



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS SUPERIORES

SECRETARÍA DE SALUD PÚBLICA DEL ESTADO DE SONORA

**HOSPITAL GENERAL DEL ESTADO DE SONORA**  
**"Dr. Ernesto Ramos Bours"**

SERVICIO DE ANESTESIOLOGIA

# TESIS

## "Hemodilución Normovolémica Aguda"

PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALIDAD EN  
**ANESTESIOLOGIA**

PRESENTA  
DR. FEODOR ERNESTO VALDIVIA AGUILAR

ASESOR  
DR. BRUNO ARMANDO MATA VILLASANA

PROFESOR TITULAR DEL CURSO DE ANESTESIOLOGIA  
DR. HUGO MOLINA CASTILLO

HERMOSILLO, SONORA

SEPTIEMBRE 2006



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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 esta 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.

**HOSPITAL GENERAL DEL ESTADO DE SONORA**

**Dr. Ernesto Ramos Bours**

**División de Enseñanza, Investigación y Capacitación**

**Dr. Gustavo Nevares Grijalva**

**Director Medico**

**Dr. Joaquín Sánchez González**

**Jefe de la División de Enseñanza, Investigación y Capacitación**

**Dr. Víctor Manuel Bernal**

**Jefe del Servicio de Anestesiología**

**Dr. Hugo Molina Castillo**

**Profesor Titular del Curso de Anestesiología**

**Dr. Bruno Armando Mata Villasana**

**Asesor de la Tesis y Adscrito al Servicio de Anestesiología**

**Mtro. José Miguel Norzagaray Mendivil**

**Asesor de Metodología**

**Dr. Feodor Ernesto Valdivia Aguilar**

**Medico Residente de Anestesiología**

## *Agradecimientos:*

*A Dios: por haberme dado la oportunidad de elegir mi carrera y darme todo lo necesario para ejercerla dignamente.*

*A mis Padres: por haberme dado la vida y hecho de mí una persona con principios así como haberme orientado al camino correcto.*

*A mi Esposa: por haber aguantado estos tres años y hacerme sentir su apoyo incondicional aunque fue difícil siempre tuviste una palabra de apoyo en los momentos más difíciles.*

*A mis Hijos: por haber estado ahí ya que eran la fuerza para seguir luchando y realizar este sacrificio para que el día de mañana no les falte nada.*

*A mis Hermanos: por estar siempre al pendiente de que a mi familia no le faltara nada y brindarme su apoyo.*

*A mis Maestros: todos los que me apoyaron durante este camino y me enseñaron todo para poder triunfar en esta vida.*

*Gracias*

## Índice

Capitulo I. Marco Teórico	Pagina:
1.1. Historia de la Hemodilución -----	8
1.2. Sangre -----	9
1.3. Coloides -----	14
1.4. Hemodilución Normovolémica -----	19
Capitulo II. Material y Métodos	
2.1. Planteamiento del Problema -----	28
2.2. Hipótesis -----	28
2.3. Objetivos -----	28
2.4. Justificación -----	29
2.5. Variables a Estudiar -----	29
2.6. Criterios de Inclusión, Exclusión y Eliminación -----	30
2.7. Tamaño de la Muestra -----	30
2.8. Descripción General Estudio -----	21
2.9. Análisis Estadístico -----	32
2.10. Resultados -----	32
Capitulo III Discusión, Conclusiones y Recomendaciones	
3.1. Discusión -----	39
3.2. Conclusiones -----	40
3.3. Recomendaciones -----	40
Bibliografía -----	41

## INTRODUCCION

Con el objetivo de comprobar las ventajas hemodinámicas de la Hemodilución Normovolémica Aguda en los pacientes sometidos a cirugía frente a la transfusión homóloga, se desarrolló este trabajo así como para incentivar el uso de ésta técnica en pacientes que se sometan a intervenciones quirúrgicas con riesgo de sangrado. Las transfusiones de sangre homóloga son causas frecuentes de complicaciones ya sean inmediatas o mediatas<sup>16,13</sup>. la información se obtendrá por: Examen Físico y vigilancia transanestésica vigilando los parámetros hemodinámicos. Se pretende un ahorro significativo de sangre homóloga en el grupo estudio, disminuyendo la posible aparición de complicaciones. En cuanto al comportamiento hemodinámico transoperatorio se valora la Tensión Arterial, Frecuencia Cardiaca, Saturación de Oxígeno y Diuresis, pretendiendo reafirmar los beneficios de esta técnica de ahorro de sangre al disminuir la resistencia vascular sistémica, aumentar el gasto cardíaco y mejorar el flujo sanguíneo regional, oxigenación y disminución de trombosis. Se valora aplicar esta técnica en los pacientes candidatos a la misma siendo estos adultos de 18 a 60 años de edad, ASA I-II, sin compromiso cardiorrespiratorio, que posterior a explicarles la técnica acepten de manera voluntaria.

Describiremos como fue que se mantuvieron los pacientes durante la Hemodilución Normovolémica Aguda tanto al realizarles la técnica como durante el transanestésico explicando todas las variables con graficas y medias matemáticas.

Así mismo estudiaremos si esta es recomendable o no para los diferentes pacientes sometidos a cirugía electiva.

## **PROLOGO**

Actualmente la seguridad de nuestros pacientes se ha vuelto una prioridad para todo el cuerpo medico y con la aparición de nuevos padecimientos de transmisión por contaminación de productos de la sangre como son la Hepatitis viral, SIDA, así como de procedimientos quirúrgicos que demandan múltiples transfusiones, Cirugía Cardíacas, pacientes politraumatizados solo por hacer mención de unos de ellos.

Nos ha hecho ser mas cuidadosos en el manejo de este vital tejido, por eso considero que el trabajo desarrollado en esta tesis es coyuntural ya que el uso de la sangre del mismo paciente, le brinda la tan requerida seguridad a el y al medico.

Nuestro Hospital General del Estado "Dr. Ernesto Ramos Bours" que prácticamente se ha convertido en un hospital de tipo traumatológico, los volúmenes de sangre requeridos cada vez son mas grandes y los donadores cada vez son menos por la reglamentación de idoneidad para ser donador.

El presente trabajo se extrajeron 10,050 ml de sangre la cual fue utilizada en su totalidad en los mismos pacientes y dos pacientes requirieron sangre donada.

En conclusión creo que nos encontramos ante una gran oportunidad de aprovechar esta experiencia e implementarla en nuestro hospital .

Por lo anterior felicito al Dr. Feodor Ernesto valdivia Aguilar por la labor desempeñada en la elaboración de la misma.

**Dr. Reginaldo Cadena Vega**  
**Jefe del Servicio de Ortopedia y Traumatología**

## **CAPITULO I MARCO TEORICO**

### **HISTORIA DE LA HEMODILUCIÓN**

La Hemodilución fue utilizada por primera vez por Kronecker (1886) según refiere Messmer, quién demostró cómo la dilución de la sangre hasta un 15% era compatible con la supervivencia y enumeraba los mecanismos compensadores de la hemostasia en dicha situación. Grant le extrajo, en 1921 a un paciente con policitemia que iba a ser operado de un meningeoma, sangre previa a la intervención, reponiendo la sangre extraída durante el acto quirúrgico. Boerena y Fiestra (1955) publicaron sus experiencias en animales hemodiluidos con objeto de verificar la eficacia de la oxigenación hiperbárica, Turner en 1968 publica su experiencia en autotransfusión en humanos. En 1974 Henry Cowel y Joseph Swichard, tienen en común el hecho de realizar las extracciones en humanos a distancia de la intervención y por primera vez, lo hacen en niños y adultos jóvenes que van a ser sometidos a intervenciones de artrodesis intravertebral para corregir su escoliosis, durante ese período les administraban preparados de hierro, siendo pues una extracción de sangre con Hemodilución hipovolémica, que no todos los pacientes pueden compensar y tolerar.

El uso de transfusión de sangre autóloga data del siglo pasado en que Jonh Blundel utilizó sangre vaginal en diez pacientes con sangrado severo postparto, no fue hasta 1874 en que aparece la primera publicación en la revista Lancet por Higmore, de Inglaterra.

Es así como la hemotransfusión autóloga o transfusión sanguínea autóloga (TSA) surge como una alternativa a la transfusión homóloga, especialmente en el período preoperatorio. La TSA es el método por el cual, sangre previamente extraída de un paciente, es retornada a su lecho vascular.

Como se conoce los bancos de sangre son centros abastecedores de hemoderivados, estos han presentado múltiples dificultades para mantener su abasto, en muchas ocasiones por condiciones técnicas y en otras por disminución de la afluencia de donantes. Además, la sangre así obtenida representa un injerto alogénico sin descontar la transmisión de diferentes virus,



### **Concepto de autotransfusión:**

Dice la Real Academia Española de la Lengua que transfusión es ***"una operación por medio de la cual se hace pasar directamente o indirectamente la sangre o plasma sanguíneo de la arteria o vena de un individuo a las arterias o venas de otro, indicada especialmente para reemplazar la sangre perdida por hemorragia"***. Cuando esta operación se realiza con sangre del mismo individuo, es lo que se conoce como autotransfusión.

## **1.2 SANGRE**

La sangre está formada por un líquido amarillento denominado plasma, en el que se encuentran en suspensión millones de células que suponen cerca del 45% del volumen de sangre total. Tiene un olor característico y una densidad relativa que oscila entre 1,056 y 1,066. En el adulto sano el volumen de la sangre es una onceava parte del peso corporal de 4,5 a 6 litros.

Una gran parte del plasma es agua, medio que facilita la circulación de muchos factores indispensables que forman la sangre, un milímetro cúbico de sangre humana contiene unos cinco millones de corpúsculos o glóbulos rojos, llamados eritrocitos o hematíes; entre 5.000 y 10.000 corpúsculos o glóbulos blancos que reciben el nombre de leucocitos y entre 200.000 y 300.000 plaquetas denominadas trombocitos. La sangre también transporta muchas sales y sustancias orgánicas disueltas.

Los glóbulos rojos o células rojas de la sangre, tienen forma de discos redondeados, bicóncavos y con un diámetro aproximado de 7,5 micras. En el ser humano y la mayoría de los mamíferos los eritrocitos maduros carecen de núcleo. En algunos vertebrados son ovales y nucleados. La hemoglobina, una proteína de las células rojas de la sangre es el pigmento sanguíneo especial más importante y su función es el transporte de oxígeno desde los pulmones a las células del organismo donde capta dióxido de carbono que conduce a los pulmones para ser eliminado hacia el exterior.

Las células o glóbulos blancos de la sangre son de dos tipos principales: los granulados, con núcleo multilobulado y los no granulados que tienen un núcleo redondeado. Los leucocitos granulados o granulocitos incluyen los neutrófilos que fagocitan y destruyen bacterias; los eosinófilos, que aumentan su número y se activan en presencia de ciertas infecciones y alergias y los basófilos, que segregan sustancias como la heparina de propiedades anticoagulantes y la histamina que estimula el proceso de la inflamación. Los leucocitos no granulados están formados por linfocitos y un número más reducido de monocitos asociados con el sistema inmunológico. Los linfocitos desempeñan un papel importante en la producción de anticuerpos y en la inmunidad celular los monocitos digieren sustancias extrañas no bacterianas, por lo general durante el transcurso de infecciones crónicas.

Las plaquetas de la sangre son cuerpos pequeños, ovoideos, sin núcleo con un diámetro mucho menor que el de los eritrocitos. Los trombocitos o plaquetas se adhieren a la superficie interna de la pared de los vasos sanguíneos en el lugar de la lesión y ocluyen el defecto de la pared vascular. Conforme se destruyen liberan agentes coagulantes que conducen a la formación local de trombina que ayuda a formar un coágulo, el primer paso en la cicatrización de una herida.

La técnica de laboratorio llamada recuento sanguíneo completo (RSC) es un indicador útil de enfermedad y salud. Una muestra de sangre determinada con precisión se diluye de forma automática y las células se cuentan con un detector óptico o electrónico. El empleo de ajustes o diluyentes distintos permite realizar el recuento de los glóbulos rojos, los blancos y/o las plaquetas, un RSC también incluye la clasificación de los glóbulos blancos en categorías lo que se puede realizar por la observación al microscopio de una muestra teñida sobre un portaobjetos o de forma automática utilizando una de las diversas técnicas que existen.

El plasma es una sustancia compleja, su componente principal es el agua, también contiene proteínas plasmáticas, sustancias inorgánicas (como sodio, potasio, cloruro de calcio, carbonato y bicarbonato), azúcares, hormonas

enzimas, lípidos, aminoácidos y productos de degradación como urea y creatinina todas estas sustancias aparecen en pequeñas cantidades.

Entre las proteínas plasmáticas se encuentran la albúmina principal agente responsable del mantenimiento de la presión osmótica sanguínea y por consiguiente controla su tendencia a difundirse a través de las paredes de los vasos sanguíneos, una docena o más de proteínas como el fibrinógeno y la protrombina que participan en la coagulación aglutininas que producen las reacciones de aglutinación entre muestras de sangre de tipos distintos y la reacción conocida como anafilaxis, una forma de shock alérgico y globulinas de muchos tipos incluyendo los anticuerpos que proporcionan inmunidad frente a muchas enfermedades. Otras proteínas plasmáticas importantes actúan como transportadores hasta los tejidos de nutrientes esenciales como el cobre, el hierro, otros metales y diversas hormonas.

La primera separación de las proteínas plasmáticas para su estudio individual se llevó a cabo en la década de 1920. Durante la II Guerra Mundial se consiguió perfeccionar la técnica lo que permitió el empleo de fracciones individuales algunos de los resultados de éste trabajo incluyen el uso de albúmina sérica como un sustituto de la sangre o el plasma en las transfusiones, el empleo de gammaglobulinas para una protección a corto plazo frente a enfermedades como sarampión y hepatitis y la utilización de globulina antihemofílica para el tratamiento de la hemofilia.

Los eritrocitos se forman en la médula ósea y tras una vida media de 120 días son destruidos y eliminados por el bazo. En cuanto a las células blancas de la sangre los leucocitos granulados o granulocitos se forman en la médula ósea; los linfocitos en el timo en los ganglios linfáticos y en otros tejidos linfáticos. Las plaquetas se producen en la médula ósea. Todos estos componentes de la sangre se agotan o consumen cada cierto tiempo y por tanto deben ser reemplazados con la misma frecuencia. Los componentes del plasma se forman en varios órganos del cuerpo incluido el hígado, responsable de la síntesis de albúmina y fibrinógeno que libera sustancias tan importantes como el sodio, el potasio y el calcio. Las glándulas endocrinas producen las hormonas transportadas en el plasma. Los linfocitos y las células plasmáticas

sintetizan ciertas proteínas y otros componentes proceden de la absorción que tiene lugar en el tracto intestinal.

Una de las propiedades más notables de la sangre es su capacidad para formar coágulos o coagular cuando se extrae del cuerpo. Dentro del organismo un coágulo se forma en respuesta a una lesión tisular, como un desgarro muscular, un corte o un traumatismo penetrante. En los vasos sanguíneos la sangre se encuentra en estado líquido poco después de ser extraída adquiere un aspecto viscoso y más tarde se convierte en una masa gelatinosa firme. Después esta masa se separa en dos partes: un coágulo rojo firme que flota libre en un líquido transparente rosado que se denomina suero.

Un coágulo está formado casi en su totalidad por eritrocitos encerrados en una red de finas fibrillas o filamentos constituidos por una sustancia denominada fibrina. Esta sustancia no existe como tal en la sangre pero se crea durante el proceso de la coagulación por la acción de la trombina, enzima que estimula la conversión de una de las proteínas plasmáticas, el fibrinógeno, en fibrina. La trombina no está presente en la sangre circulante. Ésta se forma a partir de la protrombina, otra proteína plasmática en un proceso complejo que implica a las plaquetas, ciertas sales de calcio sustancias producidas por los tejidos lesionados y el contacto con las superficies accidentadas. Si existe algún déficit de estos factores la formación del coágulo es defectuosa. La adición de citrato de sodio elimina los iones de calcio de la sangre y por consiguiente previene la formación de coágulos. La carencia de vitamina K hace imposible el mantenimiento de cantidades adecuadas de protrombina en la sangre. Ciertas enfermedades pueden reducir la concentración sanguínea de varias proteínas de la coagulación o de las plaquetas.

Ciertas características de la sangre se mantienen dentro de estrechos límites gracias a la existencia de procesos regulados con precisión, por ejemplo, la alcalinidad de la sangre se mantiene en un intervalo constante (pH entre 7,38 y 7,42) de manera que si el pH desciende a 7,0 (el del agua pura), el individuo entra en un coma acidótico que puede ser mortal; por otro lado, si el pH se eleva por encima de 7,5 (el mismo que el de una solución que contiene una parte de sosa cáustica por 50 millones de partes de agua), el individuo entra en

una alcalosis tetánica y es probable que fallezca. De igual manera, un descenso de la concentración de glucosa en sangre (glucemia), en condiciones normales del 0,1% a menos del 0,05% produce convulsiones, cuando la glucemia se eleva de forma persistente y se acompaña de cambios metabólicos importantes, suele provocar un coma diabético la temperatura de la sangre no suele variar más de 1 °C dentro de un intervalo medio entre 36,3 y 37,1 °C, la media normal es de 37 °C, un aumento de la temperatura de 4 °C es señal de enfermedad grave mientras que una elevación de 6 °C suele causar la muerte.

La sangre que circula por nuestro organismo realiza al menos tres funciones esenciales:

El aporte de oxígeno a los tejidos, la defensa inmunológica y la hemostasia, y es precisamente la complejidad de estas funciones la que hace que, hoy día, no se disponga de ningún sustituto artificial completo de la misma, los antibióticos pueden suplir de manera parcial y transitoria algunas de las funciones de defensa. La administración de factor VIII, humano o recombinante suple su falta de producción endógena en los pacientes hemofílicos. Sin embargo, no se dispone aún de una sustancia que pueda suplir con seguridad y eficacia la función transportadora de oxígeno de los glóbulos rojos. Por ello cuando se produce una hemorragia importante, se obliga a restaurar la pérdida de capacidad de oxigenación mediante la transfusión de concentrados de hematíes o de sangre completa.

### 1.3 COLOIDES

En la medida que los cristaloides demuestran desventajas cuando no son administrados de una forma racional <sup>20,21</sup>, los coloides ganan importancia no como sustitutos de los anteriores, sino como el complemento ideal que antes no se utilizaba y que hoy permiten una terapia más acorde con los requerimientos físico-químicos del organismo

Las soluciones coloidales que actualmente se encuentran a disposición son:

**a. Almidones**

**b. Gelatina.**

**c. Dextranos.**

**d. Albúmina.**

#### **Almidones:**

Descritas y en uso desde hace más de una década en Europa y América del Norte son en la actualidad el recurso más importante con el cual se cuenta como expansores plasmáticos y del cual ya disponemos en nuestro País.

Son cadenas de polisacáridos análogas al glicógeno y clasificadas como almidones, descritas como polidispersas por la variedad de cadenas de diferente tamaño que pueden resultar durante el proceso de hidrólisis para fragmentarias se encuentran básicamente dos tipos de solución: el Hetastarch, desarrolladas en primer lugar con un peso molecular (P.M.) de 450.000, osmolaridad de 310 y un contenido de Na de 154, es una solución de grandes moléculas y una excelente capacidad oncótica levemente superior a la del plasma humano. El Pentastarch de desarrollo posterior es una solución de P.M. de 264.000, osmolaridad de 354 y contenido de Na de 154 que posee la característica de ejercer mayor presión oncótica a pesar de ser más pequeña que su hermano químico.

Una de las características más importantes que poseen estas dos soluciones es su tamaño moléculas de P.M. inferior a 50.000 se filtran fácilmente por el riñón y por lo tanto el tiempo de permanencia vascular es muy corto mientras que las que tienen P.M. superior a esta cifra no son eliminadas por esta vía sino en muy pequeña cantidad o de forma muy lenta éstas moléculas difunden entonces muy lentamente al intersticio (entre el 50-70%), donde son

hidrolizadas por amilasas para luego ser eliminadas por vía renal o hepática, otra parte de ellas (30-50%) es secuestrada a nivel del sistema reticuloendotelial (SRE) donde después de algunas semanas son finalmente eliminadas, la vida media del Hetastarch es de 17 horas desapareciendo de forma total del plasma en 48 horas. El Pentastarch es de metabolismo más rápido teniendo una vida promedio de 8 a 17 horas y escapando en su totalidad del plasma en 20 horas. Cantidades hasta de un 5% pueden hallarse al cabo de 8 a 10 semanas después de la infusión, en el espacio intersticial.

Si el objetivo inicial es el de restaurar la presión hidrostática a un sistema semivacío, tratando al máximo de evitar expandir innecesariamente los espacios intersticial e intracelular causante de las complicaciones por sobretransfusión en el paciente crítico es entonces imperativo restaurar la presión oncótica intravascular pérdida en la reanimación inicial con cristaloides, así como es indiscutible su utilidad si es discutible el momento en el cual se debe iniciar su infusión. Pero es claro que existe una tendencia en la actualidad a recomendar su utilización de forma más precoz, cuando las pérdidas superan el 20% de la volemia total la reposición del volumen debe hacerse manteniendo un equilibrio presión hidrostática-presión oncótica transfundiendo coloides como los almidones intercalados con los cristaloides, hasta que se controle la hemorragia.

En la actualidad, no existe otro tipo de sustancia sintética con una capacidad mayor de expansión, siendo la osmolaridad del plasma del 290, el Hetastarch tiene 310 y el Pentastarch 354 lo cual permite dependiendo de la situación clínica, expansiones que oscilan entre 71% y 230% del volumen transfundido. La mayor parte de los autores recomiendan dosis de 20-40 cc.kg-1.24 hrs. No se describe incremento en la incidencia de complicaciones o efectos colaterales a estas dosis. Su permanencia hasta por períodos de 80 días en el organismo lleva a recomendar no repetir uno hasta después de tres meses.

A pesar de ser extremadamente bien tolerados se describen efectos colaterales que pueden afectar transitoriamente algunas funciones originan un incremento en los niveles de la amilasa plasmática no asociados con disfunción y que retornan rápidamente a sus niveles una vez cesa la infusión no tienen efectos renales ya que no se filtran y no alteran las pruebas para la hemoclasificación sanguínea de los pacientes descritas para otras infusiones.

Inducen trastornos de la coagulación semejantes al pseudosíndrome de Von Willebrandt descrito en pacientes hemodiluidos y a pesar de no existir evidencia de efecto directo sobre la pared y los receptores plaquetarios se encuentra que inducen trastornos temporales a nivel del elastograma y del recuento plaquetario, sin embargo, es tan importante el beneficio obtenido que lo anterior pierde significancia clínica y en casos severos la infusión de concentrados plaquetarios es de gran ayuda, la incidencia de reacciones anafilácticas son muy bajas, sólo 0.08%.

### **Gelatinas:**

Otra de las más importantes alternativas que actualmente se encuentran en el mercado son las llamadas soluciones de gelatina, a pesar de que su uso ha disminuido en los países en los cuales existe la posibilidad de disponer de otros coloides y en especial de los derivados del almidón, en nuestro país son posiblemente la solución coloidal más empleada como complemento de la terapia substitutiva en caso de pérdidas importantes teniendo como sus principales ventajas su costo bajo la fácil y abundante disponibilidad y la excelente tolerancia por los pacientes.

Son como las anteriores soluciones polidispersas relativamente homogéneas con P.M. que oscila entre 25.000 y 35.000 con contenido de Na que oscila entre 142 y 154 meq y que prácticamente se convierte en la única diferencia real entre los diferentes productos que actualmente se encuentran disponibles en el mercado. Las cantidades de Cl y bicarbonato carecen de importancia clínica y no tienen relevancia en el discurrir médico de los pacientes, tienen una osmolaridad entre 310 y 390 ejerciendo una presión coloidosmótica sensiblemente igual a la de las soluciones de Hetastarch o albúmina humana al 5%.

La mayor parte de la solución es eliminada directamente y sin sufrir cambios por el riñón como todas las sustancias con P.M. menor de 50.000. Al cabo de 24 horas no existe en la práctica rastro alguno de gelatina en el organismo, como si puede ocurrir con los derivados del almidón parece existir la posibilidad de que una muy pequeña parte pueda ser hidrolizada y excretada por vía hepática no hay descritos casos de precipitación de la gelatina a nivel de los túbulos renales en pacientes con gasto urinario bajo. Se ha sugerido una curva



bifásica de eliminación con tiempos plasmáticos medios de 3.5 horas al cabo de los cuales el 65% ya se ha eliminado un 20% ha pasado al espacio extravascular y sólo un 15% permanece en el espacio vascular. Una segunda curva de eliminación se presente aproximadamente a las 19 horas en las cuales prácticamente el 95% de la sustancia ha sido eliminada por vía renal.

Sus indicaciones son prácticamente las mismas que se hicieron para los derivados de tipo almidón, existiendo una tendencia por los costos a utilizarlas frecuentemente durante el intraoperatorio de pacientes con patología poco complicada y en los cuales a pesar de las pérdidas sanguíneas importantes, el fenómeno es controlado como es el caso de cirugía vascular, procedimientos extensos de cirugía plástica (liposucción) y otros casos en los cuales lo prolongado del acto quirúrgico puede llevar a transfundir cantidades importantes para el mantenimiento y reposición de los líquidos, generando edema intersticial molesto e innecesario.

A pesar de su osmolaridad y su efectiva presión oncótica, la eliminación renal rápida, y por lo tanto su efímera vida intravascular no hacen de estas soluciones, drogas con una gran capacidad expansora que se pueda asemejar a las anteriores, especialmente en la medida que las horas transcurren; sin embargo, conservan la cualidad de restituir y mejorar el flujo microcirculatorio y con ello el aporte de nutrientes y el barrido de productos metabólicos acumulados durante el período de choque inicial que es quizás una de las características más importantes de todos los coloides su capacidad entonces como expansores de describe entre un 60% y 75% del volumen infundido de éstos.

Cada vez se amplían más los límites y la recomendación actual oscila entre 20-40 cc.kg-1.24 hs. La eliminación rápida de las gelatinas que en algunos casos como el expuesto anteriormente le deja un balance desfavorable respecto a los almidones y a los dextranos, crea en este punto una situación ventajosa y es la de permitir su aplicación en los días siguientes, ante la falta de acumulación en los tejidos de estos compuestos.

No se han descrito trastornos metabólicos con el uso de las gelatinas, Incremento en los niveles de enzimas, como tampoco trastornos de tipo post-renal a causa de la precipitación de las moléculas en el túbulo renal. De igual forma no parece afectar los mecanismos de la coagulación más allá de los

inducidos por la hemodilución y no se encuentran trastornos a nivel de la agregación plaquetaria. No alteran las pruebas sanguíneas para el cruce de serotipos.

La incidencia de reacciones de tipo anafiláctico son descritas como raras aunque pueden ser un poco más frecuentes que con los almidones.

### **Dextranos:**

Habiendo sido desarrolladas hace más de tres décadas, son en la actualidad las menos empleadas a pesar de un resurgir en su investigación en los últimos dos o tres años y son quizás las que mayores trastornos pueden traer sobre los órganos luego de su aplicación. Tienen como las gelatinas ventajas indudables en cuanto a costo, disponibilidad y estabilidad.

Son descritas como una solución polidispersa de polisacáridos obtenidos por la conversión de la sucrosa en grandes cadenas de glucosa. Las moléculas obtenidas son enormes, por lo cual deben ser fracturadas por medio de hidrólisis en cadenas pequeñas, obteniéndose dos tipos básicos: Dextran 70 y Dextran 40. El P.M. es de 70.000 y 40.000 respectivamente con lo cual se obtienen dos compuestos que difieren en su eliminación y otras consideraciones que se expondrán más adelante. Cuando la solución se acompaña de dextrosa al 5% la osmolaridad por ambas es de 278, mientras que cuando el componente es Na 154 meq, ésta es de 310.

La presión oncótica puede oscilar entre 28 y 170 mm.

Depende en gran medida del tamaño molecular mientras que el Dextran 40 es eliminado por el riñón sin cambios en un 60% en las primeras seis horas y un 70% en las primeras veinticuatro horas, el Dextran 70 se elimina más lentamente y una parte importante difunde al espacio intersticial donde es captado y metabolizado a dióxido de carbono por el sistema reticuloendotelial, no presentando efecto acumulativo en los días siguientes. La reabsorción que se pueda presentar en el túbulo renal es insignificante éstas moléculas incrementan de manera muy importante la viscosidad de la orina pudiendo precipitarse en el túbulo renal en los casos de gasto urinario bajo obstruyendo éste y precipitando una insuficiencia renal. La administración concomitante de soluciones no coloidales y el mantenimiento de unas adecuadas condiciones hemodinámicas pueden disminuir la incidencia de este problema.

La vida plasmática para el Dextran 40 es de 2.5 horas al cabo de las cuales un 60% se ha eliminado vía renal y un 20% ha pasado al intersticio quedando solo un 20% en el espacio vascular el cual desaparece en las siguientes horas. La eliminación del Dextran 70 es mucho más lenta teniendo una vida media de 25.5 horas momento en el cual se ha eliminado aproximadamente el 40% a través del riñón un 30% se encuentra en el intersticio y un 30% en el espacio vascular el metabolismo total del Dextran 70 tarda entre 4-6 semanas.

#### **1.4 LA HEMODILUCIÓN NORMOVOLÉMICA**

Dependiendo del momento en relación con el acto quirúrgico en el que se realiza la obtención y la reinfusión de sangre se distinguen habitualmente cuatro modalidades: autotransfusión preoperatoria, hemodilución normovolémica, autotransfusión intraoperatoria y postoperatoria. Es decir, la sangre se recolecta bien antes de la intervención bien en el mismo acto quirúrgico o bien es recogida en los sistemas de drenaje postoperatorios para administrarse al paciente en el momento más idóneo. Así pues, la técnica permite obtener, conservar y transfundir sangre del mismo paciente que va a ser o ha sido intervenido, lo que conlleva ventajas, aunque también algunos inconvenientes, aunque también algunos inconvenientes.

El desarrollo de técnicas quirúrgicas cada vez más complejas para el tratamiento de diversas enfermedades sobre todo en el campo de la cirugía cardiovascular y de la ortopédica sin olvidar la cirugía de tumores los trasplantes y los accidentes de tráfico, han disparado las demandas de transfusiones sanguíneas a menudo por encima de las donaciones superando, por tanto, la capacidad de los Bancos de Sangre para atenderlas.

Por otra parte, aunque es innecesario comentar que las transfusiones de sangre homóloga han salvado innumerables vidas, existe en la actualidad una creciente preocupación por los posibles efectos adversos de las mismas (Tabla I). De entre ellos cabría destacar los efectos adversos de tipo inmunológico, tales como reacciones hemolítica, febril o alérgica, anafilaxia, síndrome de distrés respiratorio del adulto (SDRA), enfermedad de injerto contra huésped (EICH), aloinmunización, púrpura post-transfusional, etc) y, especialmente, los derivados de la posibilidad de transmisión de enfermedades víricas, como

SIDA, hepatitis o citomegalovirus <sup>16,13</sup> . No obstante, a medida que la seguridad biológica de los componentes sanguíneos ha ido aumentando, el aspecto que ha centrado la atención de clínicos e investigadores es el de la inmunomodulación inducida por la TSA (Tabla II) y sus posibles consecuencias: aumento de infecciones postoperatorias, aumento de recidivas tumorales y disminución de la supervivencia.

**Tabla I.** Cambios inmunológicos asociados a la transfusión sanguínea

- Disminución del índice de células T CD4+.
- Aumento de las células T CD8+.
- Disminución de la función de las células NK (Natural Killer).
- Disminución de la función de los macrófagos y los monocitos.
- Producción de anticuerpos anti-idiotipo que interfieren con el reconocimiento de antígenos extraños.
- Disminución de la reactividad celular mononuclear en cultivos mixtos de linfocitos.

Fuente: Aggarwald y Gutterman, 1992

Por otra parte, el desequilibrio entre la demanda y la disponibilidad de sangre y la toma de conciencia sobre los peligros potenciales de las transfusiones sanguíneas junto a los continuos avances tecnológicos y farmacológicos, deberían llevar como ya ha ocurrido en otros países, a efectuar cambios radicales en la política transfusional. Así, la petición y realización de una transfusión ha dejado de ser un acto médico sencillo y relativamente impune, puesto que está regulada por la **NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-003-SSA2-1993 “Para la disposición de sangre humana y sus componentes con fines terapéuticos”** (capítulo 13 y 14), y debería convertirse en un proceso complejo de toma de decisiones en el que hay que tener en cuenta, entre otros, no sólo el criterio del facultativo, sino los factores de riesgo, la valoración de los costos, las posibles consecuencias jurídicas y las preferencias y/o creencias del paciente.

Todos estos condicionantes han propiciado el desarrollo de una serie de medidas terapéuticas que conducen a reducir al mínimo indispensable la utilización de sangre de banco, especialmente en cirugía programada. Entre ellas, se pueden citar las distintas modalidades de autotransfusión, el empleo de fármacos antifibrinolíticos para reducir el sangrado perquirúrgico o la

administración de eritropoyetina (EPO) para corregir la anemia antes de la cirugía pero recordando siempre que estas medidas hay que encuadrarlas dentro de un programa multidisciplinario de **“cirugía sin transfusiones homólogas”**<sup>16</sup>. En este sentido, tal como se recoge en la Tabla II, Nelson y Fontenot (1995) proponen una serie de medidas aplicables a la cirugía ortopédica pero extensibles a cualquier tipo de cirugía, las cuales junto a una disección quirúrgica cuidadosa una hemostasia precisa y la implantación de criterios restrictivos de transfusión ayudarían a minimizar la necesidad de sangre homóloga en pacientes sometidos a cualquier tipo de cirugía sangrante. Del análisis de las ventajas, inconvenientes, indicaciones, contraindicaciones, complicaciones y costo-efectividad de estas medidas se puede llegar a la conclusión de que, aunque no puedan darnos garantías absolutas de eludir la transfusión de sangre homóloga, la utilización racional y selectiva de éstas medidas, especialmente la autotransfusión, disminuiría sustancialmente la utilización de sangre de banco y serviría para evitar que se produzcan situaciones de desabastecimiento.

**TABLA II.** Decálogo de medidas ante el abordaje quirúrgico de un paciente.

- 1) Cálculo preoperatorio de las necesidades de sangre
- 2) Reconsideración de los criterios de transfusión
- 3) Planificación y puesta a punto del procedimiento quirúrgico
- 4) Inducción de hipotensión durante la anestesia
- 5) Acortamiento del tiempo de operación
- 6) Retrasar la transfusión hasta casi el final del acto quirúrgico
- 7) Colocar al paciente evitando el regurgitamiento venoso
- 8) Embolización arterial selectiva
- 9) Lucha por una cirugía sin sangre
- 10) Apoyo farmacológico para reducir la pérdida de sangre

Fuente: Nelson y Fontenot, 1995

La Hemodilución Normovolémica consiste en la extracción de sangre de un paciente y la sustitución de la misma con un sustituto del plasma libre de células para mantener el volumen circulante dentro de los límites de la normalidad <sup>6</sup>. Gracias a la Hemodilución Normovolémica se consigue diluir la sangre manteniéndose el volumen circulante normal, este tipo de Hemodilución puede conseguirse reponiendo lo extraído con soluciones coloides naturales como la albúmina humana o sintética tales como dextrans,

gelatinas y los almidones <sup>12</sup>. La extracción de sangre realizada en el preoperatorio o transoperatorio permite disponer de una reserva de sangre fresca para la intervención la misma que es posible retransfundir en el transcurso ó al final de la intervención para compensar la hemorragia perioperatoria. Al haber reducido el hematocrito inicial a 30%, la pérdida de glóbulos rojos en el transcurso de la hemorragia es menor, permitiendo así disminuir la cantidad de sangre homóloga transfundida, la mejora de las condiciones microcirculatorias durante la intervención así como el mantenimiento de la Hemodilución en lo sucesivo podrían ser susceptibles de disminuir el edema y la aparición de trombosis <sup>4</sup>.

Datos de estudios recientes demuestran que solo el 6% de los pacientes aptos para la autotransfusión reciben esta técnica a pesar del hecho que estos métodos podrían abastecer 11% del requerimiento total de sangre. A pesar de ello actualmente esta técnica casi no se practica en México, en otros países si se realiza por la gran cantidad de beneficios que nos ofrece <sup>6</sup>; entre los que se pueden citar y que se encuentran reconocidos en la bibliografía especializada, elimina el riesgo de reacciones transfusionales y la transmisión de enfermedades potencialmente mortales como: Hepatitis B, Hepatitis C, SIDA, virus linfotrópicos de las células T, bacterias y parásitos, evita errores en la tipificación de grupos sanguíneos, además del ahorro de sangre que proporciona <sup>6,8</sup>.

La Cirugía de Cadera es una de las intervenciones quirúrgicas más sangrantes, por lo que comúnmente se precisa de transfusión de sangre homóloga, que luego de realizada puede dar lugar a diversos tipos de complicaciones ya mencionadas.

De esta forma la Hemodilución Normovolémica peri operatoria parece ser la técnica de menor gasto, que no requiere de la participación activa del paciente el cual se convierte en su propio donante de sangre y puede ser realizada por el Anestesiólogo pocos minutos antes de la operación, o después de anestesiado el paciente <sup>7</sup>.

Teniendo en cuenta los argumentos anteriores, es motivante para realizar este trabajo, con el cual se desea aumentar el interés de los médicos y personal afín sobre la Autransfusión y Hemodilución Normovolémica Aguda y

con ello estimular una mayor aplicación de esta técnica para disminuir el número de complicaciones atribuibles al uso de transfusiones de sangre homóloga y sus derivados.

La hemodilución normovolémica (HNV) es un procedimiento, relativamente sencillo, mediante el cual, inmediatamente antes de la intervención y bajo control hemodinámico, se extraerán 2-3 unidades de sangre al paciente y se sustituye por un volumen igual de coloides (gelatina 4%). El valor del hematocrito indicará el grado de hemodilución <sup>6,13,16</sup>. Así se dirá que ésta es moderada (Hemodilución normovolémica moderada, HNM), cuando el valor hematocrito oscile entre el 30% y el 27% y aguda (Hemodilución normovolémica aguda, HNA), cuando dichas cifras sean mucho más bajas. Las unidades extraídas se mantienen en el quirófano a temperatura ambiente y se reinfunden preferentemente cuando termina la intervención, existe buena hemostasia y las pérdidas sanguíneas han cesado <sup>3,20</sup>.

### **Hemodilución Normovolémica Aguda (HNA).**

Es esta la modalidad que se prefiere en cirugía cardíaca y se realiza durante la misma intervención quirúrgica, una vez conseguido el nivel de anticoagulación deseado antes de iniciar la circulación extracorpórea (CEC), se extraen 10 mL de sangre fresca por cada kilogramo de peso del paciente. La extracción se realiza a través del catéter central o bien, una vez introducida la cánula de retorno en la aorta ascendente, conectando la bolsa de depósito de sangre a esta cánula hasta conseguir el volumen previsto <sup>3,8</sup>. El paciente suele tener monitorizadas la presión arterial, venosa y capilar pulmonar (Swan-Ganz). Esta situación hace que la extracción de sangre y su sustitución por soluciones coloides o cristaloides no produzca ningún cambio hemodinámico significativo, ya que puede instaurarse inmediatamente el tratamiento adecuado. La sangre almacenada es transfundida al paciente una vez que la CEC haya sido interrumpida el paciente haya sido descalcizado y la heparina haya sido contrarrestada con la dosis correspondiente de protamina éste método es sencillo y su costo económico es despreciable; sin embargo, pueden producirse errores en el almacenamiento y conservación de la sangre desde su extracción

hasta su reinfusión o bien la sangre almacenada se puede contaminar en el procedimiento. La sangre extraída, al conservar íntegras su capacidad de oxigenación y sus propiedades hemostáticas por haber evitado paso por el circuito de CEC, va a reducir las necesidades de sangre de banco <sup>16</sup>. Existe, no obstante, un aspecto polémico en esta técnica: el grado de hemodilución al que se puede llegar la hemodilución no debe alcanzar valores de hematocrito inferiores al 18-20 %, ya que las hemodiluciones extremas (HTC<20%) afectan a la funcionalidad de las plaquetas al alterar la localización periférica de las mismas en la corriente sanguínea, además este método no se debe aplicar en pacientes con peso inferior a 50 Kg, talla inferior a 160 cm., en pacientes con edad superior a 75 años o con creatinina sérica mayor que 1.5 mg/dl, pacientes con fracción de eyección menor al 35% o que hayan sido diagnosticados de una estenosis carotídea significativa, ésta técnica tampoco está, en principio, indicada en cirugía urgente ni en reintervenciones <sup>23</sup>.

### **Hemodilución Normovolémica Moderada (HNM).**

Está indicada cuando se supone que habrá una pérdida sanguínea intraoperatoria mayor de 1 litro, en especial en la cirugía de reparación aórtica y en cirugía de cadera y columna y aunque existe una gran variabilidad en los resultados la necesidad de transfusión de sangre homóloga se reduce hasta en un 75% y en algunos estudios ha demostrado ser tan eficaz como el depósito preoperatorio de sangre autóloga <sup>3</sup>.

Aunque esta técnica se realiza preferentemente en cirugía electiva, se han publicado algunos estudios sobre la utilización de la HNM en urgencias. Entre ellos se tiene el de Herregods y cols (1997), un trabajo prospectivo se compara la necesidad de sangre homóloga en dos grupos de pacientes intervenidos de cirugía cardíaca para revascularización coronaria por lesión del tronco de la coronaria izquierda. La HNM, hasta un 34% de hematocrito, no incrementa la incidencia de isquemia antes de entrar en circulación extracorporea y permite evitar la transfusión homóloga en un 64% de los pacientes frente a un 38% de los que no se realizó la hemodilución. En otro estudio realizado en pacientes sometidos a cirugía aórtica por presentar aneurismas infrarrenales, se sugiere



que la hemodilución puede realizarse en situaciones urgentes si el hematocrito lo permite sin que se produzcan efectos adversos hemodinámicos o cardíacos. La HNM está contraindicada en todos aquellos pacientes en que no deba incrementarse el gasto cardíaco por existir una cardiopatía grave una insuficiencia coronaria o simplemente, porque estén sometidos a tratamiento con beta-bloqueantes. También está contraindicada en pacientes con enfisema o broncopatía grave, así como en los cirróticos y en todos aquellos enfermos con coagulopatías <sup>23</sup>. La anemia severa es la más importante de las contraindicaciones <sup>23</sup>.

Por otra parte, si bien la HNM intencional se utiliza poco en urgencias como alternativa a la transfusión si es ampliamente utilizada como método de restauración de la volemia en el paciente sangrante demostrando en este tipo de situaciones su utilidad para reducir el número de transfusiones alogénicas, como se vio en la guerra de Sarajevo.

Sabemos que las pérdidas de volumen del espacio vascular tienen un margen de seguridad pequeño y que hay que reponerlas al 100% cuanto antes. Pérdidas de hasta el 15% de la volemia se toleran poniendo en marcha los mecanismos compensadores (activación de los ejes renina-angiotensinae hipófisis-suprarrenal con vasoconstricción y paso de líquido desde el espacio intersticial al vascular) aunque a costa de una reducción del gasto cardíaco. Pérdidas del 15-30%, producen taquicardia, pulso filiforme y una importante reducción del gasto cardíaco, pérdidas superiores al 30% desencadenan hipotensión, compromiso de la circulación cerebral y cardíaca y muerte del paciente si no se restaura la volemia inmediatamente <sup>4,5,7,11</sup>.

Ahora bien, no siempre es necesario reponer el volumen perdido con hemoderivados ya que los coloides y cristaloides artificiales son tan eficaces como la sangre o sus componentes, incluida la albúmina. La pérdida de la volemia conlleva a la de líquido intersticial por lo que deben utilizarse ambos, dependiendo de las cantidades respectivas de las circunstancias clínicas. En general, entre las soluciones cristaloides se recomienda el uso de Ringer lactato o Ringer acetato (Plasmalite) en volumen tres veces superior al de las pérdidas <sup>12</sup>.

Entre los coloides se recomiendan las gelatinas (Gelofundin) que no interfieren la coagulación y no tienen límite de dosis y los hidroxietil-almidones

de pm 200.000 (Elohes) que son parecidos a la albúmina en duración y eficacia, pero interfieren la coagulación y existe una dosis máxima diaria (20 mL/kg) .

Una vez restaurada la volemia al 100%, se valorará el grado de hemodilución alcanzado y la necesidad de transfundir o no hemoderivados en función de los factores de riesgo, el grado de monitorización del paciente y la presencia de signos y síntomas de aporte inadecuado de oxígeno.

### **Hemodilución Hipervolémica.**

Aunque la hemodilución hipervolémica (HHV) no es *stricto sensu* una técnica de autotransfusión es sin embargo una técnica ahorradora de sangre ya que al hiperhemodiluir al paciente si éste presenta una hemorragia perderá fundamentalmente plasma y diluyente, ahorrándose eritrocitos <sup>19</sup>.

Fue ideada en 1969 por el español Ricardo Vela y consiste en la infusión perioperatoria de un litro de dextrano, éste tipo de hemodilución se ha difundido poco, debido entre otras causas, al posible peligro de la sobrecarga hídrica. Sin embargo, hay estudios que han demostrado que HHV inducidas mediante la administración de hidroxietilalmidón (15 ml/kg de peso, con una velocidad de infusión de 100ml/minuto), no producen modificación hemodinámica alguna ni aumentos patológicos de la presión arterial y pulmonar (Ruiz-Morales y cols, 1999).

La HHV es más fácil, más rápida, más barata y requiere menos equipamiento que la HNV (Mielke 1997). Debe ser considerada como una alternativa más en la estrategia global de evitar exponer a los pacientes a los riesgos de las transfusiones sanguíneas homólogas. Concretamente, Mielke y cols (1997) en una serie de 49 pacientes en los que se aplicó HNA (23) o HHV (26) consiguieron evitar la transfusión homóloga en el 57 y 65% de los pacientes, respectivamente y proponen que en aquellas PTCs con una pérdida hemática estimada mayor de 1000 mL la HHV es una alternativa más simple, rápida y económica que la HNA.

Uno de los aspectos más cuestionados de la HHV es la necesidad de valorar el estado del volumen intravascular pues la hipervolemia puede ejercer un

efecto perjudicial en ancianos y en pacientes con compromiso miocárdico. Su uso rutinario puede tener inconvenientes por compromiso del sistema cardiovascular por lo que es preceptiva una cuidadosa monitorización cardiovascular actualmente se están realizando diversos estudios microcirculatorios encaminados a explicarnos cómo mejora la perfusión y el aporte de oxígeno a los órganos y tejidos lo cual es una condición necesaria para una aplicación más segura en la clínica humana 7,11.

### **Ventajas, Inconvenientes y Contraindicaciones de la HN.**

Las ventajas de la autotransfusión intraoperatoria se pueden resumirlas en:

- Disposición inmediata de sangre
- No incompatibilidad.
- No aloinmunización.
- Sin riesgo de transmisión de enfermedades virales.
- Preservación del banco de sangre.
- Aplicable en Testigos de Jehová.
- Sangre de calidad superior a la de banco.

## **2.1. PROBLEMA**

¿Cuál es el comportamiento hemodinámica de los pacientes sometidos a la técnica del Hemodilución Normovolémica Aguda?

## **OBJETIVOS**

### **General**

- Comprobar las ventajas de la Hemodilución Normovolémica Aguda y Autotransfusión en los pacientes sometidos a cirugía frente a transfusión homóloga.
- Evitar infecciones por hemoderivados
- Contar con disponibilidad inmediata de sangre al momento de requerirla
- Evitar diferir procedimientos quirúrgicos por desabastó de sangre
- Ahorro en pruebas de laboratorio y almacenamiento para el hospital

### **HIPÓTESIS**

Con la Hemodilución Normovolémica Aguda se mejora el abasto de sangre de manera rutinaria en el quirófano y se tendrá de manera inmediata al necesitarla, se disminuirá la incidencia de enfermedades relacionadas con la transfusión de sangre homologa, siendo esto una ventaja para los pacientes ya que no se expondrán a los riesgos que conlleva una transfusión sanguínea.

### **JUSTIFICACIÓN**

Se pretende con ésta técnica evitar las infecciones debidas a las transfusiones sanguíneas, reacciones a la transfusión que en la mayoría de los casos son fatales, evitar diferir procedimientos por falta de sangre, contar con la sangre al momento de requerirla y por consiguiente ahorro de insumos al Hospital General del Estado de Sonora

## **VARIABLES A ESTUDIAR**

- Identificar las complicaciones clínicas, hemodinámicas de los pacientes sometidos a esta técnica durante el procedimiento de extracción y transanestésico.
- Estudiar los parámetros vitales en el grupo:
  - Presión arterial.
  - Frecuencia cardiaca.
  - Temperatura.
  - Electrocardiografía continua
  - Saturación parcial de oxígeno.
  - Como extra, pérdidas sanguíneas del grupo.
- Identificar factores asociados al uso de Hemodilución Normovolémica Aguda que la hacen eficiente en pacientes sometidos a cirugía en la que se prevé sangrado importante.

## **CRITERIOS DE INCLUSIÓN**

- Pacientes de 18 a 60 años programados para cirugía
- ASA I-II
- Hemoglobina mayor de 10 mg/dL
- Hematocrito mayor de 35 %
- Que posterior a explicarles pro sedimento acepten

## **CRITERIOS DE EXCLUSIÓN**

- Pacientes que no acepten pro sedimento

- Pacientes con coagulopatias
- Pacientes con tratamiento anticoagulante
- Pacientes con septicemia
- Pacientes embarazadas
- Pacientes con hemoglobina menos de 10 mg/dL
- Pacientes con hematocrito menos de 35 %
- Pacientes en shock hipovolémico
- Pacientes que ingresan de urgencia a quirófano

### **TAMAÑO DE LA MUESTRA**

Se estudió a 20 pacientes los cuales cumplieron con los criterios de inclusión así como posterior a explicarles los beneficios y complicaciones del procedimiento aceptaron de manera voluntaria.

## DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTUDIO

Previa autorización del comité de ética del Hospital General del Estado de Sonora se seleccionaron pacientes programados sin importar sexo para cirugía en un período comprendido de Marzo a Agosto del 2006, a los cuales se le pasó visita preanestesia un día antes de la cirugía siendo catalogados en ASA I-II, no detectando contraindicaciones para la Hemodilución Normovolémica como son edad mayor de 60 años, o menor de 18 años, con hemoglobina mayor de 10 mg/dL y hematocrito mayor de 35% sin patología cardiaca, restricción pulmonar, coagulopatias, ni enfermedades crónico degenerativas que pudieran excluirlos del procedimiento, se incluyeron todos aquellos pacientes en el rango de edad entre 18 a 60 años, sin criterios de exclusión, se les explicó las ventajas y desventajas de este procedimiento y se manifestaron a favor del mismo y se recabó la autorización, al día siguiente se pasaron a quirófano y se monitorizó desde el área de recuperación anestésica sus signos vitales presión arterial, frecuencia cardiaca, saturación con pulsooxímetro y se inició con la preparación para realizar el procedimiento primeramente calculando el volumen sanguíneo a extraer con la siguiente fórmula:

$V = \text{volemia} \times \frac{H_{toi} - H_{tod}}{H_{to \text{ promedio}}}$

V= volumen de sangre a extraer

Htoi= Hematocrito inicial

Htod= hematocrito mínimo deseado previa a cirugía

Hto promedio=  $\frac{H_{toi} + H_{tod}}{2}$

La Hemodilución Normovolémica Aguda la cual consiste en canalizar una vena ante cubital contraria al área donde esta canalizado con un coloide tipo gelatina 4%, se coloca la bolsa de recolección de sangre en una báscula y se extrae guiados por el peso de la bolsa entre 500 g y 750 g de sangre (500 a 750 ml) siendo esta restituida uno a uno con el coloide seleccionado durante el procedimiento se está en contacto directo con el paciente y se monitorizan los signos vitales cada 5 minutos con la finalidad de detectar cualquier alteración no prevista durante la extracción de sangre y se registra en hoja de recolección de datos, al momento de terminar la extracción y pasar el coloide se da por terminado el procedimiento de extracción el cual dura aproximadamente entre



30 y 45 minutos, en éste período los pacientes se mantuvieron estables hemodinàmicamente siendo la frecuencia cardiaca la constante vital que sufrió un cambio más notorio en todos los pacientes aumentando aproximadamente un 10-15% de la basal sin dar manifestaciones de bajo gasto la presión arterial se mantuvo sin cambios no así la saturación de oxígeno la cual mejoró de 1-2% en todos los pacientes, la temperatura tubo un descenso de 0.2 grados en promedio en los pacientes.

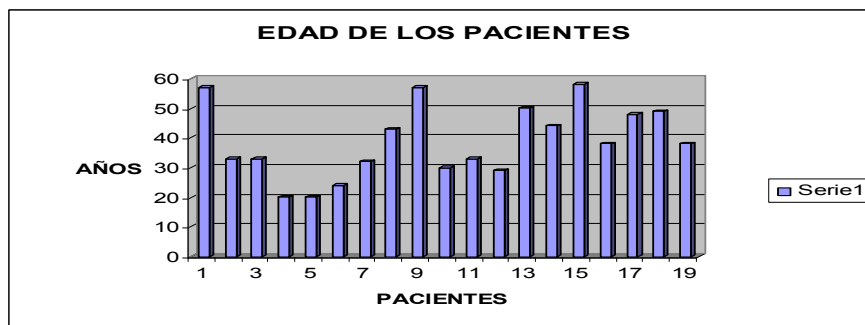
Durante el segundo período del procedimiento ya en quirófano no hubo una técnica anestésica preferida ya que ésta no influyó para la realización de este trabajo, se continuó con la monitorización de las constantes vitales de rutina siendo estas en quirófano Presión Arterial, Frecuencia Cardiaca, Saturación de Oxígeno con pulsooxímetro, Capnografía (en caso de anestesia general) , con respecto a la presión arterial los pacientes se mantuvieron con un descenso del 10-20% esperado por los efectos de la anestesia, la frecuencia cardiaca continuó con un aumento del 10% de la basal esperado, la saturación se mantuvo óptima (98-99%), la capnografía entre 30-35 % cuando fue anestesia general. Durante este periodo el manejo del paciente fue igual que cualquier paciente que entra a quirófano se calcularon los líquidos de acuerdo con el peso del paciente en kg más 40, pérdidas insensibles, kg mas 40 por 8 entre dos para reponer la primera hora de ayuno y dividido de nuevo entre dos para calcular las siguientes dos horas de ayuno si se requiere, y el trauma quirúrgico es de 1-15 por el peso dependiendo de la incisión quirúrgica, también se repuso el sangrado y la diuresis por hora con soluciones cristaloides (solución Hartman), de controlar el sangrado y estar de acuerdo con el cirujano de que el pro sedimento estaba a punto de terminar se inicia la reinfusión de la sangre al paciente.

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

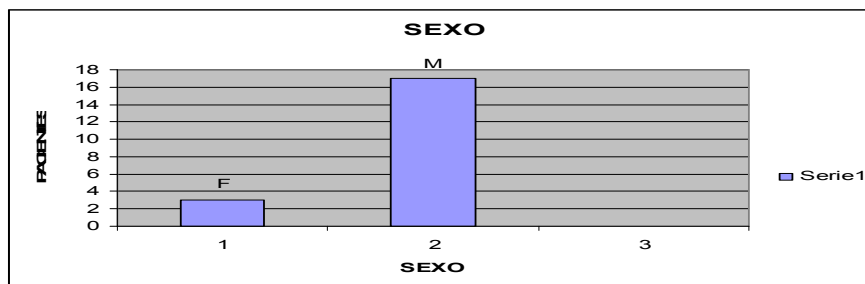
El análisis se llevó a cabo aplicando medias aritméticas, desviaciones estándar, rangos y coeficientes de correlación, proporción en graficas.

## RESULTADOS

De los 20 pacientes estudiados 3 correspondieron al sexo femenino, 17 del sexo masculino, de estos 5 estaban comprendidos entre 20 y 30 años, 6 entre 31 y 40, 4 entre 41 y 50 y 4 entre 51 y 60, ningún paciente menor de 18 años ni mayor de 60 años fue aceptado.



Gráfica de la edad de los pacientes

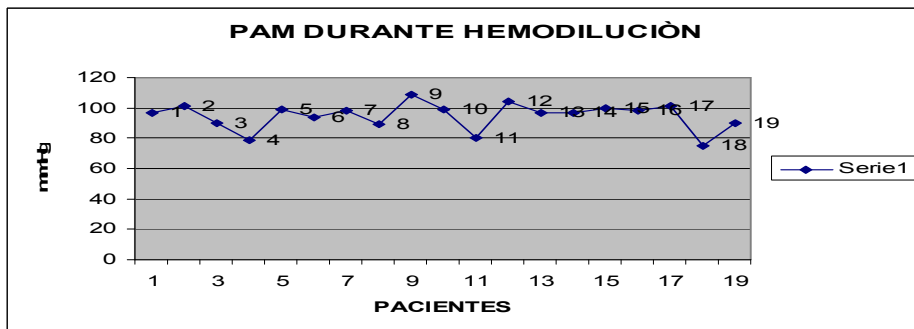


Gráfica del sexo de los pacientes

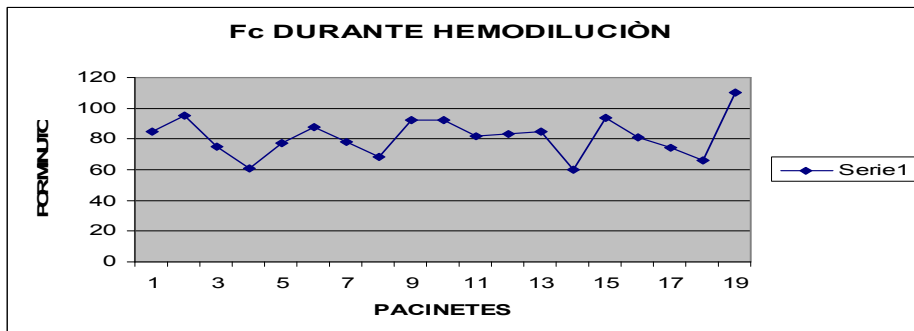
Fueron pacientes de los servicios de Ortopedia, Cirugía General y Oncológica, Urología.

La técnica de Hemodilución Normovolémica se aplicó a los pacientes de diferentes servicios, durante el procedimiento de Hemodilución el cual fue realizado en Unidad de Cuidados Postanestésicos (UCPA) se valoraron los siguientes parámetros, Frecuencia Cardiaca (Fc), Presión Arterial Media (PAM) y So<sub>2</sub> por oximetría de pulso, encontrando los siguientes resultados:

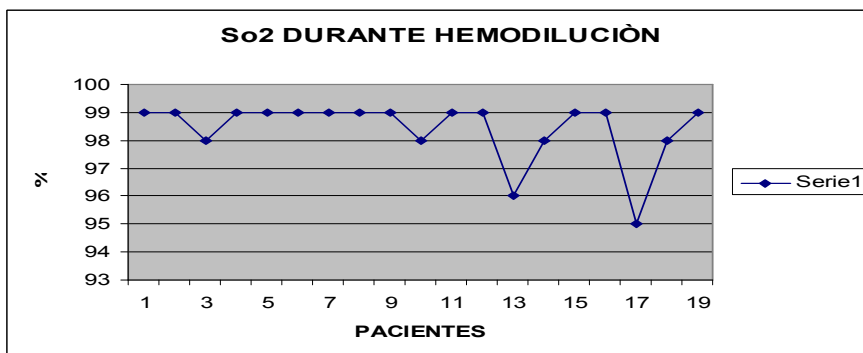
La PAM se mantuvo en un promedio de 94.5 mmHg con una desviación estándar de 22.8 lo que da como resultado que se mantuvo dentro de los parámetros normales, con respecto a la Fc estuvo en un promedio de 81.3 por minuto con una desviación estándar de 21.9 manteniéndose dentro de los parámetros normales pero con un incremento de aproximadamente 10% en todos los pacientes, la So2 valorada por pulsooximetro se mantuvo en un promedio de 98.4 % y desviación estándar de 22.03 con una tendencia a mejorar durante el procedimiento.



**PAM durante la Hemodilución Normovolémica**



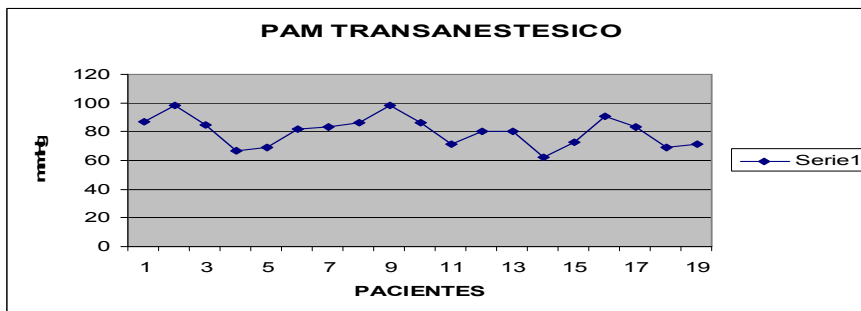
**Fc durante la Hemodilución Normovolémica**



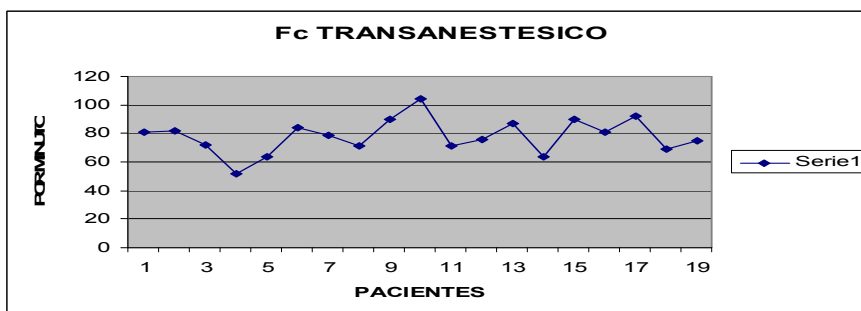
**So2 por oximetria de pulso durante la Hemodilución Normovolémica**

En quirófano se procedió a iniciar el procedimiento anestésico quirúrgico no considerando trascendente el método anestésico, a los pacientes se les colocó monitoreo de rutina PAM, Fc y So2 básico y en caso de anestesia general se agrego capnografía y se continuó el monitoreo con los siguientes resultados:

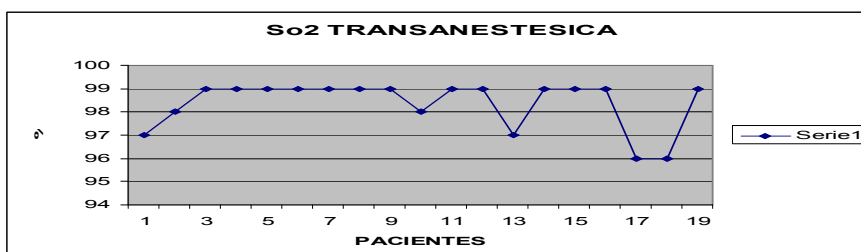
PAM se mantuvo dentro de su rango normal con un descenso esperado de 15% esperado por el efecto de la anestesia con un promedio de 80.05 mmHg, y una desviación estándar de 20.4, con respecto a la Fc esta se mantuvo también dentro de rango normal con un promedio de 78.1 por minuto y una desviación estándar de 21.03 no detectando cambios importantes de la misma, la So2 por pulsooximetro se mantuvo sin cambios comparado con el inicio de la técnica de Hemodilución Normovolémica siendo esta de 98.3 % y una desviación estándar de 22.02.



**PAM Durante transanestésico**



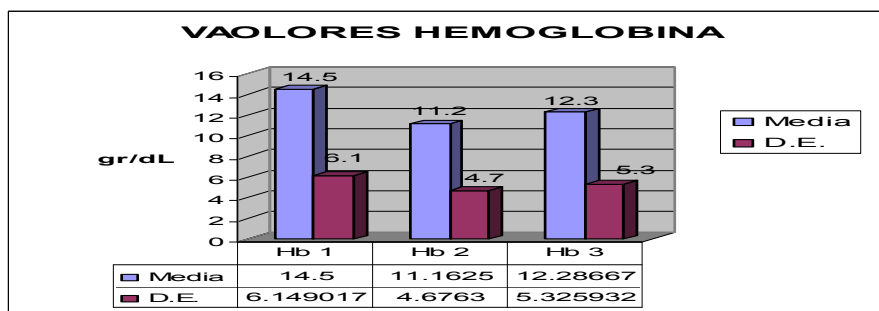
**Fc durante transanestésico**



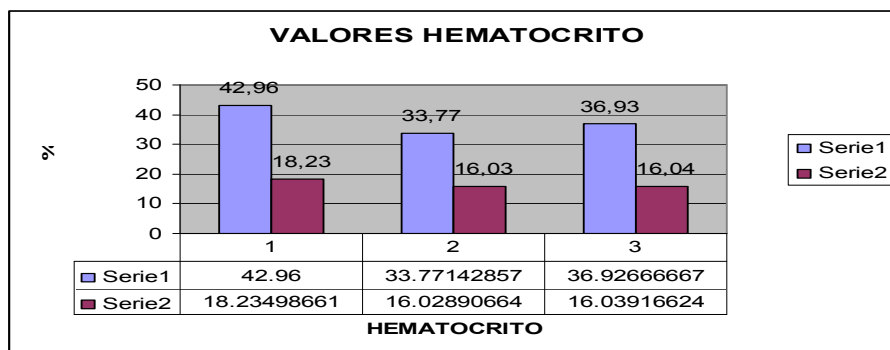
**So2 por oximetria de pulso durante transanestésico**

Otro de los parámetros a valorar durante este estudio fue el hemático considerando el hematocrito, hemoglobina y tiempos de coagulación (TP y TPT) para observar los cambios que se originaron durante el mismo:

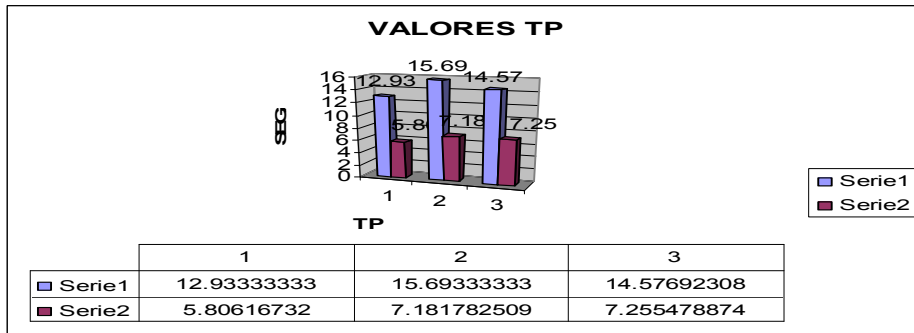
La hemoglobina la cual fue en promedio de 14.5 gr/dL, el hematocrito 42.9 % el TP 12.9 segundos y TPT de 29.0 previa a la Hemodilución Normovolémica con una desviación estándar de 6.1, 18.2, 5.8 y 13.9 respectivamente a las dos horas aproximadamente de la extracción se toma nuevas laboratorias de control los cuales promediaron hemoglobina de 11.2 gr/dL, hematocrito 33.7 %, TP 15.69 y TPT 30.5, con una desviación estándar de 4.6, 16.02, 7.1, 15.06 respectivamente, lo que nos indica en este momento que la hemoglobina tuvo un descenso de 3.3 gr/dL, el hematocrito de 9.2%, el TP tuvo un aumento de 2.79 segundos y el TPT de 1.5 segundos , a las 24 horas se tomaron nuevos laboratorios con los siguientes porcentajes hemoglobina 12.3 mg/dL, hematocrito 36.9 %, TP 14.5, TPT 28.4 con una desviación estándar de 5.3, 16.6, 7.2 y 14.07 respectivamente lo que indica al estudiar éstos resultados que durante el transquirùrgico tanto la hemoglobina como el hematocrito estaban bajos y los tiempos de coagulación se alteraron sobre todo el TP no así el TPT que quedó dentro de márgenes normales aunque a las 24 horas se normalizaron no teniendo consecuencias clínicas.



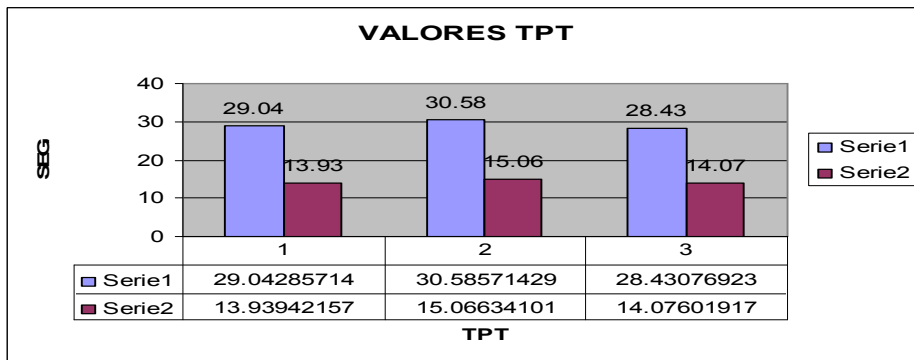
#### Variaciones en la hemoglobina



#### Variaciones del hematocrito

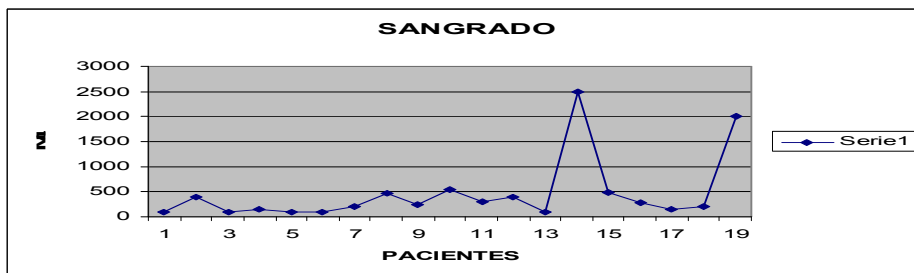


**Valores del TP**



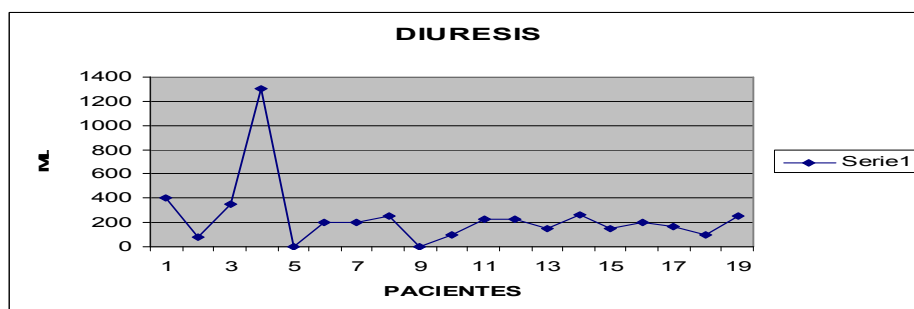
**Valores del TPT**

El promedio de sangrado de los pacientes fue recabado también siendo este de 464.7 ml con una desviación estándar de 642, de estos pacientes solo 2 requirieron transfusión homóloga y en los dos casos fueron 2 paquetes globulares lo que nos indicó un ahorro considerable de sangre al banco teniendo en cuenta que solo un paquete de los extraídos a los pacientes se mando al banco de sangre toda la demás sangre recabada fue devuelta al paciente al tener controlado el sangrado el cirujano.



**Sangrado de los pacientes**

Con respecto a la diuresis esta se mantuvo cuantificada con catéter uretral con medición cada hora con un promedio de 271.7 ml ( durante la cirugía) y una desviación estándar de 273.7



Diuresis pacientes

## DISCUSIÓN

La Hemodilución Normovolémica Aguda preoperatorio fue una técnica segura ya que repercutió poco en las constantes vitales hemodinámicas de los pacientes sometidos a este estudio ya que ningún paciente presentó anemia aguda, alteraciones en la coagulación con expresión clínica, aunque las alteraciones a nivel de coagulación fueron observadas en los laboratoriales no presentaron repercusión clínica puede ser esta la razón de que con esta técnica se da protección contra trombo embolismo.

Durante el transoperatorio ningún paciente presentó alteraciones hemodinámicas manteniéndose hemodinámicamente estable de los pacientes captados 2 requirieron de transfusiones homólogas por un sangrado agudo importante (mas de 2000 ml) pero se logró mantener hemodinámicamente estable con líquidos y coloides así como con la sangre autóloga y homologa. Con el hecho de haber disminuido el hematocrito se disminuyó la viscosidad sanguínea lo que provoca una pérdida de hematíes menor, así como se mejora la oxigenación ya que la percusión hística mejora provocando un aumento del gasto de oxígeno a nivel celular, así como se disminuyó el conflicto auto inmune que puede ocasionar la transfusión homóloga.

Durante el estudio se extrajeron 10,050 ml de sangre lo cual supone una cantidad importante, en comparación con los paquetes que se requirieron de sangre que fueron en total 4 paquetes globulares dando una cantidad de 800

ml con lo que se comprobó el ahorro significativo de sangre para el Banco de Sangre del Hospital General del Estado de Sonora.

Durante la extracción de sangre los pacientes se mantuvieron hemodinàmicamente estables y sin repercusiones.



## **CONCLUSIONES**

- La Hemodilución Normovolémica Aguda fue suficiente para compensar la pérdida de sangre en la mayoría de los pacientes y en los que se requirió sangre homóloga se disminuyó el consumo de la misma.
- La cantidad de sangre homóloga fue mínima.
- El tipo de intervención se debe tener en cuenta así como el tiempo quirúrgico.
- Las alteraciones hematológicas fueron mínimas sin repercusión clínica lo que la hace una técnica segura.
- La pérdida de formes sanguíneos es menor.
- La recuperación postquirúrgica fue mejor.

## **RECOMENDACIONES**

La técnica es segura por lo que si se logra tenerla dentro de las opciones de rutina para pacientes especiales (tipos de sangre raros, dificultad para conseguir donadores) se debería de hacer ya que las ventajas son muchas para el paciente y para el anestesiólogo ya que contamos con una sangre de mejor calidad que la del Banco de Sangre al momento de requerirla, así como se disminuye el riesgo de reacción a la transfusión, se mejora la oxigenación tisular y se disminuye la pérdida de elementos formes, es por esto que se recomienda la utilización de la técnica.

Como toda técnica debemos prever y ponernos de acuerdo con Banco de Sangre para que en dado caso de requerir mas sangre esta se encuentre disponible para el paciente ya que de lo contrario esto seria caótico.

## BIBLIOGRAFIA

1. **Changes in Intravascular Volume during Acute Normovolemic Hemodilution and Intraoperative Retransfusion in Patients with Radical Hysterectomy.**

**Anesthesiology. 92(3):657-664, March 2000.**

Rehm, Markus M.D. \*; Orth, Victoria M.D. \*; Kreimeier, Uwe M.D. +; Thiel, Manfred M.D. \*; Haller, Mathias M.D. +; Brechtelsbauer, Heinz ++; Finsterer, Udilo M.D. [S]

2. **Acid-Base Changes Caused by 5% Albumin versus 6% Hydroxyethyl Starch Solution in Patients Undergoing Acute Normovolemic Hemodilution: A Randomized Prospective Study.**

**Anesthesiology. 93(5):1174-1183, November 2000.**

Rehm, Markus M.D. \*; Orth, Victoria M.D. \*; Scheingraber, Stefan M.D. \*; Kreimeier, Uwe M.D. +; Brechtelsbauer, Heinz ++; Finsterer, Udilo M.D. [S]

3. **Absence of Beneficial Effect of Acute Normovolemic Hemodilution Combined with Aprotinin on Allogeneic Blood Transfusion Requirements in Cardiac Surgery.**

**Anesthesiology. 96(2):276-282, February 2002.**

Hohn, Laurent M.D. \*; Schweizer, Alexandre M.D. \*; Licker, Marc M.D. \*; Morel, Denis R. M.D.

4. **Critical Hematocrit in Intestinal Tissue Oxygenation during Severe Normovolemic Hemodilution.**

**Anesthesiology. 94(1):152-160, January 2001.**

van Bommel, Jasper M.D. \*; Siegemund, Martin M.D. +; Pieter Henny, C. M.D., Ph.D. ++; Trouwborst, Adrianus M.D., Ph.D. [S]; Ince, Can Ph.D.

5. **Acute Normovolemic Hemodilution Improves Oxygenation in Ischemic Flap Tissue.**

**Anesthesiology. 96(6):1478-1484, June 2002.**

Schramm, Soren M.D. \*; Wettstein, Reto M.D. \*; Wessendorf, Robert M.D. \*; Jakob, Stephan M. M.D. +; Banic, Andrej M.D., Ph.D. ++; Erni, Dominique M.D. [S]

6. **Efficacy of Acute Normovolemic Hemodilution Assessed as a Function of Fraction of Blood Volume Lost.**

**Anesthesiology. 94(3):439-446, March 2001.**

Weiskopf, Richard B. M.D. \*

7. **Hemodynamic Compensation during Acute Normovolemic Hemodilution: In Reply.**

**Anesthesiology. 100(4):1034-1035, April 2004.**

Van der Linden, Philippe M.D., Ph.D. \*; De Hert, Stefan M.D., Ph.D

**8. Does Acute Normovolemic Hemodilution Decrease Transfusion Requirements during Cardiac Surgery?**

**Anesthesiology. 96(2):5A, February 2002.**

Henkel, Gretchen

**9. Circulatory Effects of Hypoxia, Acute Normovolemic Hemodilution, and Their Combination in Anesthetized Pigs.**

**Anesthesiology. 84(6):1443-1454, June 1996.**

Schou, Henning MD; Perez de Sa, Valeria MD; Sigurdardottir, Maria MD; Roscher, Roger MD; Jonmarker, Christer MD, PhD; Werner, Olof MD, PhD

**10. Acute Normovolemic Hemodilution: The Subgroup of Patients Likely To Benefit Remains Uncertain: In Reply.**

**Anesthesiology. 98(6):1519, June 2003.**

Matot, Idit M.D.

**11. Cardiovascular and Metabolic Response to Acute Normovolemic Anemia: Effects of Anesthesia.**

**Anesthesiology. 93(4):1011-1016, October 2000.**

Ickx, Brigitte E. M.D. \*; Rigolet, Michel M.D. +; Van der Linden, Philippe J. M.D., Ph.D. ++

**12. Compatibility of Different Colloid Plasma Expanders with Perflubron Emulsion: An Intravital Microscopic Study in the Hamster.**

**Anesthesiology. 93(5):1261-1270, November 2000.**

Nolte, Dirk M.D., D.M.D., Ph.D. \*; Pickelmann, Sven M.D. +; Lang, Michael M.D. +; Keipert, Peter Ph.D. ++; Messmer, Konrad M.D., Ph.D. [S]

**13. Practice Guidelines for Perioperative Blood Transfusion and Adjuvant Therapies: An Updated Report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Perioperative Blood Transfusion and Adjuvant Therapies.**

**Anesthesiology. 105(1):198-208, July 2006**

**14. Hemodilution and Candles.**

**Anesthesiology. 97(4):773-775, October 2002.**

Weiskopf, Richard B. M.D.

**15. Changes in Blood Volume and Hematocrit during Acute Preoperative Volume Loading with 5% Albumin or 6% Hetastarch Solutions in Patients before Radical Hysterectomy.**

**Anesthesiology. 95(4):849-856, October 2001.**

Rehm, Markus M.D. \*; Haller, Mathias M.D. +; Orth, Victoria M.D. \*; Kreimeier, Uwe M.D. +; Jacob, Mathias M.D. \*; Dressel, Holger ++; Mayer, Sabine ++; Brechtelsbauer, Heinz [S]; Finsterer, Udilo M.D. [/]

**16. Eliminating Blood Transfusions: New Aspects and Perspectives.**

**Anesthesiology. 93(1):242-255, July 2000.**

Spahn, Donat R. M.D. \*; Casutt, Mattias M.D. +

**17. Hemodilution: Fewer Keystrokes, Greater Accuracy.**

**Anesthesiology. 92(3):902, March 2000.**

Bourke, Denis L. M.D.

**18. Tolerance to Acute Isovolemic Hemodilution: Effect of Anesthetic Depth.**

**Anesthesiology. 99(1):97-104, July 2003.**

Van der Linden, Philippe M.D., Ph.D. \*; De Hert, Stefan M.D., Ph.D. +; Mathieu, Nathalie M.D. ++; Degroote, Françoise M.D. ++; Schmartz, Denis M.D. ++; Zhang, Haibo M.D., Ph.D. [S]; Vincent, Jean-Louis M.D., Ph.D. [/]

**19. Extreme Intraoperative Blood Loss and Hemodilution in a Jehovah's Witness: New Aspects in Postoperative Management.**

**Anesthesiology. 91(6):1949, December 1999.**

Neff, Thomas A. M.D. \*; Stocker, Reto M.D. +; Wight, Edward M.D. ++; Spahn, Donat R. M.D. [S]

**20. Miller Anesthesia,**

Sexta Edición, Ronald D. Millar MD, tomo2

Elsevier

**21. Gayton-Hall Tratado de Fisiología Medica**

9na edición

McGraw-Hill-Interamericana

**22. Anestesiología Clínica**

3ra edición

Edgard Morgan Jr MD, Maged S. Mikhail, Michael J. Murray

Manual Moderno

**23. Norma Oficial Mexicana NOM-003-SSA2-1993**

“Para la disposición de sangre humana y sus componentes con fines terapéuticos”