

## 醋酸钠林格液围手术期临床应用专家共识

马宇(执笔人) 王天龙 王英伟 王国林 邓小明(负责人) 左云霞 米卫东 李文志 郭向阳 郭曲练 赵国庆 姚尚龙 曾因明 董海龙 鲁开智

200433 上海,海军军医大学长海医院(马宇、邓小明);100053 北京,首都医科大学宣武医院(王天龙);200040 上海,复旦大学附属华山医院(王英伟);300052,天津医科大学总医院(王国林);610042 成都,四川大学华西医院(左云霞);100853 北京,解放军总医院(米卫东);150001,哈尔滨医科大学附属第二医院(李文志);100191,北京大学第三医院(郭向阳);410008 长沙,中南大学附属湘雅医院(郭曲练);130033 长春,吉林大学中日联谊医院(赵国庆);430022 武汉,华中科技大学同济医学院附属协和医院(姚尚龙);221004,徐州医科大学(曾因明);710032 西安,空军军医大学西京医院(董海龙);400038 重庆,陆军军医大学西南医院(鲁开智)

通信作者:邓小明,Email: deng\_x@yahoo.com

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4378.2018.01.001

成年人体内的水分约占体重的 60%,主要分布于细胞内间隙与细胞外间隙。分布于细胞内间隙的体液构成细胞内液(intracellular fluid, ICF),约占体重的 40%。分布于细胞外间隙的体液为细胞外液(extracellular fluid, ECF),约占体重的 20%。ECF 分布于两个功能区域:① 血管内,构成血管内液即血浆,约占体重的 5%;② 细胞间,构成细胞间液即组织液,约占体重的 15%。ECF 与 ICF 的水分在血管内外、细胞内外之间的平衡遵循:渗透原理即等渗定律,电中性原则即细胞内外、血管内外溶液阴阳离子总数必须维持净电荷为零,酸碱平衡及半透膜效应。ECF 与 ICF 呈相对隔离、动态分布。水与电解质的量与分布、体液的酸碱平衡与渗透状态以及蛋白阴离子构成的平衡状态对生命机能的维持至关重要,是人体内稳态的重要基础<sup>[14]</sup>。

液体治疗是指通过补充或限制某些液体以能纠正体液平衡失常或维持体液平衡的治疗方法。目前越来越多的研究证明液体治疗时液体种类和输液量的不同可直接影响患者的水、电解质、酸碱、渗透、凝血功能及肝肾功能状态,从而影响康复过程和预后。临床液体治疗所用的两大类液体为胶体液和晶体液。晶体液输注后仅约 20%存留于血管内,80%迅速进入组织间隙,故其主要用于补充功能性 ECF 容量。临床液体治疗的关键是个体化治疗方案和液体种类优选,液体制剂的正确选择应基于患者生理需

要与病理生理改变,此外,还受临床医师的个人经验和医疗市场所能提供的液体种类等综合因素制约。正确的个体化液体治疗可通过调整 ECF,改善患者全身体液状况,从而加速患者康复,这是临床治疗学的重要组成部分<sup>[5-6]</sup>。围手术期液体治疗的目的是避免脱水,维持有效血容量,并防止组织灌注不足。

### 1 晶体液的临床应用史

#### 1.1 最早的细胞外液制剂——生理盐水、林格液

1831 年 Thomas Latta 应用电解质溶液治疗霍乱患者,该电解质溶液组成是  $\text{Na}^+$  109.5 mmol/L、 $\text{Cl}^-$  85.5 mmol/L 及  $\text{HCO}_3^-$  24 mmol/L<sup>[7]</sup>。1883 年 Sydney Ringer 开始研究并主张在生理盐水中添加钾、钙等离子治疗脱水,称林格液。但生理盐水与林格液均未能解决的一个重要问题是:制剂中缺乏对酸碱平衡具有重要调节作用的缓冲碱。

#### 1.2 乳酸林格液

在 20 世纪初,临床医师认识到霍乱患者在严重脱水的同时往往伴发严重的代谢性酸中毒,而生理盐水与林格液均缺乏对酸碱平衡具有调节作用的缓冲碱。当时由于受制剂生产技术限制,无法在林格液中加入碳酸氢钠。直到 1932 年, Hartmann 在林格液中加入乳酸钠,乳酸通过代谢可间接地产生碳酸氢根缓冲碱而达到酸碱平衡调节目的,称为

乳酸林格液。但乳酸林格液 pH 仅为 6.5, 渗透浓度为 273 mOsm/L, 当乳酸盐不能完全离子化时渗透浓度仅为 255 mOsm/L, 故不宜用于严重颅脑损伤、脑水肿和严重肝功能受损患者。目前市售的乳酸林格液是含有人工合成的左旋与右旋乳酸根的林格溶液; 人体代谢中产生左旋乳酸根, 而不会产生右旋乳酸根; 所以乳酸林格液中的非生理性右旋乳酸根除了更依赖于肝肾代谢外, 是否会诱发人体特别是危重病患者的肝、肺等重要脏器细胞凋亡也值得研究<sup>[8]</sup>。同时乳酸根代谢缓慢, 输入后大约需要 60 min 才能代谢产生碳酸氢根发挥缓冲碱作用。因此, 在围手术期危重患者尤其是肝功能障碍患者大量输注乳酸林格液时, 肝代谢乳酸的负荷加重。目前临床上还不能监测右旋乳酸根浓度, 当大量输注乳酸林格液的危重患者阴离子间隙显著增加的程度无法用血气监测中增加的乳酸浓度来解释时, 应怀疑由于大量输注乳酸林格液导致右旋乳酸根浓度蓄积增加, 即实际上总的乳酸蓄积情况可能比所监测到的更为严重。所以, 危重患者大量输注乳酸林格液可能会干扰临床医师根据乳酸浓度判断患者病情危重程度。综上所述, 在围手术期患者和危重患者中乳酸林格液的使用仍有顾虑<sup>[8-12]</sup>。

### 1.3 醋酸钠林格液

#### 1.3.1 不含糖醋酸钠林格液

为避免乳酸蓄积的副作用, 1979 年研发出醋酸钠林格液。与乳酸林格液相比, 醋酸钠林格液的优势主要表现在: 醋酸根并不是手性化学结构, 不存在左旋和右旋空间构象不同的顾虑; 醋酸的代谢对肝的依赖性较小, 除肝代谢主途径外, 醋酸根还可以在肾、心脏和肌细胞内直接转化为乙酰辅酶 A 进入三羧酸循环, 产生二氧化碳和水; 代谢更加迅速, 约 15 min 即可代谢产生碳酸氢根发挥缓冲作用<sup>[11]</sup>。因此, 在休克和肝功能障碍甚至衰竭等危重情况下, 输注醋酸钠林格液明显优于乳酸林格液, 是临床液体治疗的一次重要变革<sup>[4, 13-15]</sup>。

#### 1.3.2 含糖醋酸钠林格液

随着时代进展, 晶体液研发生产初步满足了补充血容量、补充电解质、纠正酸中毒和减少肝肾负担等目标, 但如何维持血糖稳定以减轻禁食手术患者和危重病患者分解自身肌纤维蛋白等负氮平衡状态是加速康复外科和精准医疗对输液治疗提出的新挑战。1992 年, 日本绿十字公司 (the Green

Cross Corporation) 首先研制了添加 1% 葡萄糖组合而成的糖加醋酸电解质溶液 (商品名为“physio 140”), 并临床验证了含糖醋酸钠林格液不仅可以有效补充循环血容量, 以治疗休克、外伤、烫伤及大出血等因素所致的组织间液减少和纠正代谢性酸中毒等, 还可以有效抑制禁食和危重病患者的负氮平衡状态, 有效减轻自身组织蛋白的分解<sup>[16]</sup>。在我国, 2005 年恒瑞医药首先研发成功了含糖醋酸钠林格液 (钠钾镁钙葡萄糖注射液, 商品名为“乐加”), 此后我国多家制药企业陆续开始积极研发含糖的醋酸钠林格液。

## 2 对醋酸钠林格液的临床评价

### 2.1 理想的 ECF 制剂

理想的 ECF 制剂应该同时具有以下特性<sup>[17]</sup>:

2.1.1 制剂的电解质成分及其含量应基本与人体 ECF 的主要阳离子及阴离子相同。

2.1.2 制剂的 pH 及渗透浓度应达到人体 ECF 的正常范围。

2.1.3 制剂不与其他药物发生相互作用。

2.1.4 制剂理化性质相对稳定, 容易储存与运输, 保质期较长。

2.1.5 制剂价格低廉。

应当指出: 目前还没有一个输液制品能够满足上述全部要求。

### 2.2 醋酸钠林格液的制剂成分

目前临床使用的醋酸钠林格液以及其他晶体液与人体体液的主要成分如表 1。

### 2.3 醋酸钠林格液的成分特点

#### 2.3.1 不含糖醋酸钠林格液主要成分及特点

主要成分是由醋酸根、钠、钾和氯离子等构成。醋酸钠林格液的 pH 及渗透浓度更接近生理范围, 因而更适用于严重颅脑损伤、脑水肿和严重肝功能受损患者。采用醋酸根的优势主要在于减少对肝脏代谢的依赖性。醋酸在肌肉和外周组织代谢可产生碳酸氢根, 具有强大的缓冲能力, 可有效避免乳酸钠林格液可能带来的高乳酸血症, 有利于耗氧高、乳酸代谢减弱的患者<sup>[18-19]</sup>。

#### 2.3.2 含糖醋酸钠林格液成分及特点

循证医学分析表明, 无论手术时间长短, 对于非糖尿病患者而言, 术中按照临床常规容量管理的原则正常速度输注浓度为 1% 的葡萄糖不会引起血

糖升高,还可有效降低因术前禁食、手术时间较长而出现低血糖的发生概率。这对于围手术期以葡萄糖作为主要供能的普通患者代谢内稳态的维持是有益的,可预防或减轻危重患者应激状态下出现胰岛素抵抗的现象,还可以抑制脂肪的分解代谢,抑制酮体的产生,降低普通患者及危重患者的蛋白质分解(负氮平衡)状态。国内前瞻性、随机、单盲、阳性药物对照、多中心临床试验结果显示,与乳酸林格液相比,手术期间输注含 1%葡萄糖的醋酸钠林格液并不增高手术患者血糖水平。因此,非糖尿病患者输注含 1%葡萄糖的醋酸钠林格液,有利于术后加速康复。对糖尿病患者,应在血糖监测下应用<sup>[4-5,20-22]</sup>。

含糖醋酸钠林格液含有的 Ca<sup>2+</sup>等均接近 ECF 的生理水平。值得提出的是:钙是细胞内作用最广泛的信号分子,几乎涉及所有细胞内的生命活动,是各种生命活动自稳调节的自身调节分子。醋酸钠林格液中含有生理浓度的 Ca<sup>2+</sup>,能有效补充因体液丢失而可能导致的血清 Ca<sup>2+</sup>浓度降低,这对于维持血清 Ca<sup>2+</sup>浓度在生理水平起到重要作用。此外,Ca<sup>2+</sup>还能降低毛细血管通透性,降低神经肌肉兴奋性,作为因子Ⅳ参与凝血过程,并参与肌肉收缩和细胞分泌作用。含糖醋酸钠林格液用于补充生理需要的血清钙,有利于维持心肌收缩功能。

### 3 临床应用相关问题

#### 3.1 适应证

醋酸钠林格液的主要作用是补充功能性细胞外液,维持并有助于机体纠正酸碱失衡和电解质紊乱。因此,输注该制剂能有效治疗由于 ECF 丢失所导致的体液平衡失常,也利于维持体内水、电解质与酸碱平衡。其主要适应证如下:① 术前禁食患者及禁食期间正常需要液体量的补充与维持;② 各

种原因引起的低血容量,其中在治疗失血性休克中,醋酸钠林格液可代替部分输血,其优点是能有效增进组织灌注,维持循环稳定,预防和纠正代谢性酸中毒;③ 各种原因如炎症、创伤、烧伤等所致的 ECF 容量减少(脱水)。

醋酸钠林格液作为水、电解质(钠、钾、镁、钙离子)及碳酸氢根缓冲对的补充剂,适用于治疗体液平衡失常,对机体电解质和酸碱平衡的维持也能起到较好的效果。

#### 3.2 输液量的判定

临床液体治疗时输液量及制剂的判定至关重要,应遵循下列步骤与原则。

3.2.1 根据病因、病程及临床表现计算患者的输液量需求,并判定输入制剂品种的需求。除输入醋酸钠林格液外,应判定是否还需要输注血浆(或代用品)或其他血制品以及其他电解质制剂(如氯化钾、碳酸氢钠等)。

3.2.2 对 HR、BP、CVP、每搏量变异度、血浆乳酸值等进行监测,经心脏超声心动图测定舒张末期容积,超声评估下腔静脉直径及吸气塌陷率,根据对结果的综合评估判断患者容量状况及电解质、酸碱及渗透浓度状态,并根据患者心、肺、肾等功能,不断调整补液量和补液速度。

3.2.3 对治疗效果进行判定,这是调整入量及速度的重要依据。

#### 3.3 个体化精准医疗临床应用

醋酸钠林格液成分接近人体 ECF,其治疗目标是补充体液丢失量,维持机体酸碱平衡和电解质的正常状态,其醋酸根对肝代谢依赖性小,直接通过乙酰辅酶 A 途径进入三羧酸循环产生二氧化碳和水发挥生理性酸碱缓冲作用。含糖醋酸钠林格液还有助于维持正常的血糖状态抑制负氮平衡状态和减轻胰岛素抵抗现象的发生<sup>[18]</sup>,不仅适用于围手术期

表 1 常用晶体液与血浆、ECF、ICF 成分对比

指标	Na <sup>+</sup> (mmol/L)	K <sup>+</sup> (mmol/L)	Cl <sup>-</sup> (mmol/L)	Ca <sup>2+</sup> (mmol/L)	Mg <sup>2+</sup> (mmol/L)	缓冲碱(mmol/L)	葡萄糖(g/L)	渗透浓度(mOsm/L)
血浆	136~146	4	100~106	2.5	1	23~27(碳酸氢根)	0.7~1.1	280~310
ECF	142	4	117	2.5	1	23~27(碳酸氢根)	0	310
ICF	10	159	3	<1.0	40	23~27(碳酸氢根)	0	310
林格液	147	4	155.5	4.5	0	0	0	311
乳酸钠林格液	130	4	109	3.0	0	28(乳酸根)	0	273
醋酸钠林格液	142	5	98	0	3	27(醋酸根)	0	308
含糖醋酸钠林格液	140	4	115	1.5	1	25(醋酸根)	10	304
0.9%氯化钠注射液	154	0	154	0	0	0	0	310

注:ECF:细胞外液;ICF:细胞内液

输液,而且可以用于特殊的患者如小儿或肝肾功能障碍、颅脑外伤等危重病患者救治中。

### 3.3.1 小儿患者的应用

小儿体液总量比例相比成年人高,年龄越小,体液总量比例越高,所以小儿的输液相对要求量要高于成年人。不仅容量相对需要量高于成年人,由于小儿肝肾发育不完全,对输液成分的要求也与成年人不同。表现在小儿抗利尿激素容易激活,其潴留水的能力大于钠,如果补充钠量不足可能导致低钠血症。小儿脑组织对血糖的依赖性要高于成年人<sup>[19]</sup>,已经研究证实输注低浓度的含糖液就可以有效预防低血糖这一危象<sup>[20]</sup>。尽管有研究证实小儿代谢清除乳酸能力较强,但是临床研究尚未证实小儿是否同样可以快速清除输注的乳酸林格液中的右旋乳酸根。因此对于小儿输注含有 1%葡萄糖的醋酸钠林格液不仅有利于维持血容量,更有利于补充和维持电解质和酸碱平衡状态,并预防可能的低血糖以及乳酸蓄积。

### 3.3.2 肝肾功能障碍患者的应用

肝肾功能障碍对机体的影响是全身性的,且往往比较严重。全身性影响的关键在于物质代谢障碍,水钠潴留、高钾血症和酸中毒,以及多种毒性物质在体内蓄积所引起的各种毒性作用。由于肝肾功能障碍的原因诸多,患者的容量需求也有所不同,因此肝肾功能障碍患者的液体治疗就更需加倍重视。

肝肾功能障碍患者的补液种类需要特别关注输注液体的药代动力学。含乳酸根离子的晶体液由于肝肾代谢功能障碍会加重肝肾功能负担,同时引起乳酸蓄积,因而不建议使用。醋酸钠林格液采用醋酸根离子代替乳酸根离子作为调节体液酸碱平衡的缓冲剂,其优势主要在于减少对肝代谢的依赖性。醋酸在肌肉和外周组织代谢可产生碳酸氢根,具有强大的缓冲能力,又有效避免乳酸林格液可能带来的高乳酸血症,有利于耗氧高、乳酸代谢减弱的患者。因此,醋酸钠林格液更符合肝肾功能障碍患者的需要。

### 3.3.3 颅脑外伤患者的应用

颅脑外伤患者,因神志障碍禁食饮、颅内高压致呕吐、创伤致神经内分泌异常、甘露醇等利尿作用,以及脑室外持续引流等,可引起低钠血症、低氯血症、假性脱水。术中失血量过多、体温变化大和过

度通气的使用等均可致水与电解质的紊乱,并加重脑组织水肿现象。输注醋酸钠林格液不仅有利于维持水、电解质与酸碱平衡状态和抑制负氮平衡等,还具有渗透浓度最接近正常人体渗透浓度的优点,有利于减轻脑水肿症状的优点。

### 3.3.4 临床应用注意事项

肝脏通过合成和分解肝糖原动态稳定血糖,对于输注含有 1%葡萄糖的醋酸钠林格液,建议输注速度不要超过  $15 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 。当输注超过此速度时,建议定时动态监测血糖,或联合使用其他液体;对于糖尿病患者输注时应定期监测血糖<sup>[21-22]</sup>。

如前所述,晶体液的主要功能是补充功能性 ECF 容量,醋酸钠林格液也不例外,因此,当输液目的主要是尽快恢复有效血容量、抢救休克(特别是失血性休克)患者时,晶体液不能作为唯一液体选择,必须与其他血制品或其他液体(如血浆代用品等)联合使用,以能达到抢救患者的目的<sup>[23]</sup>。

## 4 加强科学研究是深化认识的基础

精准医疗对临床医学未来的发展指明了方向,也提出了更高的要求。就液体治疗而言,还有一系列问题需要我们去解决,诸如禁食、创伤以及各种病因对体液内环境平衡的确切影响,液体治疗的临床应用如何根据病情做到个体化治疗,临床液体治疗时制剂、用量与输注速度的抉择对患者康复及并发症的影响及其相关性,液体治疗临床监测的实时、动态与精准,以及对理想液体治疗制剂的研究与开发等。只要遵循以问题为核心,以整合为模式,以临床与基础相结合为方法,以多学科团队为力量,液体治疗将有更快的发展,从而促进临床医学乃至医学科学的整体发展<sup>[23-27]</sup>。

### 参考文献

- [1] 邓小明,姚尚龙,于布为,等. 现代麻醉学 [M]. 4 版. 北京:人民卫生出版社, 2014: 345-371.
- [2] 邓小明,曾因明,黄宇光,主译. 米勒麻醉学 [M]. 8 版. 北京:北京大学医学出版社, 2016: 1594-1634.
- [3] 邓小明,曾因明. 2009 麻醉学新进展[M]. 北京:人民卫生出版社, 2009: 702-709.
- [4] 邓小明,左云霞,古妙宁,等. 钠钾镁钙葡萄糖注射液(乐加)用于手术中输液治疗的临床评估——前瞻性、随机、单盲、阳性药物对照、多中心临床试验[J]. 国际麻醉学与复苏杂志, 2010, 31(6): 485-491. DOI:10.3760/cma.j.issn.1673-4378.2010.12.002.

- [5] 柴家科, 李利根, 罗高兴, 等. 钠钾镁钙葡萄糖注射液应用于烧伤休克液体复苏的临床疗效评估——前瞻性、随机、单盲、阳性药物对照、多中心临床试验[J]. 国际麻醉学与复苏杂志, 2013, 34 (1): 1-6. DOI:10.3760/cma.j.issn.1673-4378.2013.01.001.
- [6] Peter B, Svajunas S, Peter B. Plasma volume expansion with 5% albumin compared to Ringer's acetate during normal and increased microvascular permeability in the rat[J]. Anesthesiology, 2014, 121(4): 817-824. DOI:10.1097/ALN.0000000000000363.
- [7] Latta T. Malignant cholera. Documents communicated by the central board of health, London, relative to the treatment of cholera by the copious injection of aqueous and saline fluids into the veins[J]. The Lancet, 1832, 18(457): 274-280. DOI:10.1016/S0140-6736(02)80289-6.
- [8] Ayuste EC, Chen HZ, Koustova E, et al. Hepatic and pulmonary apoptosis after hemorrhagic shock in swine can be reduced through modifications of conventional Ringer's solution [J]. J Trauma, 2006, 60 (1): 52-63. DOI:10.1097/01.ta.0000200156.05397.0b.
- [9] Shaw AD, Bagshaw SM, Goldstein SL, et al. Major complications, mortality, and resource utilization after open abdominal surgery: 0.9% saline compared to Plasma-Lyte[J]. Ann Surg, 2012, 255(5): 821-829. DOI:10.1097/SLA.0b013e31825074f5.
- [10] Holtzman S, Balderman SC. Comparison of lactate and pyruvate during endotoxic shock [J]. Surg Gynecol Obstet, 1977, 145(5): 677-681.
- [11] Pfortmueller CA, Fleischmann E. Acetate-buffered crystalloid fluids: current knowledge, a systematic review [J]. J Crit Care, 2016, 35: 96-104. DOI:10.1016/j.jcrc.2016.05.006.
- [12] Seheult J, Fitzpatrick G, Boran G. Lactic acidosis: an update[J]. Clin Chem Lab Med, 2017, 55 (3): 322-333. DOI:10.1515/ccm-2016-0438.
- [13] Lundquist F. Production and utilization of free acetate in man[J]. Nature, 1962, 193: 579-580.
- [14] Schumer W, Moss GS, Nyhus LM. Metabolism of lactic acid in the Macacus rhesus monkey in profound shock [J]. Am J Surg, 1969, 118(2): 200-205. DOI:10.1016/0002-9610(69)90121-4.
- [15] Capes SE, Hunt D, Malmberg K, et al. Stress hyperglycemia and prognosis of stroke in nondiabetic and diabetic patients: a Systematic Overview[J]. Stroke, 2001, 32(10): 2426-2432. DOI: 10.1161/hs1001.096194.
- [16] Ishiyama T, Lijima T, Sugawara T, et al. Effects of 1% glucose-containing Ringer's solution on intraoperative plasma glucose concentration in elderly and young patients [J]. Circulation Control, 2006, 27(3): 232-235. DOI:10.11312/ccm.27.232.
- [17] Russell L, McLean AS. The ideal fluid [J]. Curr Opin Crit Care, 2014, 20(4): 360-365. DOI:10.1097/MCC.0000000000000112.
- [18] Fujino H, Itoda S, Esaki K, et al. Intra-operative administration of low-dose IV glucose attenuates post-operative insulin resistance [J]. Asia Pac J Clin Nutr, 2014, 23 (3): 400-407. DOI:10.6133/apjcn.2014.23.3.10.
- [19] de Ferranti S, Gauvreau K, Hickey PR, et al. Intraoperative hypoglycemia during infant cardiac surgery is not associated with adverse neurodevelopmental outcomes at 1, 4, and 8 years[J]. Anesthesiology, 2004, 100(6): 1345-1352.
- [20] Dubois MC, Gouyet L, Murat I. Lactated Ringer with 1% dextrose: an appropriate solution for perioperative fluid therapy in children [J]. Paediatr Anaesth, 1992, 2 (2): 99-104. DOI:10.1111/j.1460-9592.1992.tb00183.x.
- [21] Rothman DL, Magnusson I, Katz LD, et al. Quantitation of hepatic glycogenolysis and gluconeogenesis in fasting humans with <sup>13</sup>C NMR[J]. Science, 1991, 254(5031): 573-576. DOI:10.1126/science.1948033.
- [22] Vella A, Shah P, Basu R, et al. Effect of enteral vs. parenteral glucose delivery on initial splanchnic glucose uptake in nondiabetic humans [J]. Am J Physiol Endocrinol Metab, 2002, 283(2): E259-E266. DOI:10.1152/ajpendo.00178.2001.
- [23] Myburgh JA, Mythen MG. Resuscitation fluids[J]. N Engl J Med 2013, 369(13): 1243-1251. DOI:10.1056/NEJMra1208627.
- [24] Berridge MJ, Boatman MD, Roderick HI. Calcium signaling: dynamics, homeostasis and remodeling [J]. Nat Rev Mol Cell Biol, 2003, 4(7): 517-529. DOI:10.1038/nrm1155.
- [25] Perel P, Roberts I, Ker K. Colloids versus crystalloids for fluid resuscitation in critically ill patients [DB]. Cochrane Database Syst Rev, 2013, (2): CD000567. DOI:10.1002/14651858.CD000567. pub 6.
- [26] Rohrig R, Wegewitz C, Lendemans S, et al. Superiority of acetate compared with lactate in a rodent model of severe hemorrhagic shock[J]. J Surg Res, 2014, 186(1): 338-345. DOI:10.1016/j.jss.2013.09.005.
- [27] Miller TE, Roche AM, Mythen M. Fluid management and goal-directed therapy as an adjunct to Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) [J]. Can J Anesth, 2015, 62(2): 158-168. DOI: 10.1007/s12630-014-0266-y.