

11202



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

---

---

FACULTAD DE MEDICINA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
HOSPITAL DE ESPECIALIDADES

"DR. BERNARDO SEPULVEDA"  
CENTRO MEDICO NACIONAL SIGLO XXI  
INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL

CAMBIOS ELECTROLITICOS Y ACIDO-BASE EN EL  
PACIENTE SOMETIDO A NEFRECTOMIA PARA  
DONACION RENAL.

TESIS DE POSGRADO  
PARA OBTENER EL TITULO DE:  
ANESTESIOLOGO  
P R E S E N T A :  
DR. FRANCISCO RAMIREZ HERNANDEZ



IMSS

ASESOR: DR. JOAQUIN A. GUZMAN SANCHEZ

MEXICO, D. F.

2004



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

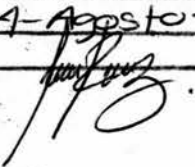
Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Francisco Ramírez  
Hernández.

FECHA: 4 Agosto - 2004

FIRMA: 

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA



**DR. ANTONIO CASTELLANOS OLIVARES**  
*JEFE DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION*

HOSPITAL DE ESPECIALIDADES "DR. BERNARDO SEPULVEDA"  
CENTRO MEDICO NACIONAL SIGLO XXI

---

**DR. ALFONSO QUIROZ RICHARDS**  
*JEFE DEL SERVICIO DE ANESTESIOLOGIA*  
*Y PROFESOR TITULAR DEL CURSO*

HOSPITAL DE ESPECIALIDADES "DR BERNARDO SEPULVEDA"  
CENTRO MEDICO NACIONAL SIGLO XXI



---

**DR. JOAQUIN ANTONIO GUZMAN SANCHEZ**

*MEDICO ADSCRITO AL SERVICIO DE ANESTESIOLOGIA*

*Y ASESOR DE TESIS*

HOSPITAL DE ESPECIALIDADES "DR. BERNARDO SEPULVEDA"

CENTRO MEDICO NACIONAL SIGLO XXI



---

**DR RAMON ESPINOZA PEREZ**

*MEDICO CIRUJANO ADSCRITO A LA*

*UNIDAD DE TRANSPLANTE RENAL*

HOSPITAL DE ESPECIALIDADES "DR. BERNARDO SEPULVEDA"

CENTRO MEDICO NACIONAL SIGLO XXI

## INDICE

	pagina
1.- RESUMEN .....	1
2.- RESUMEN EN INGLES .....	3
3.- INTRODUCCION .....	4
4.- MATERIAL Y METODOS .....	7
5.- RESULTADOS .....	9
6.- DISCUSION .....	11
7.- CONCLUSIONES .....	13
8.- CUADROS .....	14
9.- FIGURAS .....	16
10.- BIBLIOGRAFIA .....	22

## CAMBIOS ELECTROLITICOS Y ACIDO-BASE EN EL PACIENTE SOMETIDO A NEFRECTOMIA PARA DONACION RENAL

\* DR. FRANCISCO RAMIREZ HERNANDEZ  
\*\* DR. JOAQUIN A. GUZMAN SANCHEZ  
\*\*\* DR. ALFONSO QUIROZ RICHARDS  
\*\*\*\* DR. RAMON ESPINOZA PEREZ

### RESUMEN

*Antecedentes:* Los cambios en el equilibrio ácido-base causados por la infusión de solución salina isotónica (0.9%) durante el transoperatorio han sido escasamente estudiados. Por lo que en el presente estudio se evaluó este fenómeno en el paciente donador renal.

*Métodos:* Se estudiaron 21 pacientes sometidos a nefrectomía dentro del protocolo de trasplante renal de donador vivo. Se tomaron muestras de sangre por punción de la arteria radial para medir el pH, PaCO<sub>2</sub>, PaO<sub>2</sub>, concentración de sodio (Na<sup>+</sup>), potasio (K<sup>+</sup>), cloro (Cl<sup>-</sup>) y bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) séricos en 3 diferentes momentos del procedimiento quirúrgico-anestésico (basal, pinzamiento y emersión). El anion gap se calculó con la siguiente formula: [Na<sup>+</sup>] – [Cl<sup>-</sup>] – [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>].

*Resultados:* La infusión de solución salina isotónica (0.9%) causó disminución del pH, bicarbonato sérico y déficit de base (p<0.001). El anion gap se mantuvo constante y el cloro sérico se incremento ligeramente sin mostrar significancia

estadística. El tiempo de infusión fue de  $174 \pm 24$  min hasta el pinzamiento del hilio renal.

*Conclusiones:* La infusión de  $15 \pm 3.7$  ml/kg/H de solución salina isotónica (0.9%) condujo a acidosis metabólica que asociada a hipercloremia y a un anion gap normal se considera como acidosis hiperclorémica.

*Palabras claves:* Equilibrio ácido-base, infusión de solución salina isotónica (0.9%), hipercloremia, acidosis metabólica, anion gap.

- \* MÉDICO RESIDENTE DE TERCER AÑO DE ANESTESIOLOGÍA
- \*\* MÉDICO ADSCRITO AL SERVICIO DE ANESTESIOLOGÍA
- \*\*\* MÉDICO JEFE DEL SERVICIO DE ANESTESIOLOGÍA
- \*\*\*\* MÉDICO ADSCRITO A LA UNIDAD DE TRANSPLANTE RENAL



## ABSTRACT

*Background:* Changes in acid-base caused by infusion of a 0.9% saline solution during anesthesia and surgery are poorly characterized. Therefore, the authors evaluated these phenomena in donors kidney.

*Methods:* 21 patients were undergoing nephrectomy surgery by transplantation. These patients received 0.9 % saline solution until nephrectomy. The pH, arterial carbon dioxide tension, and serum concentrations of sodium, potassium, bicarbonate and chloride were measured in 3 times. The anion gap was calculated as serum sodium – serum chloride – serum bicarbonate.

*Results:* Infusion of 0.9 % saline solution caused a metabolic acidosis with hyperchloremia. Review of the electrolytes reveals a normal anion gap

*Conclusions:* Infusion of  $15 \pm 3.7$  ml/kg/H saline solution during anesthesia and surgery leads to metabolic acidosis. The acidosis is associated with hyperchloremia. We believe that hyperchloremic acidosis caused by a 0.9% saline infusion should be treated or alternatively lactated Ringer's solution should be used.

*Key words:* acid-base balance; 0.9% saline infusion; hyperchloremia; metabolic acidosis; anion gap

## INTRODUCCION

La acidosis dilucional es una entidad clínica que se produce después de la infusión de solución salina isotónica (0.9%). Este tipo de solución produce disminución en la concentración de iones bicarbonato a nivel plasmático y pérdida por vía renal, teniendo como consecuencia final acidosis y bicarbonaturia. Además interviene la elevación en la concentración sérica de iones cloro ( $\text{Cl}^-$ ) motivo por el cual también se denomina acidosis hiperclorémica.<sup>(1)(2)</sup>

El grado de acidosis dilucional depende del volumen basal, la composición de los volúmenes plasmático y extracelular, volumen, ritmo y composición de los líquidos administrados y pérdidas, así como de modificaciones fisiológicas en el líquido extracelular<sup>(3)(4)</sup>

El diagnóstico de acidosis dilucional se realiza evaluando el anion gap. Este concepto se basa en la electroneutralidad del total de aniones y cationes en la solución y se obtiene mediante la diferencia entre la concentración de sodio ( $\text{Na}^+$ ), o sodio ( $\text{Na}^+$ ) y potasio ( $\text{K}^+$ ) y la suma de las concentraciones de cloruro ( $\text{Cl}^-$ ) y bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) en plasma como lo ilustra la siguiente fórmula<sup>(2)</sup>:

$$\text{Anion gap} = [\text{Na}^+] - [\text{Cl}^-] - [\text{HCO}_3^-] = 12 \pm 2 \text{ mmol/l}$$

La acidosis dilucional fue descrita por primera vez por Shires en 1946<sup>(5)</sup> y desde entonces se han llevado estudios para evaluar los efectos de la solución salina isotónica sobre el equilibrio ácido-base y electrolitos séricos.

Scheingraber y cols<sup>(6)</sup> estudiaron a 24 mujeres sometidas a cirugía ginecológica a quienes distribuyeron de manera aleatoria en dos grupos para recibir 30 ml/kg de solución salina isotónica o Ringer lactato. Encontraron que en el grupo de solución

salina disminuyó el pH de 7.41 a 7.28, y el exceso de base (EB) de  $-0.4$  mM a  $-6.7$  mM y se incrementó el cloro plasmático (Cl<sup>-</sup>) de 104 mM a 115 mM, lo que no observaron en el grupo de Ringer lactato.

En 1999 Williams y cols<sup>(7)</sup> evaluaron los efectos sobre la osmolaridad sérica del Ringer lactato y la solución salina isotónica (0.9%), encontraron solo ligeros cambios en el grupo de Ringer lactato, sin cambios en el grupo de solución salina. Sin embargo reportaron disminución del pH de 7.42 a 7.38 en este último grupo.

Waters y cols<sup>(11)</sup> en 1999 estudiaron la acidosis metabólica en cirugía prolongada. A pesar de que el número de pacientes fue pequeño ( $n=12$ ) encontraron una asociación significativa entre el volumen de solución salina y los cambios en el déficit de base. Concluyendo que existe una fuerte relación entre el total de cloruro administrado y el exceso de base a pesar de que no había cambios en el volumen plasmático.

Donalds y cols<sup>(8)</sup> reportaron un caso de acidosis dilucional en una paciente con insuficiencia renal en etapa terminal secundaria a enfermedad poliquística, sometida a nefrectomía bilateral. Observaron que la infusión de grandes volúmenes de solución salina isotónica (0.9%) desencadenó acidosis metabólica hiperclorémica. Sin embargo la enfermedad preexistente del tracto urinario se consideró como una variable de confusión.

Tradicionalmente se ha aceptado que la acidosis perioperatoria resulta de una marcada hipoperfusión, hipoxemia celular o acidosis láctica, sin considerar como posible causa a la acidosis dilucional.<sup>(9)</sup>

Durante el transoperatorio el donador renal vivo es sometido a infusión de solución salina isotónica para mejorar la perfusión renal, por lo que se considera un modelo

clínico adecuado para evaluar los cambios electrolíticos y ácido-báse que se presentan con la administración de dicha solución.

## MATERIAL Y METODOS

Se estudiaron 21 pacientes sin aparente enfermedad renal, pulmonar o cardiaca (clasificados con estado físico I y II de acuerdo a la Sociedad Americana de Anestesiólogos ASA), programados de manera electiva para ser sometidos a nefrectomía dentro del Protocolo de Transplante Renal de donador vivo relacionado que se lleva a cabo en esta unidad. Se obtuvo el consentimiento informado por escrito de cada paciente antes de la cirugía, previa aprobación del protocolo por el Comité de Investigación de nuestra institución.

Durante el estudio ningún paciente recibió transfusión de algún hemoderivado.

El monitoreo intra operatorio incluyo presión arterial no invasiva, actividad eléctrica cardiaca, oxímetro de pulso y medición de gases espirados con capnografo, así como medición de la temperatura faringea.

La inducción de la anestesia se realizó con fentanilo, propofol y vecuronio, y el mantenimiento fue con sevoflurano en O<sub>2</sub> 3 lts/min así como dosis adicionales de fentanilo y vecuronio. La ventilación mecánica se ajusto para mantener una ETCO<sub>2</sub> entre 28 y 34 mmHg.

Cuando el paciente estuvo hemodinámicamente estable y con una ETCO<sub>2</sub> dentro de los parámetros establecidos, se tomo la primer muestra de sangre (basal) por punción de la arteria radial, no se coloco catéter intraarterial. La muestra se analizo para PaO<sub>2</sub>, pH, PaCO<sub>2</sub>, concentración de sodio (Na<sup>+</sup>), potasio (K<sup>+</sup>), cloro (Cl<sup>-</sup>) y bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) séricos. Después de obtener la muestra basal, se inicio la infusión de solución salina isotónica (0.9%) la cual contiene 154 mM de sodio y 154 mM de cloruro. La segunda muestra de sangre arterial se tomo durante el

pinzamiento del hilio renal previo a la realización de la nefrectomía (cuando se considero que la hidratación era máxima) y la tercer muestra al finalizar el procedimiento quirúrgico, previo a la emersión de la anestesia.

### *ANALISIS ESTADISTICO*

Las variables numéricas son resumidas como media y desviación estándar y las categóricas como proporciones.

El análisis estadístico se realizo para comparar la diferencia de las variables numéricas en los diferentes tiempos utilizando la prueba de análisis de varianza de medidas repetidas (ANOVA) de Friedmann con prueba de rangos de Wilcoxon.

Se considero significancia estadística cuando  $p \leq 0.05$

## RESULTADOS

Los datos demográficos de los pacientes se muestran en el *cuadro 1*. Se incluyeron 11 mujeres y 10 hombres, siendo valorados 19 pacientes como ASA I y 2 pacientes como ASA II.

Los pacientes se mantuvieron solamente con infusión de solución salina isotónica hasta el momento del pinzamiento del hilio renal, previo a la realización de la nefrectomía. Posteriormente a este punto se administraron diferentes soluciones ya sea cristaloides o coloides.

El tiempo de infusión total de solución salina fue de  $312 \pm 28$  min, con un ritmo de infusión de  $11.5 \pm 3.6$  ml/kg/h. El tiempo de infusión desde la inducción anestésica hasta el pinzamiento del hilio renal fue de  $174 \pm 24$  min, con un ritmo de infusión de  $15 \pm 3.7$  ml/kg/h. (*cuadro 2*)

Durante la infusión de solución salina isotónica (0.9%) el pH disminuyó significativamente de 7.39 (basal) a 7.32 (pinzamiento) ( $p < 0.001$ ) y a 7.30 (emersión). (*figura 1*)

No hubo mayores cambios en la  $PCO_2$  siendo de 28.8 mmHg, 29.7 mmHg y 31.5 mmHg ( $p > 0.05$ ) correspondiendo a la basal, pinzamiento y emersión respectivamente. (*figura 2*)

Los cambios en el déficit de base fueron similares a los cambios en el pH, con una valor basal de 6.0 mmol/l, en el pinzamiento de 9.1 mmol/l y a la emersión de 9.5 mmol/l ( $p < 0.001$ ). (*figura 3*)

El bicarbonato sérico ( $\text{HCO}_3^-$ ) también mostró cambios significativos, teniendo como valor basal 17.6 mmol/l, en el pinzamiento 15.6 mmol/l y en la emersión 15.4 mmol/l ( $p < 0.001$ ). (*figura 4*)

El cloro ( $\text{Cl}^-$ ) se incremento durante la infusión de solución salina isotónica (0.9%) con un valor basal de 108.4 mmol/l, durante el pinzamiento de 109.2 mmol/l y a la emersión de 110.3 mmol/l ( $p > 0.05$ ). (*figura 5*)

El anion gap se calculo utilizando la siguiente fórmula  $[\text{Na}^+] - [\text{Cl}^-] - [\text{HCO}_3^-]$ , los valores de los electrólitos se obtuvieron de la determinación de gases en sangre arterial. El valor basal fue de 14.9 mmol/l, durante el pinzamiento de 13.2 mmol/l y durante la emersión de 14.2 mmol/l ( $p > 0.05$ ) (*figura 6*)



## DISCUSION

El principal hallazgo de este estudio es la acidosis (7.39 a 7.32) después de un tiempo de infusión de  $174 \pm 24$  min y un ritmo de infusión de  $15 \pm 3.7$  ml/kg/h hasta el momento del pinzamiento del hilio renal. Esta acidosis claramente tuvo un origen metabólico, debido a que la  $\text{PaCO}_2$  se mantuvo constante. El hallazgo de acidosis metabólica asociado con solución salina isotónica (0.9%) puede interpretarse como una acidosis metabólica con anion gap normal, mostrando una  $\text{PaCO}_2$  constante y disminución del bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) así como del exceso de base (EB), con una hipercloremia que puede ser la principal causa de dicha acidosis a pesar de no tener significancia estadística. Sin embargo se debe de tener en cuenta que los valores normales de cloro sérico ( $\text{Cl}^-$ ) se encuentran entre 95-105 mM/L.<sup>(10)</sup>

En el análisis clínico del equilibrio ácido base resulta de gran utilidad la evaluación del anion gap para diferenciar el tipo de acidosis metabólica que presenta el paciente. En este estudio a pesar de no haber realizado la determinación del lactato sérico se considero que la acidosis no se origino por hipoxia, choque o alguna otra patología que la produjera ya que los pacientes no presentaron disminución en la función cardiaca o en la presión arterial (*cuadro 3*).

Además la acidosis láctica se considera como una acidosis metabólica con anion gap elevado a diferencia de la acidosis hiperclorémica que es una acidosis metabólica con anion gap normal.<sup>(11) (12)</sup>

Scheingraber y cols<sup>(6)</sup> evaluaron los cambios en el equilibrio ácido-base que se presentan en el paciente sano sometido a infusión de solución salina isotónica

(0.9%). Después de un tiempo de infusión de aproximadamente 120 minutos y un ritmo de infusión de 35 ml/kg/H encontraron disminución del pH de 7.41 a 7.28. A pesar de que en el presente estudio, el tiempo de infusión fue mayor que en el estudio de Scheingraber el ritmo de infusión fue menor (prácticamente la mitad) por lo que podemos considerar que existe una relación directa entre el grado de acidosis con el tiempo y volumen administrado de solución salina isotónica (0.9%)

## CONCLUSIONES

La acidosis hiperclorémica causada por la infusión de solución salina isotónica (0.9%) no parece tener consecuencias adversas para el paciente. Sin embargo creemos que este tipo de acidosis debe tratarse a fin de proporcionar un déficit de base lo más cercano a cero al final de procedimiento quirúrgico-anestésico, o de manera alterna utilizar solución de Ringer lactato la cual en estudios comparativos ha demostrado menos cambios electrolíticos y ácido-básicos en los pacientes sometidos a infusión de la misma.

EDAD (años)	36 ± 8
PESO (kg)	69.8 ± 14.3
TALLA (m)	1.61 ± 0.07
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	26.8 ± 4.2

Cuadro 1. Características de los pacientes

TIEMPO DE INFUSION (min)	312 ± 28
TIEMPO DE INFUSION HASTA EL PINZAMIENTO (min)	174 ± 24
RITMO DE INFUSION TOTAL (ml/kg/H)	11.5 ± 3.6
RITMO DE INFUSION HASTA EL PINZAMIENTO (ml/kg/H)	15.0 ± 3.7

Cuadro 2. Tiempo y ritmo de infusión de solución salina isotónica (0.9%)

PRESION ARTERIAL MEDIA (basal) (mmHg)	77.1 ± 7.5
PRESION ARTERIAL MEDIA (pinzamiento) (mmHg)	83.9 ± 9.4
PRESION ARTERIAL MEDIA (emersión) (mmHg)	85.3 ± 8.9
FRECUENCIA CARDIACA (basal) (latidos/min)	56.8 ± 7.8
FRECUENCIA CARDIACA (pinzamiento) (latidos/min)	68.5 ± 12.1
FRECUENCIA CARDIACA (emersión) (latidos/min)	72.9 ± 12.4
SpO <sub>2</sub> (basal) ( % )	98.5 ± 0.6
SpO <sub>2</sub> (pinzamiento) ( % )	98.8 ± 0.9
SpO <sub>2</sub> (emersión) ( % )	98.8 ± 0.7

Cuadro 3. Comportamiento hemodinámico de los pacientes durante el transanestésico

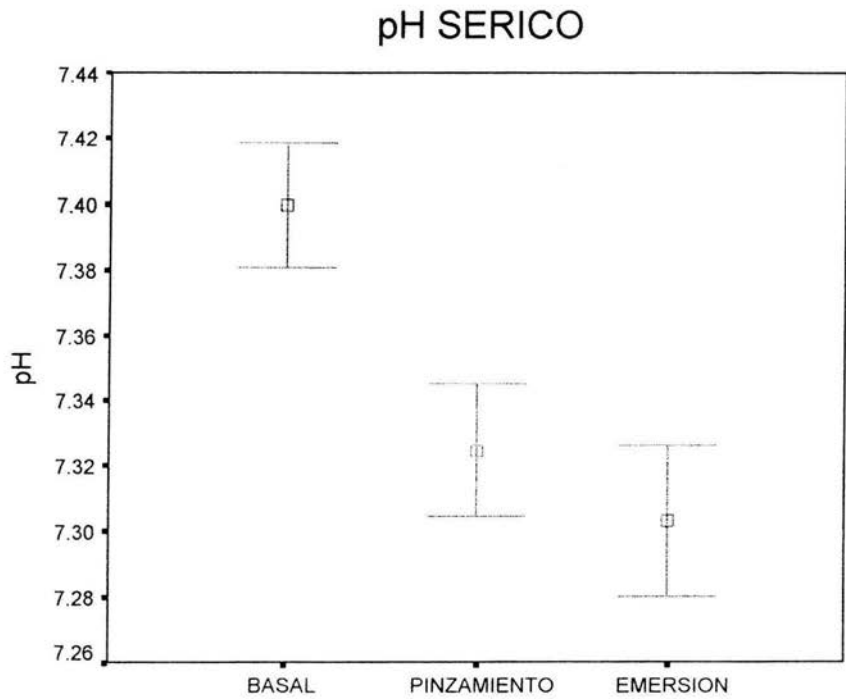


Figura 1. Cambios en el pH durante la infusión de solución salina isotónica (0.9%)

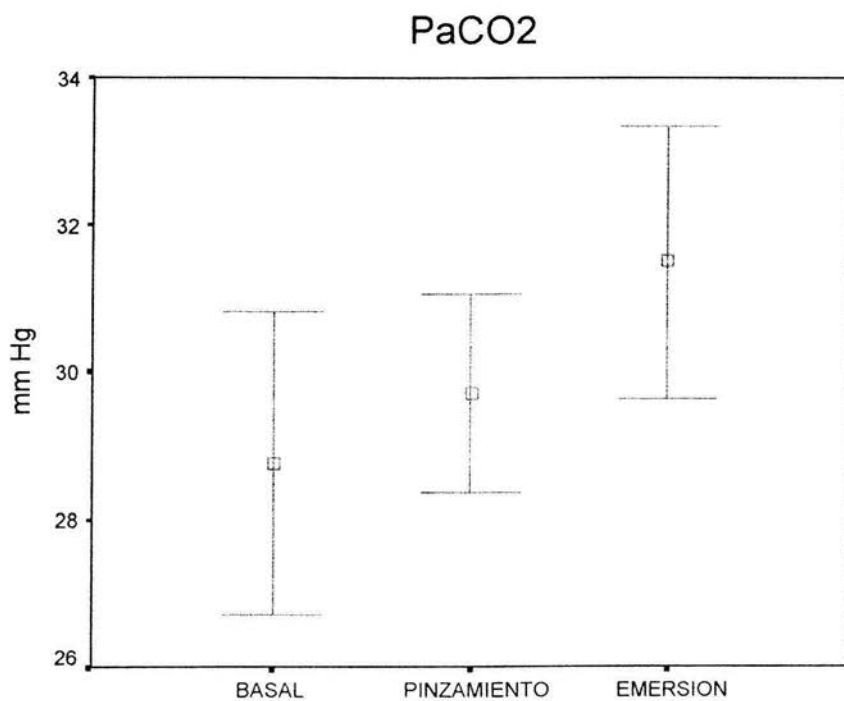


Figura 2. Cambios en la PaCO<sub>2</sub> durante la infusión de solución salina isotónica (0.9%)

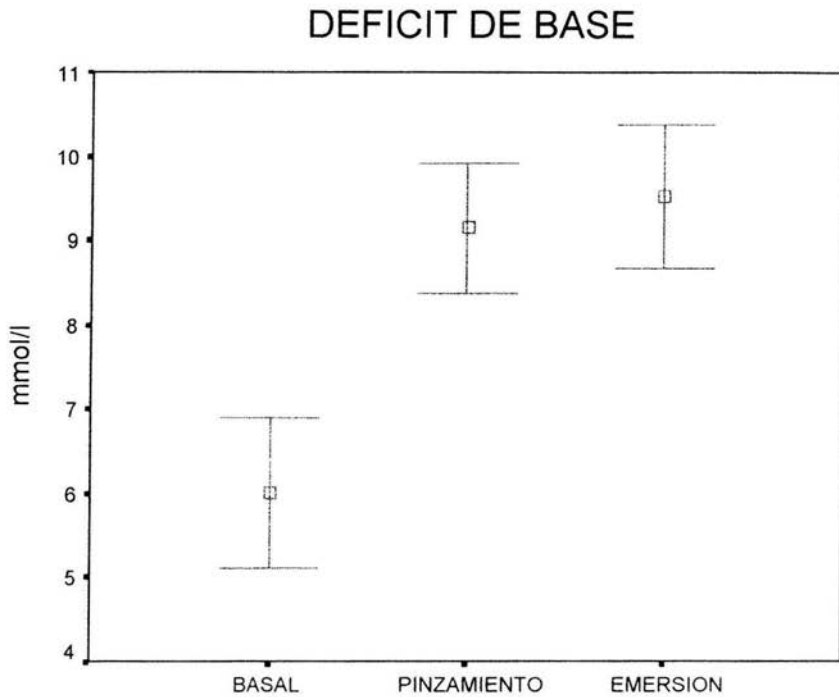


Figura 3. Cambios en el déficit de base (DB) durante la infusión de solución salina isotónica (0.9%)



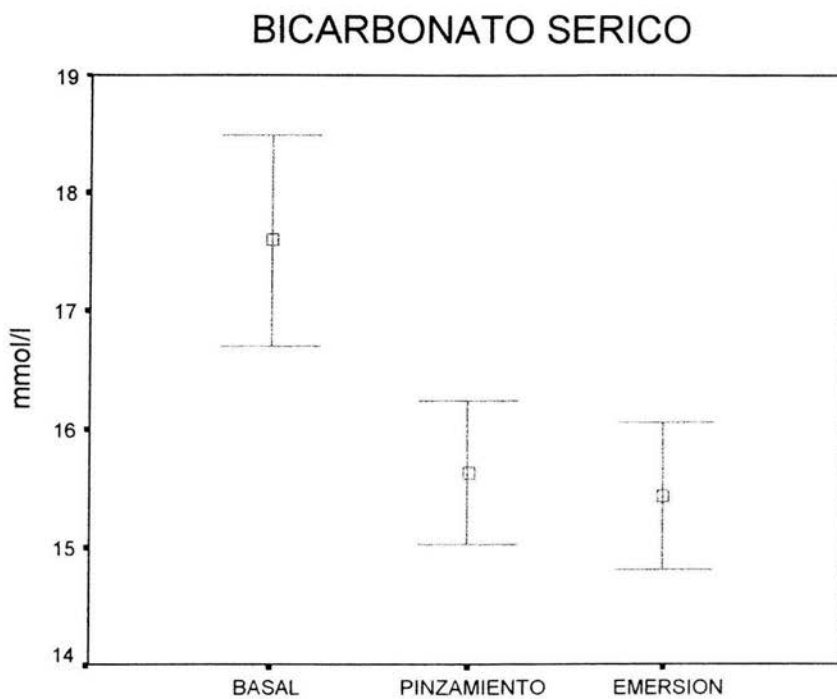


Figura 4. Cambios en el bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) durante la infusión de solución salina isotónica (0.9%)

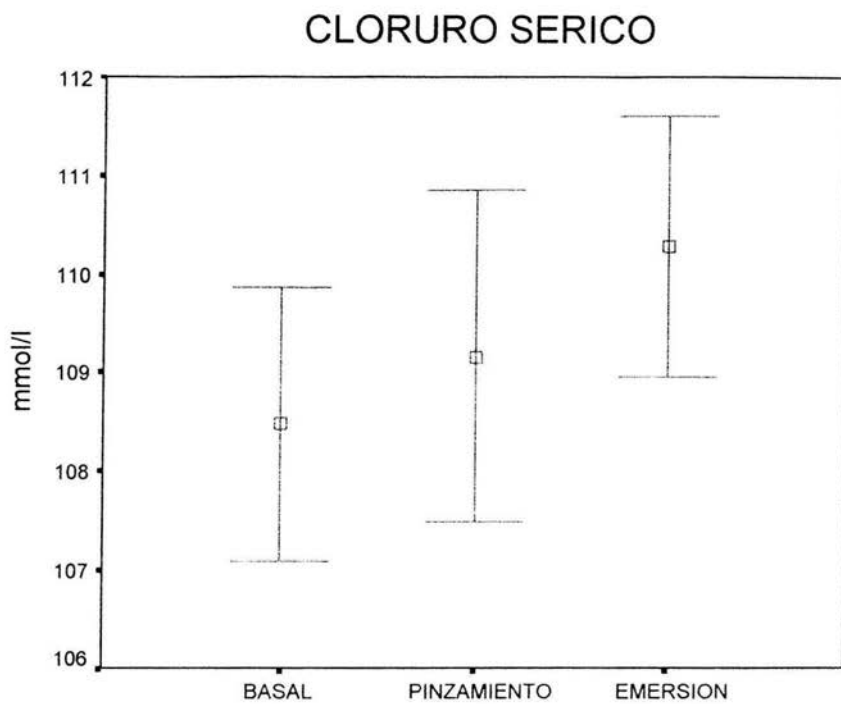


Figura 5. Cambios en el cloruro (Cl<sup>-</sup>) durante la infusión de solución salina isotónica (0.9%)

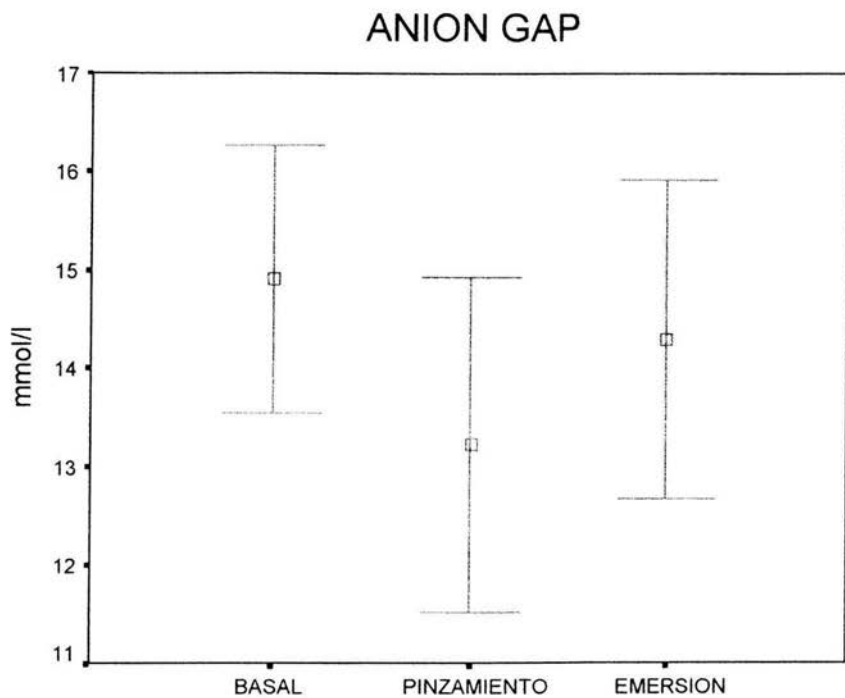


Figura 6. Cambios en el anion gap durante la infusión de solución salina isotónica (0.9%)

## BIBLIOGRAFIA

1. Waters JH, Miller LR, Clack S, et al: Cause of metabolic acidosis in prolonged surgery. *Crit Care Med* 1999; 27:2142-2146
2. Hamill-Ruth RJ: Dilutional acidosis: a matter of perspective: *Crit Care Med*. 1999; 27: 2296-97
3. Miller LR, Waters JH, Provost C: Mechanism of hyperchloremic metabolic acidosis. *Anesthesiology* 1996; 84: 482-483
4. Donald S: Physiologic acid-base and electrolyte changes in acute and chronic renal failure patients. *Anesthesiology Clinics of North America* 2000; 18 (4): 231-236
5. Shires GT, Holman J: Dilution acidosis. *Ann Intern Med* 1948; 28: 557-9
6. Schengraber S, Rehm M, Sehmisch C, Finsterer U: Rapid saline infusion produces hyperchloremic acidosis in patients undergoing gynaecologic surgery. *Anesthesiology* 1999; 90: 1265-70
7. Williams E, Hildebrand K, McCormick S, Bedel M: The effect of intravenous lactated Ringer's solution versus 0.9% sodium chloride solution on serum osmolality in human volunteers. *Anesthesia & Analgesia* 1999; 88: 999-1003
8. Donald S, Rebecca T: Acidosis associated with perioperative saline administration. *Anesthesiology* 2000; 93: 847-849
9. Donald D, Robert C, Michael S: Dilutional acidosis: Is it a real clinical entity?. *Anesthesiology* 1997; 86: 528-30
10. Guyton: Tratado de fisiología médica. Interamericana McGraw Hill. 9ª edición: 65
11. Breen P: Clinical approach to acid-base analysis. *Anesthesiology Clinics of North America* 2001; 19 (4): 148-155
12. Miller LR, Waters JH: Mechanism of hyperchloremic nonanion gap acidosis. *Anesthesiology* 1997; 87: 1009-10