

Gilles LEBUFFE
Pôle d'Anesthésie-
Réanimation
Hôpital Huriez
CHRU de Lille

**Solutions non balancées
et
Acidose hyperchlorémique**

Diapositive 1

**Solutions non balancées
et
Acidose hyperchlorémique**

Gilles LEBUFFE
Pôle d'Anesthésie-Réanimation
Hôpital Huriez
CHRU de Lille

Diapositive 2

Cas clinique

Mme M, 43 ans, est opérée d'un greffon jéjunale libre associée à un lambeau du grand dorsal après ingestion de Destop. L'intervention réalisée sous AG a duré 12 heures.

En peropératoire, la patiente a reçu 5000 ml de Ringer, 2500 ml de colloïde et 2 CGUA.

A la sortie du BO, l'hémodynamique est stable, la patiente est en VS sur canule de trachéotomie.

Biol: Ph 7,25, PCO₂ 29,6 mmHg, HCO₃ 15,1, urée 0,28 g/l, créat 6 mg/l, Na⁺ 136 mmol/l, K⁺ 6,7 mmol/l, Ca²⁺ 1,7 mmol/l, Mg²⁺ 0,5 mmol/l, Cl⁻ 118 mmol/l, prot 36 g/l, albumine 19 g/l, phosphore 1,3 mmol/l, lactate = 1,9 mmol/l

Interprétation de l'équilibre acido-basique?

Diapositive 3

**Approche classique de l'équilibre
acide-base: Henderson-Hasselbach**

Baisse des bicarbonates induite par l'accumulation des
protons à l'origine de la baisse du pH

- \downarrow conjointe pH et HCO_3^- : **acidose métabolique**
- PCO_2 prévisible ($1,3 \times \downarrow \text{HCO}_3^-$): **22 mmHg pour 29 mmHg**
d'où **acidose respiratoire associée**
- Trou anionique $136 - (118 + 12) = 6 \text{ meq/l}$: **TA normal**
- Mais hypoalbuminémie d'où TA corrigé (TA calculé + 0,25
(40-alb mesurée) soit **11 meq/l**: **TA normal**
- Diagnostic d'acidose métabolique à TA normal **en présence**
d'une **hyperchlorémie** ($\Delta\text{Cl}^- = 118 - 103 = 15 \text{ mmol/l} \cong \Delta\text{HCO}_3^- = 26 - 12 = 14 \text{ mmol/l}$)

Acidose mixte pour laquelle l'acidose métabolique est une
acidose hyperchlorémique

Diapositive 4

**Approche moderne de l'équilibre
acide-base: Concept de Stewart**

Les variations de pH plasmatique dépendent du
degré de dissociation de l'eau plasmatique

Respect de 3 principes:

- Principe de l'électroneutralité
- La conservation de masse
- L'équilibre de dissociation électrochimique

Stewart PA. Resp Physiol 1978

Diapositive 5

Loi de dissociation

- **Ions forts**
Complètement dissociés quelque soit le pH
Ex: Cl^- , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , SO_4^{2-} ,
- **Ions faibles**
Dissociation partielle dépendante du pH
Obéit à la loi de dissociation électrochimique
 HCO_3^- , Alb^- , Ph^-

Stewart PA. Resp Physiol 1978

Diapositive 6

Loi de l'électroneutralité

- $\Sigma \text{ charges positives} = \Sigma \text{ charges négatives}$
 $\Sigma \text{ ch}^+ = \text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{H}^+$
 $\Sigma \text{ ch}^- = \text{Cl}^- + \text{UA}^- + \text{HCO}_3^- + \text{alb}^- + \text{Ph}^- + \text{OH}^-$

Ions forts
pH indépendants
Ions faibles
pH dépendants
Négligeables

- $\Sigma (\text{cations forts}) = \Sigma (\text{anions forts}) + \Sigma (\text{anions faibles})$
- $\Sigma (\text{cations forts}) - \Sigma (\text{anions forts}) = \Sigma (\text{anions faibles})$
- **Strong Ion Difference (SID) = $\text{HCO}_3^- + \text{Alb}^- + \text{Ph}^-$**

Concept de Stewart

pH plasmatique dépend de 3 variables indépendantes

- **SID = 40 ± 2 meq/l**
 $SIDe = HCO_3^- + Alb^- + Ph^-$
 $SIDa = (Na^+ + K^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+}) - (Cl^- + lact^-)$
 $SIG = SIDe - SIDa = 0 - 6 meq/l$
- **PaCO₂ (système ouvert via la ventilation)**
- **Masse totale des acides faibles**
 $Atot = Alb^- + Ph^-$

Stewart PA. Resp Physiol 1978

Concept de Stewart

Les ions faibles H⁺ et OH⁻ sont générés ou consommés selon le degré de dissociation de l'eau plasmatique

	Métabolique		Respiratoire
	↘ SID	↗ Atot	PaCO ₂
Acidoses	hyperCl hypoNa ↗ UA (↗SIG)	↗ Alb ⁻ ↗ Ph ⁻	↗
	↗ SID	↘ Atot	PaCO ₂
Alcaloses	hypoCl hyperNa	↘ Alb ⁻	↘

Stewart PA. Resp Physiol 1978

Diapositive 9

Approche de l'équilibre acide-base selon Stewart

- $SIDa: [136 + 6,7 + (2 \times 1,7) + (2 \times 0,5)] - [118 + 1,9] = 147,1 - 119,9 = 27,1 \text{ mmol/l}$
- $SIDe = 15,1 + 4,95 + 2,3 = 22,3 \text{ mmol/l}$
- $SIG = 27,1 - 22,35 = 4,8 \text{ mmol/l}$

La baisse de SID signe l'acidose métabolique liée à l'hyperchlorémie.

Rôle non exclusif de l'hyperchlorémie car présence d'un SIG = anions indosés forts autres que lactate

Diapositive 10

Acidose hyperchlorémique périopératoire

- Cause principale: Perfusion de solutés avec $[Cl^-] > [Cl^-] \text{ plasmatique} = \text{solutés non équilibrés ou non balancés}$
- SSI comme principal cristalloïde non balancé
- Sévérité de l'acidose:
 - Richesse du soluté en chlore
 - Volume et rapidité de perfusion du liquide
- Acidose transitoire si fonction rénale normale

Quintard. Ann Fr Anesth Réanim 2007

Crystalloïdes et Concept de Stewart

- Aucun ne contient d'acides faibles (Atot) d'où ↘ Atot par dilution → **Alcalose métabolique**
- SID plasma modifié par SID des solutés
- SID=0 pour solutés salés car $[Na^+] = [Cl^-]$
- Volume important de solutés salés diminue SID plasmatique et extracellulaire → **Acidose métabolique**
- Acidose métabolique >> Alcalose métabolique (↘ Atot)

Morgan. Crit Care 2005

SID et Cristallobides non balancés

**Composition
solutés salés**

	SSI	Ringer
[Na ⁺]	140	147
[K ⁺]	0	4
[Ca ²⁺]	0	2,25
[Cl ⁻]	140	155,5
SID	0	0

Morgan. Crit Care 2005

Diapositive 13

SID et Cristalloïdes non balancés

Composition solutés salés			Evolution du SID après remplissage		
	SSI	Ringer		SEC	Après 1L de SSI
[Na ⁺]	154	147	[Na ⁺]	140	142,5
[K ⁺]	0	4	[Cl ⁻]	100	112,5
[Ca ²⁺]	0	2,25	[A ⁻] + [HCO ₃ ⁻]	40	30
[Cl ⁻]	154	155,5	SID	40	30
SID	0	0			

Morgan. Crit Care 2005

Diapositive 14

SID et Cristalloïdes balancés

- Prévient les désordres acido-basiques liés aux cristalloïdes
- ↘ SID pour compenser ↘ Atot par dilution et donc l'alcalose métabolique
- SID soluté balancé < SID plasmatique mais > 0
- Seuil expérimental du SID à 24 meq/l
- Remplacement de 24 meq/l de Cl⁻ par des anions (OH⁻, L-lactate⁻, acétate, malate...)

Morgan. Intensive Care Med 2004

Diapositive 15

SID et Cristalloïdes balancés

Paramètre	Solution	Isofundine® B. Braun	Plasma	NaCl 0,9 %	Ringer Lactate (formule USP XXIII)
Na ⁺ (mmol/l)		140	142	154	130
K ⁺ (mmol/l)		4	4,5		4
Ca ²⁺ (mmol/l)		2,5	2,5		1,4
Mg ²⁺ (mmol/l)		1	1,25		
Cl ⁻ (mmol/l)		127	103	154	108
Lactate (mmol/l)					27,6
Acétate (mmol/l)		24			
Malate (mmol/l)		5			
Bicarbonate (HCO ₃ ⁻) (mmol/l)			24		
Osmolarité (mOsm/l)		304	291	308	271

SID (mmol/l) **29** **0** **27,6**

Diapositive 16

SID et Cristalloïdes balancés: Isofundine

- > Combinaison équilibrée de chlorure, d'acétate et de malate s'opposant à l'acidose métabolique
- > Présence d'anions métabolisables autres que le lactate
- > Métabolisme tissulaire non hépatique de l'acétate et du malate
- > Aucune influence sur le taux de lactate
- > Non CI chez l'insuffisant hépatique

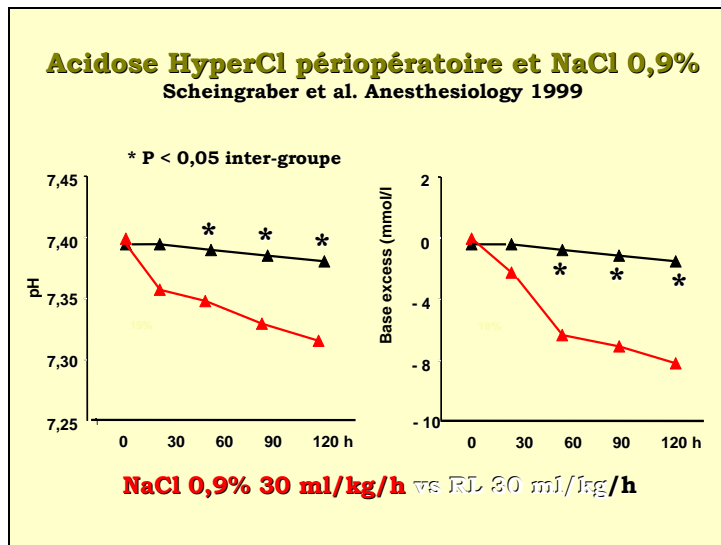
Diapositive 17

SID et Colloïdes

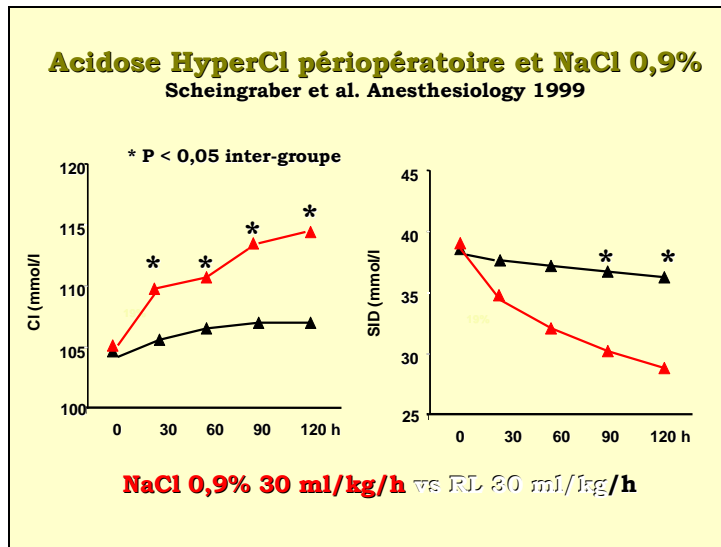
	Acides faibles		Non balancé	Balancé
	Albumine	Gélofusine	Voluven	Hextend
Albumine	40 g/l			
Gélatine		40 g/l		
HEA			60 g/l	60 g/l
[Na ⁺]	140	154	154	143
[K ⁺]				3
[Ca ²⁺]				5
[Mg ²⁺]				0,8
[Cl ⁻]	128	120	154	124
[L-lactate]				28
[Glucose]				5,5
[Octanoate]	6,4			
SID	12	34	0	26

Morgan. Crit Care 2005

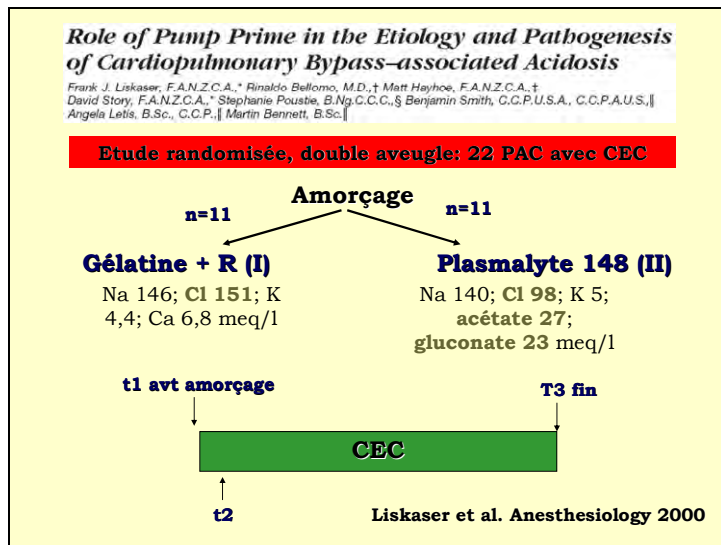
Diapositive 18



Diapositive 19



Diapositive 20



Diapositive 21

Role of Pump Prime in the Etiology and Pathogenesis of Cardiopulmonary Bypass-associated Acidosis

Frank J. Liskaser, F.A.N.Z.C.A., Rinaldo Bellomo, M.D.,† Matt Hayhoe, F.A.N.Z.C.A.,‡ David Story, F.A.N.Z.C.A.,§ Stephanie Poustie, B.Ng.C.C.C.,§ Benjamin Smith, C.C.P.A.U.S.,|| Angella Lettis, B.Sc., C.C.P.,|| Martin Bennett, B.Sc.¶*

Measured Variable	Group	Median Value of Measured Variable		
		t1	t2	t3
Sodium (mm)	I	136.00	136.50	136.00
	II	135.00	133.00*	133.50†
Potassium (mm)	I	4.10	4.25	4.35
	II	4.15	4.30†	4.65‡
Chloride (mm)	I	103.50	113.00*	108.50†
	II	104.00	101.50	103.00
Calcium (mm)	II	1.26	0.92*	1.02†
Magnesium (mm)	I	0.76	0.59*	1.05†
	II	0.72	0.87*	1.32†
Phosphate (mm)	I	1.00	0.80*	1.00
	II	0.92	0.71*	0.83
Albumin (g/l)	I	31.50	18.00*	22.00†
	II	28.50	17.00*	23.50†
Lactate (mm)	I	1.10	0.95*	1.70†
	II	1.55	1.10*	2.12
pH	I	7.40	7.36*	7.40
	II	7.40	7.39	7.44†
Pco ₂ (mmHg)	I	40.20	35.15*	39.65†
	II	41.40	34.60*	39.47†
Bicarbonate (mm)	I	25.20	20.35*	23.65†
	II	25.38	20.77*	25.88†

Measured Variable	Group	Median Value of Measured Variable		
		t1	t2	t3
Base excess (mm)	I	0.95	-3.65*	-0.65†
	II	1.17	-3.20*	2.32†
Anion gap (mEq/l)	I	11.40	7.40*	8.20†
	II	9.80	15.00*	8.70†
SI _{Da} (mEq/l)	I	40.42	32.53*	36.86†
	II	39.43	39.61	39.21
SI _{De} (mEq/l)	I	35.94	27.09*	32.16†
	II	35.55	27.39*	34.40†
SI _G (mEq/l)	I	4.35	5.74	5.10
	II	4.02	12.85*	4.64

Liskaser et al. Anesthesiology 2000

Diapositive 22

Conséquences de l'acidose HyperCl⁻

Waters et al. Anesth Analg 2001

- Chirurgie aortique (SSI vs RL)
- Maintien de la PVC ou PAPO avec variation au max de 10% par rapport aux valeurs préopératoires (vol médian de 7 litres dans les 2 groupes)
- Evaluation de la morbidité postopératoire
 - Acidose hyperchlorémique avec SSI
 - Augmentation de la consommation de produits sanguins dans le groupe SSI
 - Pas de modification de la fonction rénale
 - Pas de différence sur les durées de séjour

Diapositive 23

Fluid resuscitation and hyperchloremic acidosis in experimental sepsis: Improved short-term survival and acid-base balance with Hextend compared with saline

John A. Kellum, MD

Randomisation RL (n=10) vs NaCl 0,9% (n=25) vs Hextend™ (n=25)

	RL	NaCl 0,9%	Hextend
pH	7,16±0,05	7,16±0,05 *	7,16±0,05 #
[Cl⁻] (mmol/l)	117±3	123±7 *	115±3 #
BE (meq/l)	-15,4±3	-19±5 *	-12±6 #
SID (meq/l)	22±3	23±6	30±3 #*

p<0,05 vs NaCl Moy. après 180 min de réanimation
* p<0,05 vs RL

Kellum et al. Crit Care Med 2002

Diapositive 24

Fluid resuscitation and hyperchloremic acidosis in experimental sepsis: Improved short-term survival and acid-base balance with Hextend compared with saline

John A. Kellum, MD

567±140 min Hextend®
391±151 min — Saline
P < 0,001

Kellum et al. Crit Care Med 2002

Conclusion

- Fréquence de l'acidose hyperchlorémique en périopératoire (mais également en réanimation)
- Le plus souvent iatrogène dûe au remplissage par des solutés non balancés
- Interrogation sur le seuil à tolérer et sur les conséquences
- Le bénéfice des solutés balancés sur le pronostic des patients reste à démontrer