

• 临床检验研究论著 •

## 强离子隙等指标在 ICU 中的应用探讨\*

张忠源<sup>1</sup>, 胡望平<sup>2△</sup>, 池细弟<sup>1</sup>, 叶桂云<sup>1</sup>, 徐尚华<sup>1</sup>, 张永平<sup>1</sup>, 叶龙飞<sup>1</sup>

(1. 福建医科大学附属南平第一医院检验科, 福建南平 353000;

2. 南京军区福州总医院生化科, 福建福州 350025)

**摘要:**目的 探讨继 pH、阴离子隙(AG)后的第三代方程式产生的强离子隙(SIG)在危重症患者中的临床应用价值。方法 在测定血气、生化结果基础上,应用 Stewart-Figge 方法学的方程式计算 SIG。结果 (1)危重症患者各组  $K^+$ 、 $Na^+$ 、 $HCO_3^-$ 、AG、pH、 $PO_4^{3-}$ 、ALB、SIG 及 Cr 水平与对照组比较差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。(2)死亡组与非死亡组 SIG 均值的比值为 3.04,差别最大,两组间 AG 和 Cr 的比值次之。结论 SIG 作为一个新的指标在与其他生化、血气指标如  $HCO_3^-$ 、AG、pH、 $PO_4^{3-}$ 、Cr 及乳酸联合应用时,能更好地反映危重症患者的酸碱紊乱情况,对预测疾病发展趋势有较强的指示作用。

**关键词:**强离子隙; 重症监护病房; 血气分析; 乳酸

DOI:10.3969/j.issn.1673-4130.2014.13.008

文献标识码:A

文章编号:1673-4130(2014)13-1683-03

## Application of strong ion gap and other indicators in ICU\*

Zhang Zhongyuan<sup>1</sup>, Hu Wangping<sup>2△</sup>, Chi Xidi<sup>1</sup>, Ye Guiyun<sup>1</sup>, Xu Shanghua<sup>1</sup>, Zhang Yongping<sup>1</sup>, Ye Longfei<sup>1</sup>

(1. Department of Clinical Laboratory, Affiliated Nanping First Hospital, Fujian Medical University,

Nanping, Fujian 35300, China; 2. Department of Biochemistry, Fuzhou General

Hospital, of Nanjing Military Region, Fuzhou, Fujian 350025, China)

**Abstract:** Objective To investigate the clinical application value of strong ion gap(SIG) generated by the third generation equation following pH and the anion gap(AG) in critically ill patients. **Methods** On the basis of the determination results of blood gas and blood biochemistry, the equation in the Stewart-Figge methodology was adopted to calculate SIG. **Results** (1) There were statistically significant differences in  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $HCO_3^-$ , AG, pH,  $PO_4^{3-}$ , ALB, SIG and Cr between the critical illness groups and the control group( $P < 0.05$ ). (2) The SIG mean value ratio the death group to non-death group was 3.04, the difference was the biggest,  $P < 0.05$ , AG and Cr took the second place. **Conclusion** SIG as a new indicator in combination with other biochemical and blood gas indicators, such as the  $HCO_3^-$ , AG, pH,  $PO_4^{3-}$ , Cr and lactic acid can reflect the situation of the acid-base disorders in critically ill patients and plays a strong indicative role in predicting the disease development trends.

**Key words:** strong ion gap; intensive care units; blood gas analysis; lactic acid

国外有文献报道,在最初的急救方面所测定酸碱变量中,阴离子间隙、碱剩余、乳酸和强离子隙都有预测的能力,但强离子隙是最强的预测病死率的变量<sup>[1]</sup>。强离子隙(SIG)亦被称为未测阴离子(unmeasured anions),它是指阴离子间隙减去磷酸盐(乳酸盐)及清蛋白电荷(albumin charge,  $A^-$ )的阴离子。动态的动脉血气监测对于判断危重症患者的呼吸功能和酸碱失衡类型、指导治疗、判断预后均有重要的作用<sup>[2]</sup>。为研究 SIG 等血气、生化指标在治疗危重症患者中的临床应用价值,笔者对本院 2007~2012 年 ICU 收治的 307 例不同疾病患者的血气、生化测定值进行了分析,现报道如下。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 本院 2007~2012 年符合糖尿病诊断标准患者 44 例,男 22 例,女 22 例,年龄 13~91 岁,平均 59 岁;符合肾脏病诊断标准患者 23 例,男 8 例,女 15 例,年龄 33~83 岁,平均 65 岁;符合创伤性疾病诊断标准患者 22 例,男 17 例,女 5 例,年龄 12~80 岁,平均 57 岁;符合重症肺炎诊断标准患者 218 例,男 170 例,女 48 例,年龄 26~93 岁,平均 72 岁。另有

同期健康体检者 60 例作为对照组,男 47 例,女 13 例,年龄 4~93 岁,平均 64 岁;死亡组 14 例,男 13 例,女 1 例,年龄 7~88 岁,平均 64 岁。

**1.2 仪器与试剂** 丹麦雷度 ABL555 血气分析仪及专机试剂,美国库尔特贝克曼 LX20 生化仪及专机试剂。

**1.3 研究方法** 方法 血气分析检测标本全部取自股动脉血,抽取血量 2 mL 以肝素抗凝后即时送检,用丹麦雷度 ABL555 血气分析仪检测动脉血气测定值,同时每天用丹麦雷度公司生产的质控品进行质量控制,同时抽取静脉血 5 mL 用美国库尔特贝克曼 LX20 生化仪检测磷及清蛋白(ALB)的测定值,并每天用美国库尔特贝克曼公司生产的质控品进行质量控制,计算公式如下:(1)  $SIG = AG - A^- = AG - \{[ALB(g/dL)] \times (1.2 \times pH - 6.15) + [磷酸盐(mg/dL)] \times (0.097 \times pH - 0.13)\}$ <sup>[3]</sup>;(2)  $AG = K^+ + Na^+ - Cl^- - HCO_3^-$ ;(3) 磷酸盐(mg/dL) = 磷(mmol/L)  $\div 0.323$ 。

**1.4 统计学处理** 计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,组间比较采用  $t$  检验,  $P < 0.05$  为差异有统计学意义,统计学处理采用 SPSS

\* 基金项目:福建省卫生厅青年科研基金项目(2011-01-50)。 作者简介:张忠源,男,副主任检验师,主要从事临床免疫、血气分析研究。

△ 通讯作者, E-mail: hwp9999@sohu.com。

17.0 统计软件完成。

## 2 结 果

**2.1** 糖尿病组与对照组的各指标检测结果见表 1。两组间  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、AG、pH、SIG、肌酐(Cr)水平,差异有统计学意义( $P<0.05$ )。

表 1 两组间各指标检测结果比较( $\bar{x}\pm s$ )		
指标	对照组( $n=60$ )	糖尿病组( $n=44$ )
$\text{K}^+$ (mmol/L)	$3.27\pm0.56$	$3.11\pm0.73$
$\text{Na}^+$ (mmol/L)	$139.02\pm5.43$	$141.24\pm7.12$
$\text{Cl}^-$ (mmol/L)	$109.12\pm7.15$	$113.89\pm9.25^*$
$\text{HCO}_3^-$ (mmol/L)	$21.88\pm4.69$	$17.18\pm5.87^*$
AG (mmol/L)	$7.68\pm2.19$	$9.66\pm7.15^*$
pH	$7.42\pm0.06$	$7.37\pm0.11^*$
$\text{PO}_4^{3-}$ (mg/dL)	$3.24\pm0.71$	$3.33\pm1.16$
ALB(g/dL)	$3.29\pm0.63$	$3.29\pm0.62$
SIG(mmol/L)	$0.61\pm2.22$	$5.38\pm5.57^*$
Cr( $\mu\text{mol/L}$ )	$86.66\pm65.25$	$149.84\pm204.42^*$

\* : $P<0.05$ ,与对照组比较。

**2.2** 肾病组与对照组的各指标检测结果见表 2。两组间  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、pH、 $\text{PO}_4^{3-}$ 、ALB、SIG 及 Cr 水平差异有统计学意义( $P<0.05$ )。

表 2 两组间各指标检测结果比较( $\bar{x}\pm s$ )		
指标	对照组( $n=60$ )	肾病组( $n=23$ )
$\text{K}^+$ (mmol/L)	$3.27\pm0.56$	$3.60\pm1.08$
$\text{Na}^+$ (mmol/L)	$139.02\pm5.43$	$140.04\pm7.31$
$\text{Cl}^-$ (mmol/L)	$109.12\pm7.15$	$113.80\pm6.10^*$
$\text{HCO}_3^-$ (mmol/L)	$21.88\pm4.69$	$16.62\pm6.12^*$
AG (mmol/L)	$7.68\pm2.19$	$8.86\pm6.35$
pH	$7.42\pm0.06$	$7.37\pm0.08^*$
$\text{PO}_4^{3-}$ (mg/dL)	$3.24\pm0.71$	$5.14\pm2.26^*$
ALB(g/dL)	$3.29\pm0.63$	$2.94\pm0.44^*$
SIG(mmol/L)	$0.61\pm2.22$	$5.91\pm6.64^*$
乳酸(mmol/L)	$1.00\pm0.33$	$1.20\pm0.83$
Cr( $\mu\text{mol/L}$ )	$86.66\pm65.25$	$500.48\pm339.52^*$

\* : $P<0.05$ ,与对照组比较。

**2.3** 创伤疾病组与对照组的各指标检测结果见表 3。两组间  $\text{K}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 、pH、ALB、SIG、乳酸水平差异有统计学意义( $P<0.05$ )。

表 3 两组间各指标检测结果比较( $\bar{x}\pm s$ )		
指标	对照组( $n=60$ )	创伤疾病组( $n=22$ )
$\text{K}^+$ (mmol/L)	$3.27\pm0.56$	$3.65\pm0.85^*$
$\text{Na}^+$ (mmol/L)	$139.02\pm5.43$	$140.05\pm7.57$
$\text{Cl}^-$ (mmol/L)	$109.12\pm7.15$	$113.00\pm6.32^*$
$\text{HCO}_3^-$ (mmol/L)	$21.88\pm4.69$	$20.95\pm7.14$
AG (mmol/L)	$7.68\pm2.19$	$6.15\pm5.41$
pH	$7.42\pm0.06$	$7.37\pm0.10^*$

续表 3 两组间各指标检测结果比较( $\bar{x}\pm s$ )		
指标	对照组( $n=60$ )	创伤疾病组( $n=22$ )
$\text{PO}_4^{3-}$ (mg/dL)	$3.24\pm0.71$	$3.25\pm1.52$
ALB(g/dL)	$3.29\pm0.63$	$2.95\pm0.60^*$
SIG(mmol/L)	$0.61\pm2.22$	$3.53\pm6.73^*$
乳酸(mmol/L)	$1.00\pm0.33$	$2.76\pm2.77^*$
Cr( $\mu\text{mol/L}$ )	$86.66\pm65.25$	$83.67\pm35.52$

\* : $P<0.05$ ,与对照组比较。

**2.4** 重症肺炎组与对照组的各指标检测结果见表 4。两组间  $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 、AG、pH、ALB、SIG 及乳酸水平差异有统计学意义( $P<0.05$ )。

表 4 两组间各指标检测结果比较( $\bar{x}\pm s$ )		
指标	对照组( $n=60$ )	重症肺炎组( $n=218$ )
$\text{K}^+$ (mmol/L)	$3.27\pm0.56$	$2.49\pm0.55^*$
$\text{Na}^+$ (mmol/L)	$139.02\pm5.43$	$148.37\pm8.07^*$
$\text{Cl}^-$ (mmol/L)	$109.12\pm7.15$	$113.87\pm8.82^*$
$\text{HCO}_3^-$ (mmol/L)	$21.88\pm4.69$	$23.17\pm5.90$
AG (mmol/L)	$7.68\pm2.19$	$11.19\pm8.72^*$
pH	$7.42\pm0.06$	$7.40\pm0.07^*$
$\text{PO}_4^{3-}$ (mg/dL)	$3.24\pm0.71$	$3.36\pm1.05$
ALB(g/dL)	$3.29\pm0.63$	$3.49\pm0.49^*$
SIG(mmol/L)	$0.61\pm2.22$	$4.82\pm8.59^*$
乳酸(mmol/L)	$1.00\pm0.33$	$1.54\pm0.95^*$
Cr( $\mu\text{mol/L}$ )	$86.66\pm65.25$	$94.10\pm76.29$

\* : $P<0.05$ ,与对照组比较。

**2.5** 14 例死亡组与 350 例非死亡组的各指标检测结果见表 5。两组间  $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、AG、pH、 $\text{PO}_4^{3-}$ 、ALB、及 SIG 水平差异有统计学意义( $P<0.05$ )。

表 5 两组间各指标检测结果比较( $\bar{x}\pm s$ )			
指标	非死亡组( $n=350$ )	死亡组( $n=14$ )	比较 $\Delta$
$\text{K}^+$ (mmol/L)	$2.82\pm0.79$	$3.53\pm1.17^*$	1.25
$\text{Na}^+$ (mmol/L)	$145.09\pm9.15$	$151.56\pm16.55^*$	1.04
$\text{Cl}^-$ (mmol/L)	$113.56\pm8.48$	$112.26\pm14.35$	0.99
$\text{HCO}_3^-$ (mmol/L)	$21.28\pm6.50$	$17.74\pm6.51^*$	0.83
AG (mmol/L)	$10.03\pm8.13$	$21.54\pm10.42^*$	2.15
pH	$7.39\pm0.09$	$7.32\pm0.16^*$	0.99
$\text{PO}_4^{3-}$ (mg/dL)	$3.44\pm1.30$	$4.96\pm4.01^*$	1.44
ALB(g/dL)	$3.32\pm0.57$	$2.92\pm0.30^*$	0.88
SIG(mmol/L)	$4.78\pm8.03$	$14.53\pm9.92^*$	3.04
Cr( $\mu\text{mol/L}$ )	$127.78\pm164.48$	$185.73\pm139.33$	1.45

\* : $P<0.05$ ,与非死亡组比较; $\Delta$ :死亡组与非死亡组指标的比值。

## 3 讨 论

从表 1 中糖尿病组与对照组的比较可见,两组间  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、AG、pH、SIG、肌酐水平差异有统计学意义( $P<0.05$ )。糖尿病是一种由于胰岛素分泌不足或(和)胰岛素作用低下引起的代谢性疾病。其特征是高血糖症,长期高血糖将导

致多种器官的损害、功能紊乱和衰竭,尤其是眼、肾、神经、心脏和血管系统。而糖尿病酮症酸中毒是糖尿病中最常见的严重急性并发症。其主要病理、生理改变为代谢紊乱、脂肪大量分解产生大量酮体。以高血糖、高血酮和代谢性酸中毒为主要表现<sup>[3]</sup>。SIG 亦被称为未测阴离子,它是指阴离子间隙减去磷酸盐(乳酸盐)及清蛋白电荷的阴离子<sup>[4]</sup>。本文中糖尿病组与对照组,若以  $\text{SIG} > 4 \text{ mmol/L}$  作为诊断标准,可以识别出大多数糖尿病酮症的患者,敏感度为 78.9%,SIG 似乎比 AG 有更好的表现,更适用于糖尿病酮症酸中毒患者预测<sup>[5]</sup>。

肾脏是维持机体有效运转的重要器官,其在排除体内代谢产物,以及维持机体内水、电解质及酸碱平衡中发挥着不可替代的作用。本文表 2 肾病组与对照组的比较可见,两组间  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{pH}$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$ 、ALB、SIG 及 Cr 水平差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。有研究发现,在肾性低蛋白血症中,比较了 SIG、潜在  $\text{HCO}_3^-$  与 AG 3 种诊断酸碱失衡的指标,SIG 与 AG 相关性最好。SIG 等 3 种酸碱失衡指标对肾病的异常率比参考值上限以及肾病/非肾病 3 项比值均以 SIG 为最高。呼吸衰竭酸碱失衡需要潜在  $\text{HCO}_3^-$ ,肾衰酸碱失衡由于血清清蛋白减少,更需要 SIG。SIG 不受患者清蛋白高低影响,在提示肾脏病患者早期肾损伤比传统的 Cr 指标更敏感,而且在肾脏病患者晚期肾损伤时 SIG 与损伤轻重程度成正比关系,而 Cr 水平与损伤轻重程度不成正比关系<sup>[6]</sup>。肾病是糖尿病、高血压最常见与最严重的并发症之一,早发现、早治可终止或逆转肾病进程<sup>[7]</sup>。

国内有文献报道,创伤性疾病患者与非创伤性疾病患者相比较,SIG、AG、潜在  $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$  和 AGcorr 等 5 项值差异有统计学意义( $P < 0.002$ )<sup>[8]</sup>。本文表 3 中两组间  $\text{K}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{pH}$ 、ALB、SIG、乳酸水平差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。创伤性疾病是临床中一种常见的急重症,若患者乳酸升高或较长时间持续维持在较高水平上,其病死率逐渐升高,从 13.33% 升高到 83.33%,在反映危重病患者的病情变化上,血乳酸浓度的测定有重要的价值<sup>[9]</sup>。SIG 的计算方法是以强离子差减去缓冲碱。与 AG 不同,SIG 不受呼吸性酸中毒碱中毒影响,结果稳定<sup>[10]</sup>。因此,本文中危重症患者血乳酸的增高并不会对 SIG 产生影响。耶鲁大学医学院根据患者住院时的回顾性调查发现,升高的 SIG 能预测较大的创伤病死率,评估的未存活者( $n = 26$ )和存活者( $n = 52$ )的 SIG 分别为  $(8.3 \pm 4.4) \text{ mmol/L}$  和  $(1.3 \pm 3.6) \text{ mmol/L}$ ,差异有统计学意义( $P < 0.001$ )。而  $\text{pH}$ 、 $\text{HCO}_3^-$  和乳酸盐等对创伤后住院病死率预测功能弱<sup>[11]</sup>。

肺炎是肺实质的急性炎症,重症肺炎是以肺部感染导致多器官功能损害为特征的复杂临床综合征,其病理生理改变为低氧和组织低灌注。动脉血气分析是判断呼吸衰竭最客观的指标<sup>[2]</sup>。但血气和酸碱分析有时还要结合其他检查,结合临床动态观察,才能得到正确判断。一份血气分析的报告,只反映在特定时间里的患者情况<sup>[12]</sup>。重症肺炎组与对照组的各指标检测结果见表 4。两组间, $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 、AG、 $\text{pH}$ 、ALB、SIG 及乳酸水平差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。今年国内最新研究亦说明血 SIG 值的增高反映了无氧代谢的增加,是监测和评

估全身的氧代谢和组织灌注的指标,该指标升高与肺炎严重程度及预后相关<sup>[13]</sup>。

表 5 中 14 例死亡组与 350 例非死亡组的各指标检测结果比较显示两组间  $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、AG、 $\text{pH}$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$ 、ALB、及 SIG 水平差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。死亡组与非死亡组的比值为 3.04,差别最大,AG 和 Cr 次之。据报道,SIG 在创伤性疾病组中对预测死亡与非死亡有独特的价值,死亡病例中  $\text{SIG} > 4 \text{ mmol/L}$  的比例明显升高,AG、Cr 预测价值次之<sup>[8]</sup>。有报道称 SIG 是最强的预测病死率的变量<sup>[1]</sup>。

综上所述,本项目只要在患者检验血气分析和血生化的基础上,通过公式计算得出 SIG 数值,在不增加患者经济负担前提下,在指导临床医生对酸碱代谢紊乱患者诊断、治疗、预后判断等方面具有重要临床意义,有望成为临床中又一衡量病情轻重的量化指标。

## 参考文献

- [1] Kim S. Prognostic value of an initial strong Ion gap in critically ill patients at the emergency department[J]. Annals of Emergency Medicine, 2005, 46(2): 104-105.
- [2] 钱桂生. 动脉血气检测的临床应用[J]. 医师进修杂志, 2005, 28(1): 13-16.
- [3] 周新,涂植光. 临床生物化学和生物化学检验[M]. 3 版. 北京:人民卫生出版社, 2006: 78-82.
- [4] Feldman M, Soni N, Dickson B, et al. Influence of hypoalbuminemia or hyperalbuminemia on the serum anion gap[J]. J Lab Clin Med, 2005, 146(3): 317-320.
- [5] Corey HE. The anion gap(AG): studies in the nephrotic syndrome and diabetic ketoacidosis(DKA)[J]. J Lab Clin Med, 2006, 147(1): 121-125.
- [6] 张忠源,叶桂云,胡望平,等. 强离子隙等三项酸碱失衡诊断指标在肾性低蛋白血症中的应用比较[J]. 中国实验诊断学, 2009, 13(4): 523-525.
- [7] 袁俊. 妊娠期糖尿病患者尿微量清蛋白的临床意义[J]. 国际检验医学杂志, 2013, 34(1): 99-100.
- [8] 张忠源,叶桂云,胡望平,等. 强离子隙等三项酸碱失衡诊断指标在创伤中的应用比较[J]. 医学研究杂志, 2009, 9(2): 123-125.
- [9] 张铁营. 30 例危重病患者血乳酸测定的临床价值[J]. 中国现代医生, 2011, 49(2): 131-132.
- [10] Morgan TJ. Stability of the strong ion gap versus the anion gap over extremes of  $\text{PCO}_2$  and  $\text{pH}$ [J]. Anaesth Intensive Care, 2007, 35(3): 370-373.
- [11] Kaplan LJ, Kellum JA. Comparison of acid-base models for prediction of hospital mortality after trauma[J]. Shock, 2008, 29(6): 662-666.
- [12] 岳宏. 血气分析的临床意义[J]. 医药装备, 2011, 24(1): 86-89.
- [13] 张忠源,叶桂云,胡望平,等. 强离子隙等指标在重症肺炎中的应用[J]. 国际检验医学杂志, 2013, 34(2): 136-137.

(收稿日期: 2014-02-16)