



CONSORCI
HOSPITAL GENERAL
UNIVERSITARI
VALÈNCIA



Servicio de Anestesia,
Reanimación y Tratamiento del Dolor
HOSPITAL GENERAL UNIVERSITARIO VALENCIA

Actualización en fluidoterapia: cristaloideos balanceados y concepto de *Strong Ion Difference*

Servicio de Anestesia,
Reanimación y Tratamiento del Dolor
Dr Juan Ortega (FEA)
Dr Ricardo Carreguí (Médico Residente 3^r año)

Servicio de Anestesia Reanimación y Tratamiento del Dolor
Consorcio Hospital General Universitario de Valencia

ÍNDICE

- 1) INTRODUCCIÓN
- 2) HISTORIA
- 3) SUERO SALINO FISIOLÓGICO
- 4) EQUILIBRIO ÁCIDO-BASE
- 5) CRISTALOIDES BALANCEADOS
- 6) CONCLUSIONES
- 7) BIBLIOGRAFÍA

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia 17 de Octubre de 2023

LOS CRISTALOIDES NO SON INOCUOS

- “Fármacos” más comúnmente administrados
- Pueden producir trastornos hidroelectrolíticos al infundir en grandes volúmenes
 - Paciente crítico, shock...
- Importante conocer los cristaloideos para adecuarlos a la situación de cada paciente



SARTD
Servicio de Anestesia,
Reanimación y Tratamiento del Dolor
HOSPITAL GENERAL UNIVERSITARIO VALENCIA

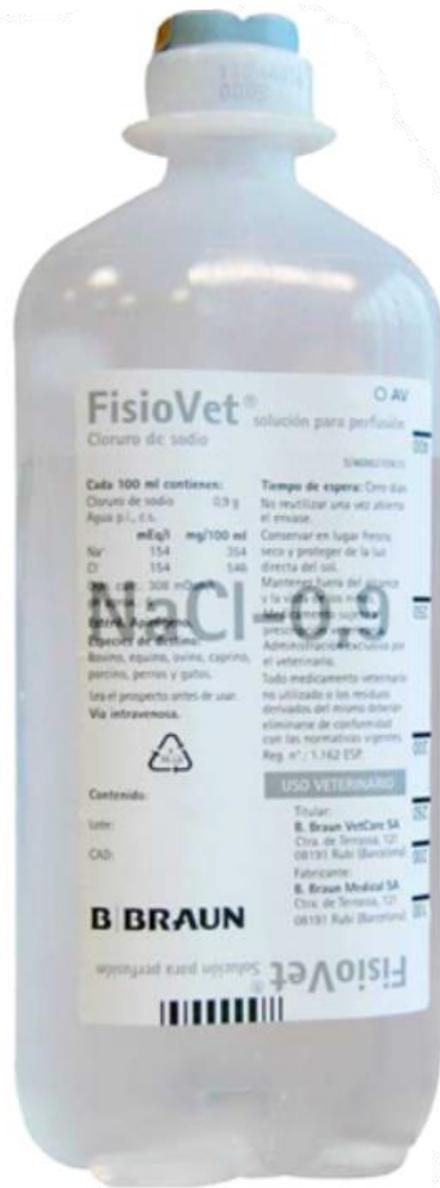


**SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia 17 de Octubre de 2023**

HISTORIA



- Epidemia del Cólera
 - Mortalidad devastadora
- 1832 Dr Thomas Latta describe la primera infusión de suero salino
- 1896 Creación del suero fisiológico 0.9%



SARTD

Servicio de
Reanimación y
Tratamiento del Dolor
HOSPITAL GENERAL
UNIVERSITARIO VALENCIA

del Dolor
O VALENCIA

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua
Valencia 17 de Octubre de 2023

SUERO SALINO FISIOLÓGICO

- Cristaloides más usados.
- Osmolalidad igual a la del plasma
 - «suero fisiológico»
- Composición electrolítica muy diferente a la plasmática.
- Se han publicado efectos deletéreos en infusiones abundantes (>2L)



SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia 17 de Octubre de 2023

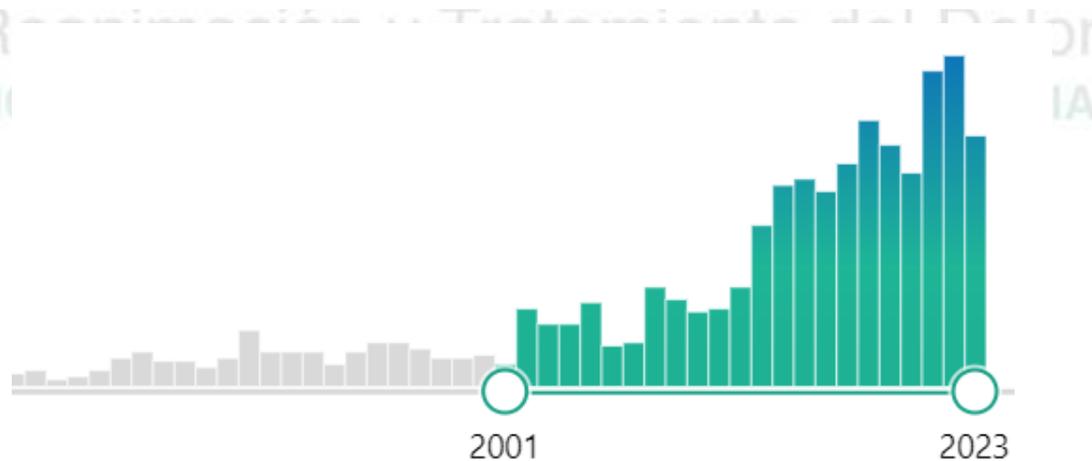
Soluciones balanceadas: cloro el «nuevo villano»

Jesús Salvador Sánchez Díaz,* Enrique Monares Zepeda,† Cristóbal Meneses Olguín,§
Enrique Antonio Rodríguez Martínez,|| Rosalba Carolina García Méndez,*
Karla Gabriela Peniche Moguel,* Juan Marcelo Huanca Pacaje,* Ma. Verónica Calyeca Sánchez*

Review > J Zhejiang Univ Sci B. 2016 Mar;17(3):181-7. doi: 10.1631/jzus.B1500201.

0.9% saline is neither normal nor physiological

Heng Li ¹, Shi-ren Sun ², John Q Yap ³, Jiang-hua Chen ¹, Qi Qian ⁴



SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua
Valencia 17 de Octubre de 2023

Balanced Crystalloids versus Saline in Critically Ill Adults

Matthew W. Semler, M.D., Wesley H. Self, M.D., M.P.H., Jonathan P. Wanderer, M.D., Jesse M. Ehrenfeld, M.D., M.P.H., Li Wang, M.S., Daniel W. Byrne, M.S.,

ORIGINAL ARTICLE

Balanced Crystalloids versus Saline in Noncritically Ill Adults

Wesley H. Self, M.D., M.P.H., Matthew W. Semler, M.D., Jonathan P. Wanderer, M.D., Li Wang, M.S., Daniel W. Byrne, M.S., Sean P. Collins, M.D., Corey M.

Randomized Controlled Trial > Am J Respir Crit Care Med. 2019 Dec 15;200(12):1487-1495.

doi: 10.1164/rccm.201903-0557OC.

Balanced Crystalloids versus Saline in Sepsis. A Secondary Analysis of the SMART Clinical Trial

Meta-Analysis > Scand J Trauma Resusc Emerg Med. 2022 Apr 18;30(1):28.

doi: 10.1186/s13049-022-01015-3.

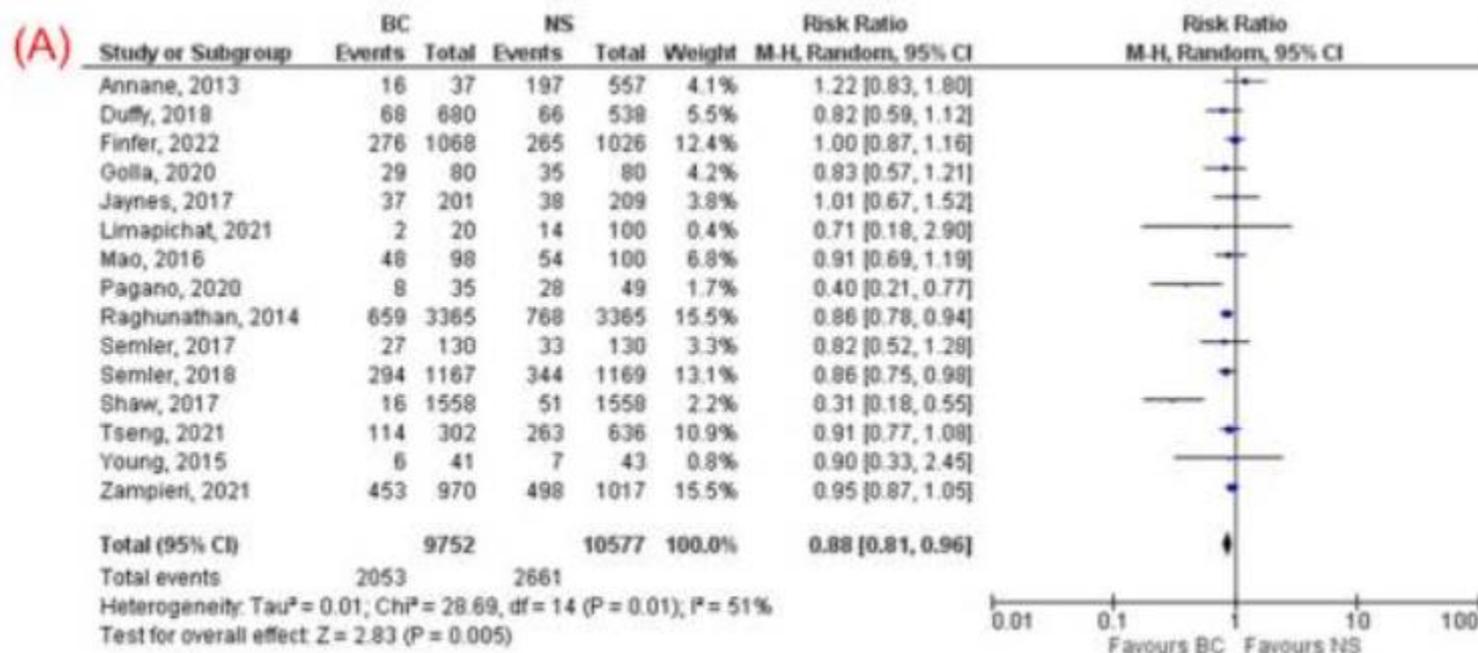
Fluid resuscitation with balanced crystalloids versus normal saline in critically ill patients: a systematic review and meta-analysis

Wei-Hua Dong ^{# 1 2}, Wen-Qing Yan ^{# 1 2}, Xin Song ^{1 2}, Wen-Qiang Zhou ^{1 2}, Zhi Chen ³

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada

Valencia 17 de Octubre de 2023

Balanced Crystalloids versus Normal Saline in Adults with Sepsis: A Comprehensive Systematic Review and Meta-Analysis



ACIDOSIS METABÓLICA

- Mayor mortalidad en pacientes críticos en infusiones abundantes
- Alteraciones metabólicas: acidosis e hipercloremia
- Mayor necesidad de vasopresores y mortalidad en cirugía abdominal
- Coagulopatía en estudios experimentales

Randomized Controlled Trial > Br J Anaesth. 2018 Feb;120(2):274-283.

doi: 10.1016/j.bja.2017.11.088. Epub 2017 Dec 2.

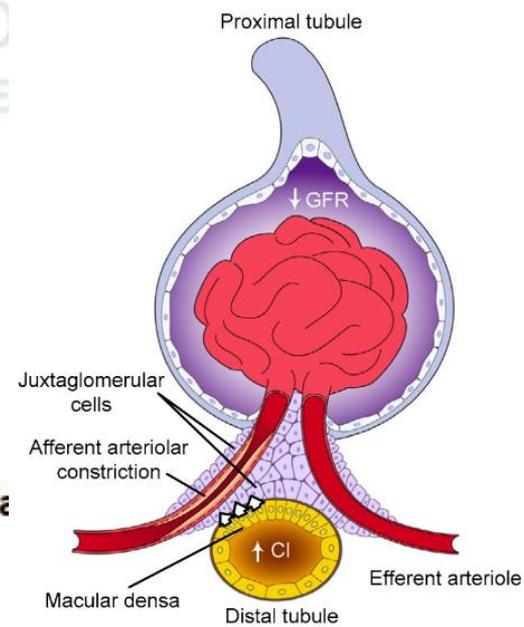
Normal saline versus a balanced crystalloid for goal-directed perioperative fluid therapy in major abdominal surgery: a double-blind randomised controlled study

C A Pfortmueller¹, G-C Funk², C Reiterer³, A Schrott⁴, O Zotti³, B Kabon³, E Fleischmann³, G Lindner⁵

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia 17 de Octubre de 2023

HIPERCLOREMIA

- Daño renal directo por vasoconstricción renal
- Lesión glomerular → ↑ Creatinina
- Riesgo aumentado en pacientes con lesión renal previa
- Mayor tendencia a edema



SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia 17 de Octubre de 2023

GASTROINTESTINAL

- Disminución del flujo esplácnico
- Alteración intestinal

CARDIOVASCULAR

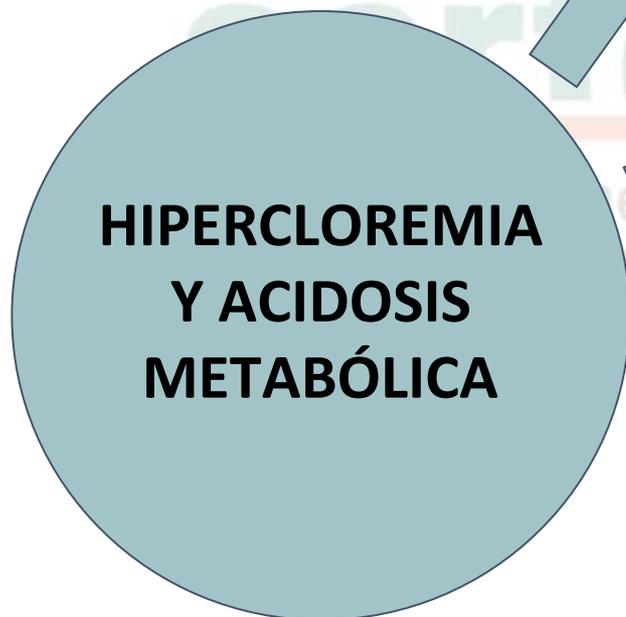
- Disminución de TAM

RENAL

- Vasoconstricción
- Menor FG estimado
- Oliguria
- Hipernatremia

OTROS

- Formación de edema
- Aumento del estado inflamatorio



EQUILIBRIO ÁCIDO-BASE

Henderson Hasselbalch:

- pH depende de **pCO₂** y **[HCO₃⁻]**
- Mecanismo **respiratorio** o **metabólico**
- El déficit de bases cuantifica la magnitud de la acidosis (Cantidad de bases necesaria para devolver a pH 7,4 en 1L de sangre con pCO₂ 40)
- No permite explicar el mecanismo de muchas acidosis

$$[H^+] = 23,9 \times \frac{PCO_2}{[HCO_3^-]}$$

¿CÓMO EXPLICAR LA ACIDOSIS?



**SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia 17 de Octubre de 2023**

EQUILIBRIO ÁCIDO-BASE

Aproximación de Stewart:

- Permite explicar conceptos como la acidosis dilucional o la hiperclorémica
- Basado en tres leyes de la química:
 - Conservación de la materia
 - Acción de masas: Equilibrio de disociación
 - **Electroneutralidad del agua**

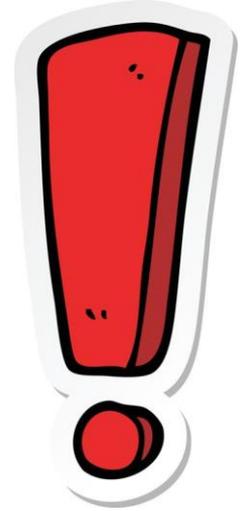
La suma de cargas positivas y negativas en el agua debe ser siempre de cero.

EQUILIBRIO ÁCIDO-BASE

Aproximación de Stewart:

- El bicarbonato es una **variable dependiente**
- El equilibrio ácido-base depende fundamentalmente de tres variables independientes:
 - $p\text{CO}_2$
 - Diferencia de iones fuertes (SID).
 - Ácidos débiles totales en plasma (A_{TOT}).

EQUILIBRIO ÁCIDO-BASE



SID o Diferencia de iones fuertes

- Diferencia entre cargas positivas y cargas negativas completamente ionizadas.
 - $([Na^+] + [K^+] + [Mg^{2+}] + [Ca^{2+}]) - ([Cl^-] + [lactato^-])$
 - En plasma SID= 40-44 mEq/L
- Variaciones del SID.
 - El aporte de cationes → aumento del SID → alcalosis (disociación del agua en OH⁻)
 - El aporte de aniones → disminución del SID → acidosis (disociación del agua en H⁺)

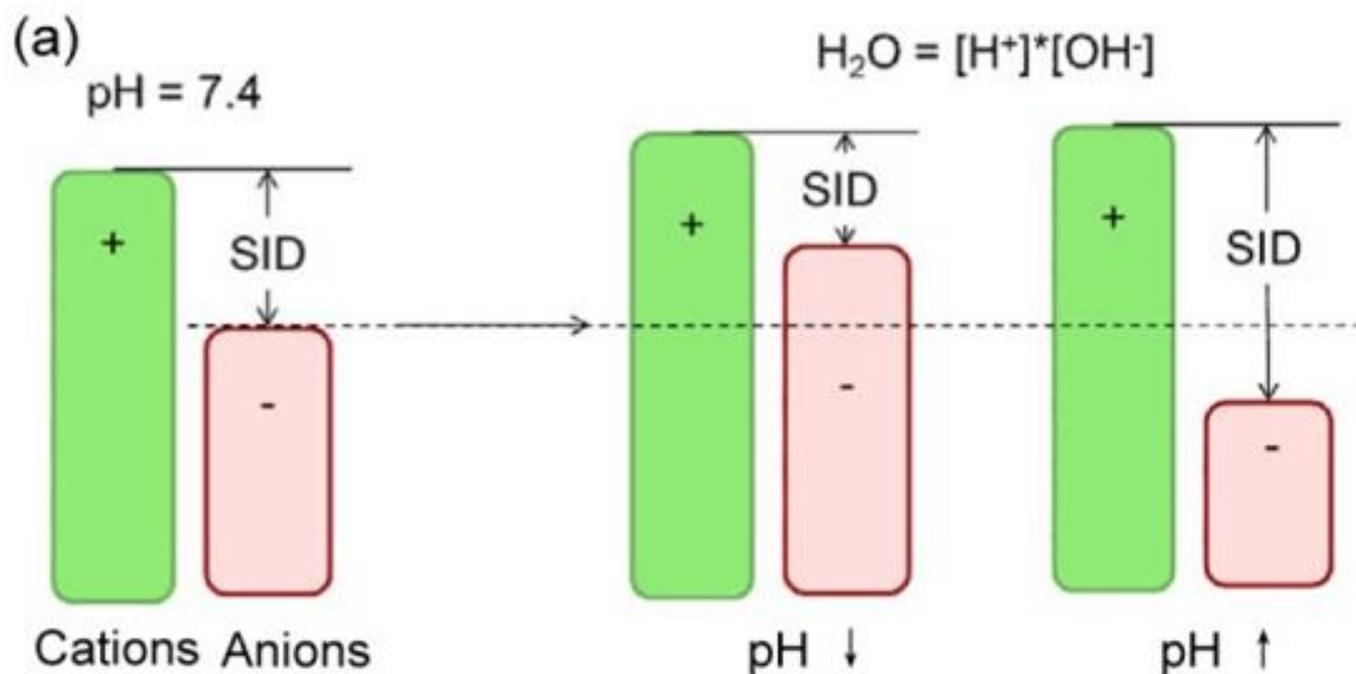
Servicio de Anestesia,
Farmaciología y Tratamiento del Dolor
HOSPITAL GENERAL UNIVERSITARIO VALENCIA

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada

Valencia 17 de Octubre de 2023

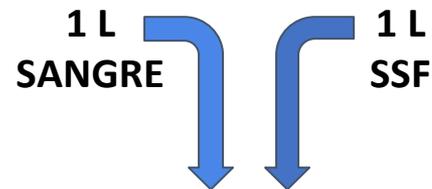
EQUILIBRIO ÁCIDO-BASE

SID o Diferencia de iones fuertes



EQUILIBRIO ÁCIDO-BASE

SID o Diferencia de iones fuertes

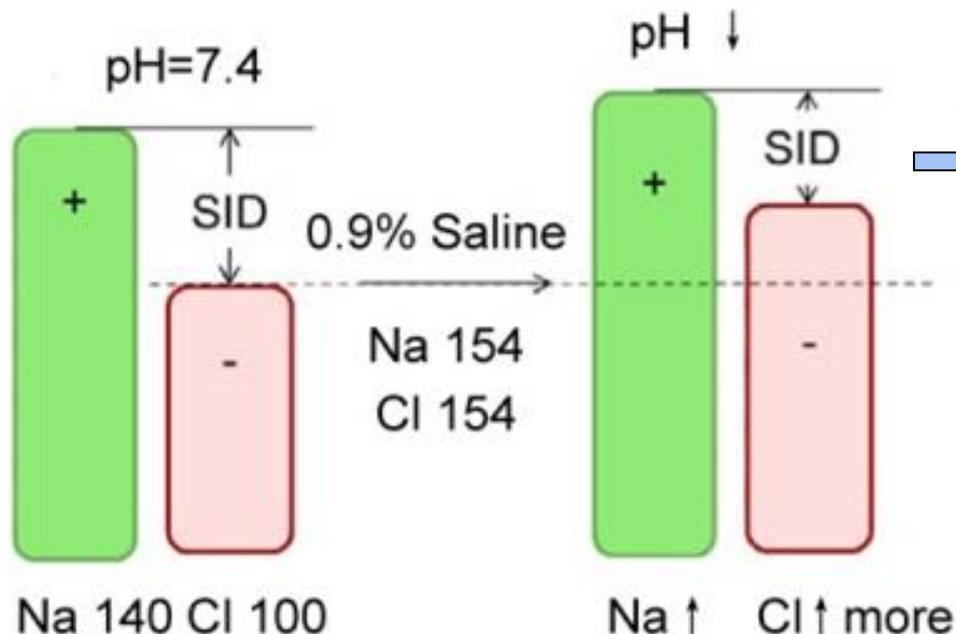


$$\text{Na}^+ = (140 + 154) / 2 = 147 \text{ mEq/L}$$

$$\text{Cl}^- = (102 + 154) / 2 = 126 \text{ mEq/L}$$

$$\text{SID} = 17 \text{ mEq/L}$$

(b)



EQUILIBRIO ÁCIDO-BASE

A_{TOT} o ácidos débiles totales

- Los ácidos débiles: parcialmente ionizados hasta alcanzar un equilibrio



- En el plasma:
 - La albúmina es el principal ácido débil
 - Fosfato representa el 5% de los ácidos débiles

A_{TOT} se suele estimar con la albúmina

EQUILIBRIO ÁCIDO-BASE

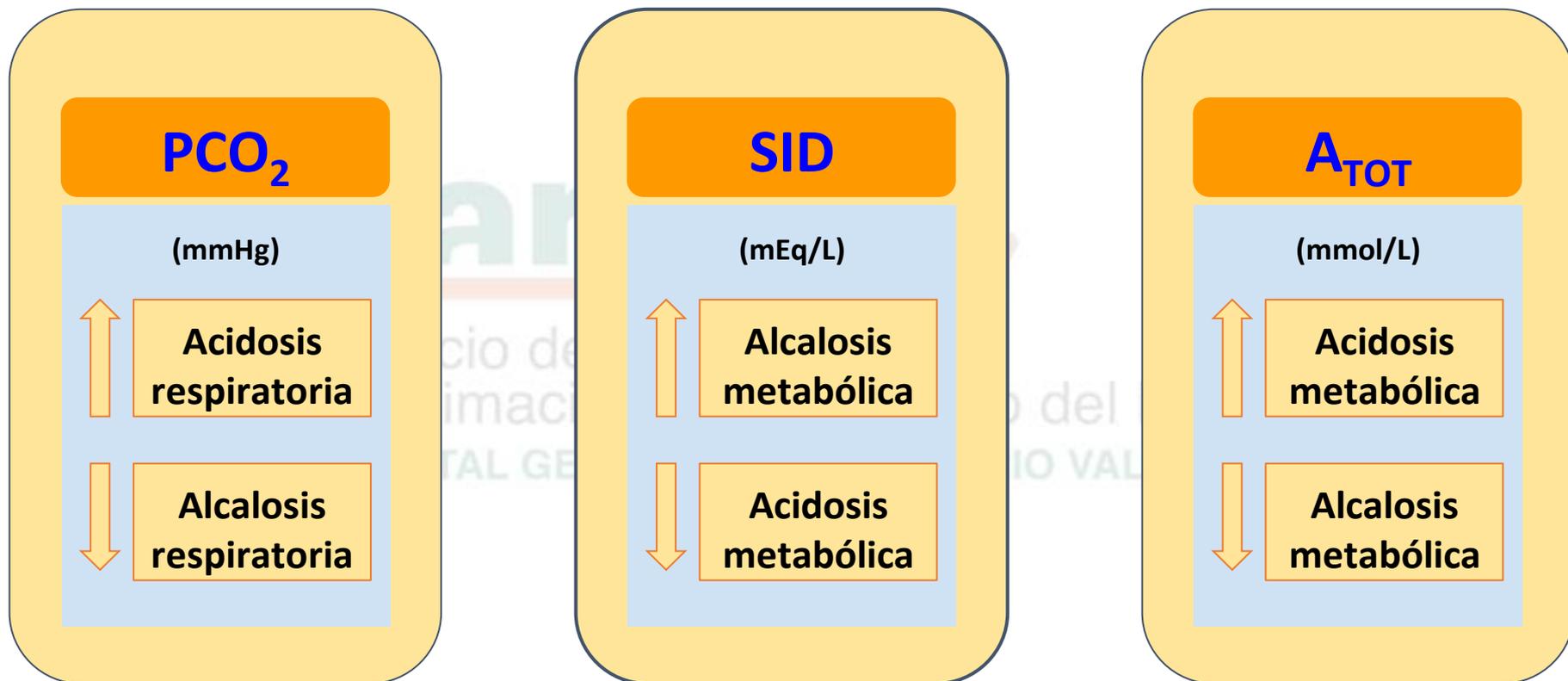
A_{TOT} o ácidos débiles totales

- Al añadir cualquier solución cristaloides produce una **dilución** del A_{TOT}
- Esta dilución produce cierto grado de **alcalosis**
- El efecto de la dilución del A_{TOT} se suma o contrarresta el efecto producido por la infusión del cristaloides sobre el SID.
 - Contrarresta el efecto acidótico si $< SID$.
 - Aumenta el efecto alcalótico si $> SID$.

EQUILIBRIO ÁCIDO-BASE

- SID plasma 40-44 mEq/L
- La dilución de A_{TOT} al aportar volumen hace que el pH se mantenga al infundir soluciones con **SID 24 mEq/L**
 - Líquido con $SID < 24$ mEq/L produce acidosis
 - Líquido con $SID > 24$ mEq/L produce alcalosis

EQUILIBRIO ÁCIDO-BASE



EQUILIBRIO ÁCIDO-BASE

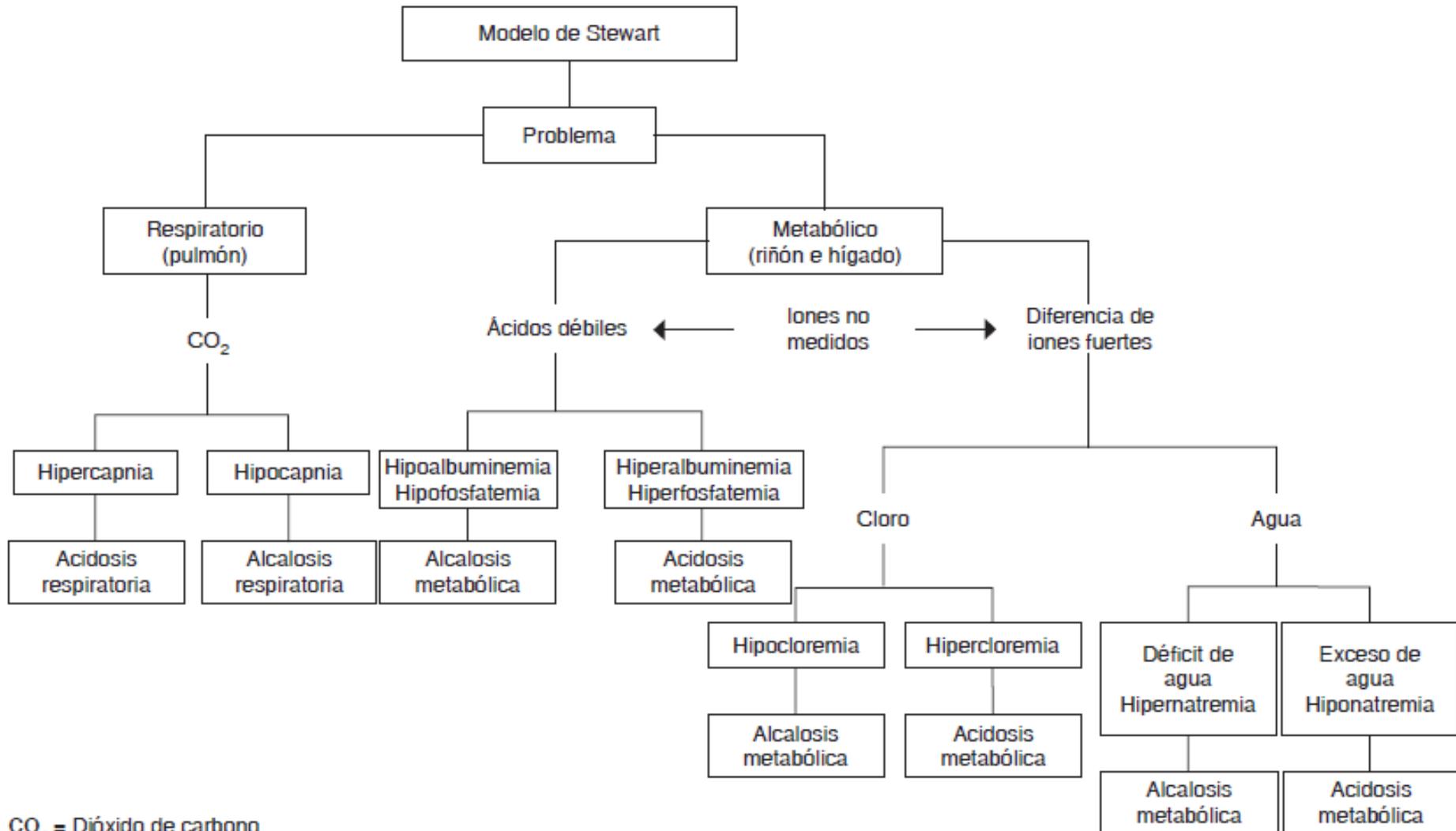


Figura 2. Modelo diagnóstico de Stewart.

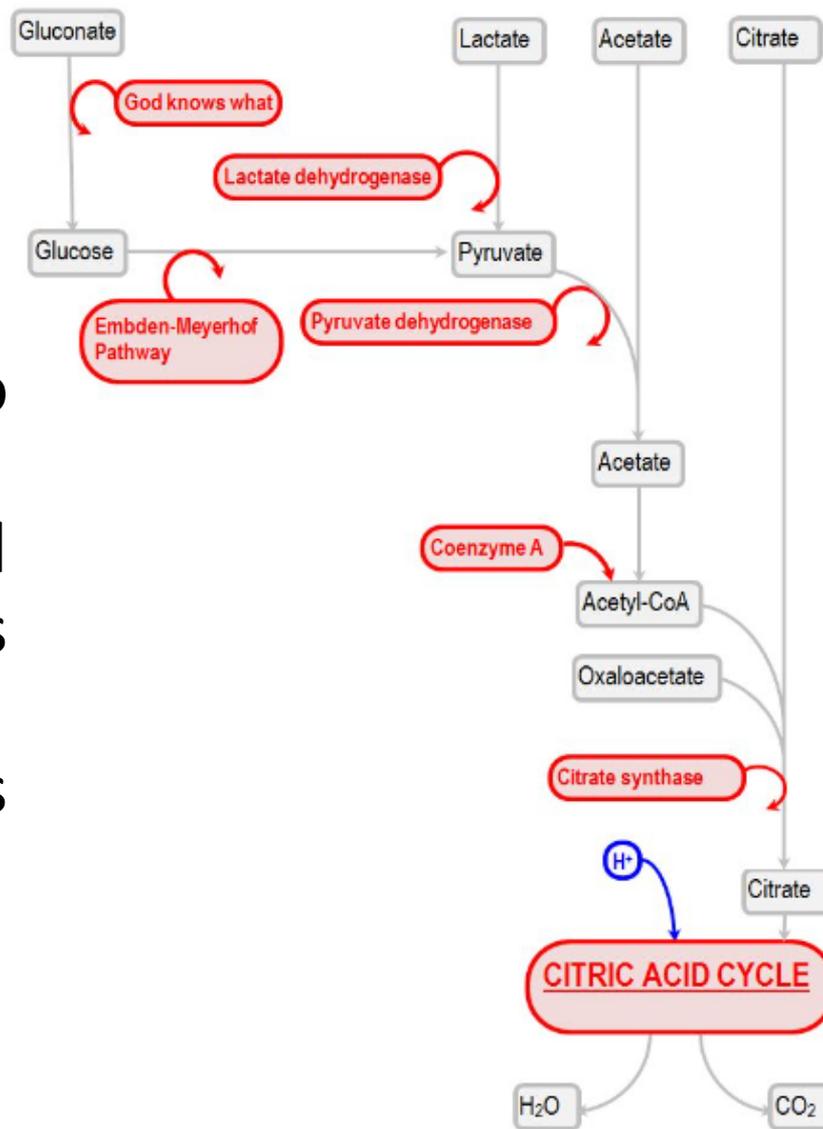
CRISTALOIDES BALANCEADOS

- **Respuesta** a los problemas hidroelectrolíticos provocados por el SSF
- Intentan disminuir la cantidad de Na^+ y el Cl^- por lo que el SID de las soluciones es mayor
- Concentraciones iónicas similares al plasma al aportar otros electrolitos como Mg^+ , K^+ y Ca^{2+}
- Tamponados con precursores del bicarbonato para mantener el equilibrio electrolítico (bicarbonato es inestable)
- Los precursores del bicarbonato requieren metabolización

CRISTALOIDES BALANCEADOS

Precusores del bicarbonato

- Lactato, acetato y malato (gluconato solo teórico)
- Metabolizados por el organismo a diferentes niveles y velocidades
- Metabolización: glucólisis o gluconeogénesis



CRISTALOIDES BALANCEADOS

	Plasma	Solución Salina 0,9%	Ringer Lactato	Plasma-Lyte®	Sterofundin®	Ionolyte®
Sodio (mEq/L)	136 - 145	154	130	140	145	137
Potasio (mEq/L)	3,5 - 5	----	5,4	5	4	4
Cloro (mEq/L)	98 - 106	154	112	98	127	110
Calcio (mEq/L)	2,2 - 2,6	----	1,8	----	5	----
Magnesio (mEq/L)	1,5 - 2,5	----	2	3	2	1,5
Bicarbonato (mEq/L)	24	----	----	----	----	----
Acetato (mmol/L)	----	----	----	27	24	34
Lactato (mmol/L)	<2	----	28	----	----	----
Gluconato (mmol/L)	----	----	----	23	----	----
Malato (mmol/L)	----	----	----	----	5	----
SID	42	0	28	50	29	34

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia 17 de Octubre de 2023

RINGER LACTATO



SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia 17 de Octubre de 2023

	Plasma	Solución Salina 0,9%	Ringer Lactato	PI L	indin®	Ionolyte®
Sodio (mEq/L)	136 - 145	154	130		15	137
Potasio (mEq/L)	3,5 - 5	----	5,4		4	4
Cloro (mEq/L)	98 - 106	154	112		27	110
Calcio (mEq/L)	2,2 - 2,6	----	1,8	----	5	----
Magnesio (mEq/L)	1,5 - 2,5	----	2	3	2	1,5
Bicarbonato (mEq/L)	24	----	----	----	----	----
Acetato (mmol/L)	----	----	----	27	24	34
Lactato (mmol/L)	<2	----	28	----	----	----
Gluconato (mmol/L)	----	----	----	23	----	----
Malato (mmol/L)	----	----	----	----	5	----
SID	42	0	28	50	29	34



RINGER LACTATO



- Ligeramente **hipotónico** (274 mOsm/L). Evitar en situaciones de edema tisular o HTIC
- Lactato puede acumularse en situaciones de **insuficiencia hepática**
- En estados de shock se puede **artefactar** la medición del lactato
- “Incompatible” con hemoderivados al contener calcio

RINGER LACTATO



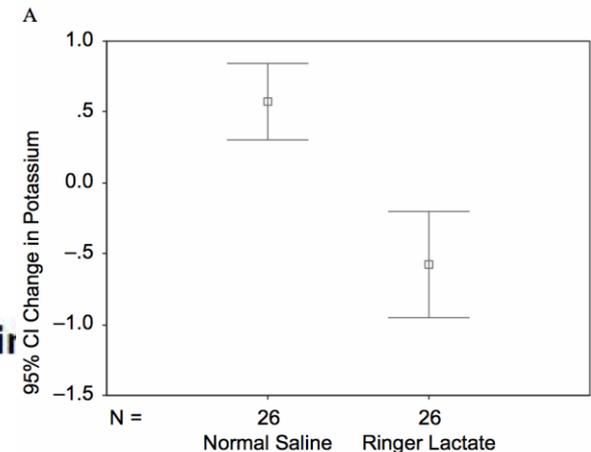
- Uso de RL en hiperpotasemia en FRA?
 - RL a demostrado reducir los niveles de potasio in vivo por encima del SSF
 - RL tiene una concentración de potasio de 4 mEq/L (menor que la concentración del paciente)
 - Volumen de distribución de potasio es mayor que el volumen de líquido extracelular
 - 98% potasio es intracelular. \downarrow pH \rightarrow hiperpotasemia

Acidosis (exceso de H^+)

Randomized Controlled Trial > Saudi J Kidney Dis Transpl. 2012 Jan;23(1):135-7.

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

ontir
23



SOLUCIONES CON ACETATO

- Menor experiencia de uso
- Recomendados en insuficiencia hepática o cirugía hepática
- Reducción de morbimortalidad en paciente crítico, ausencia de evidencia en perioperatorio



Review > Br J Anaesth. 2023 Sep;131(3):463-471. doi: 10.1016/j.bja.2023.05.029.

Epub 2023 Jul 15.

Intraoperative use of balanced crystalloids versus 0.9% saline: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled studies

Muralie Vignarajah ¹, Annie Berg ¹, Zahra Abdallah ¹, Naman Arora ², Arshia Javidan ³, Tyler Pitre ¹, Shannon M Fernando ⁴, Jessica Spence ⁵, John Centofanti ⁶, Bram Rochweg ⁷

**SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia 17 de Octubre de 2023**

PLASMALYTE



sartd
Servicio de Anestesia,
Reanimación y
HOSPITAL GENERAL
el Dolor
VALENCIA

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua
Valencia 17 de Octubre de 2023



	Plasma	Solución Salina 0,9%	Ringer Lactato	Plasma-Lyte®	Sterofundin®	Plasma-Lyte®
Sodio (mEq/L)	136 - 145	154	130	140	145	140
Potasio (mEq/L)	3,5 - 5	----	5,4	5	4	4
Cloro (mEq/L)	98 - 106	154	112	98	127	110
Calcio (mEq/L)	2,2 - 2,6	----	1,8	----	5	----
Magnesio (mEq/L)	1,5 - 2,5	----	2	3	2	1,5
Bicarbonato (mEq/L)	24	----	----	----	----	----
Acetato (mmol/L)	----	----	----	27	24	34
Lactato (mmol/L)	<2	----	28	----	----	----
Gluconato (mmol/L)	----	----	----	23	----	----
Malato (mmol/L)	----	----	----	----	5	----
SID	42	0	28	50	29	34

PLASMALYTE



- Electrolitos y osmolaridad **similar al plasma**
- Contenido en **magnesio** mayor al del plasma: recomendable monitorizar
- Contiene acetato y gluconato
- **SID** in vivo de 50 mEq/L, aumenta la alcalinización producida por la dilución de A_{TOT}
- El efecto alcalinizante podría disminuir calcemia
- **Compatible** con la infusión de hemoderivados al no contener calcio

	Plasma	Solución Salina 0,9%	Ringer Lactato	Plasma-Lyte®	Sterofundin®	Ionolyte®
Sodio (mEq/L)	136 - 145	154	130	140	145	137
Potasio (mEq/L)	3,5 - 5	----	5,4	5	4	4
Cloro (mEq/L)	98 - 106	154	112	98	127	110
Calcio (mEq/L)	2,2 - 2,6	----	1,8	----	5	----
Magnesio (mEq/L)	1,5 - 2,5	----	2	3	2	1,5
Bicarbonato (mEq/L)	24	----	----	----	----	----
Acetato (mmol/L)	----	----	----	27	24	34
Lactato (mmol/L)	<2	----	28	----	----	----
Gluconato (mmol/L)	----	----	----	23	----	----
Malato (mmol/L)	----	----	----	----	5	----
SID	42	0	28	50	29	34

OTRAS SOLUCIONES CON ACETATO

- **Isofundin**
 - Contiene acetato y malato
 - Calcio y Magnesio similar al plasmático, cloro elevado
- **Ionolyte**
 - Solo contiene acetato
 - Electrolitos similares al plasma con cloro en el límite alto de la normalidad
 - No contiene calcio
- **Benelyte**
 - Contiene Glucosa 1%. Indicado para el paciente pediátrico

SOLUCIÓN BALANCEADA IDEAL

- Su composición sea la más próxima al líquido extracelular
- Isotónica
- Con una concentración de iones que no produzca alteraciones electrolíticas en infusiones abundantes
- Mantiene el equilibrio ácido-base
- Con aniones orgánicos fácilmente metabolizables
- Adaptada a las necesidades del paciente

[Review](#) > [Crit Care Explor.](#) 2021 May 14;3(5):e0398. doi: 10.1097/CCE.0000000000000398.

eCollection 2021 May.

SARTD-CHGUV
Valenci

Comparison of Balanced Crystalloid Solutions: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials

SOLUCIÓN BALANCEADA IDEAL

REVIEW

PEDIATRÍA

- Históricamente se prefería soluciones hiposmolares (elevado riesgo de hiponatremias)
- Actualmente, se recomienda el uso de soluciones **isotónicas**, con **aportes de potasio y dextrosa al 5%**.

LESIÓN CEREBRAL

- Se prefiere el uso de **soluciones de alta osmolaridad**



What is the ideal crystalloid?

Karthik Raghunathan^a, Patrick Nailer^b, and Ryan Konoske^a

HEMORRAGIA

- Existe un riesgo significativo de daño por acidosis hiperclorémica con el uso de SSF
- Principal problema que se sigue recomendando la administración conjunta de SSF con productos sanguíneos
- **Plasmalyte** se presenta como mejor alternativa

CONCLUSIONES

- ❖ El SSF es una solución hipertónica y acidótica, lo que puede conllevar acidosis metabólicas en infusiones abundantes
- ❖ Los cristaloides balanceados son soluciones más fisiológicas
- ❖ Existen varias opciones disponibles diferenciándose en la composición iónica y los precursores del bicarbonato
- ❖ Es necesario evaluar el estado electrolítico y metabólico del paciente para seleccionar el cristaloides a infundir
- ❖ La aproximación de Stewart nos permite entender el concepto de SID de cada solución para valorar cambios en infusiones elevadas
- ❖ En las últimas revisiones y metaanálisis no describe ningún cristaloides por encima de otro

BIBLIOGRAFÍA

1. Li H, Sun S ren, Yap JQ, Chen J hua, Qian Q. 0.9% saline is neither normal nor physiological. J Zhejiang Univ Sci B. 2016 Mar 1];17(3):181–7.
2. Salvador Sánchez Díaz J, Monares Zepeda E, Meneses Olguín C, Antonio Rodríguez Martínez E, Carolina García Méndez R, Gabriela Peniche Moguel K, et al. Soluciones balanceadas: cloro el «nuevo villano»
3. Pfortmueller CA, Kabon B, Schefold JC, Fleischmann E. Crystalloid fluid choice in the critically ill: Current knowledge and critical appraisal. Vol. 130, Wiener Klinische Wochenschrift. Springer-Verlag Wien; 2018. p. 273–82.
- 4 Curran JD, Major P, Tang K, Bagshaw SM, Dionne JC, Menon K, et al. Comparison of Balanced Crystalloid Solutions: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. Crit Care Explor [Internet]. 2021 May 14
5. Häubi CS, Moreno-Santillán A, Díaz de León-Ponce M, Gabriel Briones-Vega C, Meneses-Calderón J, María Elena Orenday-Aréchiga D, et al. Teoría ácido-básico de Stewart, un nuevo paradigma en medicina crítica. Vol. 29. 2006.
6. Ergin B, Kapucu A, Guerci P, Ince C. The role of bicarbonate precursors in balanced fluids during haemorrhagic shock with and without compromised liver function. Br J Anaesth. 2016 Oct 1;117(4):521–8.
7. Raghunathan K, Nailor P, Konoske R. What is the ideal crystalloid? Curr Opin Crit Care [Internet]. 2015 Jul 1
8. Vignarajah M, Berg A, Abdallah Z, Arora N, Javidan A, Pitre T, et al. Intraoperative use of balanced crystalloids versus 0.9% saline: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled studies. Br J Anaesth 2023 Sep 1
9. Beran A, Altorok N, Srour O, Malhas SE, Khokher W, Mhanna M, et al. Balanced Crystalloids versus Normal Saline in Adults with Sepsis: A Comprehensive Systematic Review and Meta-Analysis. J Clin Med . 2022 Apr 1
10. Pfortmueller CA, Funk GC, Reiterer C, Schrott A, Zotti O, Kabon B, et al. Normal saline versus a balanced crystalloid for goal-directed intraoperative fluid therapy: a major abdominal surgery and a double-blind randomised controlled study. Br J Anaesth 2018 Feb 1



MUCHAS GRACIAS