# 胶体渗透压的影响因素、测量方法及临床应用

冯再明[1],吕 波[2]
(1.南方医科大学第二临床医学院,广东 广州 510000;
2.广东省人民医院全科医学科,广东 广州 510000)

**摘要**:胶体渗透压是血浆及组织渗透压的重要组成成分,由白蛋白、球蛋白、纤维蛋白等大分子物质形成,在调节血管内外水平衡及维持血浆容量方面起重要作用。近年来越来越多研究关注到胶体渗透压在组织水肿、外科手术、休克治疗过程中的重要作用,其数值受多种因素影响,监测胶体渗透压的变化可能是预测患者预后及指导临床治疗中液体管理的重要手段。本文就胶体渗透压的影响因素、测量方法及其在临床的应用等几方面作一综述,以期为临床治疗多种疾病提供参考。

**关键词**:胶体渗透压;白蛋白;血容量;液体管理
**中图分类号**:R631+.4 **文献标识码**:A **DOI**:10.3969/j.issn.1006-1959.2022.16.040
**文章编号**:1006-1959(2022)16-0155-04

## Influence Factors, Measurement Methods and Clinical Application of Colloid Osmotic Pressure

FENG Zai-ming[1],LYU Bo[2]
(1.The Second Clinical Medical College of Southern Medical University,Guangzhou 510000,Guangdong,China;
2.Department of General Practice,Guangdong Provincial People´s Hospital,Guangzhou 510000,Guangdong,China)

**Abstract**:Colloidal osmotic pressure is an important component of plasma and tissue osmotic pressure, which is formed by macromolecules such as albumin, globulin and fibrin, and plays an important role in regulating the internal and external water balance of blood vessels and maintaining plasma volume. In recent years, more and more studies have paid attention to the important role of colloid osmotic pressure in tissue edema, surgical operation and shock treatment, and its value is affected by many factors. Monitoring the change of colloid osmotic pressure may be an important means to predict the prognosis of patients and guide fluid management in clinical treatment. This paper reviews the influencing factors, measurement methods and clinical application of colloid osmotic pressure in order to provide reference for clinical treatment of various diseases.

**Key words**:Colloidal osmotic pressure;Albumin;Plasma volume;Liquid management

液体管理(liquid management)是临床治疗的一项重要内容,液体超载与预后不良几乎呈线性相关[1]。治疗前 3 d 的正平衡与死亡率相关,正平衡液体量每增 1 L 使死亡率增加 19%[2]。如何做好外科手术、脓毒症、神经重症等患者的液体管理备受关注,深入了解其病理生理机制及影响因素,可为临床治疗提供参考。经典的 starling 模式中血液和组织间的液体流动由微血管内外静水压力和胶体渗透压(COP)决定。COP 与临床液体管理密不可分,血浆 COP 和组织液 COP 共同维持血管内外水平衡。COP 与多种疾病并发症相关,包括肺水肿、脑水肿、腹水、急性肾损伤等,监测 COP 变化可能提示患者的预后及液体管理情况。现就 COP 的影响因素、测量方法及其临床应用作一综述。

## 1 COP 值的影响因素

### 1.1 血浆蛋白

1.1.1 白蛋白 血浆白蛋白约占总蛋白的 50%,故白蛋白浓度的变化对血浆 COP 的影响最大。健康人输注 20%白蛋白可提高血浆 COP 及血容量[3],1 g 白蛋白可在血管内腔容纳 18 ml 液体,而 1 g/dl 血浆白蛋白浓度可产生约 5.54 mmHg 的 COP[4]。血浆 COP 除了与白蛋白数量相关,还与其性质相关,在血浆的体外研究中氧化状态的白蛋白会增加血浆 COP,并高于在体内的预测水平[5]。

临床上血浆蛋白升高较少见,可见于严重溶血、高丙种球蛋白血症、血液浓缩等,另外高蛋白饮食、生长激素、糖皮质激素、胰岛素等也可促进肝脏合成蛋白[6]。但血浆蛋白降低常见,国内有针对部分地区健康体检的高龄老年人血清蛋白浓度统计显示,低蛋白血症患病率约 18.4%[7]。在严重感染、创伤、大手术等炎症急性期,白蛋白浓度不同程度下降,是一种负性蛋白,与合成减少、分解代谢及血管通透性增加相关[8]。肾病综合征、胃肠道疾病等可造成白蛋白丢失至体外,而烧伤、脓毒血症等可导致白蛋白丢失至血管外,两者均会致血清白蛋白含量下降。由于白蛋白降低,其维持 COP 的作用减弱,重症患者中甚至有从 80%降至 17%[9]。白蛋白除具有维持胶体渗透压、抗氧化、运输物质、免疫调节和抗炎等作用外,其两性性质还可抵制多糖萼退化,维持血管完整性[10]。毛细血管通透性、COP 与白蛋白相互影响,血浆 COP 参与白蛋白的调控。输注外源性胶体提高血浆 COP 可抑制白蛋白合成,可能与基因转录相关[5,6]。

1.1.2 球蛋白和纤维蛋白 正常生理状态下,球蛋白、纤维蛋白占比较低,对维持 COP 作用较小。有研究表明[11],增加 100 mg/dl 纤维蛋白原或 1 g/dl IgG 分别只增加 0.1 和 1.26 mmHg COP。但疾病状态下,这种比例会发生改变。重症患者急性炎症反应期球蛋白水

作者简介:冯再明(1993.10-),男,广东茂名人,硕士研究生,住院医师,主要从事神经重症方向研究
通讯作者:吕波(1975.7-),男,山东济南人,博士,主任医师,主要从事神经重症方向研究

平可迅速上升，从而部分抵消因白蛋白水平下降引起 COP 水平降低，而纤维蛋白亦为重症患者 COP 的重要影响因素。因此，球蛋白和纤维蛋白水平对危重患者 COP 的贡献可能大于正常人或普通患者[12]。

1.2 血管通透性　经典 starling 模式中，血液和组织之间的液体运动是由微血管内的血浆和微血管外的液体之间的流体静压和胶体渗透压的差异决定的，经典 starling 方程：$JV=K(\triangle P-\sigma\triangle\Pi)$，其中 JV 是液体滤过率，$\triangle P$ 是穿过微血管壁的流体静压差，$\triangle\Pi$ 是胶体渗透压差，σ 是斯塔弗曼反射系数。由于斯塔林认为微血管壁对血浆蛋白是完全不透水的，所以该假设中 $\sigma=1$，该方程今天仍然有效，特别在血脑屏障中，甘露醇的反射系数 σ 和白蛋白的反射系数 σ 接近 1[13]。越来越多证据表明血浆蛋白等大分子可以通过微血管渗透至组织间质中，所以经典 starling 原理需要修正，方程式中 $\triangle\Pi$ 并不是血浆与组织间质之间 COP 差，而是血浆与亚糖萼空间之间 COP 差[14]。

糖萼是一个动态而复杂的生化结构，由蛋白聚糖、糖蛋白和可溶性蛋白组成，是血管内皮表层（ESL）重要成分。在生理条件下，糖萼作为屏障阻止白蛋白和其他循环血浆成分（主要是其他蛋白）穿过内皮细胞，是毛细血管通透性的主要决定因素[15]。透明质酸、肝素、白蛋白、抗凝血酶补充剂的使用可保护糖萼，在病理状态下，内皮糖萼的脱落和合成受限可增加血管通透性，导致间质液体移位及水肿[16]。在动脉粥样硬化、感染、缺血/再灌注损伤、糖尿病、创伤和急性肺损伤等病理状态下，产生各种炎症损伤因子，如活性氧和氮、基质金属蛋白酶、肝素酶和唾液酸酶等，破坏 ESL 的完整性，毛细血管通透性增加，从而血浆蛋白外渗，COP 发生改变[17]。

## 2 COP 的测量方法

2.1 间接测量法　间接测量法主要为公式计算法。Schneditz D 等[18]探讨血液透析器中 COP 与静水压之间关系时提出通过测量静水压与血流量来计算斜率与截距，可间接得到动态 COP 数值。Ookawara S 等[19]通过实测 COP 值提出新公式：COP=-7.91+5.64×白蛋白（g/dl）+3.00×非白蛋白（g/dl），比单独的应用白蛋白方程更合理。Kish JL 等[20]在动物模型中通过计算白蛋白与球蛋白浓度提出动物 COP 值回归方程。不同研究团队提出不同间接测量 COP 的公式，但病理状态下机体常伴有蛋白成分比例、毛细血管通透性改变及输注胶体人工胶体，公式推算 COP 值与实际存在相差，随着技术的发展，建议采用直接测量 COP。

2.2 直接测量法　目前常用的有美国 WESCOR4420 型胶体渗透压仪及德国 BMT-923 胶体渗透压测定仪，可直接对全血等生物流体进行测量，不需特殊处理标本[21,22]。Fadnes HO 等[23]最先提出灯芯法采样间质液测量间质蛋白浓度及 COP，在动物模型中进行了广泛评估。有研究通过人体试验提出在取材部位加用局部麻醉乳膏的改良灯芯法，并证实表面麻醉尽管影响毛细血管扩张，但不影响间质 COP 测量，该技术更易被包括儿童在内的受试者接受，通过改良灯芯法得出 2~10 岁健康儿童的间质 COP 平均值为（13.9±3.5）mmHg，与成人间质 COP 相当[24]。但由于目前获取间质液的方法属于有创操作，临床上难以广泛应用，组织液 COP 的作用需更多研究来证实。

## 3 COP 的应用

3.1 在外科手术中的应用　输液是纠正低血容量休克和维持血流动力学稳定的有效方法，但输液后的血液稀释可能带来液体超载、水肿、血液制品的不当使用等副作用，无论经典 starling 模式还是修正后 starling 模式，胶体渗透压都参与血浆和组织之间的液体流动[25]，通过监测 COP 可指导临床治疗。有研究指出[26]，需手术治疗的复杂先天性心脏畸形的新生儿与儿科患者其术前基线 COP 低，并与生存率与呼吸机使用时间显著相关。国内在针对婴幼儿体外循环围手术期 COP 浓度与氧合功能关系的研究，指出与 COP 在 10~15 mmHg 及 COP 大于 18 mmHg 组相比，手术中将 COP 维持在 16~18 mmHg 组末梢循环、氧合功能及呼吸功能更好[27]。在成人中也有研究发现血浆 COP 可作为成人心脏手术血液稀释程度的监测指标，将 COP 维持在 15 mmHg 以上组和 15 mmHg 以下组，前者重症监护时间、血制品使用量、输液总量更少，水肿程度更低[28]。

监测间质 COP 也有临床意义，Indrebø M 等[29]通过灯芯法测量房间隔缺损患儿术前间质 COP 基线值低于正常儿童，在体外循环手术期间血浆 COP 与间质 COP 之间梯度差的降低增加心包积液形成的风险，术后通过增加 COP 的梯度可预防水肿的形成。另外魏少平等[30]研究发现在脊椎手术中常因大量失血和自体血回输可导致血浆 COP 水平的显著降低，通过密切监测 COP 水平的变化及必要时补充异体血浆或白蛋白，可明显改善肺氧合功能及肺顺应性。淋巴囊肿是器官移植后典型的并发症之一，Pacovsky J 等[31]研究发现血浆 COP 作为疾病辅助因子在移植术后淋巴囊肿的发病机制中发挥作用，与其影响淋巴液回流有关，此可作为预防并发症的切入点。外科手术的预后，与患者基础疾病、年龄、手术方式、手术时间、术中输液量等多种因素相关，通过监测 COP 可减少相应并发症及改善预后。

3.2 在急危重症中的应用　目前临床上评估危重患者病情严重程度的手段，包括急性生理与慢性健康评分（APACHE-Ⅱ评分）、全身性感染相关性器官功能衰竭评分（SOFA 评分）、多器官功能障碍评分（MODS 评分）等。危重患者常由于蛋白合成降低、蛋白的流失及毛细血管渗透率的增加，引起蛋白质血

管内外分布改变,必然伴有 COP 的波动变化。有相关的研究探讨了 COP 与疾病严重程度及预后的相关性。Tonnesen AS 等[32]研究证实,血浆 COP 与存活率直接相关,但具体机制未进一步阐述。Blunt MC 等[9]针对 145 例重症患者的研究发现死亡组和生存组的血浆 COP 值无统计学差异。以上两个研究得出相反的结论,可能与样本量及治疗过程中大量使用胶体液体有关。吴彩军等[33]回顾性分析了 1568 例患者血浆 COP 与总渗透压对病死率的影响,证实血浆 COP 与预后具有相关性。COP 也被应用于危重患儿的研究,Guthe HJT 等[34]监测新生儿缺血缺氧性脑病在低温治疗期间不同时间点血浆 COP 与间质 COP 均比健康患儿低,两者同时下降是低温治疗预防水肿的机制之一,两者梯度差的研究为患儿水肿的预防及治疗提供新切入点。

COP 除了用于预后评估,还可作为病情进展的标志。研究显示[35],低 COP 对判断创伤严重程度有重要价值,是损伤和失血性休克的早期指标。监测中心静脉压、乳酸、平均动脉压、尿量及中心静脉血氧饱和度等是脓毒症早期液体复苏过程主要观察指标[36]。以上监测指标常被用于早期目标导向治疗,但因缺乏个性化治疗,使用不足或过度都可能产生不利影响[37]。脓毒性休克在血浆 COP 指导下行早期液体复苏能降低 ICU 住院时间及机械通气时间 [38],提示其可用于指导脓毒症的早期液体复苏。重症患者常伴有全身炎症反应综合征,引起肺血管通透性改变,甚至进展成急性呼吸窘迫综合征(ARDS),在百草枯中毒患者尤为常见,有研究指出入院监测血浆 COP 水平并与 ALB 或是毛细血管渗漏指数联合应用,可早期诊断 ARDS 及预测 21 d 死亡风险[39]。

3.3 其他临床应用 肾病综合征患者由于蛋白经肾丢失,导致血浆及组织液 COP 降低,前者下降带来 COP 梯度差,一定程度上被后者的下降所抵消,防止液体从血浆转移到间质。因此,早期血容量可能正常甚至稍增加,但这种补偿是有限的,当血浆 COP<10 mmHg 或蛋白质丢失过快,血容量就会减少[40]。COP 测量也用于神经系统和心血管疾病。Ikeda K 等[41]针对 COP 与蛛网膜下腔出血后脑血管痉挛相关性的研究中指出,血浆 COP 水平的显著降低预示着脑血管痉挛的发生,COP 的测量可以作为有用的监测手段。液体超负荷常诱发急性心力衰竭,Massari F 等[42]通过应用生物阻抗矢量分析证明血浆 COP 与脑利尿肽、电解质、血红蛋白等相比,前者是外周液体负荷存在的主要因素,未来的研究应评估 COP 与急性心力衰竭患者液体管理的药理学靶向治疗之间的关系。

COP 变化也会影响药物作用。实体肿瘤由于肿瘤细胞坏死分解、分泌蛋白及细胞外基质增多,其间质 COP 与肿瘤间质液体压力均升高,后者阻碍治疗药物进入肿瘤组织,降低药物疗效[43]及肿瘤间质液体压力,可提高药物疗效。Hofmann M 等[44]通过将白蛋白与化疗药物联合使用以增加血浆 COP,可在数小时内降低肿瘤间质液压力,增加大分子治疗性物质进入肿瘤间质,抑制肿瘤的生长。还有研究显示,血液制品浓度和存储损失对 COP 也会产生一定的影响[45],提示检测 COP 能了解血液制品的状态。

## 4 总结

虽然近年来在修正的 starling 模式中指出 COP 梯度差是指血浆与亚糖萼空间之间,而非血浆与组织液之间,但不否认 COP 仍在维持血管内外水平衡中发挥重要作用。COP 值受多种因素影响,为减少公式带来的误差,有条件医院建议应用血浆胶体渗透压仪直接测量 COP。病理状态下普遍存在低蛋白血症及血管通透性的改变导致血浆 COP 与间质 COP 的变化,不利于器官功能的维持并提示预后不良。COP 在外科手术、重症患者监护、神经系统疾病等治疗中发挥重要作用,但目前欠缺更多高质量证据的研究支持,仍需更多的深入研究,评估 COP 与各类疾病预后的相关性,进而指导临床治疗。

## 参考文献:

[1]Schley G,Willam C.Intravascular space contracted -tissue space expanded:interstitial edema and fluid management in intensive care medicine[J].Med KlinIntensivmed Notfmed,2021,116(8):665-671.

[2]Messmer AS,Zingg C,Müller M,et al.Fluid Overload and Mortality in Adult Critical Care Patients- Systematic Review and Meta -Analysis of Observational Studies* [J].Crit Care Med,2020,48(12):1862-1870.

[3]Zdolsek M,Hahn RG,Zdolsek JH.Recruitment of extravascular fluid by hyperoncotic albumin[J].Acta Anaesthesiol Scand,2018,62(9):1255-1260.

[4]Raimann JG,Tzamaloukas AH,Levin NW,et al.Osmotic Pressure in Clinical Medicine with an Emphasis on Dialysis[J].Semin Dial,2017,30(1):69-79.

[5]Wada Y,Takeda Y,Kuwahata M.Potential Role of Amino Acid/Protein Nutrition and Exercise in Serum Albumin Redox State[J].Nutrients,2018,10(1):17.

[6]Chien SC,Chen CY,Lin CF,et al.Critical appraisal of the role of serum albumin in cardiovascular disease[J].Biomark Res,2017,5(1):31.

[7]衣鲁江,蒋理.南京地区高龄老年人低蛋白血症及贫血患病率的初步调查[J].中华老年医学杂志,2020,39(2):220-223.

[8]Jäntti T,Tarvasmäki T,Harjola VP,et al.Hypoalbuminemia is a frequent marker of increased mortality in cardiogenic shock [J].PLoS One,2019,14(5):e217006.

[9]Blunt MC,Nicholson JP,Park GR.Serum albumin and colloid osmotic pressure in survivors and nonsurvivors of prolonged critical illness[J].Anaesthesia,1998,53(8):755-761.

[10]Aldecoa C,Llau JV,Nuvials X,et al.Role of albumin in the preservation of endothelial glycocalyx integrity and the microcir-

culation: a review[J].Ann Intensive Care,2020,10(1):85.
[11]Michelis R,Sela S,Zeitun T,et al.Unexpected Normal Colloid Osmotic Pressure in Clinical States with Low Serum Albumin[J]. PLoS One,2016,11(7):e159839.
[12]黄鹂,艾宇航.重症患者全血胶体渗透压影响因素的研究[J].中南大学学报(医学版),2014,39(4):401-407.
[13]Woodcock TE,Michel CC.Advances in the Starling Principle and Microvascular Fluid Exchange; Consequences and Implications for Fluid Therapy[J].Front Vet Sci,2021,8:623671
[14]Michel CC,Woodcock TE,Curry FE.Understanding and extending the Starling principle [J].Acta Anaesthesiol Scand,2020,64(8):1032-1037.
[15]Yilmaz O,Afsar B,Ortiz A,et al.The role of endothelial glycocalyx in health and disease[J].Clin Kidney J,2019,12(5):611-619.
[16]Pillinger NL,Kam P.Endothelial glycocalyx: basic science and clinical implications[J].Anaesth Intensive Care,2017,45(3):295-307.
[17]Sieve I,Münster-Kühnel AK,Hilfiker-Kleiner D.Regulation and function of endothelial glycocalyx layer in vascular diseases[J]. Vascul Pharmacol,2018,100:26-33.
[18]Schneditz D,Sarikakis G,Kontodima M,et al.The Influence of Colloid Osmotic Pressure on Hydrostatic Pressures in High- and Low-Flux Hemodialyzers[J].Artif Organs,2018,42(5):525-532.
[19]Ookawara S,Sato H,Takeda H,et al.Method for Approximating Colloid Osmotic Pressure in Long - Term Hemodialysis Patients[J].TherApher Dial,2014,18(2):202-207.
[20]Kish JL,Mc Guirk SM,Friedrichs KR,et al.Defining colloid osmotic pressure and the relationship between blood proteins and colloid osmotic pressure in dairy cows and calves [J].J Vet Emerg Crit Care (San Antonio),2016,26(5):675-681.
[21]吕蔓蔓,杨辉,柴小青,等.目标导向液体治疗下不同输液方案对颅脑手术病人胶体渗透压及预后的影响[J].临床外科杂志,2018,26(1):68-71.
[22]张建中,赵聚钊,薛玉良,等.6%羟乙基淀粉 130/0.4 用于心脏手术患儿急性血液稀释后血管外渗漏的发生情况[J].中华麻醉学杂志,2017,37(7):810-812.
[23]Fadnes HO,Aukland K.Protein concentration and colloid osmotic pressure of interstitial fluid collected by the wick technique: analysis and evaluation of the method [J].Microvasc Res, 1977,14(1):11.
[24]Guthe HJ,Indrebø M,Nedrebø T,et al.Interstitial fluid colloid osmotic pressure in healthy children [J].PLoS One,2015,10(4):e122779.
[25]Woodcock TE.Misconceptions About the Starling Principle as Applied to Fluid Therapy[J].Anesth Analg,2021,133(3):e19.
[26]Crook R,Issitt R.Oncotic pressure and paediatric cardiopulmonary bypass:establishing baseline data for complex congenital cardiac surgery and its relation to risk stratification[J].Perfusion, 2017,32(5):378-382.
[27]武婷,史国宁,陈彭,等.婴幼儿体外循环心脏术中不同胶体渗透压水平影响末梢循环及氧合功能的研究[J].中华胸心血管外科杂志,2017,33(2):98-102.
[28]Chores JB,Holt DW.Colloid Oncotic Pressure, Monitoring its Effects in Cardiac Surgery [J].J Extra Corpor Technol,2017,49(4):249-256.
[29]Indrebø M,Berg A,Holmstrøm H,et al.Fluid accumulation after closure of atrial septal defects: the role of colloid osmotic pressure[J].Interact Cardiovasc Thorac Surg,2018,26(2):307-312.
[30]魏少平,杨改生,陶天柱,等.骨科脊柱患者术中自体血液回输对血浆胶体渗透压和肺功能的影响 [J]. 中国输血杂志,2017,30(11):1253-1258.
[31]Pacovsky J,Hyspler R,Husek P,et al.Colloid Osmotic Pressure Participates on the Post-transplant Lymphocele Pathogenesis[J]. Transplant Proc,2018,50(10):3422-3425.
[32]Tonnesen AS,Gabel JC,Mc Leavey CA.Relation between lowered colloid osmotic pressure, respiratory failure, and death[J]. Crit Care Med,1977,5(5):239-240.
[33]吴彩军,李春盛.血浆胶体渗透压对危重症患者预后的意义[J].中华急诊医学杂志,2008,17(7):735-737.
[34]Guthe HJT,Nedrebø T,Damås JK,et al.Transcapillary fluid flux and inflammatory response during neonatal therapeutic hypothermia: an open, longitudinal, observational study [J].BMC Pediatr,2018,18(1):82.
[35]Rahbar E,Baer LA,Cotton BA,et al.Plasma colloid osmotic pressure is an early indicator of injury and hemorrhagic shock[J]. Shock,2014,41(3):181-187.
[36]Evans L,Rhodes A,Alhazzani W,et al.Surviving sepsis campaign: international guidelines for management of sepsis and septic shock 2021[J].Intensive Care Med,2021,47(11):1181-1247.
[37]Virág M,Leiner T,Rottler M,et al.Individualized Hemodynamic Management in Sepsis[J].J Pers Med,2021,11(2):157.
[38]郑松华.基于血浆胶体渗透压指导的目标导向治疗感染性休克的临床效果[J].临床合理用药杂志,2020,13(32):157-158.
[39]崔文华,宋林超,韩翡.ALB 和 COP 及 CLI 在百草枯中毒合并 ARDS 诊断及预后的意义[J].临床急诊杂志,2020,21(7):576-580.
[40]Koomans HA.Pathophysiology of oedema in idiopathic nephrotic syndrome [J].Nephrol Dial Transplant,2003,18(90006):30v-32v.
[41]Ikeda K,Ikeda T,Suzuki H,et al.Colloid osmotic pressure (COP) can be a good indicator of occurrence of vasospasm following subarachnoid hemorrhage (SAH)[J].Med Sci Monit,2003,9(2):R43-R47.
[42]Massari F,Scicchitano P,Iacoviello M,et al.Serum biochemical determinants of peripheral congestion assessed by bioimpedance vector analysis in acute heart failure [J].Heart Lung,2019,48(5):395-399.
[43]Böckelmann LC,Schumacher U.Targeting tumor interstitial fluid pressure: will it yield novel successful therapies for solid tumors?[J].Expert Opin Ther Targets,2019,23(12):1005-1014.
[44]Hofmann M,Mc Cormack E,Mujic M,et al.Increased Plasma Colloid Osmotic Pressure Facilitates the Uptake of Therapeutic Macromolecules in a Xenograft Tumor Model [J].Neoplasia, 2009,11(8):812-822.
[45]Klanderman RB,Bosboom JJ,Korsten H,et al.Colloid osmotic pressure of contemporary and novel transfusion products[J].Vox Sang,2020,115(8):664-675.

收稿日期:2021-11-05;修回日期:2021-12-20
编辑/肖婷婷