

血浆渗透压冰点下降法与不同公式法之间比对*

韩光¹, 涂晓欣¹, 柯培锋^{1△}, 吴云²

(1. 广东中医药大学第二附属医院, 广东广州 510120; 2. 中山大学中山医学院, 广东广州 510080)

摘要:目的 探讨 16 个常见血浆渗透压计算公式, 评估血浆渗透压的公式计算值与冰点下降法测量值最为符合的计算公式; 利用所收集数据模拟出一个与患者的血浆渗透压较为相符的公式。方法 利用冰点下降法测量血浆渗透压, 同时使用 Vitros 5.1 干化学分析仪检测血浆钠(Na)、钾(K)、氯(Cl)、葡萄糖(Glu)、尿素(Urea)浓度。运用 16 个计算公式计算出对应的血浆渗透压, 运用 Passing-Bablok 回归来判断拟合优度, 并与实测值进行配对 *t* 检验。采用多元线性回归及配对 *t* 检验的方法, 拟合一个与测量值最符合的计算公式。结果 血浆渗透压的公式计算值与测量值最为符合的是公式 $1.86(C_{Na} + C_K) + C_{Glu} + C_{Urea} + 10$; 利用多元线性回归得出的回归公式为 $1.86C_{Na} + 2.75C_K + 1.16C_{Glu} + 0.92C_{Urea} + 5.77$ 。结论 初步认为可以使用 $1.86C_{Na} + 2.75C_K + 1.16C_{Glu} + 0.92C_{Urea} + 5.77$ 作为血浆渗透压的计算公式。

关键词: 血浆渗透压; 冰点下降法; 计算公式

DOI: 10.3969/j.issn.1673-4130.2019.02.015

中图法分类号: R446.11

文章编号: 1673-4130(2019)02-0184-04

文献标识码: A

Comparison plasma osmolality between freezing point depression method and different calculation formulas*

HAN Guang¹, TU Xiaoxin¹, KE Peifeng^{1△}, WU Yun²

(1. The Second Affiliated Hospital of Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou, Guangdong 510120, China; 2. Zhongshan School of Medicine, SUN Yat-sen University, Guangzhou, Guangdong 510080, China)

Abstract: Objective Sixteen common blood osmotic pressure calculation formulas were investigated to evaluate the calculation formula of the plasma osmotic pressure formula and the freezing point depression method. The collected data were used to simulate a formula that was consistent with the patient's plasma osmotic pressure. **Methods** The osmotic pressure of plasma was measured by the freezing point descent method. Plasma sodium (Na), potassium (K), chloride (Cl), glucose (Glu), and urea (Urea) concentrations were measured by using a Vitros 5.1 dry chemistry analyzer. Sixteen formulas were used to calculate the corresponding plasma osmotic pressure. The Passing-Bablok regression was used to determine the goodness of fit and paired *t* test was performed with the measured values. A multiple linear regression and paired *t* test method was used to fit a formula that most closely matched the measured values. **Results** The formula of plasma osmotic pressure and the measured value was the most consistent with the formula $1.86(C_{Na} + C_K) + C_{Glu} + C_{Urea} + 10$; the regression formula using multiple linear regression was $1.86C_{Na} + 2.75C_K + 1.16C_{Glu} + 0.92C_{Urea} + 5.77$. **Conclusion** It is tentatively concluded that the formula $1.86C_{Na} + 2.75C_K + 1.16C_{Glu} + 0.92C_{Urea} + 5.77$ can be used as the formula for calculating plasma osmolality.

Key words: plasma osmotic pressure; freezing point depression method; calculation formula

血浆渗透压是反映机体内环境状况的重要指标之一。健康人体内有一套完善的调节体内渗透压平衡的系统, 所有器官和组织, 几乎都有相等的渗透压环境, 血浆渗透压维持在 (288 ± 5) mOsm/kg H₂O 范围之内^[1]。体液渗透压平衡一旦发生紊乱或破坏, 会引起各种体液之间及细胞内外之间水的移动, 导致体

液中水、电解质和有机物含量的变化, 最后导致机体功能活动的紊乱。

渗透压测量方法以冰点下降法为“金标准”。一方面, 血浆渗透压的测量属于急诊检验项目, 可能直接危及患者的生命安全, 然而并非每个医疗机构都具有相应的设备, 能够进行及时检测。将不易测量的血

* 基金项目: 广东省中医药局科研项目(20171112)。

作者简介: 韩光, 男, 主管技师, 主要从事检验标准化研究。 △ 通信作者, E-mail: 13826047291@126.com。

本文引用格式: 韩光, 涂晓欣, 柯培锋, 等. 血浆渗透压冰点下降法与不同公式法之间比对[J]. 国际检验医学杂志, 2019, 40(2): 184-187.

浆渗透压转换为日常基础检测项目,就需要对血浆渗透压进行分析和评估。另一方面,由于计算项目不增加医疗成本,在日常基础检测的同时获取患者的血浆渗透压,不仅降低了患者的医疗费用,也能快速获得患者的血浆渗透压的结果,为患者的诊疗提供有力支持。

渗透压的常见计算公式有很多,以 $2(C_{Na} + C_K) + C_{Urea} + C_{Glu}$ (Na 为钠, K 为钾, Urea 为尿素, Glu 为葡萄糖) 最为常见^[2], 不同的公式所用到的变量不同,造成不同公式计算值也不相同。本文将冰点下降法测得的渗透压结果与文献中常用的 16 个计算渗透压的公式的计算结果进行比较,以阐明计算结果与渗透压测量值符合性最好的计算公式,并利用所收集数据模拟出一个与患者的血浆渗透压较为相符的公式。

1 资料与方法

1.1 一般资料 采用回顾性数据分析研究,收集 2013 年 1 月至 2016 年 12 月在广东省中医院就诊患者 309 例,其中男 157 例,女 152 例,年龄 1~95 岁,平均 61.5 岁。

1.2 方法 采集患者静脉血,立即进行离心与检测。血浆渗透压与 K、Na、氯(Cl)、Glu、Urea 同时进行检测。血浆渗透压采用冰点下降法测量,K、Na、Cl、Glu、Urea 采用干化学法测量。仪器采用 FM-8P 全自动冰点渗透压计及强生 Vitros 5.1 全自动干化学分析仪。

1.3 常用公式 计算血浆渗透压常用的公式见表 1,公式中 C_K 、 C_{Na} 、 C_{Cl} 、 C_{Glu} 、 C_{Urea} 的单位均为 mmol/L。

表 1 计算血浆渗透压常用的公式 (mmol/L)

序号	公式
公式 1	$2C_{Na} + C_{Glu} + C_{Urea}$ ^[3]
公式 2	$2(C_{Na} + C_K) + C_{Glu} + C_{Urea}$ ^[4]
公式 3	$1.75C_{Na} + C_{Glu} + C_{Urea} + 10.1$ ^[5]
公式 4	$1.86C_{Na} + C_{Glu} + C_{Urea}$ ^[6]
公式 5	$1.86C_{Na} + C_{Glu} + C_{Urea} + 5$ ^[7]
公式 6	$1.86C_{Na} + C_{Glu} + C_{Urea} + 9$ ^[8]
公式 7	$1.86(C_{Na} + C_K) + C_{Glu} + C_{Urea} + 9$ ^[9]
公式 8	$2C_{Na} + 1.15C_{Glu} + C_{Urea}$ ^[10]
公式 9	$1.86(C_{Na} + C_K) + 1.15C_{Glu} + C_{Urea} + 14$ ^[10]
公式 10	$1.89C_{Na} + 1.38C_K + 1.03C_{Glu} + 7.45$ ^[9]
公式 11	$1.86(C_{Na} + C_K) + C_{Glu} + C_{Urea} + 10$ ^[9]
公式 12	$1.897C_{Na} + C_{Glu} + C_{Urea} + 13.5$ ^[11]
公式 13	$1.9(C_{Na} + C_K) + C_{Glu} + C_{Urea} + 5$ ^[11]
公式 14	$2(C_{Na} + C_K) + C_{Glu} + C_{Urea} + 5$ ^[12]
公式 15	$2(C_{Na} + 10)$ ^[13]
公式 16	$2(C_{Na} + C_K) + C_{Glu} + C_{Urea}$ ^[12]

1.4 统计学处理 采用配对 *t* 检验检测计算值与测量值均值的差异,采用非参数 Passing-Bablok 回归评价计算值与测量值之间的符合程度,并计算二者间差值的均值及差值的标准差,确定测量和计算渗透压这

2 个参数一致程度的平均差异。利用多元线性回归的方法来拟合关于 K、Na、Cl、Glu、Urea 5 个指标的多元一次公式,以得到与患者较为相符的血浆渗透压计算公式。统计学分析使用 SPSS19.0 和 MedCalc11.3 软件, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 常用测量值的分布情况 见表 2 及图 1。

表 2 常用测量值的分布情况 (mmol/L)

检测指标	均数	标准差
Na	143.00	12.77
K	4.16	0.61
Cl	104.84	10.94
Glu	9.38	6.38
Urea	11.62	17.55

2.2 血浆渗透压实测值与计算值 Passing-Bablok 回归 用血浆渗透压的实测值与公式计算值进行 Passing-Bablok 回归分析。*X* 表示测量值,*Y* 表示计算值,然后对公式的斜率和截距取 95% 置信区间 (95% CI),要求斜率和截距的 CI 应包含 1 和 0。结果所示公式 4、5、6、7、9、10、11、12、13 不存在比例误差和固定误差,见表 3。

表 3 血浆渗透压实测值与计算值 Passing-Bablok 回归

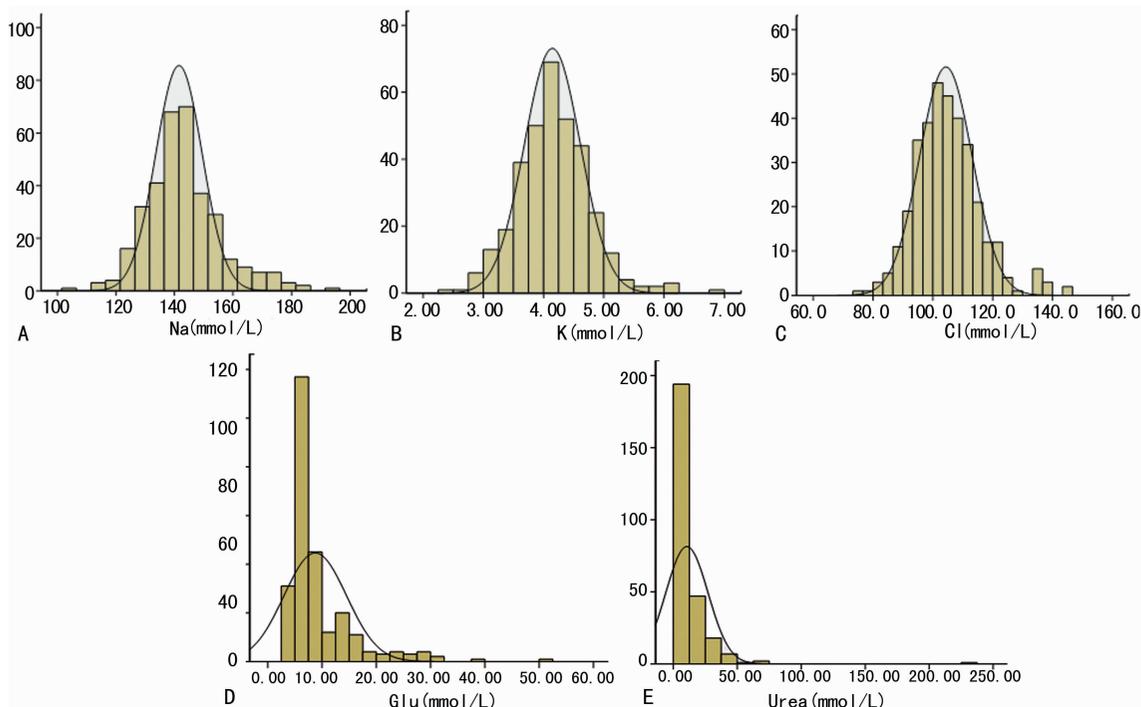
序号	线性回归公式	斜率 95% CI	常数 95% CI
公式 1	$Y = -10.26 + 1.05X$	1.01~1.08	-21.73~0.33
公式 2	$Y = -1.46 + 1.04X$	1.01~1.08	-12.23~8.56
公式 3	$Y = -8.42 + 0.95X$	0.92~0.98	-18.31~1.03
公式 4	$Y = -14.87 + 0.99X$	0.96~1.03	-25.34~4.83
公式 5	$Y = -9.87 + 0.99X$	0.96~1.03	-20.37~4.17
公式 6	$Y = -5.87 + 0.99X$	0.96~1.03	-16.37~4.17
公式 7	$Y = 2.04 + 0.99X$	0.96~1.02	-7.59~11.34
公式 8	$Y = -12.24 + 1.05X$	1.02~1.09	-24.02~1.87
公式 9	$Y = 4.50 + 1.00X$	0.97~1.03	-4.54~13.47
公式 10	$Y = -5.56 + 0.97X$	0.93~1.02	-7.48~18.91
公式 11	$Y = 3.04 + 0.99X$	0.96~1.02	-6.59~12.34
公式 12	$Y = -0.23 + 1.00X$	0.97~1.04	-10.80~9.91
公式 13	$Y = -0.55 + 1.01X$	0.97~1.04	-10.13~9.07
公式 14	$Y = 3.54 + 1.04X$	1.01~1.08	-7.23~13.56
公式 15	$Y = 60.82 + 0.82X$	0.75~0.88	42.29~80.50
公式 16	$Y = -1.33 + 1.04X$	1.01~1.08	-12.13~8.89

2.3 血浆渗透压实测值与计算值配对 *t* 检验 将血浆渗透压的实际测量值与不同公式的计算值进行配对 *t* 检验。结果显示公式 7、11、12、13、15 的计算值与测量值差异无统计学意义 ($P > 0.05$),见表 4。

2.4 利用 2013—2015 年的收集数据进行多元回归分析 利用收集数据并对数据进行多元回归线性分析,之后与原实测值进行配对 *t* 检验,取 95% CI,得出多元回归方程 A: $1.55C_{Na} + 1.89C_K + 0.36C_{Cl} + 1.14C_{Glu} + 0.96C_{Urea} + 16.29$,将回归方程 A 代入到 2016 年数据中进行验证,以回归方程 A 的计算值与实际测

量值进行配对 *t* 检验,取 95%CI,结果显示两组数据差异无统计学意义($P=0.302$);以回归方程 A 的计算值与实际测量值进行相关性分析,相关系数(r)= 0.882 , $P=0.000$,结果显示两组数据显著相关。由于渗透压主要取决于 5 种主要渗透溶质,用于渗透压计算的许多公式已经提出,正离子可以抵消负离子^[14-15],本研究使用 Na、K、Glu、Urea 4 种测量值进行回归分析,得出多元回归公式 B: $1.86C_{Na} + 2.75C_K$

$+1.16C_{Glu} + 0.92C_{Urea} + 5.77$ 。然后将回归方程 B 代入到 2016 年数据中进行验证,以回归方程的计算值与实际测量值进行配对 *t* 检验,取 95%CI,结果显示两组数据差异无统计学意义($P=0.478$);以回归方程 B 的计算值与实际测量值进行相关性分析, $r=0.886$, $P=0.000$,结果显示多元回归公式 B 计算法与实际测量值之间相关性更佳。



注:A~E 表示 Na、K、Cl、Glu、Urea 测量值

图 1 常用测量值的分布情况

表 4 血浆渗透压实测值与计算值配对 *t* 检验结果

配对 <i>t</i> 检验	差值均值	差值标准差	差值 <i>P</i> 值
实测值-公式 1	2.10	8.20	0.000
实测值-公式 2	10.48	8.02	0.000
实测值-公式 3	-23.80	7.95	0.000
实测值-公式 4	-18.06	7.92	0.000
实测值-公式 5	-13.06	7.92	0.000
实测值-公式 6	-9.06	7.92	0.000
实测值-公式 7	-1.27	7.77	0.009
实测值-公式 8	3.51	8.14	0.000
实测值-公式 9	5.14	7.72	0.000
实测值-公式 10	-3.80	11.45	0.000
实测值-公式 11	-0.27	7.77	0.575
实测值-公式 12	0.77	7.96	0.123
实测值-公式 13	0.66	7.81	0.179
实测值-公式 14	15.48	8.02	0.000
实测值-公式 15	1.91	16.37	0.063
实测值-公式 16	10.48	8.02	0.000

3 讨 论

血浆渗透压在糖尿病高渗性或非高渗性昏迷、脑

卒中、脑部创伤等疾病中的诊断及预后中有着重要的价值。血浆渗透压具有依数性,其值取决于每千克水(mOsm/kg 或 mmOsm/kg)的溶解颗粒。在正常血清或血浆中,渗透压主要取决于 5 种主要渗透溶质,其中有 3 种是离子性质(Na^+ 、 Cl^- 、 HCO_3^-),两种是非离子性质(Glu 和 Urea)^[17-18]。由于非离子性溶质的活度系数接近 1,所以它们对分子渗透压浓度的贡献等于它们的摩尔渗透压浓度,而离子性溶质的渗透压的贡献等于约 0.9 倍的离子浓度。

由于血浆中不同溶质的渗透压可以用溶质的浓度换算,所以整体血浆渗透压也可以用不同溶质的浓度来换算,相应的渗透压公式也被提出和应用。而且在临床应用中发现,利用公式来计算血浆渗透压相对于直接测量血浆渗透压更为方便、快捷。

国内外报道了许多用于血浆渗透压的计算公式^[3-12],较为常见的是文中引用的 16 个计算公式。首先要采用 Passing-Bablok 分析评价血浆渗透压的实际测量值与测量值之间是否存在相应的比例误差或固定误差。以实际测量值为 *Y* 值,不同公式的计算值为 *X* 值,采用线性回归,对不同公式的斜率及常数做

95%CI,如果斜率及常数 CI 内分别包含了 1 和 0,那么认为两组数据不存在比例误差和固定误差。结果显示公式 4、5、6、7、9、10、11、12、13 的计算值和测量值之间不存在比例误差和固定误差,而公式 1、2、3、8、14、16 存在系统误差,公式 15 存在较大的系统误差和固定误差。之后对血浆渗透压不同公式的计算值和实际测量值进行配对 *t* 检验,采用 95%CI,结果显示公式 11、12、13、15 的计算值与测量值差异无统计学意义。综合考虑 Passing-Bablok 回归分析结果及两组数据的 *t* 检验结果,显示公式 11 的计算结果和实际测量值最为接近。这与 KHAJURIA 等^[10]推荐的公式相符合。

4 结 论

陈小剑等^[12]指出,在没有渗透浓度测定仪器时,可以通过公式计算出血液渗透浓度值。目前常用公式的建立都来自于国外人群,其使用的公式对于中国人群是否适用未可知,通过本文的评价,公式 1.86(C_{Na}+C_K)+C_{Glu}+C_{Urea}+10 比较适合中国人群,可以初步用来计算中国人血浆渗透压。同时本文利用数据进行多元回归分析所得出的方程 B:1.86C_{Na}+2.75C_K+1.16C_{Glu}+0.92C_{Urea}+5.77。该公式患者数据包含了正常范围外的血浆渗透压,一定程度上弥补了使用健康人数据的局限性,公式使用的外推性需要更多的数据加以进行验证。

参考文献

[1] HEAVENS K R, KENEFICK R W, CARUSO E M, et al. Validation of equations used to predict plasma osmolality in a healthy adult cohort[J]. *Am J Clin Nutr*, 2014, 100(5):1252-1256.

[2] MARTIN-CALDERON J L, BUSTOS F, TUESTA-REINA L R, et al. Choice of the best equation for plasma osmolality calculation: comparison of fourteen formulae[J]. *Clin Biochem*, 2015, 48(7/8):529-533.

[3] WORTHLEY L I, GUERIN M, PAIN R W. For calculating osmolality the simplest formula is the best[J]. *Anaesth Intensive Care*, 1987, 15:199-202.

[4] GERICH J E, MARTIN M M, RECENT L. Clinical and metabolic characteristics of hyperosmolar non-ketonic coma[J]. *Diabetes*, 1971, 20:228-235.

[5] EDELMAN I S, LEIBMAN J, O'MEARA M P, et al. In-

terrelations between sodium concentration, serum osmolality and total exchangeable potassium and total body-water[J]. *J Clin Invest*, 1958, 37:1236-1256.

[6] GLASSER L, STERNGLANZ P D, COMBLE J, et al. Serum osmolality and its applicability to drug overdose[J]. *Am J Clin Pathol*, 1973, 60:695-699.

[7] BOYD D R, BAKER R J. Osmometry: a new bedside laboratory aid for the management of surgical patients[J]. *Surg Clin North Am*, 1971, 51:241-250.

[8] DORWART W, CHALMERS L. Comparison of methods for calculating serum osmolality from chemical concentrations, and the prognostic value of such calculations[J]. *Clin Chem*, 1975, 21(2):190-194.

[9] BHAGAT C, GARCÍA-WEBB P, FLETCHER E, et al. Measured osmolalities revisited[J]. *Clin Chem*, 1984, 30(10):1703-1705.

[10] KHAJURIA A, KRAHN J. Osmolality revisited-deriving and validating the best formula for calculated osmolality [J]. *Clin Biochem*, 2005, 38(6):514-519.

[11] RASOULI M, KALANTARI K R. Comparison of methods for calculating serum osmolality: multivariate linear regression analysis[J]. *Clin Chem Lab Med*, 2005, 43(6):635-640.

[12] 陈小剑, 刘彩霞, 丁红香, 等. 三种渗透压计算公式的相关关系[J]. *江西医学检验*, 2004, 22(2):164-165.

[13] 沈兴鹤. 慢性肺心病并发低渗血症 61 例临床分析[J]. *河北医学*, 1999, 5(11):20-22.

[14] 关颖, 冯立群. 急性脑卒中与血浆渗透压水平关系的临床研究[J]. *中国全科医学*, 2012, 15(20):2280-2282.

[15] FAZEKAS A S, FUNK G C, KLOBASSA D S, et al. Evaluation of 36 formulas for calculating plasma osmolality[J]. *Intensive Care Med*, 2013, 39(2):302-308.

[16] 崔海彬, 崔速南, 汪明明, 等. 血浆渗透压评分对肝肾综合征的预后评价[J]. *山东大学学报(医学版)*, 2011, 49(6):103-106.

[17] 吴晓谦. 55 例 DKA 病人入院时意识状态与血浆渗透压平均值的关系[J]. *中华现代内科学杂志*, 2008, 5(8):706-707.

[18] 卢钦安, 刘杉, 胡宝森. 糖尿病非酮症高渗性昏迷患者的预后与有效渗透压的关系[J]. *临床急诊杂志*, 2008, 9(1):38-39.

(收稿日期:2018-06-12 修回日期:2018-09-16)

(上接第 183 页)

[12] 李凤巧. IGF-1、IGFBP-1 的检测对 PCOS 不孕的表达 [J]. *世界最新医学信息文摘*, 2015, 15(22):134-135.

[13] 刘梅梅, 丁慧, 尹晓静, 等. 多囊卵巢综合征患者血清血管内皮生长因子、内皮抑素水平及对卵巢间质血流的影响研究[J]. *中国全科医学*, 2017, 20(4):448-453.

[14] 刘小惠, 吴小华. 血管内皮生长因子在女性生殖生理和病理中的研究进展[J]. *现代妇产科进展*, 2017, 26(3):231-234.

[15] VITAL-REYES V S, LOPEZ-ALARCÓN M G, INDA-

ICAZA P, et al. Subtle metabolic alterations in adolescents with obesity and polycystic ovarian syndrome[J]. *Gac Med Mex*, 2017, 153(Suppl 2):S34-41.

[16] TESSARO I, MODINA S, LODDE V, et al. Ultra-low doses of follicle stimulating hormone and progesterone attenuate the severity of polycystic ovary syndrome features in a hyperandrogenized mouse model[J]. *J Reprod Infertil*, 2017, 18(3):288-297.

(收稿日期:2018-07-04 修回日期:2018-10-20)