

· 争鸣 ·

**本文亮点:**

该文作者提出的小儿大面积烧伤十倍法补液公式,专门针对急救一线设计,重在简化,兼顾准确,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,非常适合非烧伤专业的一线医护人员抢救小儿大面积烧伤时应用。



# 小儿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 谢晓烨 张博涵 李大伟 刘兆兴 袁华庚

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@301hospital.com.cn

**【摘要】 目的** 探讨研究小儿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 2014 年 1 月 1 日—12 月 31 日国内 72 家三级甲等医院烧伤科收治的符合入选标准的 433 例大面积烧伤患儿(男 250 例、女 183 例,年龄 3 个月龄~14 岁)的烧伤总面积[30%~100% 体表总面积(TBSA)]和体重(6~50 kg)。将 6~50 kg 中的每一体重(编程步长为 0.5 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 6 319 对模拟数据,代入 3 个公认小儿补液公式——国内常用的小儿烧伤补液公式(以下简称国内补液公式)、加尔维斯顿公式和辛辛那提公式与 2 个小儿急救补液公式——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)和该文作者提出的小儿十倍法补液公式:补液速度(mL/h)=体重(kg)×10(mL·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>),计算伤后 8 h 内补液速度(以下简称补液速度)。以 3 个公认小儿补液公式的计算结果±20% 的范围为合理补液速度,计算并比较采用 2 个小儿急救补液公式计算的补液速度的准确率。利用体重分别为 6、50 kg 时采用小儿十倍法补液公式计算结果为合理补液速度时对应的最大烧伤面积(55%、85%TBSA),将烧伤总面积 30%~100%TBSA 分为 3 个段,比较各分段中采用 2 个小儿急救补液公式计算的补液速度的准确率。当 2 个小儿急救补液公式计算的补液速度均不合理时,比较 2 种补液速度的差异。统计 433 例患儿前述 3 个烧伤总面积分段分布情况,计算并比较 2 个小儿急救补液公式计算的补液速度的准确率。对数据行 McNemar 检验。 **结果** 将 6 319 对模拟数据代入显示,小儿十倍法补液公式计算的补液速度准确率为 73.92%(4 671/6 319),显著高于 TWGB 公式的 4.02%(254/6 319), $\chi^2=6 490.88, P<0.05$ 。当烧伤总面积为 30%~55%TBSA、56%~85%TBSA 时,采用小儿十倍法补液公式计算的补液速度的准确率分别为 100%(2 314/2 314)、88.28%(2 357/2 670),均显著高于 TWGB 公式的 10.98%(254/2 314)、0(0/2 670), $\chi^2$  值分别为 3 712.49、4 227.97, $P<0.05$ ;当烧伤总面积在 86%~100%TBSA 时,小儿十倍法补液公式和 TWGB 公式计算的补液速度的准确率均为 0(0/1 335)。当 2 个小儿急救补液公式计算的补液速度均不合理时,采用小儿十倍法补液公式计算的补液速度均大于 TWGB 公式。433 例患儿中,烧伤总面积在 30%~55%、56%~85%、86%~100%TBSA 者所占比例分别为 93.07%(403/433)、5.77%(25/433)、1.15%(5/433),采用小儿十倍法补液公式计算的补液速度准确率为 97.69%(423/433),明显高于 TWGB 公式的 0(0/433), $\chi^2=826.90, P<0.05$ 。 **结论** 应用小儿十倍法补液公式估算小儿大面积烧伤后补液速度相对准确、简

DOI:10.3760/cma.j.cn501120-20211111-00384

本文引用格式:申传安,刘馨竹,谢晓烨,等.小儿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,2023,39(1):59-64. DOI:10.3760/cma.j.cn501120-20211111-00384.

Shen CA, Liu XZ, Xie XY, et al. Establishment and application of the ten-fold rehydration formula for emergency resuscitation of pediatric patients after extensive burns[J]. Chin J Burns Wounds, 2023, 39(1):59-64. DOI: 10.3760/cma.j.cn501120-20211111-00384.



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患儿时应用, 值得推广。

**【关键词】** 儿童; 烧伤; 休克; 急救; 十倍法补液公式

**基金项目:** 国家自然科学基金面上项目(82072169、82272279); 军队后勤科研重大项目(ALB18J001); 保健专项科研课题重点项目(22BJZ35)

### **Establishment and application of the ten-fold rehydration formula for emergency resuscitation of pediatric patients after extensive burns**

Shen Chuan'an, Liu Xinzhu, Xie Xiaoye, Zhang Bohan, Li Dawei, Liu Zhaoxing, Yuan Huageng

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

Corresponding author: Shen Chuan'an, Email: shenchuanan@301hospital.com.cn

**【Abstract】 Objective** To investigate the scientificity and feasibility of the ten-fold rehydration formula for emergency resuscitation of pediatric patients after extensive burns. **Methods** A retrospective observational study was conducted. The total burn area of 30%–100% total body surface area (TBSA) and body weight of 6–50 kg in 433 pediatric patients (250 males and 183 females, aged 3 months to 14 years) with extensive burns who met the inclusion criteria and admitted to the burn departments of 72 Class A tertiary hospitals were collected. The 6 319 pairs of simulated data were constructed after pairing each body weight of 6–50 kg (programmed in steps of 0.5 kg) and each total burn area of 30%–100% TBSA (programmed in steps of 1%TBSA). They were put into three accepted pediatric rehydration formulae, namely the commonly used domestic pediatric rehydration formula for burn patients (hereinafter referred to as the domestic rehydration formula), the Galveston formula, and the Cincinnati formula, and the two rehydration formulae for pediatric emergency, namely the simplified resuscitation formula for emergency care of patients with extensive burns proposed by the World Health Organization's Technical Working Group on Burns (TWGB, hereinafter referred to as the TWGB formula) and the pediatric ten-fold rehydration formula proposed by the author of this article--rehydration rate (mL/h)=body weight (kg) × 10 (mL·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>) to calculate the rehydration rate within 8 h post injury (hereinafter referred to as the rehydration rate). The range of the results of the 3 accepted pediatric rehydration formulae ±20% were regarded as the reasonable rehydration rate, and the accuracy rates of rehydration rate calculated using the two pediatric emergency rehydration formulae were compared. Using the maximum burn areas (55% and 85% TBSA) corresponding to the reasonable rehydration rate calculated by the pediatric ten-fold rehydration formula at the body weight of 6 and 50 kg respectively, the total burn area of 30% to 100% TBSA was divided into 3 segments and the accuracy rates of the rehydration rate calculated using the 2 pediatric emergency rehydration formulae in each segment were compared. When neither of the rehydration rates calculated by the 2 pediatric emergency rehydration formulae was reasonable, the differences between the two rehydration rates were compared. The distribution of 433 pediatric patients in the 3 previous total burn area segments was counted and the accuracy rates of the rehydration rate calculated using the 2 pediatric emergency rehydration formulae were calculated and compared. Data were statistically analyzed with McNemar test. **Results** Substitution of 6 319 pairs of simulated data showed that the accuracy rates of the rehydration rates calculated by the pediatric ten-fold rehydration formula was 73.92% (4 671/6 319), which was significantly higher than 4.02% (254/6 319) of the TWGB formula ( $\chi^2=6 490.88, P<0.05$ ). When the total burn area was 30%–55% and 56%–85% TBSA, the accuracy rates of the rehydration rates calculated by the pediatric ten-fold rehydration formula were 100% (2 314/2 314) and 88.28% (2 357/2 670), respectively, which were significantly higher than 10.98% (254/2 314) and 0 (0/2 670) of the TWGB formula (with  $\chi^2$  values of 3 712.49 and 4 227.97, respectively,  $P<0.05$ ); when the total burn area was 86%–100% TBSA, the accuracy rates of the rehydration rates calculated by the pediatric ten-fold rehydration formula and the TWGB formula were 0 (0/1 335). When the rehydration rates calculated by the 2 pediatric emergency rehydration formulae were unreasonable, the rehydration rates calculated by the pediatric ten-fold rehydration formula were all higher than those of the TWGB formula. There were 93.07% (403/433), 5.77% (25/433), and 1.15% (5/433) patients in the 433 pediatric patients had total burn area of 30%–55%, 56%–85%, and 86%–100% TBSA, respectively, and the accuracy rate of the rehydration rate calculated using the pediatric ten-fold rehydration formula was 97.69% (423/433), which was significantly higher than 0 (0/433) of the TWGB formula ( $\chi^2=826.90, P<0.05$ ). **Conclusions** The

application of the pediatric ten-fold rehydration formula to estimate the rehydration rate of pediatric patients after extensive burns is more accurate and convenient, superior to the TWGB formula, suitable for application by front-line healthcare workers that are not specialized in burns in pre-admission rescue of pediatric patients with extensive burns, and is worthy of promotion.

【Key words】 Child; Burns; Shock; First aid; Ten-fold rehydration formula

**Fund program:** General Program of National Natural Science Foundation of China (82072169, 82272279); Major Program of Military Logistics Research Plan (ALB18J001); Major Program of Healthcare Special Project (22BJZ35)

危重烧伤患儿早期救治的关键是尽早开展适量补液<sup>[1]</sup>。小儿总血量少,维持体液平衡能力较成人差,较少量出血或脱水就可能引发休克。研究显示,小儿烧伤总面积在 30%~50%TBSA 时,休克发生率高达 94.64%<sup>[2]</sup>。因此,小儿大面积烧伤后休克复苏的原则虽然与成人相同,但更强调尽早补液。目前,关于小儿大面积烧伤后复苏补液公式,国内常用的是 1970 年全国烧伤会议通过的小儿烧伤补液公式(以下简称国内补液公式)<sup>[2]</sup>,国外常用的有加尔维斯顿公式、辛辛那提公式、Parkland 公式、Brooke 改良公式等<sup>[3-4]</sup>。但由于这些公式计算相对复杂,很难在一线急救时落实,很多大面积烧伤患儿,在转入烧伤专科时往往已发生延迟复苏,甚至休克,严重影响后期救治和患儿预后<sup>[5-7]</sup>。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急救简化复苏方案(以下简称 TWGB 公式),推荐伤后第 1 个 24 h 每千克体重补充 100 mL 液体作为烧伤后液体复苏的急救方案<sup>[8]</sup>,但此方案与临床实际补液需求量相差甚大。据此,本文作者在分析各个补液公式和小儿生理特点的基础上,提出了小儿大面积烧伤院前急救复苏十倍法补液公式(以下简称小儿十倍法补液公式)<sup>[9]</sup>,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:(1)烧伤后首次入院;(2)伤后入院时间≤6 h;(3)年龄≤14 岁;(4)烧伤总面积≥30%TBSA。排除标准:病例资料不完整者。

### 1.2 临床资料

2014 年 1 月 1 日—12 月 31 日国内 27 个(除天津市、青海省、新疆维吾尔自治区、西藏自治区及

香港特别行政区、澳门特别行政区与台湾地区)省、自治区、直辖市的 72 家三级甲等医院烧伤科收治的 433 例大面积烧伤患儿符合入选标准,纳入本研究。患儿中男 250 例、女 183 例,年龄为 3 个月~14 岁[2(1,4)岁],烧伤总面积为 30%~100%[35%(30%,42%)]TBSA,体重 6~50[12(10,16)]kg。

### 1.3 小儿十倍法补液公式的模拟数据评价

根据该研究纳入 433 例患儿体重和烧伤总面积,将 6~50 kg 中的每一体重(编程步长为 0.5 kg)与 30%~100%TBSA 中的每一面积(编程步长为 1%TBSA)配对,共得到 6 319 对模拟数据。

将 6 319 对模拟数据分别代入 3 个公认小儿补液公式(国内补液公式、加尔维斯顿公式和辛辛那提公式)与 2 个小儿急救补液公式(小儿十倍法补液公式、TWGB 公式),计算对应的伤后 8 h 内补液速度(以下简称补液速度)。国内补液公式:2 岁以下补液速度(mL/h)=[烧伤总面积(%TBSA)×体重(kg)×2.0(mL·%TBSA<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>)+100~150(mL/kg)×体重(kg)]÷16(h),2 岁以上补液速度(mL/h)=[烧伤总面积(%TBSA)×体重(kg)×1.75(mL·%TBSA<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>)+50~100(mL/kg)×体重(kg)]÷16(h);加尔维斯顿公式:补液速度(mL/h)=[5 000(mL/m<sup>2</sup>)×烧伤总面积(m<sup>2</sup>)+2 000(mL/m<sup>2</sup>)×体表总面积(m<sup>2</sup>)]÷16(h);辛辛那提公式:补液速度(mL/h)=[4(mL·%TBSA<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>)×烧伤总面积(%TBSA)×体重(kg)+1 500(mL/m<sup>2</sup>)×体表总面积(m<sup>2</sup>)]÷16(h);小儿十倍法补液公式:补液速度(mL/h)=体重(kg)×10(mL·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>),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(mL/h)=体重(kg)×100(mL/kg)÷24(h)。体重≤30 kg 小儿体表总面积计算公式:体表总面积(m<sup>2</sup>)=体重(kg)×0.035(m<sup>2</sup>/kg)+0.1(m<sup>2</sup>),体重>30 kg 体表总面积计算公式:体表总面积(m<sup>2</sup>)=[体重(kg)-30(kg)]×0.02(m<sup>2</sup>/kg)+1.15(m<sup>2</sup>)。

以 3 个公认补液公式计算结果的±20% 范围为标准<sup>[10]</sup>,计算并比较 2 个小儿急救补液公式计算的补液速度的准确率。补液速度≥3 个公认补液公式

计算值中最小值的 80% 且  $\leq 3$  个公认补液公式计算值中最大值的 120% 者, 判断为合理补液速度。补液速度的准确率 = 合理补液速度对应模拟数据对数  $\div 6\ 319 \times 100\%$ 。

利用体重分别为 6、50 kg 时采用小儿十倍法补液公式计算结果为合理补液速度时对应的最大烧伤总面积, 将烧伤总面积 30%~100% TBSA 分为 3 个段, 比较各个分段中采用 2 个小儿急救补液公式计算的补液速度的准确率。当 2 个小儿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 小儿十倍法补液公式的临床数据评价

统计该研究纳入的 433 例患儿前述 3 个烧伤总面积分段分布情况, 同 1.3 计算并比较 2 个小儿急救补液公式计算的补液速度准确率。

#### 1.5 统计学处理

采用 SPSS 24.0 统计软件分析数据。计量资料数据均不符合正态分布, 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, 计算补液速度及补液速度准确率。

## 2 结果

### 2.1 小儿十倍法补液公式的模拟数据评价

将 6 319 对模拟数据代入 1.3 中公式可求得, 小儿十倍法补液公式计算的补液速度准确率为 73.92% (4 671/6 319), 显著高于 TWGB 公式的 4.02% (254/6 319),  $\chi^2 = 6\ 490.88, P < 0.001$ 。

体重分别为 6、50 kg 时采用小儿十倍法补液公式计算结果为合理补液速度时对应的最大烧伤总面积分别 55%、85% TBSA, 据此将 30%~100% TBSA 分为 30%~55%、56%~85%、86%~100% TBSA 这 3 个段。当烧伤总面积在 30%~55% TBSA 时, 采用小儿十倍法补液公式计算的补液速度的准确率为 100% (2 314/2 314), 显著高于 TWGB 公式的 10.98% (254/2 314),  $\chi^2 = 3\ 712.49, P < 0.001$ ; 当烧伤总面积在 56%~85% TBSA 时, 采用小儿十倍法补液公式计算的补液速度的准确率为 88.28% (2 357/2 670), 显著高于 TWGB 公式的 0 ( $\chi^2 = 4\ 227.97, P < 0.001$ ); 当烧伤总面积在 86%~100% TBSA, 小儿十倍法补液公式和 TWGB 公式计算的补液速度的准确率均为 0 (0/1 335), 且 2 个公式计算的补液速度均小于

公认的 3 个小儿补液公式计算的补液速度。当 2 个小儿急救补液公式计算的补液速度均不合理时, 采用小儿十倍法补液公式计算的补液速度均大于 TWGB 公式。

### 2.2 小儿十倍法补液公式的临床数据评价

433 例大面积烧伤患儿中, 93.07% (403/433) 的患儿烧伤总面积为 30%~55% TBSA, 5.77% (25/433) 的患儿烧伤总面积为 56%~85% TBSA, 1.15% (5/433) 的患儿烧伤总面积为 86%~100% TBSA。433 例患儿采用小儿十倍法补液公式计算的补液速度的准确率为 97.69% (423/433), 明显高于 TWGB 公式的 0 ( $\chi^2 = 826.90, P = 0.002$ )。

## 3 讨论

根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高达 180 000 例<sup>[11]</sup>。由于缺乏危险防范意识和好奇的天性, 小儿较成人更容易发生烧伤, 约占烧伤总人数的 30%, 烧伤也是儿童受伤和死亡的主要原因<sup>[12-13]</sup>。据世界卫生组织统计, 中低收入国家小儿烧伤病死率超过高收入国家的 7 倍<sup>[11]</sup>。而 1 项 2019 年全球烧伤流行病学研究显示, 111 292 例死亡烧伤患者中, 大部分为 1~4 岁患儿<sup>[14]</sup>。

补液抗休克对危重烧伤患者的救治至关重要。随着大面积的皮肤损毁、屏障功能被破坏、大量血浆样液体渗出体外以及炎症反应导致的血管内液体向组织间隙外渗转移, 机体有效循环血量迅速下降。若不及时补液, 就有可能发生休克和脏器功能损伤, 甚至死亡。患者即使勉强度过休克期, 也会为后续救治埋下困难的伏笔<sup>[1, 15-21]</sup>。小儿解剖生理特点与成人相差较大, 如新生儿体重是成人的 1/20, 而体表面积是成人的 1/7, 因此小儿体表面积与体重之比较成人大; 小儿烧伤后皮肤不显性失水量大, 婴儿每日失水量约 30 mL/kg, 大汗时可达 120 mL/kg; 小儿总血量少, 体液平衡较成人更容易受出血和脱水的影响, 因此小儿发生大面积烧伤后早期更容易发生休克, 甚至死亡<sup>[1]</sup>。

目前, 小儿大面积烧伤后复苏补液公式——国内补液公式, 通过儿童的体重、烧伤总面积计算补液量, 加上每日基础需水量计算伤后第 1 个 24 h 补液量, 并在此基础上, 要求伤后第 1 个 8 h 补充总量的一半; 2 岁以下和 2 岁以上小儿由于基础需水量不同, 补液公式也不一样。国外常用的加尔维斯顿

公式、辛辛那提公式需要先计算小儿体表总面积、烧伤总面积,再计算补液量,加上每日基础需水量,计算出伤后第 1 个 24 h 补液量,也要求伤后第 1 个 8 h 补充总量的一半。上述公式计算繁杂,需要有经验的烧伤专科医师才能落实。然而,小儿烧伤都是突发事件,越是贫穷落后的地区,烧伤发生率越高,但由于急救条件差,上述公式很难得到落实,这也是导致中低收入地区小儿烧伤病死率远高于高收入地区的重要原因。研究报道,印度 536 例烧伤面积在 31%~60%TBSA 的患儿中死亡 230 例,病死率为 43%;304 例烧伤面积>60%TBSA 的患儿中死亡 283 例,病死率高达 90.3%,其中伤后>12 h 入院的患儿病死率为 100%<sup>[22]</sup>。我国不同单位收治的烧伤患儿病死率为 0.49%~9.08%,休克是主要的死亡原因<sup>[23]</sup>。这充分说明了小儿大面积烧伤后早期复苏补液抗休克的重要性,因此,如何简化补液公式,让急救一线的非烧伤专科医护人员易于掌握和开展,提高伤后早期救治质量是亟待解决的问题。

TWGB 公式虽然简单,但与临床实际补液需求量相差甚大,其在临床数据中准确率为 0。本文作者在分析各个补液公式和小儿生理特点的基础上,提出的小儿十倍法补液公式——伤后 8 h 内每小时补液速度为体重×10,计算非常简便;同时,由于小儿十倍法补液公式充分体现了小儿日常基础需求量大大的生理特点,通过其计算得出的补液速度在现行的国内外常用或公认的小儿烧伤补液公式计算结果范围内,具有科学性。对于不在现行的国内外常用或公认的小儿烧伤补液公式计算结果范围内的情况,小儿十倍法补液公式的计算结果均偏小,不存在过量补液的情况。同时,大面积烧伤患儿的烧伤面积集中于 30%~55%TBSA,因此与理论情况(准确率为 73.92%)相比,在实际应用中小儿十倍法公式计算的补液速度准确率更高,达到 97.69%。小儿十倍法补液公式不但科学性强、计算简便,还特别凸显了伤后 8 h——这一小儿大面积烧伤后补液的黄金窗口时间,非常适合非烧伤专业的一线医护人员抢救小儿大面积烧伤时应用。一般情况下,8 个小时的时间已能满足大面积烧伤早期抢救、后送或转运至烧伤专科接受正规休克复苏治疗的需要。需要强调的是,小儿十倍法补液公式适合急救医护人员开展院前急救使用,输注液体建议为乳酸钠林格液等电解质溶液,烧伤专科医师应采用传统

的补液公式,特别是对于特大面积烧伤患儿,需要根据个体反应实时调节补液量和补液成分。总之,积极推广小儿十倍法补液公式,对改善小儿大面积烧伤休克复苏质量,提高救治成功率,具有重要意义。

**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:提出小儿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;谢晓焯、张博涵、李大伟、刘兆兴、袁华庚:数据采集、文章撰写

#### 参考文献

- [1] 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.
- [2] 杨宗城. 烧伤治疗学[M]. 3 版. 北京: 人民卫生出版社, 2006.
- [3] Romanowski KS, Palmieri TL. Pediatric burn resuscitation: past, present, and future[J/OL]. Burns Trauma, 2017, 5: 26[2022-12-20]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28879205/>. DOI:10.1186/s41038-017-0091-y.
- [4] Pisano C, Fabia R, Shi J, et al. Variation in acute fluid resuscitation among pediatric burn centers [J]. Burns, 2021, 47(3): 545-550. DOI: 10.1016/j.burns.2020.04.013.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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-e439. DOI: 10.1097/BCR.0000000000000304.
- [8] 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.
- [9] 申传安. 危重烧伤救治新技术体系[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2021: 40-41.
- [10] Benicke M, Perbix W, Lefering R, et al. New multifactorial burn resuscitation formula offers superior predictive reliability in comparison to established algorithms[J]. Burns, 2009, 35(1): 30-35. DOI:10.1016/j.burns.2008.06.006.
- [11] World Health Organization. Burns[EB/OL]. [2018-03-06]. <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/burn>.
- [12] 程文凤, 赵东旭, 申传安, 等. 14 岁以下儿童大面积烧伤的多中心流行病学调查[J]. 中华医学杂志, 2017, 97(6): 462-467. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2017.06.013.
- [13] Arbuthnot MK, Garcia AV. Early resuscitation and management of severe pediatric burns[J]. Semin Pediatr Surg, 2019, 28(1): 73-78. DOI:10.1053/j.sempedsurg.2019.01.013.
- [14] Yakupu A, Zhang J, Dong W, et al. The epidemiological characteristic and trends of burns globally[J]. BMC Public Health, 2022, 22(1): 1596. DOI:10.1186/s12889-022-13887-2.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] Jeschke MG, Herndon DN. Burns in children: standard and new treatments[J]. Lancet, 2014, 383(9923): 1168-1178. DOI: 10.1016/S0140-6736(13)61093-4.
- [21] Strobel AM, Fey R. Emergency care of pediatric burns[J]. Emerg Med Clin North Am, 2018, 36(2): 441-458. DOI: 10.1016/j.emc.2017.12.011.
- [22] 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.
- [23] LV KY, Xia ZF, Zhang LM, et al. Epidemiology of pediatric burns requiring hospitalization in China: a literature review of retrospective studies[J]. Pediatrics, 2008, 122(1): 132-142. DOI: 10.1542/peds.2007-1567.

(收稿日期: 2021-11-11)

## ·《Burns & Trauma》好文推荐·

### 组织黏合剂的基本原理与合成和表征及生物黏合剂的前景

引用格式: Xu K, Wu X, Zhang X, et al. Bridging wounds: tissue adhesives' essential mechanisms, synthesis and characterization, bioinspired adhesives and future perspectives[J/OL]. Burns Trauma, 2022, 10: tkac033[2022-11-26]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9548443/>. DOI: 10.1093/burnst/tkac033.

生物黏合剂通过形成有效的界面来减少创面渗出和帮助止血从而促进创面愈合。值得一提的是, 现有组织黏合剂几乎参与了所有的创面修复手术。组织黏合剂的特性包括组织损伤小、感染概率低、使用便捷、创面闭合快等等。与其相比较, 传统的创面封闭技术如缝合和订皮, 往往存在潜在风险, 如延长手术时间、加重炎症反应等。尽管组织黏合剂相关研究已经取得了巨大进步, 但目前其性能仍然不够理想。加拿大曼尼托巴大学机械工程系邢孟秋教授课题组在《Burns & Trauma》发表综述《Bridging wounds: tissue adhesives' essential mechanisms, synthesis and characterization, bioinspired adhesives and future perspectives》, 选择并总结了一些现有组织黏合剂的设计和合成方法, 并对多种黏合剂进行了多方面比较。此外, 作者对生物黏合剂的发展方向提出了展望, 例如具备形状记忆功能、可重复使用、单向黏附性或可与穿戴电子设备集成的组织黏合剂等。

何思岑, 编译自《Burns Trauma》, 2022, 10: tkac033; 罗高兴, 审校

### 纳米材料递送生物活性因子促进创面愈合过程中真皮替代物的血管再生

引用格式: Weng T, Wang J, Yang M, et al. Nanomaterials for the delivery of bioactive factors to enhance angiogenesis of dermal substitutes during wound healing[J/OL]. Burns Trauma, 2022, 10: tkab049[2022-11-26]. <https://academic.oup.com/burnstrauma/article/doi/10.1093/burnst/tkab049/6552277>. DOI: 10.1093/burnst/tkab049.

真皮替代物为真皮再生和重建提供了支架模板, 是临床治疗深度皮肤缺损的理想方式。然而, 快速血管化是研发和应用真皮替代物的主要障碍。为了促进真皮替代物的快速血管化, 人们已经建立了包括优化支架结构、预种植血管内皮细胞或干细胞、应用血管活性因子等促血管化方法。浙江大学医学院附属第二医院王新刚教授课题组近期在《Burns & Trauma》发表综述《Nanomaterials for the delivery of bioactive factors to enhance angiogenesis of dermal substitutes during wound healing》, 就真皮替代物的血管再生及相关生物活性因子在此过程中的作用机制进行了探讨, 同时也总结了纳米材料在促进血管再生和创面愈合方面的应用, 重点讨论递送生物活性因子增强真皮替代物血管再生的新系统和新方法。

真皮替代物从血管生成到成熟血管化的过程受到多种生物活性因子的复杂调控, 通过纳米材料实现对生物活性因子的高效递送是目前研究的热点。这篇文章从真皮替代物血管化的生物学过程和纳米材料递送生物活性因子促进真皮替代物血管化 2 个方面进行讨论, 其中第 2 部分重点总结了基于纳米材料的生长因子(VEGF、FGF、血小板衍生生长因子 BB 等)、其他活性肽和蛋白质(血管生成素、粒细胞-巨噬细胞集落刺激因子、中药蛋白成分等)、核酸(病毒基因传递、电穿孔、阳离子聚合物、脂质体等)的递送系统的国内外相关进展, 并提出了在创面复杂的蛋白水解环境中实现生物活性因子有效传递和持续发挥功能的重要策略。

卢毅飞, 编译自《Burns Trauma》, 2022, 10: tkab049; 罗高兴, 审校