEq/l, lo cual no sucede con Ringer o con Haemacel. Las concentraciones de sodio y cloro no presentaron variaciones de importancia, con los tres tipos de llenado.

PLASMA (mEq/l.)

	<u>DEXTROSA 5 %</u>		<u>RINGER</u>		<u>HAEMACCEL</u>	
	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
Na	139	136	138	136	138.6	139.5
K	3.8	2.9	3.5	3.6	4.0	3.5
Cl	98	92	97	98	100.7	100.4

FIG. 5.—Variaciones de los valores de electrolitos en sangre según los tipos de diluyentes empleados.

Osmolaridad plasmática:

Las variaciones con los tres tipos de llenado son prácticamente las mismas antes y después de la perfusión y oscilan entre 280 mOsm/l en la preperfusión a 310 mOsm/l en la postperfusión.

Electrolitos en orina (fig. 6):

Se observó un hecho importante: si bien

cuando se empleó dextrosa y Ringer no se tomó en consideración el tiempo y el volumen urinario y por lo tanto no fue posible calcular la excreción de electrolitos, si se dosificó el contenido total de éstos en orina, y no se observaron cambios de importancia. En cambio cuando se utilizó Haemacel se pudo determinar exactamente su excreción, encontrándose que el sodio de 103.9 mEq/min, ascendió a 237.7 mEq/min; el potasio de 66.8 a 167.4 y el cloro de 55.8 a 155.9 mEq/min.

ORINA (μ Eq/min.)

Na	K	Cl
103.9-237.7	66.8-167.4	55.8-155.9

FIG. 6.—Modificaciones de la excreción de electrolitos en orina al utilizar Haemacel como diluyente en la máquina cardio pulmonar.

Osmolaridad de orina (fig. 7):

Solamente se determinó en el grupo de Haemacel observándose aumento de 334.25 mOsm/min, a 956.78 mOsm/min.

UV OSMOLAR (μ Osm/min.)

334.25	—	956.78
--------	---	--------

FIG. 7.—Modificaciones de la osmolaridad urinaria al emplear Haemacel como diluyente.

COMENTARIO

Indiscutiblemente que la hemodilución aplicada a la circulación extracorpórea tiene grandes ventajas sobre el empleo de san-

gre total en el llenado de las máquinas extracorpóreas.

Los problemas que se observaban al principio de la era de la cirugía cardíaca abierta como la hipotensión, hipovolemia, trombocitopenia, insuficiencia renal, complicaciones cerebrales y congestión pulmonar, o sea el llamado "síndrome de sangre homóloga" (7, 8, 9 y 12), quedan reducidos al mínimo con el empleo de la hemodilución, ya sea utilizando cierto porcentaje de sangre o empleando diluyente únicamente en el llenado de la máquina extracorpórea.

Muchos y muy variados tipos de llenado se han empleado desde entonces, desde dextrosa al 5% hasta complicadas soluciones balanceadas de electrólitos con dextrán y manitol (3, 5, 14, 15, 17, 19 y 21).

La solución de llenado más frecuentemente utilizada es la dextrosa al 5%. Sin embargo, con este tipo de llenado siempre se ha observado hipopotasemia de cierta importancia, (2, 4, 5, 10, 13, 18, 19).

Ahora bien, en nuestro servicio, la mayoría de los pacientes sometidos a cirugía abierta son pacientes portadores de cardiopatías adquiridas, que frecuentemente están bajo un régimen prolongado de dieta hiposódica y de tiacidas. Estos pacientes están generalmente con cifras plasmáticas de potasio bajas o en el límite inferior del normal.

A priori, nos pareció la solución de Ringer, por sus propiedades fisicoquímicas, la más adecuada para substituir a la dextrosa; y si bien no obtuvimos variaciones muy importantes en la serie de determinaciones que se efectuaron, sí se previno la hipopotasemia temprana que por regla general encontrábamos al comienzo del postoperatorio cuando se utilizaba dextrosa.

Sin embargo, una observación importante cabe mencionar, y es la del escaso volumen urinario durante la exclusión cardiopulmonar y en la primera hora postperfusión, en los pacientes en los que se utilizó en el lle-

nado de la máquina Ringer o dextrosa al 5%.

Ahora bien, teniendo en cuenta las propiedades del Haemaccel (11, 16 y 20), sobre el filtrado glomerular, la circulación renal, su acción sobre la viscosidad sanguínea y por lo mismo sobre la microcirculación en general y además teniendo en cuenta que la circulación extracorpórea es una forma de shock controlado decidimos emplearlo en el llenado de la máquina extracorpórea a la misma proporción que cuando empleamos Ringer o dextrosa al 5%, es decir a 16 ml/kg, (1000 ml promedio).

Los resultados fueron magníficos, pues debido a su composición balanceada de electrólitos, no se presentó la clásica hipopotasemia y además el aumento del volumen urinario fue del 100% del testigo.

Dada la excreción de electrólitos y solutos, creemos que su acción diurética es similar a la de un diurético osmótico.

Ahora tomando en cuenta que varios factores (1) tienen influencia decisiva en el incremento de Hb libre, tales como compresión de la sangre por el sistema de bombeo, efectos mecánicos de algunos materiales como hule, vidrio tratado con silicón y acero, conexiones angulares, efecto mecánico del antiespumante, turbulencia en conexiones y en el oxigenador, ya sea de discos o de burbuja y sobre todo por la turbulencia producida por el tipo de aspiración de la sangre intracardiaca y dado que en los tres grupos se utilizó el mismo método, no nos explicamos las variaciones de 80 y 75 mg% con dextrosa y Ringer respectivamente y de 16.9 mg% con Haemaccel.

Según los resultados obtenidos, creemos que si bien el empleo de Ringer en el llenado de la máquina, al mantener los niveles de electrólitos prácticamente iguales al testigo, previene los problemas de intoxicación digitálica y los trastornos del ritmo que en ocasiones observamos en nuestros pacien-

tes en el período postoperatorio temprano, no nos garantiza una diuresis satisfactoria como la que se obtiene con el empleo de Haemaccel, en el llenado de la máquina.

RESUMEN

Se comparan los resultados de laboratorio obtenidos en 30 pacientes sometidos a circulación extracorpórea de más de 30 minutos de duración, en los que se utilizó hipotermia moderada a 32°C, flujos bajos, (30-40 ml/kg) y hemodilución.

La hemodilución se efectuó en diez pacientes utilizando dextrosa al 5%, a razón de 16 ml/kg. como llenado de la máquina, en diez más, solución de Ringer y en otros diez Haemaccel a la misma proporción.

Se determinaron: pH, pCO₂, exceso de base, Hb libre en plasma, Ht, Hb, urea, creatinina, bilirrubina directa e indirecta, proteínas totales, albúmina, globulina y su relación, osmolaridad en sangre y orina. electrólitos en orina y en sangre.

Al iniciar la perfusión se administraron 100 ml/m² de NaHCO₃ al 10%, dosis* que se repitió cada hora de perfusión.

Las únicas variaciones de importancia fueron las observadas en la concentración plasmática de K y en el aumento de volumen urinario cuando se utilizó Haemaccel, así como el aumento de excreción de electrólitos y solutos.

Con dextrosa, el K plasmático de 3.8 mEq/l disminuyó a 2.9 mEq/l. Tanto con Ringer como con Haemaccel las cifras plasmáticas de electrólitos se mantuvieron dentro de límites normales.

Se hace notar que utilizando Haemaccel, no se presenta hipopotasemia, a pesar del gran aumento en la excreción de electrólitos; sodio de 103.9 mEq/min., ascendió a 237.7 mEq/min; el potasio de 66.8 a 167.4 y el cloro de 55.8 a 155.9 mEq/min. El uV osmolar de 334.25 mOsm/min, aumentó a

956.78 mOsm/min. El volumen urinario aumentó en más del 100% del testigo durante la primera hora postperfusión.

Se hace notar que si bien el empleo del Ringer en el llenado de la máquina, al mantener los niveles de electrólitos prácticamente iguales al testigo, previene los problemas de intoxicación digitálica y los trastornos del ritmo que en ocasiones observamos en nuestros pacientes en el período postoperatorio temprano, no nos garantiza además una diuresis satisfactoria como la que se obtiene con el empleo de Haemaccel en el llenado de la máquina.

BIBLIOGRAFIA

- 1.—ANDERSEN, M. y HUCHIBA, K.—*Blood trauma Produced by Pump Oxygenators.*—J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 57: 238, 1969.
- 2.—BARNARD, M.S., SAUNDERS, S., EALES, L., y BARNARD, C.—*Hypokalemia During Extracorporeal Circulation* LANCET.—1: 240, 1966.
- 3.—COOLEY, D.A., BEALL, A.C., y GRONDINI, P.—*Open Heart Operations with Disposable Oxygenators 5% Dextrose Prime and Normothermia.*—Surgery: 52-713, 1962.
- 4.—CHRISTLIEB, I., ESPERANZA, G.C., GUTIÉRREZ, R., y SIERRA, P.—*Cambios electrolíticos intra y extracelulares en pacientes sometidos a circulación extracorpórea.*—Arch. Inst. Cardiol. Mex. 37: 739, 1967.
- 5.—DE WALL, R.A., LILLEHEI, R.C., y SELLERS, R. D.—*Hemodilution Perfusion for Open Heart Surgery.*—New Engl. J. Med. 266: 1078, 1962.
- 6.—ESPERANZA, G.C., PALACIOS, M. X., COSÍO, P. M., y DÍAZ D.C.—*Un método práctico para determinar la presión arterial directa.*—Arch. Inst. Cardiol. Mex. 36: 272, 1966.
- 7.—GADBOYS, H.L., SLONIN, R., WISOFF, B.G., y LITWAK, R.S.—*Homologous Blood Syndrome I. Preliminary Observations on Its Relations ship to Clinical Cardio-Pulmonary Bypass.*—Ann. Surg. 156: 793, 1962.
- 8.—GADBOYS, H.L., JONES, A.R., WISOFF, B.G., y LITWAK, R.S.—*The Homologous Blood Syndrome III Influences of Plasma. Buffy Coat and Red Cells in Provoking Its Manifestations.*—J. Cardiol. 12: 194, 1963.
- 9.—GLIEDMAN, M.I., GIRARDET, R.D., RYZOFF, R., MULLANE, J. JORNAIN, S. STUCKEY, J. y KARLSON, K.—*Studies on the Homologous Blood Syndrome.*—Tr. Am. Soc. Int. Organs. 9: 148, 1963.
- 10.—HARA M., MARIS, F., CRUMPLER, J., CORN, B., y PERKINS, W.—*Effect of Various Priming Solutions upon Red Cell, Mass, Plasma Volume*

- an Extracellular Fluid Volume of Dogs Following Hemodilution Technique of Extracorporeal Circulation.—J. Thorac. Cardio. Surg. 53: 353, 1967.
- 11.—HAVERS, L., VON BORSTEDTE, I., y BREUER, H.—*Clinical and Experimental Investigation with a New Plasma Volume Expander*.—Deutsche Med. Wochenschr. 87: 730, 1962.
 - 12.—HEGARTY, J.C., y STAHAL, W.M.—*Homologous Blood Syndrome*.—J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 53: 415, 1967.
 - 13.—LINDER, E., SAKAI, Y., y PATON.—*Electrolyte Changes During Dilution Perfusion*. — Arch. Surg. 88: 175, 1964.
 - 14.—LONG, D.M., FELKAS, M.J., y MCCLENATHAN, C.W.—*The use of Low Molecular Weight Dextran in Extracorporeal Circulation, Hypothermia and Hypercapnea*.—J. Cardiovascular Surg. 4: 617, 1963.
 - 15.—LONG, D.M., SÁNCHEZ L., VARCO, R.L., y LILLEHEI, C.W. — *The use of Low Molecular Weight Dextran and Serum Albumin as Plasma Expanders in Extracorporeal Circulation*.—Surgery 50: 12, 1961.
 - 16.—MERTZ, P.—*Klinisch-experimentelle Untersuchungen über die Wirkung eines neuen Plasmaexpanders auf die Nierenhämodynamik und den Mechanismus der Harnkonzentrierung*.—Arzneimittel-Forschung, 12: 489, 1962.
 - 17.—NEPTUNE, W., BOIGAS, J., y PANICO, F.—*Open Heart Surgery Without the Need for Donor Blood Priming in the Pump Oxygenator*.—New Engl. J. Med. 263: 111, 1960.
 - 18.—OBEL, I., MARCHAND, P., y DUPLESSIS, L.—*Biochemical Changes Associated with the Use of Hemodilution with 5% Dextrose in Water and Mannitol for open Heart Surgery*.—Thorax 22: 180, 1967.
 - 19.—SAKAI, V., y PATON, B.C.—*Physiologic Effects of Rapid Hemodilution*.—Arch. Surg. 91: 887, 1964.
 - 20.—ZAHALER, P.—*Vergleichende Untersuchungen über des Einfluss der Plasmaersatzlösung Physiogel auf die Blutsenkung und die Viskosität von menschlichem Blut*.—Helvetia Chirurgica Acta. 33: 489, 1962.
 - 21.—ZUHDI, N., CAREY, J., y GREER, A.—*Hemodilution for body Perfusion*.—J. Okl. Med. Ass. 56: 88, 1963.

DISCUSION

Pregunta:

¿Se ha utilizado Haemacel en el trasplante cardíaco experimental?

Dr. Esperanza:

Sí, lo hemos utilizado. Hemos utilizado una serie de soluciones para perfundir el corazón una vez que se saca del animal que

va a donarse y no hemos tenido buenos resultados. Creo yo si hubiese un Haemacel sin calcio podrían obtenerse mejores resultados. Hay muchas discrepancias acerca de la solución en la que aparentemente hemos tenido muy buenos resultados y es con la solución polimerizante. Con ella hemos tenido una recuperación en la cual no hemos tenido necesidad de utilizar vasopresores o substancias que aumentan la contractibilidad y excitabilidad miocárdica.

Pregunta:

La primera pregunta es: ¿Durante cuánto tiempo se hizo perfusión del corazón? ¿Si se trató de cebar la bomba durante la cirugía, o para perfusión del corazón? La segunda pregunta: ¿Se midió la frecuencia cardíaca antes de la perfusión, y varias horas después y observó los resultados histológicos, por ejemplo, durante cuatro horas de perfusión?

Mi grupo y yo hemos trabajado en estos problemas también, y perfundimos el corazón durante cuatro horas con solución de Ringer y por supuesto con sangre con un sistema de bombeo. Después de cuatro horas no podíamos perfundir el corazón con éxito. Las alteraciones histológicas fueron: edema intestinal muy considerable y otras alteraciones. También tratamos de usar Haemacel, cebamos nuestro sistema con 500 ml de sangre y 500 ml de Haemacel y pudimos perfundir el corazón durante cuatro o cinco horas.

Dr. Esperanza:

Comenzaré por la segunda. Nosotros realmente el trabajo que tratamos de hacer cuando utilizamos estas soluciones fue nada más para la cosa técnica y obviar tiempo en la técnica quirúrgica. De ninguna manera fue un trabajo encaminado a conservación de órganos. Al principio nos tardábamos bastante en hacer la anastomosis del

corazón que íbamos a sacar hacia el animal receptor, pero se ha llegado a dominar esto, tanto en cadáveres como en animales, llegando a tomar un promedio de 30 a 40, 45 minutos las suturas. Entonces, si nosotros tomamos en cuenta que en algunas ocasiones operamos pacientes aórticos e intraaórticos, en los cuales en ocasiones, no se perfunde coronarias y utilizamos en ocasiones también un tiempo mayor a éste, creo que es obvio seguir haciendo investigaciones sobre este aspecto si el tiempo de anastomosis del corazón en realidad es menor que el que se utiliza cuando se pone una doble prótesis, sin perfusión coronaria, con resultados bastante satisfactorios.

Ahora la primera pregunta, pues ya se me olvidó.

Pregunta:

También la contestó usted. No trataron de perfundir corazón aislado. Hay dos problemas diferentes para perfundir el corazón para conservarlo. Probablemente en el futuro será importante si continúan los trasplantes de corazón; y la otra pregunta era por qué mencionó que no obtuvo buenos resultados en el cebado de la bomba durante la cirugía en trasplante cardíaco. Nosotros hemos realizado 40 trasplantes cardíacos, cebamos la bomba sólo con Haemaccel y no tuvimos ningún problema, sólo con el rechazo.

Dr. Esperanza:

Nosotros al tratar de perfundir un corazón, no lo perfundimos con bomba, tratamos de hacer lo más práctico y más sencillo que se pueda y en un principio utilizamos dos bombas, perfundiendo el corazón una vez que se saca del donador, pero como se llegó a acortar tanto el tiempo que optamos de dejar en paz la otra bomba.

Dr. Luluaga:

Quisiera hacer un comentario al Dr. Es-

peranza. Primero estoy muy agradecido que el Haemaccel tenga calcio, porque entre los anestésistas y los que manejan la circulación extracorpórea nos llevan a todos los enfermos a una alcalosis respiratoria, con lo cual el calcio se une a la proteína y tenemos una hipocalcemia. Con este calcio en parte obviamos este inconveniente. En cuanto a la hemólisis menor con este sustituto plasmático a nosotros nos sucedió una cosa muy curiosa. Nosotros hacíamos dilución con Ringer con lactato, comenzábamos con un hematócrito en el primer minuto de bomba de 38%, pero después que había pasado un buen rato de extracorpórea, digamos 30 a 45 minutos el hematócrito de 38 se iba a 42%, es decir que el Ringer con lactato se había ido al espacio extravascular; como en el uso de Haemaccel comenzábamos con un hematócrito bajo también de 38 al cabo de la operación seguíamos uno de 38 posiblemente de 35, 34, porque había un pasaje del líquido extravascular al sistema vascular. Como la hemólisis entre otros numerosos factores directamente proporcionará el número de glóbulos rojos que pasan por los sistemas de bomba, en el primer caso Ringer con lactato, después de varios minutos de extracorpórea, la cantidad de glóbulos rojos que pasa por el sistema es mucho mayor que con Haemaccel. Y de ahí entonces que la hemólisis sea mayor con glucosa o con Ringer que con el sustituto plasmático.

Pregunta:

¿Qué tipos de cardiopatías fueron la base de su trabajo?

Dr. Esperanza:

Fueron 30 enfermos en total, de los cuales 7 tenían comunicaciones interauriculares, el resto fue una prótesis aórtica y los 28 enfermos restantes fueron prótesis mitrales y tricuspídeas y anuloplastías mitrales y tricuspídeas. No los tabulamos, por lo que no les puedo decir exactamente cuántos fueron.