

高原地区小儿烧伤休克液体复苏的治疗研究进展

吴歌¹, 晁生武^{2*}

¹青海大学研究生院, 青海 西宁

²青海大学附属医院烧伤整形外科, 青海 西宁

收稿日期: 2023年2月8日; 录用日期: 2023年3月3日; 发布日期: 2023年3月10日

摘要

小儿烧伤是儿童受伤相关发病率和死亡率的主要原因, 在我国, 小儿烧伤居意外伤害排名第三位, 仅次于交通事故和溺水。烧伤后毛细血管受损, 微血管通透性增加, 血管内液外渗, 组织水肿, 微循环灌注不良, 从而导致休克。抗休克的重要手段是液体复苏, 能否科学有效地补液, 使患者平稳度过休克期, 可直接影响患者的救治成功率。高原气候的独特特点是寒冷、干燥, 紫外线辐射强, 风沙大, 空气相对湿度较低, 所以在高原地区烧伤休克液体复苏中, 不仅要考虑补液公式, 更要参考环境条件、缺氧等因素的影响, 目前, 虽然液体复苏方案较成熟, 但高原地区小儿烧伤休克的发病机制较为复杂, 致使小儿烧伤休克的治疗难度仍较大。因此, 本研究将从烧伤休克液体复苏补液公式、复苏成分、复苏检测指标等方面进行综述。

关键词

高原地区, 小儿烧伤, 休克, 液体复苏

Progress in Fluid Resuscitation Treatment of Burn Shock in Children in Plateau Region

Ge Wu¹, Shengwu Chao^{2*}

¹Graduate School of Qinghai University, Xining Qinghai

²Department of Burn and Plastic Surgery, Affiliated Hospital of Qinghai University, Xining Qinghai

Received: Feb. 8th, 2023; accepted: Mar. 3rd, 2023; published: Mar. 10th, 2023

*通讯作者。

文章引用: 吴歌, 晁生武. 高原地区小儿烧伤休克液体复苏的治疗研究进展[J]. 临床医学进展, 2023, 13(3): 3212-3221.
DOI: 10.12677/acm.2023.133457

Abstract

Children's burn is the main cause of morbidity and mortality related to children's injuries. In our country, children's burn ranks the third among accidental injuries, only second to traffic accidents and drowning. After burn, capillaries are damaged, microvascular permeability increases, intravascular fluid extravasation, tissue edema, poor microcirculation perfusion, resulting in shock. The important means of anti-shock is fluid resuscitation, whether the fluid can be replenished scientifically and effectively to make the patients survive the shock period smoothly, can directly affect the success rate of treatment of patients. The unique characteristics of plateau climate are cold, dry, strong ultraviolet radiation, heavy wind and sand, and low relative humidity of air. Therefore, in fluid resuscitation of burn and shock in plateau areas, not only the formula of fluid replacement should be considered, but also the influence of environmental conditions, hypoxia and other factors should be considered. At present, although the liquid resuscitation program is mature, the pathogenesis of burn and shock in children in plateau areas is complicated. The treatment of burn shock in children is still more difficult. Therefore, this study will be summarized from the formula of fluid resuscitation for burn shock fluid, resuscitation components, and resuscitation detection indicators.

Keywords

Plateau Area, Pediatric Burn, Shock, Fluid Resuscitation

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

烧伤是由于接触热液、火焰、化学物质、电流、放射线等而引起皮肤组织的损伤。国内外研究均显示[1], 烧伤住院儿童在烧伤住院病人中占有很大比例, 由于儿童特殊生理特性, 因此在相同热力作用下小儿烧伤更为严重, 且儿童处于生长发育阶段, 烧伤后可能形成的增生性瘢痕和挛缩畸形会影响美观及功能。皮肤组织分为表皮层、真皮层和皮下组织, 烧伤瘢痕多累及皮肤真皮层, 创面自我修复主要靠残存皮肤附属结构(毛囊、汗腺、皮脂腺)的上皮增殖, 增殖后的上皮形成皮岛并进行爬行, 这个过程中胶原的分解与合成会维持动态平衡, 但在创面修复的炎症期、增殖期、重塑期会因严重烧伤导致的机体内环境紊乱或平衡破坏而无法有序、精细地调节, 导致急性炎症期持续存在, 表现为以胶原为主的细胞外基质(extracellular matrix, ECM)持续产生或降解或两者紊乱, 造成纤维细胞过度合成, 最终形成增生性瘢痕。增生性瘢痕修复烧伤区域, 然后瘢痕挛缩畸形是严重烧伤之后增生性纤维化的遗留问题, 从形态上看, 烧伤瘢痕挛缩呈现出畸形状态, 影响美观度; 从功能上看, 烧伤瘢痕挛缩, 会造成相应烧伤部位的功能障碍问题, 为患儿带来身心压力和痛苦, 并影响其生活质量, 且引发烧伤患儿一系列的心理问题, 例如烧伤患儿出现自闭症、抑郁症等严重问题, 也给家庭和社会带来很大负担[2]。

2. 流行病学特点

烧伤是小儿死亡、意外伤害最常见的原因之一, 据世界卫生组织(WHO)统计, 成人严重烧伤的终生发生率为1%, 儿童为0.79%, 在欧洲, 小儿占有住院烧伤患者的大约50%, 全世界每年有20多万人

死于与火有关的烧伤, 其中小儿约占 40% [3]。在全球范围内, 小儿是烧伤发生的高危人群, 烧伤在儿童死亡原因中排名第 11 位, 由小儿烧伤而引起的非致命伤害在全球排名第五, 在国内排名第三[4] [5]。李海盛、王宋等[6]研究调查了 2011 年至 2015 年中国西南地区 2478 名烧伤小儿, 占同期总烧伤患者的 39.2%, 烧伤小儿的平均年龄为 2.86 ± 2.26 岁, 大多数患儿(85.55%)均在 5 岁以下, 其中热水烫伤最常见(79.06%), 其次是火焰烧伤(14.0%)。何珊和左泽兰[5]回顾性分析了 2012 年 1 月至 2016 年 12 月重庆医科大学附属儿童医院共收治了 1946 例烧伤小儿, ≤ 3 岁的小儿烧伤发生率最高, 为 87.15% (1696 例), 中重度及以上烧伤小儿占 71.68% (1395 例), 烧伤原因多为热水烫伤(1801 例, 占 92.55%), 其次是火焰烧伤(69 例, 占 3.55%)。汤勇、王良喜等[7]回顾性分析 2012 年 2 月~2015 年 2 月我国多个地区 18 岁及以下严重烧伤患儿 440 例, 占严重烧伤住院患者总数(1106 例)的 39.8%, 结论为儿童是我国目前严重烧伤的主要群体, 主要见于 6 岁及以下儿童, 以烫伤为主要伤害原因。陈雷、王帅等[8]研究显示 2014 年 1 月~2015 年 12 月、2016 年 1 月~2017 年 9 月转入安徽医科大学第一附属医院烧伤患儿分别占同期住院烧伤患儿总数的 34.3% (291/848)、30.4% (210/691)。颜超、李琳等[9]回顾性分析了 2012 年 7 月~2015 年 6 月福建医科大学附属协和医院收治的 14 岁及以下烧伤患儿 1407 例, 占烧伤住院患者总数(2608 例)的 53.9%。国内外大量研究结果表明, 虽然烧伤总体发生率逐年降低, 但是小儿烧伤发生率仍处于较高趋势, 而且小儿烧伤有低龄化趋势。晁生武[10]、刑继平[11]等调查西宁、内蒙古地区住院小儿烧伤患者结果分析两地区小儿烧伤的高发季节在冬春季。祁永章等[12]研究西宁地区 84 例小儿大面积烧伤患者休克期补液分析得出结论为青海地处高海拔地区, 气候干燥, 烧伤患儿不论面积大小其不显性失水均增多, 气管切开插管患者丢失量更大, 抗休克治疗应增加液体的补充才能平稳度过休克期。晁生武等[13]研究西宁地区 1393 例小儿烧伤的流行病学分析及对策得出结论为重视青海地区的生活方式与环境条件能有效预防小儿烧伤, 可降低小儿烧伤的发病率。青海地区作为高原地区, 冬季漫长, 气候寒冷, 经济条件差, 室内生火取暖、睡火炕, 使用热水的几率增加等有关, 与国内外文献报道有所不同[14] [15]。青海属于多民族聚居地, 各民族风俗生活习惯以及家庭文化教育的不同, 因此不同地区致烧伤因素与其密切相关, 如在甘肃、宁夏、青海、新疆、西藏属于多民族聚居地区, 尤其回族、藏族、维吾尔族是我国西北地区分布较广的少数民族, 其生活方式、饮食习惯以及信仰都有着明显的民族特点。该地区大部分人结婚、生育较早, 受教育水平较低, 监护人往往不具备较好的监护能力, 加之生育孩子较多, 对患儿看管难度加大, 造成意外烫伤的患儿增多。

3. 烧伤休克发病机制

由于小儿各系统、器官功能发育尚未完善, 其调节功能及对体液丢失的耐受性较成人差, 因此小儿在烧伤后更易休克, 通常成人的烧伤总面积超过 30% TBSA 发生休克的可能性较大, 而小儿烧伤总面积超过 10% TBSA 即可发生休克[16]。烧伤是由于无意中接触高温物质包括热液、火焰、电流、放射线以及化学物质等而引起以皮肤组织的损伤。国内外研究均显示[17], 烧伤住院儿童在烧伤住院病人中大约占 49.8%, 与既往报道的儿童烧伤占烧伤就诊患者的半数左右基本一致。由于儿童特殊生理特性, 因此在相同热力作用下小儿烧伤更为严重, 且儿童处于生长发育阶段, 烧伤后可能形成的增生性瘢痕和挛缩畸形会影响美观及功能, 且引发烧伤患儿、家庭一系列的心理、经济问题[18], 而且给全球各国的医疗健康系统带来沉重负担[19]。烧伤休克为低血容量性休克。引发烧伤休克的主要原因是组织灌注量不足而所致的细胞缺血缺氧性损害。烧伤后炎症反应启动, 大量炎症介质释放, 损伤血管内皮细胞结构, 导致血管内皮屏障功能受损, 微血管通透性增加, 血管内液体大量外渗, 血容量急剧下降[20] [21]。血容量不足直接导致心排出量下降, 血流动力学改变及微循环障碍, 出现全身组织器官低灌注, 可导致多器官功能衰竭。当烧伤面积超过 30% TBSA 时, 烧伤后的血浆损失可超过 $4 \text{ ml}/(\text{kg} \cdot \text{h} \cdot 1\% \text{ TBSA})$ [22]。严重烧伤后

立即出现的心肌损害和心功能降低也是引起烧伤休克的重要原因之一[23]。小儿烧伤较易发生休克,一旦患儿休克期度过不平稳,则有可能导致多种并发症,这也是造成小儿死亡的重要因素。及时有效地抗休克治疗是小儿烧伤抢救成功的关键,应避免因长途转送而延误休克的复苏[24]。

4. 烧伤休克液体复苏公式

对于烧伤患儿,正确地估算烧伤面积,是进行准确有效补液治疗的前提。我国小儿烧伤面积的估算和对小儿体表面积的计算公式分别为:小儿头部体表面积所占比例(%) = 9% + (12 - 年龄)%;两下肢体表面积所占比例(%) = 41% - (12 - 年龄)%;两上肢体表面积所占比例(%) = 2 × 9%;躯干体表面积所占比例(%) = 3 × 9% (会阴部面积占 1%);臀部体表面积所占比例(%) = 5%。这些公式较为繁琐,记忆的关键是小儿体表面积的主要特点,即头大、腿短。年龄越小,头部所占体表面积的比例越大,腿越短。只需将(12 - 年龄)的数值从下肢中扣除,并加入头、面部面积即可,小儿身体其余部分面积计算方法与成年人的九分法相同。另外,对于烧伤面积较小的患儿,还可用“手掌法”估算烧伤面积,小儿手掌所占体表面积与成年人手掌所占的体表面积相同,均为 1%。

目前,烧伤休克液体复苏的补液公式大致可分为以 Evans 公式为代表的晶胶型公式、以 Parkland 公式为代表的晶体型公式及以 Moore 公式为代表的胶体型公式三大类,其中尤以晶胶型和晶体型公式最为常用,如晶胶型公式中的 Brooke 公式、第三军医大学烧伤休克期补液公式(简称三医大公式)及晶体型公式中的 Parkland 公式因其计算方法简便而被广泛应用于临床[25]。然而,随着医学技术的不断发展,部分研究学者认为, Brooke 公式、三医大公式等补液公式均是根据尿量调节、控制输液量,而不能在微血管水平反应器官和组织的灌注情况,无法判断器官和组织的功能变化,故计算出的补液量与实际所需的补液量有一定差距,如临床中严重烧伤患者的实际补液量几乎都大于补液公式的预测量; Kramer GC 等[26]的研究发现,尿量与初始设定的输液速度并不相关,难以单纯依赖公式调整补液量而得到满意的复苏效果。针对以上问题,部分研究学者提出,采用阶梯式补液方式,将每小时的输液量予以量化,能够为临床应用提供更好的输液速度指导;给予重度烧伤休克患者限制性液体管理,可减少并发症、提高生存率[27]。

由于小儿皮肤薄嫩、附件较少,导致同等烧伤力度下,小儿烧伤深度比成人深,无论成人还是小儿,烧伤深度与受伤时接触的温度以及受伤部位皮肤厚度有关。相关研究发现,小儿很多烧伤部位皮肤厚度小于 1.4 mm,极易导致全层烧伤[28]。我国现一般采用三度四分法,该法适用广泛,同时得到国际上认可,在临床上发挥一定作用。三度四分法将烧伤深度分为 I 度、II 度、III 度;烧伤程度分为四度:① 轻度烧伤: II 度烧伤面积不超过 10%。② 中度烧伤: II 度烧伤面积 11%~30%;或 III 度烧伤面积 < 10%。③ 重度烧伤:烧伤总面积为 31~50%;或 III 度烧伤面积为 11%~20%;或 II、III 度烧伤面积虽达不到上述百分比,但已经出现休克、合并吸入性损伤和复合伤。④ 特重烧伤:烧伤总面积 > 50%;或 III 度烧伤总面积 > 20% [29]。Aggarwal SJ 等[30]研究发现机体发生烧伤后会产生血管内皮细胞活化的产物如:组胺等化学物质,使毛细血管通透性增加。再加上全身炎症反应,血管会大量丢失血浆、水、电解质,轻度会导致组织液丢失,严重者会导致低血容量性休克、单个或多个器官功能衰竭;同时烧伤后皮肤缺损,防御作用降低,病原微生物直接侵入机体,使机体免疫力薄弱,大面积烧伤最容易发生的是全身侵袭性感染性败血症。

有关烧伤休克液体复苏的补液公式仍众说纷纭,探寻科学合理的补液方式,并形成系统的临床指导。目前我国烧伤通用公式为 1971 年创立的第三军医大学公式[31] [32]:即成人伤后第 1 个 24 h 晶胶体总量为 1.5 ml/(kg·1%TBSA),水分 2000 ml,前 8 h 补入总量的一半,晶胶体比例为 2:1;第 2 个 24 h 晶胶体减半,水分同前,晶胶体比例为 2:1。临床上约定俗成地把伤后 6 h 开始接受正规补液称之为延迟复苏。

其公式为: 1) 第 1 个 24 h 预计补液量(ml) = %TBSA × 体重(kg) × 2.6, 水分 = 2000 ml, 胶体与电解质比为 1:1。在血流动力学严密监控下, 复苏的前 2 小时将第 1 个 24 h 液体总量的 1/2 快速补入。2) 第 2 个 24 h 预计补液量(ml) = %TBSA × 体重(kg) × 1, 水分 = 2000 ml, 胶体与电解质比为 1:1。同时应加强对心、肺、肾等重要器官功能的支持治疗。国内通常采用的小儿烧伤休克期的补液公式为: 1) 婴幼儿或 2 岁以下者, 第 1 个 24 h 预计补液量(ml) = II、III 度面积 × 体重(kg) × 2.0 ML + 水分(5%G·S) 100~150 mL (kg·d), 电解质、胶体比例为 1:1。2) 对于 2 岁以上者, 第 1 个 24 h 补液量(ml) = II、III 度面积 × 体重(kg) × 1.75 mL + 水分(5% G·S) 50~100 mL (kg·d), 电解质、胶体比例为 1:1; 3) 第 2 个 24 h 胶体、电解质质量减半(比例为 1:1), 水分的补充同第 1 个 24 h。由于小儿生长发育的阶段不同, 上述公式在临床运用中与实际补液量有较大偏差, 且按照上述推荐公式补液, 尤其是婴儿和新生儿, 往往在休克期第 1 个 24 h 后出现体表水肿严重、腹胀明显或腹泻; 有些因补液不当造成患儿脑水肿, 形成不可逆性永久性脑损害[33] [34]。解放军第 22 医院(青海省格尔木市)提出[35]高原地区成人严重烧伤休克期复苏补液的参考公式如下: ① 第一个 24 h 预计补液量(ml) = TBSA (%) × 体重(kg) × 2.9 ML + 水分 2500 ML 晶体与胶体之比为 2.2:1; ② 第二个 24 h 预计补液量(ml) = TBSA (%) × 体重(kg) × 1.6 ML + 水分 2500 ML 晶体与胶体之比为 2:1。这个公式较三医大公式明显增加了晶体的补液量从我们对两组烧伤休克期尿量、心率、脉压差的变化情况进行的统计分析这个公式是可行的。

5. 烧伤休克液体复苏成分

严重烧伤早期, 大量血浆、钠离子和水分的丢失可导致低血容量性休克, 因此, 血浆、钠离子和水分的补充是纠正烧伤患者低血容量性休克的重要措施。

5.1. 晶体溶液

晶体溶液包括等渗盐水、乳酸钠林格注射液、高渗盐溶液及其他含钠溶液。20 世纪 60 年代以前常用的晶体溶液主要是等渗盐水, 但由于以 Cl^- 、 Na^+ 各 154 mmol/L 为准输入晶体溶液, 补入量偏大, 易产生高氯性酸中毒或高钠血症, 故 70 年代以后晶体溶液主要以乳酸钠林格注射液为主。

1973 年提出用高渗盐溶液予以复苏, 即烧伤后 48 h 内输入含钠量 250 mmol/L 的高渗盐溶液 3~4 ML, 且第 1 个 24 h 输入 2/3, 第 2 个 24 h 输入另外 1/3, 并维持尿量在每小时 30 mL 左右。朱世辉等在对严重烧伤患者早期应用高渗盐溶液复苏时发现, 其能够减少液体输入总量, 且全身水肿消退较早[36]。郭振荣的研究显示, 在应用不同浓度高渗盐溶液复苏时可比只应用乳酸钠林格注射液复苏时减少 1/3 的补液量, 但需监测血液渗透浓度, 以避免渗透浓度过高而发生高钠血症甚至引起高渗性昏迷[37]。孙业祥等的研究发现, 与应用乳酸钠林格注射液复苏相比, 严重烫伤大鼠早期使用高渗盐溶液复苏可减少低钠血症的发生, 降低血液中炎性因子的含量, 减轻肺、肠道、肝、肾等内脏组织水肿及氧化损伤, 且高渗盐溶液的浓度为 200、300、和 400 mmol/L 时以浓度为 400 mmol/L 时效果最好, 浓度为 600、800 和 1000 mmol/L 时以浓度为 600 mmol/L 时效果最好[38] [39] [40], 但何种浓度效果最佳尚需进一步临床研究验证。近年来的研究表明, 丙酮酸钠在烧伤休克等的液体复苏时, 其在抑制重要脏器血管通透性, 减轻缺血再灌注损伤, 保护心、肾、脑和肠道功能及纠正乳酸性酸中毒等方面的效果明显优于传统的乳酸钠林格注射液[41] [42] [43]; 丁酸钠作为 I 类非选择性组蛋白去乙酰化酶抑制剂, 在提高细胞对缺血、缺氧、炎症等打击的耐受能力, 保护重要脏器功能, 延长低血容量性休克及脓毒性休克动物生存时间等方面有较好的作用, 且补液中加入丁酸钠, 可减少补液量及组织液的渗出, 提高患者生存率[43] [44] [45] [46], 一组特重烧伤大鼠实验研究数据显示: 肝、肾、小肠黏膜血流量测定结果比较: 伤 3 h, 丁酸钠组肾和小肠黏膜血流量 [(93.56 ± 11.56)、(84.65 ± 12.64) BPU] 分别高于烧伤组 [(80.71 ± 10.53)、(59.64 ± 11.82) BPU], 差异有统计

学意义($t = 2.324, 4.087, P$ 值均小于 0.05), 丁酸钠组肝血流量(83.54 ± 10.72) BPU 与烧伤组(77.34 ± 11.34) BPU 比较, 差异无统计学意义($t = 1.123, P > 0.05$); 伤后 6 h, 丁酸钠组肝和小肠黏膜血流量[(65.36 ± 11.79)、(62.65 ± 12.56) BPU]分别高于烧伤组[(51.72 ± 10.54)、(31.56 ± 12.72) BPU], 差异有统计学意义($t = 2.439, 4.919, P$ 值均小于 0.05), 丁酸钠组肾血流量(66.75 ± 10.35) BPU 与烧伤组(58.34 ± 9.34) BPU 比较, 差异无统计学意义($t = 1.706, P > 0.05$)。但其对内皮细胞保护作用的具体机制、使用的具体浓度及药代动力学特征尚不清楚, 需进一步深入研究探讨。

5.2. 胶体溶液

胶体溶液包括血浆、白蛋白、适量全血或红细胞以及右旋糖酐、琥珀酸明胶(血定安)与羟乙基淀粉等代血浆, 其中血浆为首选, 右旋糖酐用量一般不超过 1500 ML/24h。以往研究学者普遍认为, 休克期补充全血或红细胞会加重血液浓缩, 增加血液黏度, 阻滞微循环, 形成血栓, 然而, 中国人民解放军总医院第四医学中心坚持伤后早期补充全血后发现, 休克期补充全血有利于纠正贫血, 改善低蛋白血症, 减轻组织缺氧和水肿, 恢复血流动力学稳定, 保护内脏器官, 改善免疫功能[37]。另外, 烧伤早期补充白蛋白可减少患者补液量, 减轻组织水肿, 降低肢体焦痂切开比例[46]。随着医学技术的不断发展, 部分研究学者鉴于血液制品昂贵、稀缺, 且输注程序复杂, 研制出了右旋糖酐、羟乙基淀粉和明胶等人工胶体, 其中羟乙基淀粉因其扩容效果明显优于右旋糖酐和明胶, 被烧伤科及重症医学科广泛应用[47] [48]。如, 羟乙基淀粉对烧伤猪休克期肺水肿的影响与天然胶体无明显差异[49]。但也有研究表明, 应用羟乙基淀粉后组织残留较重[32], 且可能会增加患者肾功能损害和死亡率[50] [51]。故在 2013 年, 欧洲药品管理局与美国食品和药品管理局建议将羟乙基淀粉退市或告知临床慎用[52]。同年我国专家建议, 在得到其他更为可靠的调查结论前, 暂停在严重烧伤休克期及烧伤感染所致低血容量的液体复苏中使用羟乙基淀粉, 以避免给患者造成不必要的损害。

5.3. 水分

水分是烧伤休克液体复苏中除胶体与晶体溶液外所必须补充的成分, 通常应用 5% 的葡萄糖溶液, 但由于葡萄糖的代谢依赖胰岛素, 而大面积烧伤早期患者多存在胰岛素抵抗, 故输入含葡萄糖的液体时需按一定比例加入一定量的胰岛素, 以避免血糖升高。此外, 有研究显示, 使用复方乳酸钠山梨醇注射液代替葡萄糖, 无需使用胰岛素, 且可在有效补充血容量的同时不影响血糖水平, 并有利于尿液的排出, 促进水肿消退[53]。

6. 烧伤休克液体复苏监护的发展

6.1. 传统液体复苏监测指标

传统的休克复苏监测指标通常包括患者的精神状态、血压、心率、肢端温度和尿量。20 世纪 80 年代以前多以血压、心率、尿量来判断休克及复苏程度, 然而, 这些指标对以血压过低、极度心动过速、少尿为特征的失代偿性休克效果明显, 而对血压、心率、尿量均正常的隐匿性休克效果不佳[54] [55]。

6.2. 血流动力学监测指标及技术

6.2.1. 血流动力学监测指标

中心静脉压(CVP)、肺动脉楔压(PAWP)和心排血量(CO)等血流动力学指标是最常使用的指导液体复苏的监测指标, 其能够真实反映机体血流状态, 准确评估烧伤休克液体复苏效果, 从而提高烧伤患者的治愈率[56]。① CVP 主要反映右心室前负荷, 其正常值为 6~12 cmH₂O, 且休克期变化一般早于动脉压,

若 $CVP < 6 \text{ cmH}_2\text{O}$, 提示患者血容量不足; $CVP > 15 \text{ cmH}_2\text{O}$, 提示患者心功能不全、静脉血管过度收缩或肺循环阻力增加; 若 $CVP > 20 \text{ cmH}_2\text{O}$, 提示患者存在充血性心力衰竭[56]。② PAWP 是反映左心功能及其前负荷的可靠指标, 其正常值为 $6\sim 15 \text{ mmHg}$, 若 $PAWP < 8 \text{ mmHg}$, 且伴随心输出量降低, 说明血容量不足; 若 $PAWP > 200 \text{ mmHg}$, 说明左心功能轻度减退, 应限制液体输入量; 若 $PAWP > 25 \text{ mmHg}$, 提示左心功能严重不全, 且有发生肺水肿的可能, 应在限制液体输入量的同时, 适当予以强心治疗[57]。③ CO 是反映左心功能的重要指标, 当 CO 显著减少时, 可表现为组织的低灌注状态, 同时可不伴有低血压。研究显示, 采用 Swan-Ganz 漂浮导管测定 CO 是最经典的心功能监测方法, 且可同时测定 CVP、PAWP, 并通过这些血流动力学参数计算出血管阻力, 对整体循环功能的判断具有重要的临床意义[58]。

6.2.2. 血流动力学监测技术

漂浮导管 Swan-Ganz 是经典的血流动力学监测方法, 其通过热稀释法测定的 CO 被称作是心功能监测的“金标准”, 但所反映的血流动力学指标不够全面, 且存在发生深静脉感染等并发症的可能。近年来, 脉搏轮廓心排量监测技术在血流动力学监测中的应用越来越受到重视。心排量监测技术是一种采用热稀释法测定单次 CO, 并通过动脉脉搏轮廓分析技术分析动脉压力波形曲线下面积进而获得连续 CO 的技术, 可连续监测 CO、心排血量指数(CI)、心功能指数(CFI)、胸内血容量及胸内血容量指数、肺血管外肺水及肺血管外肺水指数以及其他反映心脏前后负荷和血管阻力变化的各种参数, 可为严重烧伤休克患者的液体复苏提供连续准确的血流动力学依据[59]。其不但能够避免因 Swan-Ganz 漂浮导管操作导致的严重并发症, 而且还可排除血管壁顺应性、心内瓣膜功能、胸腔内压力等因素影响, 是临床指导烧伤休克期液体复苏的理想选择[60] [61]。然而, 鉴于 PICCO 监测技术毕竟为有创监测, 故应严格掌握适应症、禁忌症及注意事项, 尤其是在监测烧伤休克液体复苏患者肺水肿方面尚存在理想目标值难以确定等问题, 需进一步深入研究探讨[62]。

7. 结语和展望

烧伤休克液体复苏为防止烧伤感染、MODS 等严重并发症发生的基础, 是严重烧伤患者早期治疗的关键, 其结果可直接影响烧伤患者的预后。多年来, 烧伤小儿的液体复苏已有明显改善。充分的液体复苏对于优化烧伤小儿的治疗效果和预后至关重要。尽管有多种方案和液体可用于复苏, 多种监测指标作为判断复苏效果的终点, 但是高原地区由于受到生活习俗、环境因素等限制条件的影响, 适用于高原地区小儿烧伤的补液公式、复苏液体类型、复苏监测指标等仍存在争议, 仍然需要广大医务工作者继续深入研究探讨。

基金项目

青海省科技厅项目(2016-ZJ-732)。

参考文献

- [1] 朱立强. 华北地区儿童烧伤病人的流行特点及经济负担研究[D]: [博士学位论文]. 重庆: 第三军医大学, 2015.
- [2] Duke, J.M., Rea, S., Boyd, J.H., *et al.* (2015) Mortality after Burn Injury in Children: A 33-Year Population-Based Study. *Pediatrics*, **135**, e903-e910. <https://doi.org/10.1542/peds.2014-3140>
- [3] Trop, M., Herzog, S.A., Pfuertscheller, K., *et al.* (2015) The Past 25 Years of Pediatric Burn Treatment in Graz and Important Lessons Been Learned. An Overview. *Burns*, **41**, 714-720. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2014.10.001>
- [4] 崔璨璨, 王培席, 李华强. 中国小儿烧伤流行病学特征研究进展[J]. 中西医结合护理(中英文), 2019, 5(5): 203-205.
- [5] 何珊, 左泽兰. 1946 例住院烧伤患儿流行病学调查[J]. 中华烧伤杂志, 2018, 34(10): 696-700.

- [6] Li, H., Wang, S., Tan, J., *et al.* (2017) Epidemiology of Pediatric Burns in Southwest China from 2011 to 2015. *Burns*, **43**, 1306-1317. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2017.03.004>
- [7] 汤勇, 王良喜, 陈俊杰, 等. 多中心严重烧伤住院患儿流行病学调查分析[J]. 中华烧伤杂志, 2016, 32(10): 599-605.
- [8] 陈雷, 王帅, 王合丽, 等. 芜湖市某三甲医院住院烧伤患儿流行病学特征分析[J]. 中华损伤与修复杂志(电子版), 2021, 16(4): 310-315.
- [9] 颜超, 许乐, 李琳. 小儿烧伤对家属的影响及其心理护理干预研究进展[J]. 中国护理管理, 2015, 15(4): 500-502.
- [10] 晁生武, 聂兰军, 王献珍. 高海拔地区 1160 例小儿烧伤的救治[J]. 中华烧伤杂志, 2000(5): 63.
- [11] 邢继平, 高国珍, 胡日查, 等. 内蒙古西部地区“锅连炕”烫伤小儿 4816 例回顾性分析[J]. 内蒙古医学杂志, 2011, 43(7): 829-833.
- [12] 祁永章, 李毅. 西宁地区 84 例小儿大面积烧伤患者休克期补液分析[J]. 高原医学杂志, 2011, 21(3): 13-14.
- [13] 晁生武, 李毅, 崔强, 等. 西宁地区 1393 例小儿烧伤的流行病学分析及对策[J]. 青海医药杂志, 2009, 39(6): 26-27.
- [14] 边曦, 朱志军, 王野. 青岛某医院住院烧伤患儿流行病学研究[J]. 中华烧伤杂志, 2017, 33(7): 415-418.
- [15] 吴亚军, 刘达恩, 农庆文, 等. 近 4 年广西某医院儿童烧伤流行病学分析[J]. 广西医科大学学报, 2017, 34(11): 1660-1663.
- [16] 黄跃生. 深入研究烧伤休克及缺血缺氧损害的细胞分子机制[J]. 中华烧伤杂志, 2005(5): 324-325.
- [17] 徐昆明, 钱堃, 何艳屏, 等. 中国近 20 年小儿烧伤流行病学的系统性评价[J]. 按摩与康复医学, 2021, 12(10): 84-88.
- [18] Boyd, J.H., *et al.* (2017) Effects of Pediatric Burns on Gastrointestinal Diseases: A Population-Based Study. *Journal of Burn Care & Research: Official Publication of the American Burn Association*, **38**, 125-133. <https://doi.org/10.1097/BCR.0000000000000415>
- [19] Yakupu, A., Zhang, J., Dong, W., *et al.* (2022) The Epidemiological Characteristic and Trends of Burns Globally. *BMC Public Health*, **22**, 1596. <https://doi.org/10.1186/s12889-022-13887-2>
- [20] 孙业祥. 烧伤休克发生机制的研究进展[J]. 中国烧伤创疡杂志, 2016, 28(5): 311-314.
- [21] Hu, D., Yu, Y., Wang, C., *et al.* (2015) microRNA-98 Mediated Microvascular Hyperpermeability during Burn Shock Phase via Inhibiting FIH-1. *European Journal of Medical Research*, **20**, 51. <https://doi.org/10.1186/s40001-015-0141-5>
- [22] Pruitt, B.J., Mason, A.J. and Moncrief, J.A. (1971) Hemodynamic Changes in the Early Postburn Patient: The Influence of Fluid Administration and of a Vasodilator (Hydralazine). *The Journal of Trauma*, **11**, 36-46. <https://doi.org/10.1097/00005373-197101000-00003>
- [23] 黄跃生, 杨宗湘, 迟路湘, 等. 烧伤后“休克心”的研究[J]. 中华烧伤杂志, 2000(5): 19-22.
- [24] 蔡玉娥, 张永兴, 赵玉兰. 600 例小儿烧伤休克期治疗分析[J]. 中华烧伤杂志, 2000(5): 29.
- [25] Cancio, L.C., Salinas, J. and Kramer, G.C. (2016) Protocolized Resuscitation of Burn Patients. *Critical Care Clinics*, **32**, 599-610. <https://doi.org/10.1016/j.ccc.2016.06.008>
- [26] Kramer, G.C., Michell, M.W., Oliveira, H., *et al.* (2010) Oral and Enteral Resuscitation of Burn Shock the Historical Record and Implications for Mass Casualty Care. *Eplasty*, **10**, e56.
- [27] 刘光明. 盐水浓度对创伤性休克早期液体复苏急救效果的影响[J]. 现代中西医结合杂志, 2017, 26(4): 406-408.
- [28] 林国安. 小儿烧伤流行特点和早期处理[J]. 中华损伤与修复杂志(电子版), 2018, 13(4): 247-252.
- [29] 王彪. 小儿严重烧伤休克延迟复苏的回顾性分析[D]: [硕士学位论文]. 合肥: 安徽医科大学, 2020.
- [30] Aggarwal, S.J., Shah, S.J., Diller, K.R., *et al.* (1989) Fluorescence Digital Microscopy of Interstitial Macromolecular Diffusion in Burn Injury. *Computers in Biology and Medicine*, **19**, 245-261. [https://doi.org/10.1016/0010-4825\(89\)90012-7](https://doi.org/10.1016/0010-4825(89)90012-7)
- [31] 王车江, 张庆富, 刘洪霞, 等. 烧伤休克期补液公式的改进与临床应用[J]. 河北医科大学学报, 2010, 31(2): 157-160.
- [32] 曹亚南, 朱冬燕, 魏雅娟. 烧伤休克液体复苏研究进展[J]. 中国烧伤创疡杂志, 2018, 30(5): 342-345.
- [33] 王晓云. 小儿严重烧伤液体复苏与并发症的回顾性分析[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东大学, 2021.
- [34] 孙业祥. 中国烧伤休克液体复苏 70 年进展[J]. 中国烧伤创疡杂志, 2019, 31(4): 229-235.
- [35] 汪家莹, 张西联, 孙胜, 等. 高原地区严重烧伤休克期补液公式探讨[J]. 青海医药杂志, 2010, 40(9): 6-9.

- [36] 朱世辉, 霍正禄, 葛绳德, 路卫, 夏照帆. 严重烧伤早期应用不同浓度含钠复苏液对机体内环境的影响[J]. 中华烧伤杂志, 2001, 17(5): 263-265.
- [37] 郭振荣. 烧伤休克期补液的思考[J]. 中华烧伤杂志, 2005(5): 321-323.
- [38] 吴雪生, 高智, 孙业祥, 王飞, 陈旭林. 特定浓度高渗钠盐复苏液对严重烫伤大鼠早期肺损伤的影响[J]. 中华损伤与修复杂志(电子版), 2014, 9(2): 131-136.
- [39] Sun, Y.X., Han, L.N., Gao, Z., *et al.* (2017) 200 mm Hypertonic Saline Resuscitation Attenuates Intestinal Injury and Inhibits p38 Signaling in Rats after Severe Burn Trauma. *Burns*, **43**, 1693-1701. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2017.04.013>
- [40] Yuan, C.Y., Wang, Q.C., Chen, X.L., *et al.* (2019) Hypertonic Saline Resuscitation Protects against Kidney Injury Induced by Severe Burns in Rats. *Burns*, **45**, 641-648. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2018.09.017>
- [41] 李琰光, 魏莹, 田社民, 等. 丙酮酸盐抗休克作用及相关机制的研究进展[J]. 中华损伤与修复杂志(电子版), 2017, 12(5): 370-373.
- [42] 高明娟, 李娟, 王晓娜, 等. 50% TBSA III度烧伤犬静脉补液时丙酮酸钠林格液对循环血容量和血乳酸水平的影响[J]. 武警医学, 2016, 27(1): 51-54.
- [43] 韩晓春, 胡森, 刘先奇, 等. 丙酮酸钠液对烫伤休克大鼠肾血管通透性的影响[J]. 中国医学工程, 2011, 19(4): 4-6.
- [44] 唐富波, 何波, 张文华, 等. 丁酸钠对严重烫伤后大鼠肝脏血流量及水肿的影响[J]. 中国现代医学杂志, 2016, 26(5): 7-10.
- [45] Hu, X., Wang, M., Pan, Y., *et al.* (2020) Anti-Inflammatory Effect of Astragaloside and Chlorogenic Acid on *Escherichia coli*-Induced Inflammation of Sheep Endometrial Epithelium Cells. *Frontiers in Veterinary Science*, **7**, 201. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00201>
- [46] 唐富波, 张文华, 李雨梦, 等. 丁酸钠对特重度烧伤大鼠脏器功能及血流量的影响[J]. 中华损伤与修复杂志(电子版), 2016, 11(2): 90-95.
- [47] 卢才教, 郭海雷, 刘政军, 等. 羟乙基淀粉溶液用于烧伤休克期液体复苏的疗效[J]. 实用医学杂志, 2010, 26(11): 1880-1882.
- [48] 诸震波, 丁宁. 羟乙基淀粉溶液在烧伤休克期液体复苏中的应用价值[J]. 实用临床医药杂志, 2014, 18(1): 79-81.
- [49] 牟军, 陈炯, 邢楠, 等. 烧伤休克期液体复苏方案对相关炎症介质影响的实验观察[J]. 中华医学杂志, 2013, 93(30): 2377-2380.
- [50] Perner, A., Haase, N., Guttormsen, A.B., *et al.* (2012) Hydroxyethyl Starch 130/0.42 versus Ringer's Acetate in Severe Sepsis. *The New England Journal of Medicine*, **367**, 124-134. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1204242>
- [51] Elinoff, J.M. and Danner, R.L. (2012) Hydroxyethyl Starch 130/0.42 Increased Death at 90 Days Compared with Ringer's Acetate in Severe Sepsis. *Annals of Internal Medicine*, **157**, C4-C6. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-157-8-201210160-02006>
- [52] 马建斌. 烧伤休克的防治进展[J]. 吉林医学, 2018, 39(2): 355-358.
- [53] 曾纪章, 黄晓元, 杨兴华, 雷少榕, 肖目张. 复方乳酸钠山梨醇注射液在大面积烧伤患者休克期补液中的应用[J]. 中华烧伤杂志, 2005(5): 336-338.
- [54] Dodd, A.R., Nelson-Mooney, K., Greenhalgh, D.G., *et al.* (2010) The Effect of Hand Burns on Quality of Life in Children. *Journal of Burn Care & Research*, **31**, 414-422. <https://doi.org/10.1097/BCR.0b013e3181db5295>
- [55] Atiyeh, B.S., Dibo, S.A., Ibrahim, A.E., *et al.* (2012) Acute Burn Resuscitation and Fluid Creep: It Is Time for Colloid Rehabilitation. *Annals of Burns and Fire Disasters*, **25**, 59-65.
- [56] Chen, Z.H., Jin, C.D., Chen, S., *et al.* (2017) The Application of Early Goal Directed Therapy in Patients during Burn Shock Stage. *International Journal of Burns and Trauma*, **7**, 27-33.
- [57] 姚亚宾, 秦宇红. 创伤性休克监测指标及意义[J]. 创伤外科杂志, 2015, 17(2): 191-193.
- [58] 王阿莉, 乜广珍, 尹朝霞. 血流动力学监测技术新进展[J]. 现代中西医结合杂志, 2009, 18(31): 3917-3918.
- [59] 房贺, 郑兴锋, 夏照帆. 脉搏轮廓心排血量监测技术在危重病患者血流动力学监测中的应用[J]. 中华烧伤杂志, 2014, 30(4): 328-330.
- [60] 李晓亮, 狄海萍, 薛继东, 牛希华, 夏成德. 脉搏轮廓心排血量监测在救治二例大面积烧伤并发急性肺水肿患者中的应用[J]. 中华烧伤杂志, 2016, 32(7): 436-437.
- [61] 杨雯娟, 郭光华, 沈国良, 林伟, 赵小瑜, 祁强, 钱汉根, 谢文忠, 王志学. 脉搏轮廓心排血量监测技术在成批特

大面积烧伤患者延迟复苏中的应用效果[J].中华烧伤杂志, 2016, 32(3): 140-146.

- [62] 中国老年医学学会烧创伤分会, 张家平(执笔), 王唯依(执笔), 黄跃生, 张家平. 脉搏轮廓心排血量监测技术在严重烧伤治疗中应用的全国专家共识(2018版)[J]. 中华烧伤杂志, 2018, 34(11): 776-781.