

· 论著 ·

成人大面积烧伤后急救复苏十倍法补液公式的创建与应用

申传安 刘馨竹 李大伟 刘兆兴 张博涵

解放军总医院第四医学中心烧伤整形医学部,北京 100048

通信作者:申传安,Email:shenchuanan@126.com



【摘要】 目的 探讨成人大面积烧伤后急救复苏十倍法补液公式的科学性和可行性。方法 采用回顾性观察性研究方法。收集解放军总医院第四医学中心 2016 年 12 月—2019 年 12 月收治的 170 例大面积烧伤成年患者[男 135 例、女 35 例,年龄(42±14)岁]的烧伤总面积[30%~100% 体表总面积(TBSA)]和体重(45~135 kg)资料。将 45~135 kg 中的每一体重(编程步长为 1 kg)与烧伤总面积为 30%~100%TBSA 中的每一面积(编程步长为 1%TBSA)配对后的 6 461 对模拟数据,代入 4 个公认补液公式——Parkland 公式、Brooke 公式、解放军第三〇四医院公式和第三军医大学公式与 2 个急救补液公式——世界卫生组织烧伤技术工作小组(TWGB)提出的大面积烧伤患者急救简化复苏方案(以下简称 TWGB 公式)和该文作者提出的十倍法补液公式,计算伤后 8 h 内补液速度(以下简称补液速度),结果以烧伤总面积编程步长为 10%TBSA 进行展示。以 4 个公认补液公式的计算结果为合理补液速度,计算并比较采用 2 个急救补液公式计算的补液速度的准确率。利用烧伤总面积分别为 30%、100%TBSA 时采用十倍法补液公式计算结果为合理补液速度时对应的最大体重,将 45~135 kg 分为 3 个段,比较各个体重分段中采用 2 个急救补液公式计算的补液速度的准确率。当 2 个急救补液公式计算的补液速度均不合理时,比较两者补液速度的差异。统计前述 170 例患者中前述 3 个体重分段分布;利用前述 170 例患者的烧伤总面积和体重数据,同前计算并比较采用 2 个急救补液公式计算的补液速度的准确率。对数据进行 McNemar 检验。结果 烧伤总面积分别为 30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%、100%TBSA 时,体重为 45~135 kg 的情况下,采用 2 个急救补液公式计算的补液速度均没有超过 4 个公认补液公式的计算结果中的最大值;TWGB 公式计算的补液速度不随烧伤总面积的变化而改变,十倍法补液公式计算的补液速度不随体重的变化而改变。6 461 对模拟数据代入显示,根据十倍法补液公式计算的补液速度的准确率为 43.09%(2 784/6 461),明显高于 TWGB 公式的 2.07%(134/6 461), $\chi^2=2 404.80, P<0.01$ 。当体重为 45~62、63~93 kg 时,根据十倍法补液公式计算的补液速度的准确率分别为 100%(1 278/1 278)、68.42%(1 506/2 201),均明显高于 TWGB 公式的 0(0/1 278)、0.05%(1/2 201), $\chi^2=1 276.00, 1 501.01, P<0.01$;当体重为 94~135 kg 时,根据十倍法补液公式计算的补液速度的准确率为 0(0/2 982),明显低于 TWGB 公式的 4.46%(133/2 982), $\chi^2=131.01, P<0.01$ 。当 2 个急救补液公式计算的补液速度均不合理时,采用十倍法补液公式计算的大部分补液速度大于 TWGB 公式的计算结果,占 79.3%(2 808/3 543)。170 例患者中,体重为 45~62、63~93、94~135 kg 者所占比例分别为 25.29%(43/170)、65.88%(112/170)、8.82%(15/170)。170 例患者中,采用十倍法补液公式计算的补液速度的准确率为 69.41%(118/170),明显高于 TWGB 公式的 3.53%(6/170), $\chi^2=99.36, P<0.01$ 。结论 应用十倍法补液公式计算成人大面积烧伤后急救复苏补液速度相对 4 个公认补液公式简便,优于 TWGB 公式,适合非烧伤专业的一线医护人员院前抢救大面积烧伤成年患者时应用,值得推广。

DOI: 10.3760/ema.j.cn501120-20211109-00383

本文引用格式:申传安,刘馨竹,李大伟,等.成人大面积烧伤后急救复苏十倍法补液公式的创建与应用[J].中华烧伤与创面修复杂志,2022,38(3):236-241. DOI: 10.3760/ema.j.cn501120-20211109-00383.

Shen CA,Liu XZ,Li DW,et al.Establishment and application of the tenfold rehydration formula for emergency resuscitation of adult patients after extensive burns[J].Chin J Burns Wounds,2022,38(3):236-241. DOI: 10.3760/ema.j.cn501120-20211109-00383.



【关键词】 烧伤； 休克； 急救； 十倍法补液公式； 复苏

基金项目：国家自然科学基金面上项目(82072169)；军队后勤科研重大项目(ALB18J001)

Establishment and application of the tenfold rehydration formula for emergency resuscitation of adult patients after extensive burns

Shen Chuan'an, Liu Xinzhu, Li Dawei, Liu Zhaoxing, Zhang Bohan

Department of Burns and Plastic Surgery, the Fourth Medical Center of PLA General Hospital, Beijing 100048, China

Corresponding author: Shen Chuan'an, Email: shenchuanan@126.com

【Abstract】 Objective To explore the scientificity and feasibility of the tenfold rehydration formula for emergency resuscitation of adult patients after extensive burns. **Methods** A retrospective observational study was conducted. The total burn area (30%–100% total body surface area (TBSA)) and body weight (45–135 kg) of 170 adult patients (135 males and 35 females, aged 42 ± 14 years) with extensive burns admitted to the Fourth Medical Center of PLA General Hospital from December 2016 to December 2019 were collected. The 6 461 pairs of simulated data obtained after pairing each body weight in 45 to 135 kg (programmed in steps of 1 kg) with each area in 30% to 100% TBSA (programmed in steps of 1%TBSA) were plugged into four recognized rehydration formulas--Parkland's formula, Brooke's formula, the 304th PLA Hospital formula, and the Third Military Medical University formula and two emergency rehydration formulas--the simplified first aid resuscitation plan for extensive burn patients proposed by the World Health Organization's Technical Working Group on Burns (TWGB, hereinafter referred to as the TWGB formula) and the tenfold rehydration formula proposed by the author of this article to calculate the rehydration rate within 8 hours after injury (hereinafter referred to as the rehydration rate), with results being displayed by a programming step of 10%TBSA for the total burn area. Taking the calculation results of four recognized rehydration formulas as the reasonable rehydration rate, the accuracy of rehydration rates calculated by two emergency rehydration formulas were calculated and compared. The body weight of 45–135 kg was divided into three segments by the results of maximum body weight at a reasonable rehydration rate calculated by the tenfold rehydration formula when the total burn area was 30% and 100% TBSA, respectively. The accuracy of rehydration rate calculated by two emergency rehydration formulas in each body weight segment was compared. When the rehydration rates calculated by two emergency rehydration formulas were unreasonable, the differences in rehydration rates between the two were compared. Statistical distribution of the aforementioned three body weight segments in the aforementioned 170 patients was counted. Using the total burn area and body weight data of the aforementioned 170 patients, the accuracy of rehydration rate calculated by two emergency rehydration formulas was calculated and compared as before. Data were statistically analyzed with McNemar test. **Results** When the total burn area was 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, and 100% TBSA, respectively, and the body weight was 45–135 kg, the rehydration rates calculated by two emergency rehydration formulas did not exceed the maximum of the calculated results of four recognized rehydration formulas; the rehydration rate calculated by the TWGB formula did not change accordingly with total burn area, while the rehydration rate calculated by the tenfold rehydration formula did not change accordingly with body weight. Substituting 6 461 pairs of simulated data showed that the accuracy of rehydration rate calculated by the tenfold rehydration formula was 43.09% (2 784/6 461), which was significantly higher than 2.07% (134/6 461) of the TWGB formula, $\chi^2=2 404.80$, $P<0.01$. When the body weights were 45–62 kg and 63–93 kg, the accuracy rates of rehydration rate calculated by the tenfold rehydration formula were 100% (1 278/1 278) and 68.42% (1 506/2 201), respectively, which were significantly higher than 0 (0/1 278) and 0.05% (1/2 201) of the TWGB formula, $\chi^2=1 276.00$, 1 501.01, $P<0.01$; when the body weight was 94–135 kg, the accuracy rate of rehydration rate calculated by the tenfold rehydration formula was 0 (0/2 982), which was significantly lower than 4.46% (133/2 982) of the TWGB formula, $\chi^2=131.01$, $P<0.01$. When the rehydration rates calculated by two emergency rehydration formulas were both unreasonable, the rehydration rate calculated by the tenfold rehydration formula was greater than that calculated by the TWGB formula in most cases, accounting for 79.3% (2 808/3 543). Among the 170 patients, the proportions of those weighing 45–62, 63–93, and 94–135 kg were 25.29% (43/170), 65.88% (112/170), and 8.82% (15/170), respectively. Among the 170 patients, the accuracy rate of rehydration rate calculated by the tenfold rehydration formula was 69.41% (118/170), which was significantly higher than 3.53% (6/170) of the TWGB formula, $\chi^2=99.36$, $P<0.01$. **Conclusions** Applying the tenfold rehydration formula to calculate the emergency rehydration rate in adults after extensive burns is simpler than four recognized rehydration formulas, and is superior to the TWGB formula. The tenfold rehydration formula is suitable for the front-line medical staffs that are not specialized in burns in pre-admission rescue of adult

patients with extensive burns, which is worth popularizing.

【Key words】 Burns; Shock; First aid; Tenfold rehydration formula; Resuscitation

Fund program: General Program of National Natural Science Foundation of China (82072169); Major Program of Military Logistics Research Plan (ALB18J001)

烧伤属于突发事故或灾难,急救环节非常重要,尽早、适量的液体复苏防治烧伤休克是大面积烧伤救治的首要关键环节^[1]。1947年,Cope和Moore^[2]在总结波士顿 Coconut Grove 夜总会火灾数百例大面积烧伤患者救治经验的基础上,提出了依据烧伤总面积计算伤后第1个24h补液量的公式,这是最早的烧伤补液公式,以后的各种补液公式均是在此基础上的改良。目前临床较为常用的补液公式有 Brooke 公式、解放军第三〇四医院公式、第三军医大学公式等,但由于这些公式计算相对复杂,较难在一线急救时落实,致使很多危重烧伤患者,特别是成批烧伤患者,在转入烧伤专科时往往已发生延迟复苏甚或休克,严重影响后期救治和预后^[3-5]。2021年世界卫生组织烧伤技术工作小组(technical working group on burns, TWGB)提出了一个在烧伤专业医师介入前的大面积烧伤患者院前急救简化复苏方案(以下简称 TWGB 公式),推荐伤后第1个24h每千克体重补充100mL液体作为烧伤后液体复苏的急救方案^[6],但此方案与临床实际补液需求量相差甚大。据此,该文作者在分析各个补液公式和临床实践的基础上,于2021年提出了成人大面积烧伤院前急救复苏十倍法补液公式^[7],以方便一线急救医护人员应用,提高院前救治质量。

1 资料与方法

该回顾性观察性研究通过解放军总医院第四医学中心伦理委员会审批,批号:2020KY 025-KS001。

1.1 入选标准

纳入标准:烧伤总面积 $\geq 30\%$ TBSA,年龄 ≥ 18 岁。排除标准:病例资料不完整者。

1.2 临床资料

2016年12月—2019年12月,解放军总医院第四医学中心收治的170例大面积烧伤成年患者符合入选标准,纳入本研究,其中男135例、女35例,年龄为18~81(42 \pm 14)岁。患者烧伤总面积为30%~100% [55% (35%, 80%)] TBSA; 体重45~135 [70.5(62.0, 80.0)]kg。

1.3 十倍法补液公式的模拟数据评价

根据该研究纳入170例患者体重和烧伤总面

积,将45~135kg中的每一体重(编程步长为1kg)与30%~100%TBSA中的每一面积(编程步长为1%TBSA)配对,共得到6461对模拟数据。

将6461对模拟数据分别代入4个公认补液公式——Parkland公式、Brooke公式、解放军第三〇四医院公式和第三军医大学公式^[8]与2个急救补液公式——十倍法补液公式、TWGB公式,计算对应的伤后8h内补液速度(以下简称补液速度)。Parkland公式:补液速度($\%TBSA \cdot kg \cdot mL \cdot h^{-1}$)=烧伤总面积($\%TBSA$) \times 体重(kg) $\times 4$ (mL) $\div 16$ (h);Brooke公式:补液速度($\%TBSA \cdot kg \cdot mL \cdot h^{-1}$)=[烧伤总面积($\%TBSA$) \times 体重(kg) $\times 2$ (mL)+2000(mL)] $\div 16$ (h);解放军第三〇四医院公式:补液速度($\%TBSA \cdot kg \cdot mL \cdot h^{-1}$)=[烧伤总面积($\%TBSA$) \times 体重(kg) $\times 1.8$ (mL)+2000(mL)] $\div 16$ (h);第三军医大学公式:补液速度($\%TBSA \cdot kg \cdot mL \cdot h^{-1}$)=[烧伤总面积($\%TBSA$) \times 体重(kg) $\times 1.5$ (mL)+2000(mL)] $\div 16$ (h);十倍法补液公式:补液速度($\%TBSA \cdot mL \cdot h^{-1}$)=烧伤总面积($\%TBSA$) $\times 10$ (mL/h),建议输注液体为乳酸钠林格液等电解质溶液;TWGB公式:补液速度($kg \cdot mL \cdot h^{-1}$)=体重(kg) $\times 100$ (mL) $\div 24$ (h)。结果以烧伤总面积编程步长为10%TBSA进行展示。

以4个公认补液公式计算的结果为标准,计算并比较2个急救补液公式计算的补液速度的准确率。补液速度 ≥ 4 个公认补液公式计算值中的最小值且 ≤ 4 个公认补液公式计算值中的最大值者,判断为合理补液速度。准确率=合理补液速度对应模拟数据配对数 $\div 6461 \times 100\%$ 。

利用烧伤总面积分别为30%、100%TBSA时采用十倍法补液公式计算结果为合理补液速度时对应的最大体重,将45~135kg分为3个段,比较各个体重分段中采用2个急救补液公式计算的补液速度的准确率。

当2个急救补液公式计算的补液速度均不合理时,比较两者补液速度的差异。

1.4 十倍法补液公式的临床数据评价

统计该研究纳入的170例患者中前述3个体重分段分布;利用该研究纳入的170例患者的烧伤总面积和体重数据,同1.3计算并比较2个急救补液公式计算的补液速度的准确率。

1.5 统计学处理

采用SPSS 24.0统计软件分析数据。计量资料数据中,符合正态分布者以 $\bar{x} \pm s$ 表示,不符合正态分布者以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示。计数资料数据以频数(百分数)表示,进行McNemar检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。用R语言(3.4.3版本)编写1.3中各公式,计算补液速度,并对采用十倍法补液公式计算结果为合理补液速度时体重对应的烧伤总面积的范围进行可视化展示。

2 结果

2.1 十倍法补液公式的模拟数据评价

烧伤总面积分别为30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%、100%TBSA时,体重为45~135 kg的情况下,采用2个急救补液公式计算的补液速度均没有超过4个公认补液公式的计算结果中的最大值;TWGB公式计算的补液速度不随烧伤总面积的变化而改变,十倍法补液公式计算的补液速度不随体重的变化而改变。对于小面积大体重,采用TWGB公式计算的补液速度大于十倍法补液公式。见图1。

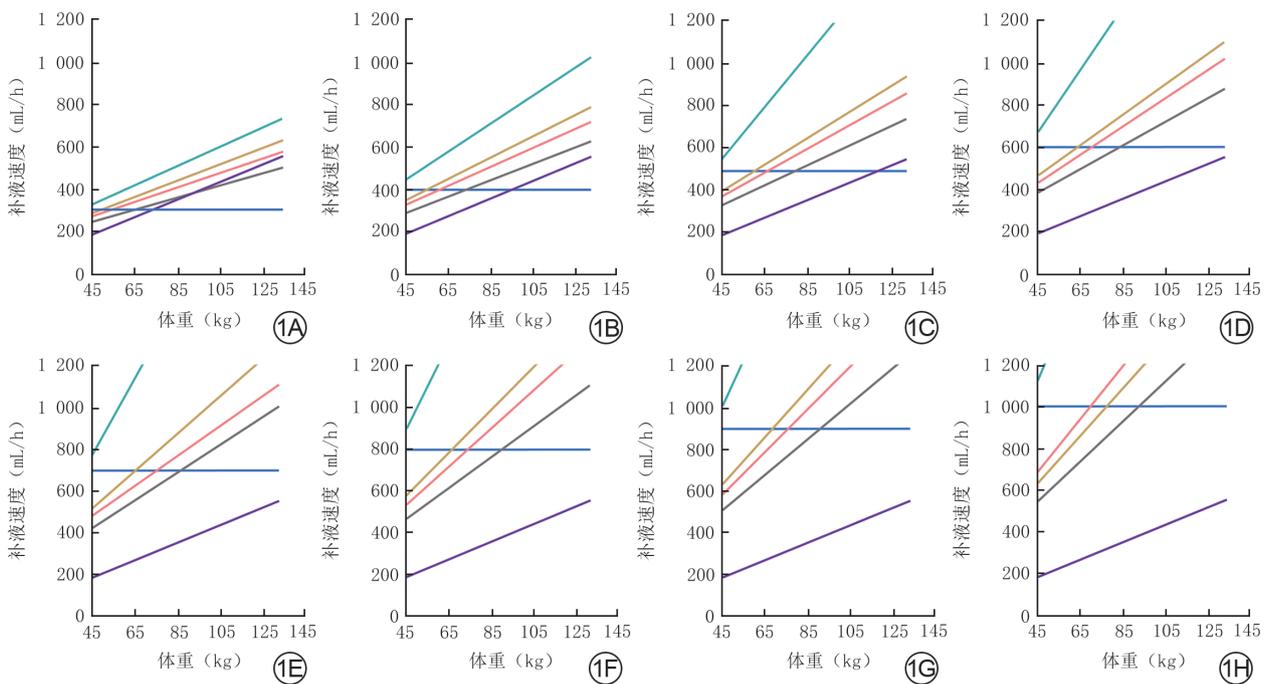
当十倍法补液公式计算结果为合理补液速度

时,体重对应的烧伤总面积的范围见图2。

6 461对模拟数据代入显示,采用十倍法补液公式计算的补液速度准确率为43.09%(2 784/6 461),明显高于TWGB公式的2.07%(134/6 461), $\chi^2 = 2 404.80, P < 0.001$ 。

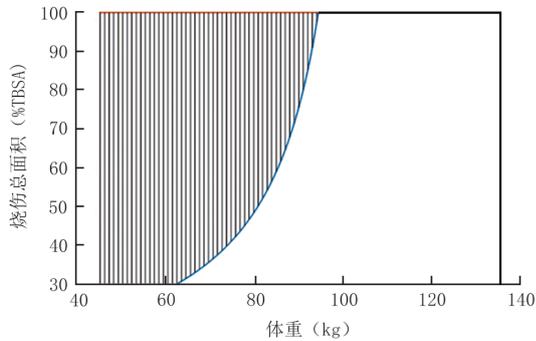
烧伤总面积分别为30%、100%TBSA时,采用十倍法补液公式计算结果为合理补液速度时对应的最大体重分别为62、93 kg,据此将45~135 kg分为45~62、63~93、94~135 kg这3个段。当体重为45~62 kg时,根据十倍法补液公式计算的补液速度准确率为100%(1 278/1 278),明显高于TWGB公式的0(0/1 278), $\chi^2 = 1 276.00, P < 0.001$;当体重为63~93 kg时,根据十倍法补液公式计算的补液速度准确率为68.42%(1 506/2 201),明显高于TWGB公式的0.05%(1/2 201), $\chi^2 = 1 501.01, P < 0.001$;当体重为94~135 kg时,根据十倍法补液公式计算的补液速度的准确率为0(0/2 982),明显低于TWGB公式的4.46%(133/2 982), $\chi^2 = 131.01, P < 0.001$ 。

当2个急救补液公式计算的补液速度均不合理时,采用十倍法补液公式计算的大部分补液速度大于TWGB公式,占79.3%(2 808/3 543)。



注:绿色线代表Parkland公式,黄色线代表Brooke公式,粉色线代表解放军第三〇四医院公式,灰色线代表第三军医大学公式,蓝色线代表十倍法补液公式,紫色线代表由世界卫生组织烧伤技术小组(TWGB)提出的大面积烧伤患者急救简化复苏方案(简称TWGB公式);TBSA为体表总面积

图1 8个烧伤总面积下体重为45~135 kg时采用6种补液公式计算的伤后8 h内补液速度。1A.烧伤总面积为30%TBSA;1B.烧伤总面积为40%TBSA;1C.烧伤总面积为50%TBSA;1D.烧伤总面积为60%TBSA;1E.烧伤总面积为70%TBSA;1F.烧伤总面积为80%TBSA;1G.烧伤总面积为90%TBSA;1H.烧伤总面积为100%TBSA



注:TBSA为体表总面积,橙色线代表烧伤总面积范围的最大值,蓝色线代表烧伤总面积范围的最小值;合理补液速度指补液速度在Parkland公式、Brooke公式、解放军第三〇四医院公式和第三军医大学公式计算结果范围内

图2 在体重为45~135 kg、烧伤总面积为30%~100%TBSA范围内,根据十倍法补液公式计算的伤后8 h内补液速度为合理补液速度时体重对应的烧伤总面积范围(阴影部分)的可视化结果

2.2 十倍法补液公式的临床数据评价

170例患者中,有25.29%(43/170)的患者体重为45~62 kg,有65.88%(112/170)的患者体重为63~93 kg,有8.82%(15/170)的患者体重为94~135 kg。

170例患者中,采用十倍法补液公式计算的补液速度的准确率为69.41%(118/170),明显高于TWGB公式的3.53%(6/170), $\chi^2=99.36, P<0.001$ 。

3 讨论

休克是危重烧伤早期主要的并发症,休克期度过是否平稳直接影响着大面积烧伤的后期救治和预后。大面积烧伤伤在体表,反应在全身。大面积烧伤后机体有效循环血容量锐减,引发休克,轻则损伤重要组织器官功能,重则导致器官功能衰竭,甚至死亡^[8-13]。据世界卫生组织统计,全球每年有1 000余万需要专科救治的烧伤患者,其中因烧伤死亡的患者数多达180 000例^[14]。美国医师Rae等^[15]报道,因烧伤而死亡的病例中,高达58%的患者是在伤后72 h内——休克期死亡的,这表明烧伤休克仍是烧伤死亡的主要原因之一,提高休克复苏质量是提高危重烧伤救治成功率的关键^[16-17]。

危重烧伤后休克复苏的关键在于尽早开展有效的补液。1921年, Frank P. Underhill通过研究纽约黑文Rialto剧院火灾的大面积烧伤患者,观察到创面水疱液的成分类似于血浆,开始采用电解质液进行液体复苏^[18]。1942年,波士顿Coconut Grove夜总会火灾导致492人死亡,166例烧伤患者被送往医院救治, Oliver Cope和Francis D. Moore总结救治经验,

认为伤后24 h补液量为每1%TBSA 150 mL,液体中电解质和胶体各占一半^[2,19]。1952年, Everett Idris Evans等在动物实验的基础上,将体重引入液体复苏公式。

随着烧伤补液公式的提出与不断发展,伤后被及时送往烧伤专科救治的危重烧伤患者休克期复苏质量也不断提高,为什么还有那么大比例的大面积烧伤患者死于休克期呢?解放军总医院第四医学中心2018年11月28日收治张家口成批烧伤患者5例,患者烧伤总面积分别为30%、75%、90%、99%、100%TBSA。患者28日0:40左右受伤,9:00左右陆续入院,院前输液不足1 000 mL。入院后虽经积极的专科复苏补液,尿量恢复,但因延迟复苏导致的脏器损伤仍非常明显,都存在不同程度的急性肾损伤;烧伤总面积为99%、100%TBSA的2例患者血肌酐水平 $>200 \mu\text{mol/L}$,且发生了消化道出血,给休克期后的救治增加了极大困难(另文发表)。Ahuja和Bhattacharya^[20]报道,4 039例烧伤总面积在31%~60%TBSA的患者中的1 629例死亡,其中伤后1 d死亡患者数为355例;4 080例烧伤总面积 $>60\%$ TBSA的患者中的3 847例死亡,其中伤后1 d死亡患者数多达2 879例,伤后12 h以后入院的患者病死率为100%。上述数据充分说明了,目前计算烦琐的烧伤补液公式在很多地区大面积烧伤院前复苏补液救治中没有得到有效的应用。

因此,如何简化公式,使其既能在院前急救时易于计算应用,又能保障休克复苏效果,非常重要。TWGB公式计算虽然简单,但是其只考虑体重,不考虑烧伤总面积,也不考虑伤后第1个8 h内需要大量补液的特殊性,计算的补液量远小于临床实际补液需求量。随着烧伤总面积的增加, TWGB公式计算的补液量与4个公认补液公式计算的补液量差距也越来越大。对于烧伤总面积 $>90\%$ TBSA的病例, TWGB公式计算的补液量还不到4个公认补液公式计算量的1/3。然而,患者烧伤总面积越大,越容易发生休克,越是需要尽早、足量地开展液体复苏。

该文作者提出的成人大面积烧伤院前急救复苏十倍法补液公式,专门针对急救一线设计,重在简化,兼顾准确,以达到易于落实、提高院前复苏效率的目的。基于此,考虑到成人体重相对稳定,十倍法补液公式去除了体重因素,只保留了烧伤总面积,计算非常简单。通过与Parkland公式、Brooke公式、解放军第三〇四医院公式、第三军医大学公式

这个 4 个公认补液公式进行比较,证实了根据十倍法补液公式计算得到的补液速度具有很好的准确性,远优于 TWGB 公式。理论上对于体重为 45~93 kg 的大面积烧伤患者,十倍法补液公式的准确率可达 70.00% 以上,而 TWGB 公式的准确率仅不到 1.00%。同时,对于体重偏大的患者,十倍法补液公式略小于 4 个公认补液公式,不存在补液过量的危险情况。因此,综合考虑大面积烧伤院前急救的现有水平,十倍法补液公式不但计算简便,还特别凸显了伤后 8 h——这一大面积烧伤后补液的黄金窗口时间^[21-24],非常适合非烧伤专业的一线医护人员院前抢救成人大面积烧伤,特别是成批烧伤患者时应用。一般情况下,8 h 的时间已能满足大面积烧伤患者早期抢救、后送或转运至烧伤专科接收正规休克复苏治疗的需要。此处需要强调的是,十倍法补液公式适用于非烧伤专业的急救医护人员开展院前急救使用;烧伤专科医师仍应采用传统的公式,重视补液方案的随时调整,实现个体化治疗。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

作者贡献声明 申传安:提出十倍法补液公式并进行研究方法的设计、文章撰写、经费支持;刘馨竹:数据分析、文章撰写;李大伟、刘兆兴、张博涵:数据采集

参考文献

- Jeschke MG, van Baar ME, Choudhry MA, et al. Burn injury[J]. Nat Rev Dis Primers, 2020, 6(1):11. DOI: 10.1038/s41572-020-0145-5.
- Cope O, Moore FD. The redistribution of body water and the fluid therapy of the burned patient[J]. Ann Surg, 1947, 126(6): 1010-1045. DOI: 10.1097/00000658-194712000-00013.
- Peck M, Jeng J, Moghazy A. Burn resuscitation in the austere environment[J]. Crit Care Clin, 2016, 32(4):561-565. DOI: 10.1016/j.ccc.2016.06.010.
- Chung KK, Wolf SE, Cancio LC, et al. Resuscitation of severely burned military casualties: fluid begets more fluid[J]. J Trauma, 2009, 67(2): 231-237; discussion 237. DOI: 10.1097/TA.0b013e3181ac68cf.
- Kearns RD, Conlon KM, Matherly AF, et al. Guidelines for burn care under austere conditions: introduction to burn disaster, airway and ventilator management, and fluid resuscitation[J]. J Burn Care Res, 2016, 37(5):e427-439. DOI: 10.1097/BCR.0000000000000304.
- Hughes A, Almeland SK, Leclerc T, et al. Recommendations for burns care in mass casualty incidents: WHO Emergency Medical Teams Technical Working Group on Burns (WHO TWGB) 2017-2020[J]. Burns, 2021, 47(2):349-370. DOI: 10.1016/j.burns.2020.07.001.
- 申传安. 危重烧伤救治新技术体系. 北京:人民卫生出版社, 2021:40.
- 杨宗城. 烧伤治疗学. 北京:人民卫生出版社, 2005:161, 166.
- Gillenwater J, Garner W. Acute fluid management of large burns: pathophysiology, monitoring, and resuscitation[J]. Clin Plast Surg, 2017, 44(3):495-503. DOI: 10.1016/j.cps.2017.02.008.
- Kang D, Yoo KY. Fluid management in perioperative and critically ill patients[J]. Acute Crit Care, 2019, 34(4):235-245. DOI: 10.4266/acc.2019.00717.
- Clark A, Neyra JA, Madni T, et al. Acute kidney injury after burn[J]. Burns, 2017, 43(5):898-908. DOI: 10.1016/j.burns.2017.01.023.
- Su K, Xue FS, Xue ZJ, et al. Clinical characteristics and risk factors of early acute kidney injury in severely burned patients[J]. Burns, 2021, 47(2):498-499. DOI: 10.1016/j.burns.2020.08.018.
- 郭振荣. 烧伤休克期补液[J]. 中华烧伤杂志, 2008, 24(5): 328-330. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2008.05.004.
- World Health Organization. Burns[EB/OL]. 2018(2018-03-06) [2021-11-09]. <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/burn>.
- Rae L, Fidler P, Gibran N. The physiologic basis of burn shock and the need for aggressive fluid resuscitation[J]. Crit Care Clin, 2016, 32(4):491-505. DOI: 10.1016/j.ccc.2016.06.001.
- Leclerc T, Potokar T, Hughes A, et al. A simplified fluid resuscitation formula for burns in mass casualty scenarios: analysis of the consensus recommendation from the WHO Emergency Medical Teams Technical Working Group on Burns[J]. Burns, 2021, 47(8):1730-1738. DOI: 10.1016/j.burns.2021.02.022.
- Peeters Y, Lebeer M, Wise R, et al. An overview on fluid resuscitation and resuscitation endpoints in burns: past, present and future. Part 2 - avoiding complications by using the right endpoints with a new personalized protocolized approach[J]. Anaesthesiol Intensive Ther, 2015, 47 Spec No: s15-26. DOI: 10.5603/AIT.a2015.0064.
- Guilabert P, Usúa G, Martín N, et al. Fluid resuscitation management in patients with burns: update[J]. Br J Anaesth, 2016, 117(3):284-296. DOI: 10.1093/bja/aew266.
- Lee KC, Joory K, Moiemien NS. History of burns: the past, present and the future[J/OL]. Burns Trauma, 2014, 2(4):169-180 [2021-11-09]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4978094/>. DOI: 10.4103/2321-3868.143620.
- Ahuja RB, Bhattacharya S. An analysis of 11,196 burn admissions and evaluation of conservative management techniques[J]. Burns, 2002, 28(6):555-561. DOI: 10.1016/s0305-4179(02)00069-4.
- Soussi S, Dépret F, Benyamina M, et al. Early hemodynamic management of critically ill burn patients[J]. Anesthesiology, 2018, 129(3):583-589. DOI: 10.1097/ALN.0000000000002314.
- Baxter CR, Shires T. Physiological response to crystalloid resuscitation of severe burns[J]. Ann N Y Acad Sci, 1968, 150(3): 874-894. DOI: 10.1111/j.1749-6632.1968.tb14738.x.
- Evans EI, Purnell OJ, Robinett PW, et al. Fluid and electrolyte requirements in severe burns[J]. Ann Surg, 1952, 135(6):804-817. DOI: 10.1097/00000658-195206000-00006.
- Pruitt BA Jr. Fluid and electrolyte replacement in the burned patient[J]. Surg Clin North Am, 1978, 58(6): 1291-1312. DOI: 10.1016/s0039-6109(16)41692-0.

(收稿日期:2021-11-09)