

Revisión

Elección de fluidos en el periodo perioperatorio del trasplante renal

Alejandro Gonzalez-Castro*, María Ortiz-Lasa, Yhivian Peñasco, Camilo González, Carmen Blanco y Juan Carlos Rodriguez-Borregan

Unidad Polivalente, Servicio de Medicina Intensiva, Hospital Universitario Marqués de Valdecilla, Santander, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 15 de diciembre de 2015

Aceptado el 16 de marzo de 2017

Palabras clave:

Trasplante renal
Suero salino normal
Soluciones balanceadas
Hipercloremia
Hiperpotasemia

Keywords:

Kidney transplantation
Normal saline
Balanced solutions
Hyperchloraemia
Hyperkalaemia

R E S U M E N

El suero salino normal (SSN) ha sido clásicamente el fluido de resucitación elegido en el periodo perioperatorio del trasplante renal frente a aquellas soluciones balanceadas con potasio. Sin embargo, los problemas derivados de la hipercloremia desencadenada por la infusión de SSN han llevado a la realización de estudios que comparaban esta solución con los fluidos equilibrados. Mediante la presente revisión narrativa se deduce que el uso de cristaloides balanceados con contenido de potasio en su formulación, en el perioperatorio de trasplante renal, puede considerarse seguro. Estas soluciones no provocan una alteración del potasio sérico mayor que la provocada por el SSN y mantienen mejor el equilibrio ácido-base en estos enfermos.

© 2017 Sociedad Española de Nefrología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Choice of fluids in the perioperative period of kidney transplantation

A B S T R A C T

Normal saline has traditionally been the resuscitation fluid of choice in the perioperative period of kidney transplantation over balanced potassium solutions. However, the problems arising from hyperchloraemia triggered by the infusion of normal saline have led to studies being conducted that compare this solution with balanced solutions. From this narrative review it can be concluded that the use of balanced crystalloids containing potassium in the perioperative period of kidney transplantation can be considered safe. These solutions do not affect serum potassium levels any more than normal saline, whilst maintaining a better acid-base balance in these patients.

© 2017 Sociedad Española de Nefrología. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: jandro120475@hotmail.com (A. Gonzalez-Castro).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.nefro.2017.03.022>

0211-6995/© 2017 Sociedad Española de Nefrología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

El objetivo que persigue la reposición hidroelectrolítica en el periodo postrasplante es mantener un volumen intravascular adecuado que asegure la perfusión renal, para que, con ello, mejore la probabilidad de función inmediata del injerto. Para conseguir este objetivo es esencial un buen conocimiento y manejo de la fluidoterapia, puesto que, al mismo tiempo, se deben prevenir la insuficiencia renal común a cualquier intervención de cirugía mayor y los trastornos electrolíticos como la hiperpotasemia, y asegurar la función del injerto después del trasplante renal¹.

El retraso de la función del injerto es un término usado para describir la insuficiencia renal aguda después del trasplante y se puede definir por la necesidad de diálisis en la primera semana de postoperatorio. Esta entidad tiene un importante valor predictivo del curso clínico posterior del injerto^{1,2}. Varios son los factores relacionados con esta entidad: la edad del donante, la calidad de los tejidos, el almacenamiento en frío, el daño por reperfusión, causas prerrenales, los fármacos inmunosupresores, etc.^{3,4}. Del mismo modo, la presencia de hiperpotasemia puede contribuir a producir disfunción del injerto⁵. Clásicamente se ha elegido el suero salino normal (SSN) en el periodo perioperatorio del trasplante renal. Esta elección se ha basado en la creencia de que el uso de sueros con potasio podría desencadenar hiperpotasemia⁶.

Sin embargo, las teorías que atribuyen al SSN el aumento del cloro sérico, predisponiendo así al desarrollo de acidosis metabólica y asumiendo que dicha acidosis puede generar hiperpotasemia por un movimiento transcelular de iones, han sido la clave para que en la última década varios estudios comparasen el SSN y soluciones cristaloides balanceadas (con potasio en su formulación) en el periodo perioperatorio del trasplante renal⁷⁻¹¹.

La presente revisión corta de carácter narrativo tiene el objetivo de realizar un breve repaso fisiopatológico del problema que nos ocupa, así como de evaluar las publicaciones que al respecto tenemos en la literatura médica actual.

Tipo de fluidos

Los fluidos intravenosos se dividen en 2 grandes familias: los sueros cristaloides y los sueros coloides. Los cristaloides son soluciones compuestas por agua estéril y electrolitos, a los que, en ocasiones, se les añade aporte calórico en forma de glucosa.

Los coloides son soluciones que contienen partículas de alto peso molecular que aumentan la presión oncótica y que son vehiculizadas en un cristaloides. A este grupo pertenecen la albúmina, las gelatinas, los dextranos y los almidones (derivados del maíz y la patata)¹².

El aumento de la presión oncótica otorga a estos últimos mayor capacidad de retención intravascular en comparación con los cristaloides. Dicha teoría se fundamenta en la premisa teórica de que las partículas más grandes se encuentran atrapadas en el espacio vascular por una barrera endotelial intacta durante más tiempo¹³.

Sin embargo, en dicha interpretación teórica hay que considerar que el contexto del paciente es clave: un coloide solo se comporta como un coloide cuando el glicocálix está intacto¹⁴. De hecho, en el periodo perioperatorio (en situaciones como el ayuno preoperatorio) el sangrado y las pérdidas insensibles pueden reducir el volumen extracelular y activar la cascada inflamatoria, con el consiguiente daño en el glicocálix y el aumento de la permeabilidad capilar, lo que exacerba aún más la pérdida de líquidos^{15,16}. Este hecho explica como grandes ensayos clínicos encuentran que la ventaja en la expansión de volumen es, por lo general, solo de alrededor del 30-40% a favor de los coloides, lejos de la potencia teórica en situaciones de glicocálix intacto¹⁷⁻¹⁹.

Por otro lado, los coloides aumentan el coste, tienen disponibilidad limitada (caso de la albúmina, que es un producto de la sangre) y se asocian a problemas derivados de las alteraciones de la coagulación que provocan y a lesión renal persistente observada, principalmente, con el uso de hidroxi-etil-almidones²⁰⁻²³.

Es razonable pensar que son los motivos anteriormente descritos los que han llevado a los clínicos a elegir cristaloides como primera opción en el periodo postoperatorio del trasplante renal.

Los cristaloides se clasifican en 2 grandes grupos. Por un lado encontramos el SSN, considerado fluido no balanceado o no equilibrado, y por otro lado tenemos los cristaloides balanceados o equilibrados.

El SSN contiene en su formulación 154 mEq de sodio y 154 mEq de cloro. No tiene, por tanto, ninguna capacidad tampón.

Desde el punto de vista de la hemodinámica renal, tiende a reducir el volumen de diuresis, prolongándolo en el tiempo²⁴. Por otro lado, la actividad de factores natriuréticos y la inhibición de los sistemas antinatriuréticos y el efecto sobre el gasto cardíaco es similar a la de las soluciones balanceadas²⁵, pero el manejo del agua no. Con volúmenes de infusión muy grandes y en ausencia de estímulos espurios de la ADH, tiene tendencia a producir hipernatremia. En cambio, la infusión de soluciones discretamente hipotónicas en grandes cantidades favorece más la hiponatremia que la hipernatremia^{26,27}. Esta hipotonicidad relativa de determinados cristaloides balanceados causa inhibición de ADH y la respuesta acuárética es más precoz y satisfactoria que con SSN²⁷. Sin embargo, en este punto es importante recordar que la disminución o inhibición de la liberación de ADH promovida por la reanimación desoluciones balanceadas que sean hipoosmóticas promoverán a su vez la entrada de agua al espacio intersticial, con el consiguiente efecto deletéreo que pudiera obtenerse en determinadas circunstancias clínicas²⁸.

Respecto al filtrado glomerular, la infusión de SSN, al distender las cavidades derechas cardíacas, aumenta la secreción de péptido natriurético auricular, que dilata la arteria aferente e inhibe los canales de sodio del túbulo colector. Por lo tanto, el retraso en el inicio de la diuresis es un efecto tubular, secundario a la activación de ADH por la hipertonidad relativa, y requiere un volumen de infusión considerable para ser observado²⁹.

Por otro lado, en situaciones que condicionan hipovolemia, como pueden ser las intervenciones quirúrgicas, la diuresis forzada, el desarrollo de un tercer espacio o el drenaje

Tabla 1 – Simulación de las modificaciones esperadas en la cloremia, bicarbonatemia, pCO₂, pH y potasemia de un sujeto estándar tratado con expansión de volumen progresiva

Vol. infundido	[Cl ⁻] final	Δ Cl ⁻	Δ HCO ₃ ⁻	[HCO ₃ ⁻] final	pCO ₂ esperada	pH final	Δ pH	Δ K ⁺	[K ⁺] diluido	[K ⁺] final
1	113,08	3,08	3,08	21,92	43,08	7,33	0,07	0,50	3,69	4,19
2	115,71	5,71	5,71	19,29	45,71	7,25	0,15	1,07	3,43	4,50
3	118,00	8,00	8,00	17,00	48,00	7,17	0,23	1,60	3,20	4,80
5	121,76	11,76	11,76	13,24	51,76	7,03	0,37	2,59	2,82	5,42

Se asumen 12 L de volumen extracelular para un sujeto de 70 kg. Con un nivel de cloro sérico de inicio de 110 mEq/L y de potasio de 4 mEq/L. Se infunde un hipotético cristaloides salino con una concentración de 150 mEq/L de cloro.

de contenidos, se promueve la activación del eje renina-angiotensina-aldosterona, el aumento de la sed y la activación de la aldosterona³⁰. Cabe recordar que el paciente desarrollará hiponatremia si se le permite beber sin recibir sal, si reanimamos con sueros hipotónicos o sueros glucosados sin solución salina. Dicha depleción salina puede aumentar la dependencia del filtrado glomerular de un sistema intacto renina-angiotensina y sensibilizar al paciente para el desarrollo de insuficiencia renal aguda³¹.

Hipercloremia, acidosis metabólica hiperclorémica e hiperpotasemia

La aproximación físico-química, según el modelo de Stewart, al análisis del equilibrio ácido-base confiere al cloro, y a la hipercloremia, un papel predominante³². La administración de fluidos con concentraciones suprafiológicas de cloro y relaciones sodio-cloro anormales respecto al plasma (SSN) contribuirán al desarrollo de acidosis metabólica hiperclorémica, debido a que los aumentos relativos en la concentración de cloro provocarán un descenso en la diferencia de iones fuertes³³.

Al margen de los efectos clínicos de la acidosis (reducción de la contractilidad cardiaca, disminución de los efectos de las catecolaminas, alteraciones en la coagulación o en el funcionamiento plaquetario³⁴), hay que recordar su efecto en la regulación del potasio sérico.

Aproximadamente el 98% del potasio está presente dentro de las células, con una concentración intracelular de ~140 mEq/L. Por lo tanto, pequeños cambios del potasio intracelular tendrán un importante efecto sobre los niveles de potasio extracelular. En este contexto, la acidosis metabólica hiperclorémica provocará la entrada del ion H⁺ al interior celular para neutralizarse con los *buffer* intracelulares, desplazando potasio fuera de las células, lo que aumentará el nivel de potasio extracelular^{35,36} (fig. 1). En una simulación, en un sujeto estándar y con un cristaloides salino con 150 mEq/L de cloro en su formulación, la potasemia subiría de 5 mEq/L para infusiones superiores a los 4 L (ver tabla 1).

En el caso de la infusión de soluciones balanceadas con efecto tampón, la presencia de lactato o acetato se traducirá en cantidades equivalentes de bicarbonato, lo que impedirá o minimizará la acidosis hiperclorémica. De hecho, si dichas soluciones balanceadas con *buffer* no llevasen potasio en su formulación, el efecto dilucional sobre la concentración sérica de potasio desencadenaría hipopotasemias por dilución.

En este punto, es importante destacar que los modelos fisiopatológicos teóricos avalan que el metabolismo de

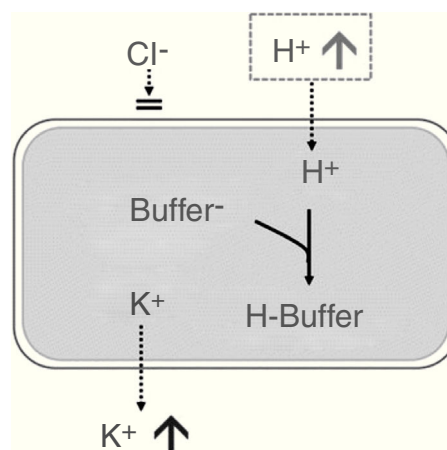


Figura 1 – Efecto de la acidosis hiperclorémica sobre la concentración sérica de potasio. Fuente: Modificada de Santi et al.³³.

Movimiento transcelular de potasio motivado por la entrada de H⁺ al interior celular, donde se neutralizarán con *buffer* intracelulares.

lactato y el acetato hasta conseguir la producción de bicarbonato difieren en varios aspectos. En primer lugar, se considera que la producción de bicarbonato a partir de acetato es más rápida, con menor consumo de oxígeno y no dependiente exclusivamente del metabolismo hepático. En segundo lugar, no interfiere en la gluconeogénesis ni tampoco como marcador de hipoxia tisular, al contrario que el lactato^{37,38}. En este sentido, un estudio observacional llevado a cabo en enfermos quemados, que comparaba ambas soluciones tamponadoras, afirmaba que las concentraciones de lactato sérico eran significativamente menores en el grupo de acetato en los 5 primeros días, con valores de exceso de bases significativamente más bajos, aunque dentro de la normalidad. Los autores desarrollaban la hipótesis de que estos valores altos de lactato con una normalización del exceso de bases era más sugestivo de estar ocasionado por la particularidad de la solución infundida: consideraban que estos valores de lactato «iatrogénicos» ocasionaban un mayor aporte de fluidos si no eran debidamente interpretados³⁷.

Presencia de calcio en las soluciones de reanimación

La presencia de calcio en los fluidos empleados puede ser responsable de diferencias clínicas notables.

En este sentido, cuando se compara el efecto del suero salino frente a un cristaloides balanceado con calcio en su formulación, en un modelo animal sometido a un sangrado no controlado, producido por lesiones vasculares similares y con un objetivo terapéutico de mantener una tensión arterial estable, se observó que se conseguía ese objetivo con menor volumen de infusión del cristaloides balanceado. Los animales sangrantes que recibían suero salino perdían más cantidad de sangre que los tratados con el equilibrado con calcio. Es evidente que la ausencia de calcio en el primero y su presencia en el segundo modificaron la hemostasia de los animales. Y, lógicamente, el volumen de diuresis se relacionó con los volúmenes infundidos en la medida en la que la tensión arterial se mantuvo constante³⁹.

Sin embargo, otros autores han criticado esta presencia de calcio en algunos cristaloides balanceados, aduciendo que pueden facilitar microtrombos si se usan en grandes cantidades en pacientes politrasfundidos, puesto que el calcio antagoniza al citrato de la trasfusión⁴⁰.

La elección de fluidos en el perioperatorio del trasplante renal en la práctica clínica

El periodo perioperatorio en el trasplante renal ha sido clásicamente un lapso de tiempo en el que se han administrado grandes cantidades de fluidos de reanimación, con el fin último de asegurar la función del injerto después del trasplante renal^{1,8,10}. Precisamente, la selección de enfermos que requirieron un escaso aporte de fluidos en la reanimación ha sido alguna de las críticas que grandes estudios, que pretendían encontrar diferencias en la protección renal que ejercían las soluciones balanceadas frente al SSN, han suscitado^{41,42}.

En la última década, varios han sido los estudios realizados que comparaban el comportamiento iónico y ácido-base que los diferentes cristaloides tenían en el periodo perioperatorio del trasplante renal. Tras realizar una búsqueda en las bases de datos Medline, Embase, Cochrane Database y Lilacs, pasamos a describir, según año de publicación, los estudios más relevantes al respecto:

O'Malley CM et al., año 2005: Estudio aleatorizado, comparativo, doble ciego de la solución de Ringer lactato (RL) frente al SSN en el trasplante renal⁷.

Estudio llevado a cabo con donantes vivos o de cadáveres en 51 pacientes. Fue criterio de exclusión los niveles de potasio sérico > 5,5 mEq/L precirugía. Se aleatorizaron 25 pacientes al grupo del cristaloides balanceado y 26 al grupo de SSN. El objetivo primario del estudio fue determinar diferencias en el valor de creatinina sérica en el tercer día de postoperatorio.

El valor medio de creatinina al tercer día fue de $2,3 \pm 1,8$ en el grupo del cristaloides balanceado frente a $2,1 \pm 1,7$ en el grupo de SSN (sin significación estadística). Cinco pacientes (19%) en el grupo SSN contra cero pacientes (0%) en el grupo del balanceado tenía concentraciones de potasio > 6 mEq/L y fue necesario tratar la hiperpotasemia ($p = 0,05$). Ocho pacientes (31%) en el grupo SSN contra cero pacientes (0%) en el grupo del balanceado fueron tratados por acidosis metabólica ($p = 0,004$).

Hadimioglu et al., año 2008: Efecto de las diferentes soluciones cristaloides en el equilibrio ácido-base y la función renal precoz después del trasplante de riñón¹⁰.

En este estudio doble ciego, los pacientes fueron asignados aleatoriamente a 3 grupos ($n = 30$) para recibir SSN, RL, o Plasmalyte, a dosis de 20-30 ml/kg. Los 90 pacientes recibieron órgano de donante vivo. Fue criterio de exclusión tener niveles de potasio sérico > 5,5 mEq/L precirugía. Los objetivos primarios del estudio incluían analizar: el volumen urinario total diario, la creatinina sérica en el tercer día de postoperatorio, el valor de pH, bicarbonato y potasio durante la cirugía y en el postoperatorio, así como los valores de creatinina, BUN, cloro, gasto urinario y aclaramiento de creatinina a los días 1, 2, 3 y 7.

Como resultados más destacados, hubo una disminución estadísticamente significativa en el pH, el exceso de base y un aumento significativo de los niveles séricos de cloruro en los pacientes que recibieron solución salina durante la cirugía. Los niveles de potasio no presentaron cambios significativos en ningún grupo. Medida en mEq/L, la cloremia osciló entre los 21,2 del SSN, los 3,3 para la solución de Ringer y los 1,7 en el Plasmalyte.

Khajavi et al., año 2008: Efectos de la solución salina normal frente a la solución de RL durante el trasplante renal⁸.

Estudio aleatorizado, doble ciego llevado a cabo en 52 pacientes con injertos de donante vivo. Se excluyeron los enfermos con valores de potasio sérico > 6 mEq/L precirugía. Los objetivos primarios consistían en encontrar diferencias en el potasio sérico y el pH al finalizar la cirugía. Los líquidos de infusión se administraban según protocolo de 60 ml/kg para mantener la presión venosa central 10-15 mmHg.

Los autores encontraron hiperpotasemia y acidosis con más frecuencia en el grupo SSN, con una diferencia significativa entre los niveles de potasio ($p = 0,000$) y el pH ($p = 0,007$).

Modi et al., 2012: Estudio comparativo del impacto de la infusión de solución de RL frente a SSN en el equilibrio ácido-base y los valores séricos de electrolitos durante el trasplante renal⁹.

Estudio aleatorizado, llevado a cabo en 74 pacientes (37 enfermos por rama), en los que fue criterio de exclusión tener los niveles de potasio > 5,5 mEq/L precirugía. Los objetivos primarios del estudio fueron comparar el gasto urinario en el intraoperatorio y en el primer día de postoperatorio, los valores de creatinina sérica el primer día de postoperatorio, los cambios en el pH, el bicarbonato, potasio y el cloro durante la cirugía y en el postoperatorio. En el protocolo anestésico fue objetivo hemodinámico mantener la presión venosa central entre 12 y 15 mmHg.

El volumen administrado en ambos grupos durante la cirugía fue similar (RL = 5,25 L; NS = 5,1 L). El pH disminuyó de 7,43 a 7,33 en los pacientes que recibieron SSN y no se encontraron cambios en el grupo RL. El valor de creatinina sérica en el primer día después de la cirugía fue de $2,43 \pm 0,87$ mg/dl en el grupo RL y $2,82 \pm 0,75$ mg/dl en el grupo SSN. La variación del potasio sérico llegó a ser de $3,99 \pm 0,71$ frente a $4,31 \pm 0,59$ en el grupo SSN ($p < 0,05$). La variación en los niveles de cloro fue de $98,50 \pm 3,03$ frente a $103,92 \pm 4,28$ en el grupo SSN ($p < 0,05$).

Kim et al., año 2013: Comparación de los efectos de la SSN frente a Plasmalyte en el equilibrio ácido-base durante el trasplante renal de donante vivo mediante el modelo de Stewart⁴³.

Estudio doble ciego en el que los pacientes eran aleatorizados, el día previo a la cirugía, a un grupo SSN ($n = 30$) o a otro con Plasmalyte ($n = 30$). En el 100% de los casos se trataba de donantes vivos. Los sueros eran administrados para mantener

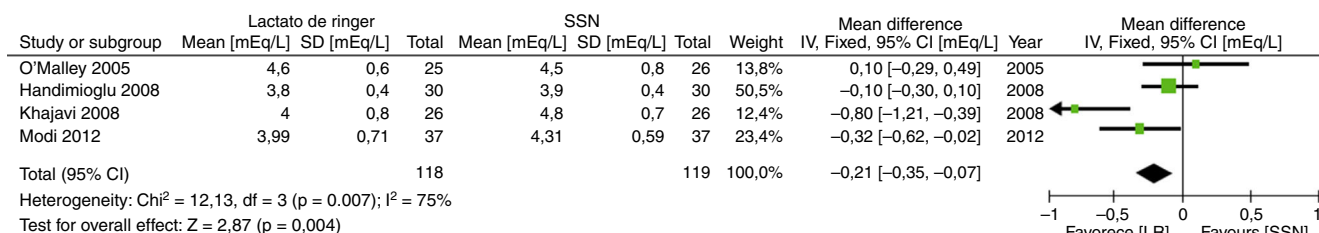


Figura 2 – Resultados del metaanálisis comparativo de la solución de Ringer y el SSN, con relación al desarrollo de hiperpotasemia.

Fuente: Tomada de Trujillo-Zea et al.⁴¹.

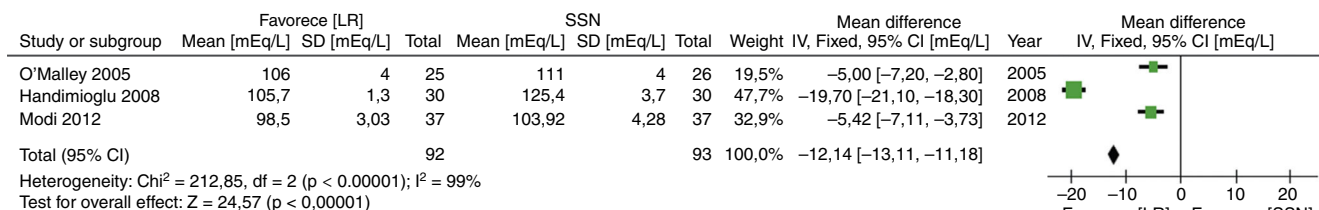


Figura 3 – Resultados del metaanálisis comparativo de la solución de Ringer y el SSN, con relación al desarrollo de hipercloremia.

Fuente: Tomada de Trujillo-Zea et al.⁴¹.

la presión venosa central entre 12 y 15 mmHg. En todos los pacientes se transfundió un total de 750 ml de albúmina al 5% durante la cirugía.

Se recogieron muestras de sangre arterial después de la inducción de la anestesia (T0), inmediatamente antes de la anastomosis de la vena ilíaca (T1), 10 min después de la reperusión (T2) y al final de la cirugía (T3) para medir el pH, PaCO₂, el exceso de bases, bicarbonato, sodio, potasio, cloruro, lactato, fosfato y la albúmina. Se calculó el balance hídrico durante el estudio, así como los niveles séricos de cloro y creatinina de 24 h y los días 1, 2 y 7. El estado ácido-base se analizó utilizando el modelo físico-químico de Stewart.

Las concentraciones de cloro fueron significativamente mayores en T1, T2 y T3 en los SSN en comparación con el grupo Plamalyte. Ninguno de los grupos mostró cambios significativos en los niveles séricos de K⁺ durante la cirugía.

Los niveles de cloro séricos postoperatorios no fueron diferentes entre los 2 grupos.

Los valores de creatinina sérica postoperatoria y el volumen de orina de 24 h fueron similares entre los grupos.

Potura et al., año 2015: *Cristaloide balanceado con acetato frente a solución salina al 0,9% en pacientes con trasplante renal de cadáver por enfermedad renal en estadio terminal: ensayo controlado aleatorizado prospectivo*¹¹.

Ensayo prospectivo, aleatorizado y controlado, de 150 pacientes, en el que 74 recibieron SSN y 76 un cristaloide equilibrado con acetato durante y después del trasplante renal de cadáver. Los fluidos de estudio se administraron a un ritmo de 4 ml/kg/h (según peso corporal ideal) durante la cirugía, y a 2 ml/kg/h después de la cirugía y durante el tiempo de observación postoperatoria. Fue criterio de exclusión los niveles de potasio > 5,5 mEq/l precirugía.

La incidencia de hiperpotasemia difería entre los grupos entre el 17 y el 21%, ($p = 0,56$) y la variación media de potasio sérico desde el inicio de la cirugía hasta el final del

periodo de estudio fue similar (0,8 [0,0-1,0] frente a 0,6 [0,0-1,0]; $p = 0,44$).

Los niveles máximos de cloro sérico fueron significativamente más altos en el grupo de solución salina (109 mmol/l [107-111] frente a 107 mmol/l [105-109]). Existía una tendencia significativa hacia desarrollar hipercloremia en el grupo de solución salina en comparación con el grupo de cristaloide equilibrado ($p = 0,02$).

Significativamente, más pacientes en el grupo del suero salino, comparado con el grupo del balanceado, requirieron la administración de catecolaminas para el soporte circulatorio.

Recientemente, se han publicado los resultados de un metaanálisis con 4 de los artículos previamente descritos. Se incluyeron aquellos ensayos controlados aleatorizados en pacientes adultos con trasplante renal, los cuales comparaban la seguridad del RL frente a SSN⁴⁴. Los resultados con relación al desarrollo de hiperpotasemia e hipercloremia se muestran en las figuras 2 y 3.

Conclusiones

En primer lugar, a pesar de los trabajos descritos, hay que destacar que actualmente continúa existiendo un déficit de estudios que comparen los resultados que desencadena una correcta elección de fluidos en el periodo perioperatorio del trasplante renal. Además, los estudios descritos hasta el momento presentan un número bajo de pacientes, así como una variación en los tiempos de observación y seguimiento posterior al trasplante y en las variables evaluadas, premisas que limitan la interpretación de los datos.

Sin embargo, se puede concluir que el uso de cristaloide balanceados con contenido de potasio en su formulación, en el perioperatorio de trasplante renal, parece seguro en lo referente al control de los valores séricos de potasio. Por otro

lado, parece existir un mejor control del equilibrio ácido-base cuando son utilizadas las soluciones equilibradas. No se han observado cambios significativos en la creatinina en el periodo perioperatorio, ni a los 3, ni a los 7 días.

Conceptos clave

- El uso de cristaloides balanceados con contenido de potasio en su formulación, en el perioperatorio de trasplante renal, no provoca una alteración del potasio sérico mayor que la provocada por el SSN.
- La hipercloremia causada por la infusión de SSN provoca acidosis metabólica hiperclorémica.
- La acidosis metabólica hiperclorémica puede desencadenar un aumento de los valores del potasio sérico.
- Es necesaria la realización de estudios clínicos en este campo, en el que se estudien mayores variables clínicas de impacto en estos enfermos.

Conflicto de intereses

El autor de correspondencia, Dr. González-Castro, declara como posible conflicto de intereses trabajos de colaboración con la empresa farmacéutica Baxter.

El resto de los autores declaran no tener conflicto de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

- Schnuelle P, van der Woude J. Perioperative fluid management in renal transplantation. *Transpl Int.* 2006;19:947-59.
- Halloran PF, Hunsicker LG. Delayed graft function: State of the art, November 10-11, 2000. Summit meeting, Scottsdale, Arizona, USA. *Am J Transplant.* 2001;1:115.
- Gjertson DW. Impact of delayed graft function and acute rejection on kidney graft survival. *Clin Transpl.* 2000;6:467.
- Brennan TV, Freise CE, Fuller F, Bostrom A, Tomlanovich SJ, Feng S. Early graft function after living donor kidney transplantation predicts rejection but not outcomes. *Am J Transplant.* 2004;4:971-9.
- Lemmens HJ. Kidney transplantation: Recent developments and recommendations for anesthetic management. *Anesthesiol Clin North Am.* 2004;22:651-6.
- O'Malley CM, Frumento RJ, Bennett-Guerrero E. Intravenous fluid therapy in renal transplant recipients: Results of a US survey. *Transplant Proc.* 2002;34:3142-5.
- O'Malley CM, Frumento RJ, Hardy MA, Benvenisty AI, Brentjens TE, Mercer JS, et al. A randomized, double-blind comparison of lactated Ringer's solution and 0.9% NaCl during renal transplantation. *Anesth Analg.* 2005;100:1518-24.
- Khajavi MR, Etezadi F, Moharari RS, Imani F, Meysamie AP, Khashayar P, et al. Effects of normal saline vs. lactated Ringer's during renal transplantation. *Ren Fail.* 2008;30:535-9.
- Modi MP, Vora KS, Parikh GP, Shah VR. A comparative study of impact of infusion of Ringer's lactate solution versus normal saline on acid-base balance and serum electrolytes during live related renal transplantation. *Saudi J Kidney Dis Transpl.* 2012;23:135-7.
- Hadimioglu N, Saadawy I, Saglam T, Ertug Z, Dinckan A. The effect of different crystalloid solutions on acid-base balance and early kidney function after kidney transplantation. *Anesth Analg.* 2008;107:264-9.
- Potura E, Lindner G, Biesenbach P, Funk GC, Reiterer C, Kabon B, et al. An acetate-buffered balanced crystalloid versus 0.9% saline in patients with end-stage renal disease undergoing cadaveric renal transplantation: A prospective randomized controlled trial. *Anesth Analg.* 2015;120:123-9.
- González-Castro A, Peñasco Martin Y, Ortiz-Lasa M. Fluid resuscitation: Current perspective. *Med Clin (Barc).* 2016;146:128-32.
- Raghunathan K, Singh M, Lobo DN. Fluid management in abdominal surgery: What, when, and when not to administer. *Anesthesiol Clin.* 2015;33:51-64.
- Miller TE, Raghunathan K, Gan TJ. State-of-the-art fluid management in the operating room. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol.* 2014;28:261-73.
- Noblett SE, Snowden CP, Shenton BK, Horgan AF. Randomized clinical trial assessing the effect of Doppler-optimized fluid management on outcome after elective colorectal resection. *Br J Surg.* 2006;93:1069-76.
- Myburgh JA, Mythen MG. Resuscitation fluids. *N Engl J Med.* 2013;369:1243-51.
- Myburgh JA, Finfer S, Bellomo R, Billot L, Cass A, Gattas D, et al. CHEST Investigators; Australian and New Zealand Intensive Care Society Clinical Trials Group. Hydroxyethyl starch or saline for fluid resuscitation in intensive care. *N Engl J Med.* 2012;367:1901-11.
- Perner A, Haase N, Guttormsen AB, Tenhunen J, Klemenzson G, Åneman A, et al. 6S Trial Group; Scandinavian Critical Care Trials Group. Hydroxyethyl starch 130/0.42 versus Ringer's acetate in severe sepsis. *N Engl J Med.* 2012;367:124-34.
- Raghunathan K, Bonavia A, Nathanson BH, Beadles CA, Shaw AD, Brookhart MA, et al. Association between initial fluid choice and subsequent in-hospital mortality during the resuscitation of adults with septic shock. *Anesthesiology.* 2015;123:1385-93.
- Hartog CS, Natanson C, Sun J, Klein HG, Reinhart K. Concerns over use of hydroxyethyl starch solutions. *BMJ.* 2014;349:5981.
- Hartog CS, Bauer M, Reinhart K. The efficacy and safety of colloid resuscitation in the critically ill. *Anesth Analg.* 2011;112:156-64.
- Reinhart K, Takala J. Hydroxyethyl starches: What do we still know? *Anesth Analg.* 2011;112:507-11.
- Hartog CS, Kohl M, Reinhart K. A systematic review of third-generation hydroxyethyl starch (HES 130/0.4) in resuscitation: Safety not adequately addressed. *Anesth Analg.* 2011;112:635-45.
- Gebruers EM. The role of the gut in water balance. *Ir J Med Sci.* 1990;159:131-6.
- Noritomi DT, Pereira AJ, Bugano DD, Rehder PS, Silva E. Impact of plasma-lyte pH 7.4 on acid-base status and hemodynamics in a model of controlled hemorrhagic shock. *Clinics (Sao Paulo).* 2011;66:1969-74.
- Singer DR, Shore AC, Markandu ND, Buckley MG, Sagnella GA, MacGregor GA. Dissociation between plasma auricular-natriuretic-peptide levels and urinary sodium-excretion after intravenous saline infusion in normal man. *Clin Sci (Lond).* 1987;73:285-9.
- Chowdhury AH, Cox EF, Francis ST, Lobo DN. A randomized, controlled, double-blind crossover study on the effects of 2-L infusions of 0.9% saline and plasma-lyte(R) 148 on renal blood flow velocity and renal cortical tissue perfusion in healthy volunteers. *Ann Surg.* 2012;256:18-24.

28. Albalade Ramón M, Alcazar Arroyo R, de Sequera Ortiz P. Alteraciones del sodio y del agua. *Nefrología*. 2012;7:163–80.
29. Healey MA, Davis RE, Liu FC, Loomis WH, Hoyt DB. Lactated Ringer's is superior to normal saline in a model of massive hemorrhage and resuscitation. *J Trauma*. 1998;45:894–9.
30. Polo Salou J, Polo Melero JR, Tejedor A. Problemas del medio interno en circunstancias especiales. En: Ayus JC, Tejedor A, Caramelo C, editores. *Agua, electrolitos y equilibrio ácido-base*. 1.ª Ed Buenos Aires; Madrid: Médica Panamericana; 2007. p. 347–76.
31. Amoedo ML, Fernandez E, Pais B, Mardaras J, Salamero P, Montoliu J. Insuficiencia renal aguda durante el tratamiento con inhibidores de la enzima de conversión. *Nefrología*. 1992;12:160–4.
32. Morgan J. The Stewart approach—One clinician's perspective. *Clin Biochem Rev*. 2009;30:41–54.
33. Yunos NM, Kim IB, Bellomo R, Bailey M, Ho L, Story D, et al. The biochemical effects of restricting chloride-rich fluids in intensive care. *Crit Care Med*. 2011;39:2419–24.
34. Handy JM, Soni N. Physiological effects of hyperchloraemia and acidosis. *Br J Anaesth*. 2008;101:141–50.
35. Gumz ML, Rabinowitz L, Wingo CS. An integrated view of potassium homeostasis. *N Engl J Med*. 2015;373:60–72.
36. Santi M, Lava SA, Camozzi P, Giannini O, Milani GP, Simonetti GD, et al. The great fluid debate: Saline or so-called “balanced” salt solutions? *Ital J Pediatr*. 2015;41:47.
37. Gille J, Klezcewski B, Malcharek M, Raff T, Mogk M, Sablotzki A, et al. Safety of resuscitation with Ringer's acetate solution in severe burn (VolTRAB)—an observational trial. *Burns*. 2014;40:871–80.
38. Nakatani T. Overview of the effects of Ringer's acetate solution and a new concept: Renal ketogenesis during hepatic inflow occlusion. *Methods Find Exp Clin Pharmacol*. 2001;23:519–28.
39. Todd SR, Malinoski D, Muller PJ, Schreiber MA. MD Lactated Ringer's is superior to normal saline in the resuscitation of uncontrolled hemorrhagic shock. *J Trauma*. 2007;62:636–9.
40. Garnacho-Montero J, Fernández-Mondéjar E, Ferrer-Roca R, Herrera-Gutiérrez ME, Lorente JA, Ruiz-Santana S, et al. Crystalloids and colloids in critical patient resuscitation. *Med Intensiva*. 2015;39:303–15.
41. Young P, Bailey M, Beasley R, Henderson S, Mackle D, McArthur C, et al. Effect of a buffered crystalloid solution vs. saline on acute kidney injury among patients in the intensive care unit: The SPLIT randomized clinical trial. *JAMA*. 2015;314:1701–10.
42. Gonzalez-Castro A, Peñasco Y, Rodriguez-Borregan JC, Ortiz-Lasa M. SPLIT trial, anything new in the critical fluid? [artículo en español]. *Med Intensiva*. 2016;40:136–7, <http://dx.doi.org/10.1016/j.medin.2015.12.005>. Epub 2016 Feb 6.
43. Kim SY, Huh KH, Lee JR, Kim SH, Jeong SH, Choi YS. Comparison of the effects of normal saline versus Plasmalyte on acid-base balance during living donor kidney transplantation using the Stewart and base excess methods. *Transplant Proc*. 2013;45:2191–6.
44. Trujillo-Zea JA, Aristizábal-Henao N, Fonseca-Ruiz N. Lactated Ringer's vs. normal saline solution for renal transplantation: Systematic review and meta-analysis. *Rev Colomb Anesthesiol*. 2015;43:194–203.