

血液ガス分析装置による透析液重炭酸イオン濃度 と総二酸化炭素濃度 ～その正確性について～

五仁会 元町HDクリニック

臨床検査部、同 臨床工学部*、同 内科**

○清水 康、田中和弘、小松祐子、森上辰哉*、田中和馬*、
阪口剛至*、大槻英展*、吉本秀之*、田淵篤嗣*、申 曾洙**

【目的】

各社血液ガス分析装置を用いて重炭酸イオン(HCO_3^-)を測定し、利用する上での問題点と総二酸化炭素濃度(ctCO_2)の有用性を探る。

背景

透析液中の本当の HCO_3^- 濃度を知りたいという願望は多くある。しかし、実際にそれを知ることは困難であり、多くの問題がある。けれども、いま身近にある機器を使って知ることができないか？。そこで、血液ガス分析装置から出力される HCO_3^- を利用している施設が多い。



RL850



RL348



GS602i



ABL80



Cobas b121

【方 法】

★各社血液ガス分析装置を用いた時の透析関連液の HCO_3^- 値の違い

透析関連液:カーボスターM(CS)〈味の素製薬〉、リンパックTA3(LP3)、
サブパック-Bi(SBi)〈ニプロ〉、キンダリーAF2号(AF2)、キンダリーAF3号(AF3)、
サブラッド-BS(SBS)〈扶桑薬品工業〉

分析装置:Rapid Lab 348(RL348)、Rapid Lab 850(RL850)〈シーメンス〉
GASTAT602i(GS602)〈テクノメディカ〉、ABL80〈ラジオメーター〉
cobas b 121(cobas121)〈ロシュ〉

★酢酸系・クエン酸系希釈A液への NaHCO_3 添加 HCO_3^- 回収試験 (自家調整液も含む)

透析液:AF3、CS、(自家調整液)

分析装置:RL348、RL850、(GS602、ABL80、cobas121)

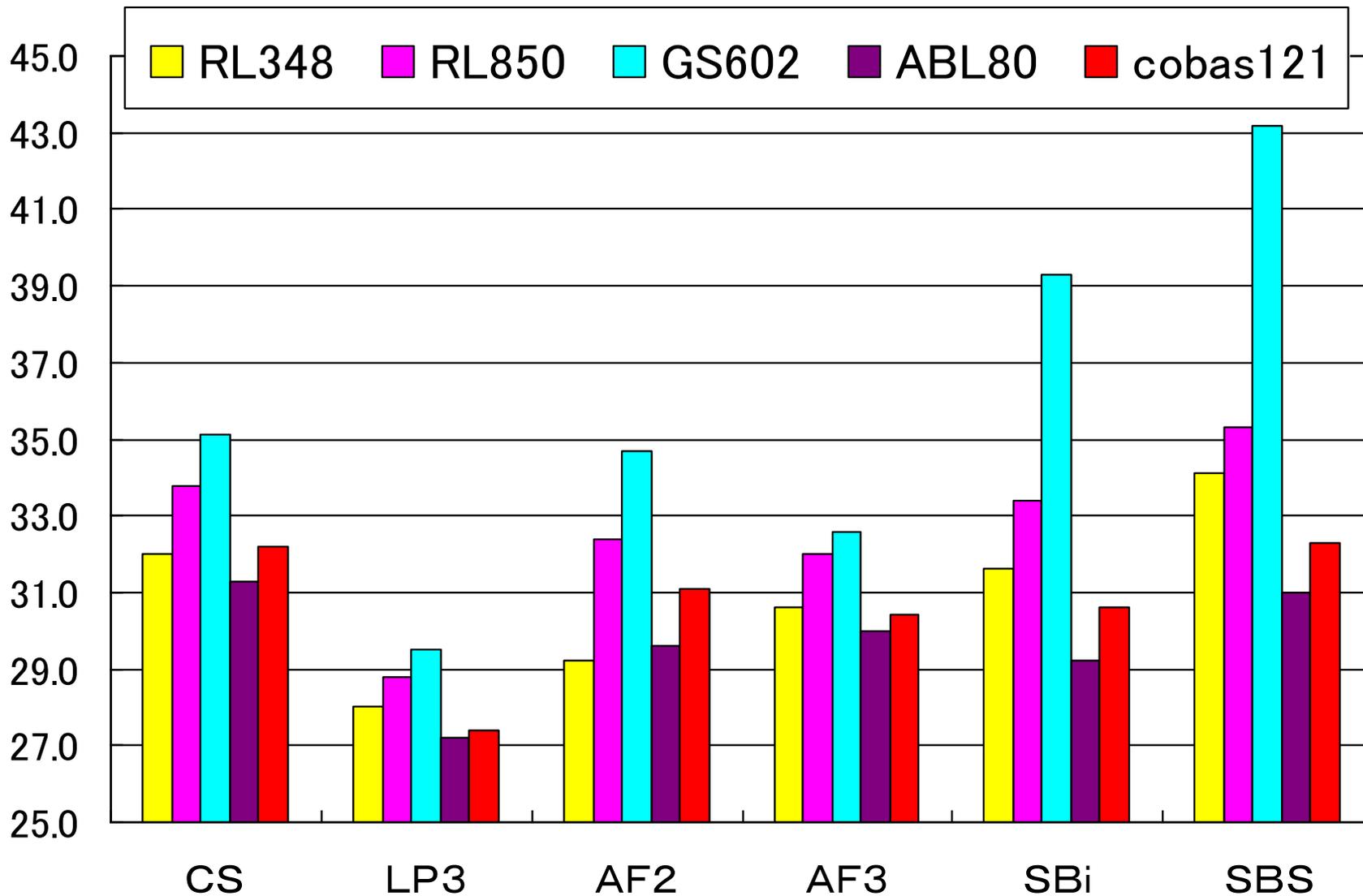
★透析液基準液を使用した時の各種装置の HCO_3^- と ctCO_2 の関係

透析液基準液:AF2、AF3、CS

分析装置:RL348、RL850、GS602

各種透析液のHCO₃⁻測定値(演算値)

(mmol/L)



重炭酸濃度は血液ガス分析装置では
pHとpCO₂から求める演算項目となる

各メーカーのpHとpCO₂から重炭酸濃度を求める式

S・Ro社	$[HCO_3^-] = 0.0307 \times pCO_2 \times 10^{(pH - 6.105)}$
T社	$[HCO_3^-] = 0.0310 \times pCO_2 \times 10^{(pH - 6.068)}$
R社	$[HCO_3^-] = 0.030664 \times pCO_2 \times 10^{(pH - PK)}$
	$PK = 6.125 - \log[1 + 10^{(pH - 8.7)}]$

各メーカーで演算式が異なる

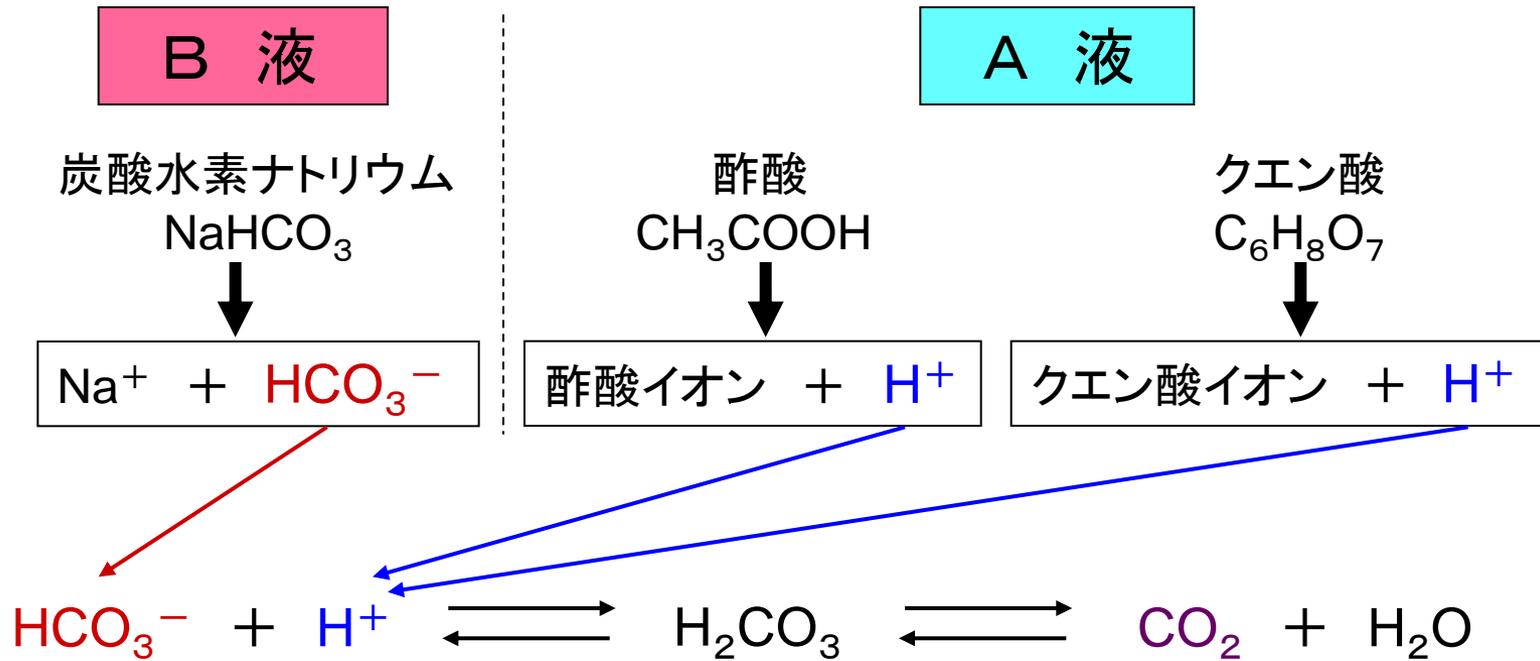
各社血液ガス分析装置による重炭酸濃度(シミュレーション)

酢酸系・クエン酸系の完成透析液を想定

pH	pCO ₂		HCO ₃ ⁻	差
7.350	55.0	S・Ro社	29.7	3.0
		T社	32.6	
		R社	29.6	
7.550	40.0	S・Ro社	34.2	3.4
		T社	37.6	
		R社	34.9	

各メーカーでHCO₃⁻の演算値にこのような差が生じている

総二酸化炭素濃度(ctCO₂)
溶存二酸化炭素と重炭酸イオンの合計である
血液ガス分析装置でのctCO₂
(HCO₃⁻ + 0.0307 X pCO₂)より求められている



Henderson-Hasselbalchの式（血液中のpH）

$$\text{pH} = \text{pK} + \log \frac{\text{HCO}_3^-}{\text{H}_2\text{CO}_3} = 6.1 + \log \frac{\text{HCO}_3^-}{0.03 \times \text{pCO}_2}$$

自家調整した酢酸系透析液へのNaHCO₃添加回収試験

酢酸透析液より炭酸水素Naを除外した溶液

Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Glu	CH ₃ COO ⁻	HCO ₃ ⁻
138mEq/L	2.0mEq/L	136mEq/L	3.0mEq/L	1.0mEq/L	100mg/dL	8.0mEq/L	0.0mEq/L

上記溶液にHCO₃⁻が終濃度で5、10、15、20mEq/LとなるようにNaHCO₃を添加

NaHCO ₃	理論値	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0
HCO ₃ ⁻	RL348	0.0	3.5(3.5)	8.5(5.0)	13.3(4.8)	18.4(5.1)
	RL850	0.0	3.0(3.0)	7.8(4.8)	12.3(4.5)	17.0(4.7)
	GS602	0.0	3.1(3.1)	8.2(5.1)	13.3(5.1)	18.6(5.3)
	ABL80	1.2	4.9(3.7)	8.9(4.0)	12.8(3.9)	16.8(4.0)
	cobas121	1.5	5.0(3.5)	9.6(4.6)	13.6(4.0)	17.6(4.0)

NaHCO ₃	理論値	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0
ctCO ₂	RL348	0.0	4.9(4.9)	10.1(5.2)	14.9(4.8)	20.1(5.2)
	RL850	0.0	4.3(4.3)	9.2(4.9)	13.7(4.5)	18.5(4.8)
	GS602	0.0	4.4(4.4)	9.6(5.2)	14.8(5.2)	20.2(5.4)
	ABL80	1.6	5.7(4.1)	9.9(4.2)	14.0(4.1)	18.1(4.1)
	cobas121	1.9	5.7(3.8)	10.5(4.8)	14.7(4.2)	18.8(4.1)

()は前値との差

RL850: 血液モード、RL348: 透析液モード、GS602: 該当透析液モード

ABL80: 血液モード、cobas121: 水溶液モード

自家調整したクエン酸系透析液へのNaHCO₃添加回収試験

クエン酸透析液より炭酸水素Naを除外した溶液

Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Glu	Citrate ³⁻	HCO ₃ ⁻
130mEq/L	2.0mEq/L	136mEq/L	3.0mEq/L	1.0mEq/L	100mg/dL	2.0mEq/L	0.0mEq/L

上記溶液にHCO₃⁻が終濃度で5、10、15、20mEq/LとなるようにNaHCO₃を添加

NaHCO ₃	理論値	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0
HCO ₃ ⁻	RL348	0.0	3.3(3.3)	7.9(4.6)	12.8(4.9)	17.8(5.0)
	RL850	0.0	3.2(3.2)	7.8(4.6)	12.7(4.9)	17.7(5.0)
	GS602	0.0	3.2(3.2)	8.0(4.8)	13.1(5.1)	18.0(4.9)
	ABL80	1.1	5.1(4.0)	8.8(3.7)	12.9(4.1)	17.0(4.1)
	cobas121	1.2	5.0(3.8)	9.1(4.1)	13.8(4.7)	17.8(4.0)

NaHCO ₃	理論値	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0
ctCO ₂	RL348	0.0	4.6(4.6)	9.3(4.7)	14.3(5.0)	19.3(5.0)
	RL850	0.0	4.5(4.5)	9.1(4.6)	14.1(5.0)	19.1(5.0)
	GS602	0.0	4.3(4.3)	9.3(5.0)	14.4(5.1)	19.4(5.0)
	ABL80	1.5	5.9(4.4)	9.7(3.8)	14.0(4.3)	18.3(4.3)
	cobas121	1.6	5.5(3.9)	9.9(4.4)	14.8(4.9)	18.9(4.1)

()は前値との差

RL850: 血液モード、RL348: 透析液モード、GS602: 該当透析液モード

ABL80: 血液モード、cobas121: 水溶液モード

酢酸系透析液へのNaHCO₃添加HCO₃⁻回収試験

AF-3号の希釈A液(A1容+水34容)

Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Glu	CH ₃ COO ⁻	HCO ₃ ⁻
115mEq/L	2.0mEq/L	114.5mEq/L	2.5mEq/L	1.0mEq/L	150mg/dL	8.0mEq/L	0.0mEq/L

上記溶液にHCO₃⁻が終濃度で10、20、25、30、35mEq/LとなるようにNaHCO₃を添加

NaHCO ₃	理論値	10.0	20.0	25.0	30.0	35.0	
HCO ₃ ⁻	RL348	8.5	17.9(9.4)	22.6(4.7)	27.6(5.0)	32.0(4.4)	
	RL850	8.5	18.2(9.7)	23.2(5.0)	28.5(5.3)	33.2(4.7)	
NaHCO ₃	理論値	10.0	20.0	25.0	30.0	35.0	
ctCO ₂	RL348	10.0	19.5(9.5)	24.2(4.7)	29.2(5.0)	33.7(4.5)	
	RL850	10.1	19.9(9.8)	24.9(5.0)	30.3(5.4)	35.0(4.7)	
						()は前値との差	

RL850: 血液モード、RL348: 透析液モード

クエン酸系透析液へのNaHCO₃添加HCO₃⁻回収試験

カーボスターMの希釈A液(A1容+水34容)

Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Glu	Citrate ³⁻	HCO ₃ ⁻
105mEq/L	2.0mEq/L	111mEq/L	3.0mEq/L	1.0mEq/L	150mg/dL	2.0mEq/L	0.0mEq/L

上記溶液にHCO₃⁻が終濃度で10、20、25、30、35mEq/LとなるようにNaHCO₃を添加

NaHCO ₃	理論値	10.0	20.0	25.0	30.0	35.0	
HCO ₃ ⁻	RL348	9.1	18.5(9.4)	23.3(4.8)	28.2(4.9)	32.9(4.7)	
	RL850	9.1	19.0(9.9)	23.5(4.5)	28.9(5.4)	33.8(4.9)	
NaHCO ₃	理論値	10.0	20.0	25.0	30.0	35.0	
ctCO ₂	RL348	10.1	19.6(9.5)	24.5(4.9)	29.4(4.9)	34.2(4.8)	
	RL850	10.2	20.1(9.9)	24.7(4.6)	30.1(5.4)	35.1(5.0)	
						()は前値との差	

RL850: 血液モード、RL348: 透析液モード

各種透析液基準液のHCO₃⁻とctCO₂

(n=6)						
	RL 850		RL 348		GS 602	
	HCO ₃ ⁻	ctCO ₂	HCO ₃ ⁻	ctCO ₂	HCO ₃ ⁻	ctCO ₂
カーボスター	33.6	34.7	32.0	33.2	34.3	35.4
	33.5	34.8	32.0	33.3	35.6	36.6
	32.5	33.8	31.1	32.3	34.9	36.2
理論HCO ₃ ⁻ 濃度 35mmol/L	33.6	34.9	32.1	33.4	36.3	37.5
	33.8	35.1	32.4	33.6	35.3	36.5
	34.0	35.2	32.4	33.6	35.7	36.8
mean	33.5	34.8	32.0	33.2	35.4	36.5
	RL 850		RL 348		GS 602	
	HCO ₃ ⁻	ctCO ₂	HCO ₃ ⁻	ctCO ₂	HCO ₃ ⁻	ctCO ₂
キンダリーAF2号	28.6	30.4	27.4	29.3	30.4	32.2
	28.6	30.4	27.9	29.7	31.7	33.5
	28.5	30.3	27.0	28.7	31.6	33.4
理論HCO ₃ ⁻ 濃度 30mmol/L	28.6	30.4	27.3	29.0	29.7	31.5
	28.5	30.1	26.9	28.7	30.1	31.9
	28.3	30.4	27.2	29.0	30.4	32.2
mean	28.5	30.3	27.3	29.1	30.7	32.5
	RL 850		RL 348		GS 602	
	HCO ₃ ⁻	ctCO ₂	HCO ₃ ⁻	ctCO ₂	HCO ₃ ⁻	ctCO ₂
キンダリーAF3号	23.3	25.0	22.3	23.9	25.4	27.1
	23.1	24.7	22.5	24.1	24.7	26.4
	23.3	25.0	22.5	24.1	24.6	26.3
理論HCO ₃ ⁻ 濃度 25mmol/L	23.5	25.3	22.4	24.1	24.4	26.1
	23.1	24.8	22.7	24.4	24.7	26.4
	23.1	24.8	22.9	24.7	25.4	27.1
mean	23.2	24.9	22.6	24.2	24.9	26.5

RL850: 血液モード、RL348: 透析液モード、GS602: 該当透析液モード

【考 察】

各社装置の HCO_3^- 値は各透析液で2～4程度の差を認め、一部演算式の差と考えられる機種を除くと比較的収束していた。また補充液などpHの低い試料では大きく(10以上)乖離する機種があり、電極の特性による差と考えられた。

NaHCO_3 添加 HCO_3^- 回収試験は、機種にもよるがほぼ回収されており、 HCO_3^- 測定 of 正確性はあると考えられた。

今回検討した中で、特にRL850は添加した NaHCO_3 より想定される理論 HCO_3^- と ctCO_2 が著しく近似しており、 ctCO_2 値が理論 HCO_3^- を正確に反映することが示唆された。

RL850において、透析液基準液の HCO_3^- は理論 HCO_3^- より低く、 ctCO_2 値が理論 HCO_3^- と近似していた。GS602は、理論値に近い HCO_3^- が得られるよう補正されており、 ctCO_2 は意味をなさない。

あくまで、血液ガス分析装置での HCO_3^- は演算式より導き出されており、現在稼働している装置では大きくは乖離しないものの様々な値が得られる。

たとえ正確に透析液中の HCO_3^- を測定できたとしても理論値どおりの HCO_3^- は出ない。なぜなら、透析液中の炭酸・重炭酸系緩衝作用に使用(消費)されて異なる態度(溶存 CO_2)をとっていたり、他の炭酸化学種(H_2CO_3 、 CO_3^{2-} など)として存在しているからである。

当然、血液透析においては透析液中の HCO_3^- だけに囚われず、totalのアルカリ化剤として重炭酸濃度を考える必要があることは言うまでもない。

透析液濃度管理において透析液原液についてはメーカーの責務であるが、完成透析液の濃度管理については現場の責任であり、臨床が要求する濃度を提供するためには正確な濃度測定が必要となる。しかし、重炭酸濃度については上記のごとく問題点を含んでいることを理解した上で、さらに自施設の測定機器の正確性を把握し利用せねばならない。

【まとめ】

完成透析液中の各成分について血液ガス分析装置を用いて測定する際、透析液中の重炭酸イオンをかなり正確に反映していると考えられる機種もあり、それらの装置においては ctCO_2 を利用すれば実際の溶解炭酸水素Na量を知る手段として有用と考えられた。