

## · 标准与规范 ·

# 《英国成人外科患者静脉输液治疗指南》 解读

翁亦齐, 喻文立 (天津市第一中心医院麻醉科, 天津 300192)

静脉注射盐溶液最初在19世纪30年代用于治疗霍乱引起的液体流失, 在19世纪后期, 手术患者使用静脉注射生理盐水<sup>[1]</sup>。早在1911年, Evans就指出过盐水输注过量的危险<sup>[2]</sup>。避免围术期低血容量是一项基本要求, 术前保持有效血容量可改善预后, 但过量输液可导致钠、氯和水超负荷, 是造成术后并发症增加的主要因素。围术期液体管理对于减少术后并发症, 提高手术成功率具有重要意义<sup>[3-7]</sup>。2006年10月, 英国和爱尔兰外科医生协会、重症监护协会和肾脏协会等组织提议成立指导委员会, 制定围术期液体管理共识, 2008年3月经指导委员会审议后, 一致通过。本指南共包含28项建议, 综述如下。

## 1 损伤、疾病和饥饿的液体及电解质治疗概述

晶体溶液含有低分子量盐或糖, 它们完全溶解在水中并在血管与组织间质之间自由通过。胶体溶液含有较大分子量的物质, 这些物质不能完全溶解, 在血管中比晶体溶液保留时间更长。因此对于晶体来说, 需要比胶体多几倍的容量才能实现相同的血管充盈程度。输注的晶体溶液可快速移入到组织间质中, 导致组织水肿。目前胶体的选择也是有争议的, 由于各种胶体的性质差异很大, 必须注意确保给予足够的水以避免可能导致的急性肾损伤<sup>[8]</sup>。

建议1: 由于在常规实践中存在高氯血症酸中毒的风险, 当需要晶体复苏或液体替代治疗时, 平衡盐溶液例如乳酸/醋酸林格或哈特曼溶液, 应取代0.9%生理盐水, 除非是低氯血症。

建议2: 4% / 0.18%的右旋糖、生理盐水和5%

葡萄糖等溶液是维持自由水的重要来源, 但应谨慎使用, 因为过量可导致低钠血症, 尤其对于儿童和老年人。这些溶液不适用于液体复苏或替代治疗, 除非是存在明显游离水缺乏的情况下, 例如尿崩症。

## 2 液体需求评估

对于许多外科手术, 多数情况下可使用常规临床方法进行监测和评估液体需求量见表1。心率、动脉压和中心静脉压易受到其他因素影响, 并且与心输出量或组织灌注没有线性关系。通过上述指标测量来指导静脉输液治疗低血容量, 缺乏敏感性和特异性, 易导致补液不足或过量。利用每搏输出量和心输出量的微创监测技术, 使用经食道多普勒或脉搏轮廓分析, 可以更精确地确定个体患者的液体需求量。

建议3: 为满足维持要求, 成人患者应给予50 ~ 100 mmol/d的钠和40 ~ 80 mmol/d的钾, 加入1.5 ~ 2.5 L水中, 通过口服、肠内或肠胃外途径(或组合途径)摄入。应尽可能使用临床检查、液体平衡图表和定期称重进行仔细监测。

## 3 术前液体管理的建议

3.1 液体维持: 液体维持量的判断可基于以下临床参数, 例如中心静脉压、脉搏、血压、毛细血管再充盈及水肿表现等。

3.2 术前禁食: 患者应在手术前纠正由于心脏、肾脏或肝脏疾病导致的液体潴留, 但同时也应考虑围术期营养支持。北美和英国的专家指导意见认为, 在麻醉诱导之前禁止非颗粒状澄清口服液体超过两小时以上是不必要的。

建议4: 无胃排空障碍的患者行择期手术时, 在麻醉诱导前不应停止使用非颗粒状澄清口服液体超过两小时。

3.3 术前给予富含碳水化合物的饮料: 多项试验显示<sup>[9-13]</sup>, 术前口服碳水化合物溶液可减轻术前口渴、焦虑和术后恶心、呕吐。还可以显著降低术

DOI: 10.3969/j.issn.2095-5332.2019.06.002

基金项目: 天津市卫生行业重点攻关项目(16KG101); 天津市卫生和计划生育委员会中医中西医结合科研课题(2017056); 天津市自然科学基金面上项目(18JCYBJC27500); 2018年天津医学会麻醉学分会中青年科研培育基金项目(TJMZJJ-2018-08)

通讯作者: 喻文立, Email: yxyuwenli@163.com

表1 液体平衡的评估及监测

参数	意义
病史	可能出现体液不足（例如呕吐、腹泻、出血）或过量（例如术中静脉输入）
体重	24 h 体重变化是水平衡变化的最佳评估标准
尿量	< 30 ml/h 通常用作作为输液指征，在无低血容量等情况下，通常是由于正常少尿反应，尿液质量同样重要，特别是在复杂患者中
血压	袖带测量可能并不总是与动脉内监测相关，可能受药物等影响；血压下降提示血管内低血容量，同时应参照其他指标，如脉率、尿量等
毛细血管再充盈	再充盈减慢提示液体不足，但受温度和周围血管疾病的影响
自主反应	苍白和出汗，特别是当与心动过速、低血压和少尿相结合时，提示血容量不足，也可能由其他并发症引起，例如肺栓塞、心肌梗死
皮肤肿胀	盐和水的消耗减少
口干	通常由于用口呼吸，盐和水消耗
凹陷面容	饥饿或疾病造成的消耗，盐和水消耗
血清生化	细胞外液中电解质与水的比例，低钠血症最常见的原因是水过量引起的；低钾血症提示需要补充钾
尿液生化	尿钠浓度反映肾灌注，低值（< 20 mmol/L）表明肾灌注不足；尿钠的测量可以评估术后钠动员，尿钾测量有助于评估难治性低钾血症的病因

后胰岛素抵抗，提高术后营养支持的疗效。

建议5：对于没有胃排空障碍或糖尿病的患者，在麻醉诱导前2 ~ 3 h 术前给予富含碳水化合物的饮料可以改善患者的健康状况并促进手术恢复。

**3.4 肠道准备：**许多接受结肠手术的患者术前给予清空固体粪便的药剂。虽然机械肠道准备工作以前被认为对于安全进行结肠、直肠手术尤为重要，但使用强效缓泻剂清空结肠对围术期液体平衡有明显的不良影响，可能会导致麻醉诱导后出现低血容量<sup>[14]</sup>。实际上机械肠道准备并未在降低术后并发症发生率方面显示任何益处，因此结肠、直肠手术应考虑避免常规应用机械性肠道准备。即使在认为合适做机械肠道准备情况下，也应当同时静脉输液治疗，尽量减少液体和电解质紊乱的发生。

建议6：术前机械肠道准备的常规使用并不是有益的，可能使术中、术后液体及电解质平衡管理复杂化，应尽可能避免使用。

建议7：如果使用机械肠道准备出现液体和电解质紊乱时，应使用哈特曼氏溶液或乳酸/醋酸林格液进行静脉输液治疗。

**3.5 液体损失的输液治疗：**液体损失的输液治疗适合于液体不足（例如纯脱水、盐和水缺乏或血管内低血容量）。

建议8：胃吸引或呕吐造成的过量损失应在术前用适当的晶体溶液治疗，其中包括适当的钾补充剂。低氯血症是使用0.9%生理盐水的适应证，适当补钾并注意不要产生钠超载。腹泻、回肠造口、小肠痿、肠梗阻等导致的液体损失应使用哈特曼氏溶液或乳酸/醋酸林格液进行输液治疗。过度应用利尿剂导致“盐水消耗”，可用平衡电解质溶液如哈特曼氏溶液进行输液治疗。

**3.6 高风险外科患者：**现在已经充分认识到，约15%接受住院手术的患者易出现并发症和死亡，这些患者风险增加的因素与患者高龄及合并症有关<sup>[15-16]</sup>。对于高风险的手术患者，实施“目标导向的血流动力学治疗”以实现心输出量和全身氧供达到预定目标，已被证明可改善预后<sup>[3, 17-19]</sup>。最佳围术期液体管理对于改善高危手术患者的预后非常重要，还有越来越多的证据表明，使用低剂量的正性肌力药治疗也可能对某些病例有益<sup>[20]</sup>。

建议9：在高风险外科手术患者中，术前以提高心输出量和氧供作为目标导向，实施静脉输液和正性肌力药治疗，可以提高生存率。

**3.7 急症手术前液体复苏：**虽然术前准备的主要目的是确保足够的组织灌注和氧合，但可能没有时间进行详细评估和液体复苏。终末器官功能的临床

监测,如尿量和格拉斯哥昏迷评分尤为重要。动脉(或静脉)血气分析可以确认低灌注,这些生化标志物易于评估,具有很好的预测价值<sup>[21]</sup>。

建议10:尽可能通过基于流量的测量来诊断术前或术中的低血容量。临床背景也为低血容量的诊断提供重要依据,应同时考虑。当无法进行直接流量测量时,临床上将根据脉搏、外周灌注和毛细血管再充盈、静脉压力和格拉斯哥昏迷量表以及酸碱、乳酸测量来诊断低血容量。低尿量可能会产生误导,需要根据上述心血管参数进行解释。

建议11:主要与失血有关的低血容量在输入红细胞之前可使用平衡晶体溶液或合适胶体溶液进行治疗。感染、腹膜炎、胰腺炎等严重炎症或烧伤导致的低血容量应使用合适的胶体或平衡晶体进行治疗。必须注意给予足够平衡的晶体和胶体以使血流动力学参数正常,同时应避免容量超负荷。危重病人排出过量钠和水的能力受到损害,使他们处于严重间质水肿的风险中。在没有足够游离水(例如5%葡萄糖)的情况下使用大量胶体可导致出现高渗状态。

建议12:当低血容量的诊断存在疑问且中心静脉压未升高时,应测试机体对推注200 ml胶体或晶体的输注反应。应通过基于流量的监测技术评估患者心输出量和每搏输出量对液体输入的反应性。或者可以在接受输注之前和之后15 min通过测量脉搏、毛细血管再充盈、中心静脉压和血压来评估患者对容量的反应性。重复该过程,直到每搏输出量没有进一步增加、临床参数没有改善。

#### 4 术中液体管理的建议

在手术期间必须继续遵循保持足够组织灌注的基本原则。然而,这受到许多因素的影响,包括麻醉的血管舒张作用、失血、手术应激反应及毛细血管通透性增加等因素。

许多单中心临床试验都评估了以流量监测为导向的术中液体治疗对于接受骨科和腹部手术患者的影响<sup>[4, 22-27]</sup>。最近的荟萃分析也表明,术后住院时间缩短及并发症发生率下降与上述液体治疗有关,但病死率没有降低<sup>[28-29]</sup>。研究发现,那些接受腹部手术的患者术后可以更早的恢复肠内营养,也与上述液体治疗有关<sup>[23-24, 28-29]</sup>。这种观察结果可以通过由于肠系膜低灌注发生的减少使得术后肠梗阻发生率降低来解释。

建议13:对于接受骨科和腹部手术患者,应尽

可能通过术中静脉输液治疗,以达到最佳的每搏输出量,因为这可能会降低术后并发症发生率和缩短住院时间。

很少有公开数据可用于指导接受急诊手术患者的液体管理。然而,在一些针对目标导向的血流动力学治疗研究中,招募了一组接受急诊手术的患者,这些患者可能从上述液体治疗方案中受益<sup>[20, 22-24, 27]</sup>。对于严重脓毒症和感染性休克的患者,应用目标导向的血流动力学治疗,使生存率得到改善<sup>[30]</sup>。

建议14:接受非择期的腹部或骨科手术患者应接受静脉输液治疗,使手术后的前8 h内达到最佳的每搏输出量,可以辅助输注小剂量的多培沙明。

#### 5 术后液体管理的建议

当患者到达病房、高依赖病房(high dependency unit, HDU)或重症监护病房(intensive care unit, ICU)时,评估患者的血流动力学状态是至关重要的。在决定术后液体治疗方案之前,必须对术前和术中给予液体的容量、种类以及围术期液体损失量进行判断。一个常见的错误是实施千篇一律的术后液体治疗方案,而不是根据患者的个体需求进行调整。术后几乎所有患者都会出现钠和液体正平衡,通常表现为间质水肿。当患者到达病房、HDU或ICU时,还应判断围术期液体损失量及患者的血流动力学状态。

建议15:液体治疗的详细信息必须清楚记录,并易于获取所用。

建议16:当患者离开手术室去往病房、HDU或ICU时,应评估其容量状态。应检查围术期给予的液体总量和种类,并与手术室内的液体损失(包括尿液和隐性液体损失量)进行比较。

建议17:对于血容量和血流动力学稳定的患者,应尽快恢复口服给药。

建议18:在需要持续静脉输液的患者中,可应用低钠维持液并尽量减少用量,直到患者在围术期将钠和液体恢复平衡。

建议19:应检查那些未能排出围术期钠负荷,特别是尿钠浓度 $< 20 \text{ mmol/L}$ 的患者的血液动力学和液体状态。

最近一项单中心试验的结果表明,术后目标导向血流动力学治疗方案旨在实现手术后前8 h内全身氧供的预定目标,可显著降低高危手术患者并发症发生率<sup>[20]</sup>。这些研究结果在心脏手术患者的两



项类似临床试验中得到支持<sup>[26, 31]</sup>。对于那些未达到氧供预定目标的患者,可加入低剂量的多培沙明。研究证实低剂量正性肌力药物的使用并不导致心肌缺血风险的增加<sup>[32]</sup>。

建议 20:在接受腹部大手术的高风险患者中,应考虑使用静脉输液和低剂量多培沙明进行术后治疗,以达到全身氧供的预定值,因为这可能会降低术后并发症发生率和缩短住院时间。

在危重病中,由于间质中盐和水增多导致的水肿可以与血管内低血容量共存。

建议 21:对于水肿的患者,必须治疗低血容量,然后根据尿钠浓度和尿量逐渐保持钠和水负平衡。应监测血钾浓度,并在必要时调整钾摄入量。

建议 22:营养不足的患者需要口服,肠内或肠外注意谨慎再喂养,补充富含钾、磷酸盐和硫胺素的食物。如果存在水肿,应减少水和钠的摄入。虽然再喂养综合征是一种风险,但改善营养将有助于恢复细胞内和细胞外钠、钾和水的正常分配。

共识组接受英国国家卫生与临床优化研究所(National Institute for Health and Clinical Excellence, NICE)关于围术期营养支持的指南,并总结如下:  
① 严重营养不良同时将要接受大腹部手术的患者应考虑进行术前营养支持;② 手术后应尽快恢复口服摄入;结肠直肠和其他一些腹部手术后,通常可在 24 h 内口服;应仔细监测患者是否有恶心或呕吐的迹象;③ 术后只有营养不良的患者应在手术后 48 h 内接受肠内管饲;④ 对于术前不能通过肠道喂养的营养不良患者,以及腹部手术后 5 d 仍无法进食或接受肠内营养的患者,肠外营养应保留。

建议 23:手术患者应进行营养筛查,并遵守 NICE 围术期营养支持指南。应注意降低再喂养综合征的风险。

关于再喂养综合征高风险患者营养支持等方面的内容见表 2 和表 3。

## 6 液体管理和急性肾损伤

未能给予足够的静脉注射液可能会使患者发生继发于低血容症的急性肾损伤(acute kidney injury, AKI)。术后发生的 AKI 已被证实与患者发病率和病死率显著增加相关<sup>[33-34]</sup>。

AKI 被认为是由于肾功能快速下降,导致血清肌酐升高( $\geq 25 \mu\text{mol/L}$ )或比基线值增加 1.5 倍。任何符合这些标准的患者都应进行彻底的临床评估,以排除肾前或肾后性 AKI 的原因。应检查临床用药情况以识别任何潜在的肾毒性药物。尿量 $< 0.5 \text{ ml}/(\text{kg} \cdot \text{h})$ 被认为是少尿。手术后不久的孤立性少尿并不一定反映低血容量,应根据患者的容量状况进行评估。

AKI 手术患者的低血容量治疗应遵循与肾功能正常患者相似的原则。但必须认识到,过量给予盐和水会导致间质水肿,同时发生高钾血症的风险也会增加,建议尽早转诊至肾脏团队协助液体管理。已证实乳酸林格液对接受肾移植的患者是安全的。在一项小型研究中,与接受乳酸林格液治疗的患者相比,接受 0.9%生理盐水的患者代谢性酸中毒和高钾血症的发生率明显增加<sup>[35]</sup>。

关于不同的胶体溶液是否可能引起 AKI 风险的问题已经被关注。研究表明,较高分子量的羟乙基淀粉(羟乙基淀粉和戊聚糖分子量 $\geq 200 \text{ kDa}$ )与脓毒症重症患者的 AKI 风险增加相关<sup>[36-37]</sup>。另有研究报道,对于曾接受羟乙基淀粉(分子量为 200 kDa)治疗的脑死亡器官捐献者,应用其肾脏的受体,可发生渗透性肾病样病变和急性肾功能损害。一项针对重症患者的大型多中心研究表明,应用羟乙基淀粉对肾脏功能以及患者对肾脏替代治疗的需求并无明显影响<sup>[38]</sup>,并且有证据表明在血管外科手术中与明胶相比,低分子量羟乙基淀粉[6% (130/0.4)]可改善肾功能<sup>[39]</sup>。

横纹肌溶解症(挤压综合征)有许多原因,包

表 2 NICE 营养支持标准

组别	营养支持
营养不良者	BMI 低于 $18.5 \text{ kg/m}^2$ 在过去 3 ~ 6 个月内意外减重超过 10% BMI 小于 $20 \text{ kg/m}^2$ , 过去 3 ~ 6 个月内意外体重减轻大于 5%
具有营养不良风险者	在 5 d 或更长时间内吃了很少或没有进食, 和 / 或未来 5 d 或更长时间内可能进食很少或不进食 具有差的吸收能力和 / 或具有高营养损失, 和 / 或由于分解代谢等原因而增加的营养需求

注: BMI 为体重指数

表3 发生再喂养综合征高风险患者的识别

组别	标准
具有以下一项或多项	BMI 低于 $16 \text{ kg/m}^2$ 在过去 3 ~ 6 个月内并非有意的体重减轻超过 15% 超过 10 d 的营养摄入很少或没有 喂食前钾、磷酸盐或镁含量低
具有以下两种或更多项	BMI 低于 $18.5 \text{ kg/m}^2$ 在过去 3 ~ 6 个月内并非有意的体重减轻超过 10% 酗酒史或使用药物包括胰岛素、化疗、抗酸剂或利尿剂, 超过 5 d 很少或没有营养摄入

注: BMI 为体重指数

括直接肌肉创伤和隔室综合征。细胞裂解导致肌红蛋白的释放, 其被肾脏自由过滤并且在低血容量和酸中毒的情况下可引起 AKI。有效的管理需要用晶体溶液进行积极的液体复苏<sup>[37]</sup>。有限临床证据支持通过给予碳酸氢钠溶液碱化尿液的常规治疗。

建议 24: 根据目前的证据, 由于 AKI 风险增加, 严重脓毒症患者应避免使用较高分子量的羟乙基淀粉(羟乙基淀粉和戊聚糖分子量  $\geq 200 \text{ kDa}$ )<sup>[36, 40-41]</sup>。

建议 25: 根据渗透性肾病样病变的报告, 脑死亡肾脏供体应避免使用较高分子量的羟乙基淀粉(羟乙基淀粉和戊聚糖分子量  $\geq 200 \text{ kDa}$ )。

建议 26: 对于在 HDU 或 ICU 上密切监测的 AKI 患者, 含钾的平衡电解质溶液优于 0.9% 生理盐水, 可以谨慎的使用。如果需要游离水, 应使用 5% 葡萄糖或右旋糖盐水。发生高钾血症或进行性急性肾损伤的患者应改用非含钾晶体溶液, 如 0.45% 生理盐水或 4%/0.18% 的葡萄糖 / 生理盐水。

建议 27: AKI 患者必须密切观察液体平衡情况, 避免过大的液体负荷。对于表现出难治性体液超负荷的患者, 应及早考虑肾脏替代治疗, 以改善间质水肿并纠正细胞外电解质和酸碱异常。

建议 28: 患有继发于横纹肌溶解症的 AKI 风险的患者必须使用等渗晶体溶液进行积极的液体复苏, 以纠正低血容量。并无足够的证据来推荐某一特定的晶体溶液。

## 参考文献

- [1] Awad S, Allison SP, Lobo DN. The history of 0.9% saline [J]. Clin Nutr, 2008, 27 (2): 179-188.
- [2] Evans GH. The abuse of normal salt solution [J]. JAMA, 1911, 57: 2126-2127.
- [3] Wilson J, Woods I, Fawcett J, et al. Reducing the risk of major elective surgery: randomised controlled trial of preoperative optimisation of oxygen delivery [J]. BMJ, 1999, 318 (7191): 1099-1103.
- [4] Sinclair S, James S, Singer M. Intraoperative intravascular volume optimisation and length of hospital stay after repair of proximal femoral fracture: randomised controlled trial [J]. BMJ, 1997, 315 (7113): 909-912.
- [5] Mythen MG, Webb AR. Perioperative plasma volume expansion reduces the incidence of gut mucosal hypoperfusion during cardiac surgery [J]. Arch Surg, 1995, 130 (4): 423-429.
- [6] Toraman F, Evrenkaya S, Yuce M, et al. Highly positive intraoperative fluid balance during cardiac surgery is associated with adverse outcome [J]. Perfusion, 2004, 19 (2): 85-91.
- [7] Bellomo R, Raman J, Ronco C. Intensive care unit management of the critically ill patient with fluid overload after open heart surgery [J]. Cardiology, 2001, 96 (3-4): 169-176.
- [8] Gosling P, Rittou D, Manji M, et al. Hydroxyethylstarch as a risk factor for acute renal failure in severe sepsis [J]. Lancet, 2001, 358 (9281): 581.
- [9] Hausel J, Nygren J, Lagerkranser M, et al. A carbohydrate-rich drink reduces preoperative discomfort in elective surgery patients [J]. Anesth Analg, 2001, 93 (5): 1344-1350.
- [10] Hausel J, Nygren J, Thorell A, et al. Randomized clinical trial of the effects of oral preoperative carbohydrates on postoperative nausea and vomiting after laparoscopic cholecystectomy [J]. Br J Surg, 2005, 92 (4): 415-421.
- [11] Noblett SE, Watson DS, Huong H, et al. Pre-operative oral carbohydrate loading in colorectal surgery: a randomized controlled trial [J]. Colorectal Dis, 2006, 8 (7): 563-569.
- [12] Soop M, Carlson GL, Hopkinson J, et al. Randomized clinical trial of the effects of immediate enteral nutrition on metabolic responses to major colorectal surgery in an enhanced recovery protocol [J]. Br J Surg, 2004, 91 (9): 1138-1145.
- [13] Soop M, Nygren J, Myrenfors P, et al. Preoperative oral carbohydrate treatment attenuates immediate postoperative insulin resistance [J]. Am J Physiol Endocrinol Metab, 2001, 280 (4): E576-583.
- [14] Sanders G, Mercer SJ, Saeb-Parsey K, et al. Randomized clinical trial of intravenous fluid replacement during bowel preparation for surgery [J]. Br J Surg, 2001, 88 (10): 1363-1365.
- [15] Pearse RM, Harrison DA, James P, et al. Identification and characterisation of the high-risk surgical population in the United Kingdom [J]. Crit Care, 2006, 10 (3): R81.
- [16] Jhanji S, Dawson J, Pearse RM. Cardiac output monitoring: basic science and clinical application [J]. Anaesthesia, 2008, 63 (2): 172-181.
- [17] Shoemaker WC, Appel PL, Kram HB, et al. Prospective trial of

- supranormal values of survivors as therapeutic goals in high-risk surgical patients [J]. *Chest*, 1988, 94 (6): 1176-1186.
- [18] Boyd O, Grounds RM, Bennett ED. A randomized clinical trial of the effect of deliberate perioperative increase of oxygen delivery on mortality in high-risk surgical patients [J]. *JAMA*, 1993, 270 (22): 2699-2707.
- [19] Lobo SM, Salgado PF, Castillo VG, et al. Effects of maximizing oxygen delivery on morbidity and mortality in high-risk surgical patients [J]. *Crit Care Med*, 2000, 28 (10): 3396-3404.
- [20] Pearse RM, Belsey J, Cole J, et al. Effect of dopexamine infusion on mortality following major surgery: Individual patient data meta-regression analysis of published clinical trials [J]. *Crit Care Med*, 2008, 36 (4): 1323-1329.
- [21] Kaplan LJ, Frangos S. Clinical review: Acid-base abnormalities in the intensive care unit -- part II [J]. *Crit Care*, 2005, 9 (2): 198-203.
- [22] Gan TJ, Soppitt A, Maroof M, et al. Goal-directed intraoperative fluid administration reduces length of hospital stay after major surgery [J]. *Anesthesiology*, 2002, 97 (4): 820-826.
- [23] Noblett SE, Snowden CP, Shenton BK, et al. Randomized clinical trial assessing the effect of Doppler-optimized fluid management on outcome after elective colorectal resection [J]. *Br J Surg*, 2006, 93 (9): 1069-1076.
- [24] Wakeling HG, McFall MR, Jenkins CS, et al. Intraoperative oesophageal Doppler guided fluid management shortens postoperative hospital stay after major bowel surgery [J]. *Br J Anaesth*, 2005, 95 (5): 634-642.
- [25] Venn R, Steele A, Richardson P, et al. Randomized controlled trial to investigate influence of the fluid challenge on duration of hospital stay and perioperative morbidity in patients with hip fractures [J]. *Br J Anaesth*, 2002, 88 (1): 65-71.
- [26] McKendry M, McGloin H, Saberi D, et al. Randomised controlled trial assessing the impact of a nurse delivered, flow monitored protocol for optimisation of circulatory status after cardiac surgery [J]. *BMJ*, 2004, 329 (7460): 258.
- [27] Conway DH, Mayall R, Abdul-Latif MS, et al. Randomised controlled trial investigating the influence of intravenous fluid titration using oesophageal Doppler monitoring during bowel surgery [J]. *Anaesthesia*, 2002, 57 (9): 845-849.
- [28] Abbas SM, Hill AG. Systematic review of the literature for the use of oesophageal Doppler monitor for fluid replacement in major abdominal surgery [J]. *Anaesthesia*, 2008, 63 (1): 44-51.
- [29] Walsh SR, Tang T, Bass S, et al. Doppler-guided intra-operative fluid management during major abdominal surgery: systematic review and meta-analysis [J]. *Int J Clin Pract*, 2008, 62 (3): 466-470.
- [30] Rivers E, Nguyen B, Havstad S, et al. Early goal-directed therapy in the treatment of severe sepsis and septic shock [J]. *N Engl J Med*, 2001, 345 (19): 1368-1377.
- [31] Polonen P, Ruokonen E, Hippelainen M, et al. A prospective, randomized study of goal-oriented hemodynamic therapy in cardiac surgical patients [J]. *Anesth Analg*, 2000, 90 (5): 1052-1059.
- [32] Pearse RM, Dawson D, Fawcett J, et al. The incidence of myocardial injury following post-operative Goal Directed Therapy [J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2007, 7: 10.
- [33] Chertow GM, Levy EM, Hammermeister KE, et al. Independent association between acute renal failure and mortality following cardiac surgery [J]. *Am J Med*, 1998, 104 (4): 343-348.
- [34] Praught ML, Shlipak MG. Are small changes in serum creatinine an important risk factor [J]? *Curr Opin Nephrol Hypertens*, 2005, 14 (3): 265-270.
- [35] O'Malley CM, Frumento RJ, Hardy MA, et al. A randomized, double-blind comparison of lactated Ringer's solution and 0.9% NaCl during renal transplantation [J]. *Anesth Analg*, 2005, 100 (5): 1518-1524.
- [36] Schortgen F, Lacherade JC, Bruneel F, et al. Effects of hydroxyethylstarch and gelatin on renal function in severe sepsis: a multicentre randomised study [J]. *Lancet*, 2001, 357 (9260): 911-916.
- [37] Sever MS, Vanholder R, Lameire N. Management of crush-related injuries after disasters [J]. *N Engl J Med*, 2006, 354 (10): 1052-1063.
- [38] Sakr Y, Payen D, Reinhart K, et al. Effects of hydroxyethyl starch administration on renal function in critically ill patients [J]. *Br J Anaesth*, 2007, 98 (2): 216-224.
- [39] Mahmood A, Gosling P, Vohra RK. Randomized clinical trial comparing the effects on renal function of hydroxyethyl starch or gelatine during aortic aneurysm surgery [J]. *Br J Surg*, 2007, 94 (4): 427-433.
- [40] Brunkhorst FM, Engel C, Bloos F, et al. Intensive insulin therapy and pentastarch resuscitation in severe sepsis [J]. *N Engl J Med*, 2008, 358 (2): 125-139.
- [41] Citanova ML, Leblanc I, Legendre C, et al. Effect of hydroxyethylstarch in brain-dead kidney donors on renal function in kidney-transplant recipients [J]. *Lancet*, 1996, 348 (9042): 1620-1622.

(收稿日期: 2019-06-28)