

DOI:10.12138/j.issn.1671-9638.20252751

· 论著 ·

## 次氯酸消毒剂在骨科术后切口愈合中的应用:一项实效性随机对照试验

张 燕<sup>1</sup>, 朱 迪<sup>1</sup>, 孙 磊<sup>1</sup>, 王任贤<sup>2</sup>

(1. 徐州仁慈医院感染管理科, 江苏 徐州 241004; 2. 台湾防疫学会, 台湾 台中 40447)

**[摘要]** 目的 探讨次氯酸应用于外科术后切口愈合及减少术后切口感染的临床效果。方法 纳入某三级甲等医院足踝外科住院患者,按手术时序进行分组,第一阶段(2024年10月16日—12月16日)为对照组,采用4 500~5 500 mg/L 碘伏消毒术后切口;第二阶段(2024年12月17日—2025年2月17日)为试验组,采用( $110 \pm 16.5$ ) mg/L 次氯酸消毒术后切口。术后第1、3、5、7、10、14天进行切口消毒、指标评价并记录。主要结局指标为手术部位感染,次要指标包括术后48 h 红肿、过敏及疼痛程度评分。结果 对照组感染发病率为0.96%,术后48 h 红肿发生率为16.99%,疼痛评分为( $1.41 \pm 0.49$ )分;试验组未发生感染,术后48 h 红肿发生率为9.58%,疼痛评分为( $1.36 \pm 0.48$ )分。两组感染发病率及疼痛评分差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$ ),红肿发生率差异具有统计学意义( $P = 0.006$ )。按切口类型进行分层分析显示,开放性外伤亚组中,对照组感染发病率为3.19%,红肿发生率为29.79%,疼痛评分为( $1.62 \pm 0.49$ )分;试验组术后48 h 红肿发生率为8.14%,疼痛评分为( $1.41 \pm 0.49$ )分,两组感染发病率差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),红肿发生率( $P < 0.001$ )及疼痛程度评分( $P = 0.005$ )差异均有统计学意义。闭合性外伤亚组中,各结局指标组间比较差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$ )。结论 次氯酸溶液在闭合性外伤术后切口应用的效果与碘伏相当;在开放性外伤术后应用中,其控制术后红肿发生及疼痛的效果优于碘伏。

**[关键词]** 次氯酸; 碘伏; 骨科; 切口愈合; 实效性随机对照试验**[中图分类号]** R181.3<sup>+</sup>2 R187<sup>+</sup>.1

## Application of hypochlorous acid disinfectant in postoperative wound healing of orthopedic surgery: a pragmatic randomized controlled trial

ZHANG Yan<sup>1</sup>, ZHU Di<sup>1</sup>, SUN Lei<sup>1</sup>, WANG Renxian<sup>2</sup> (1. Department of Infection Management, Xuzhou Renci Hospital, Xuzhou 241004, China; 2. Taiwan Epidemic Prevention Association, Taichung 40447, China)

**[Abstract]** **Objective** To explore the clinical efficacy of hypochlorous acid in promoting postoperative wound healing and reducing surgical site infection (SSI). **Methods** Hospitalized patients from the Department of Foot and Ankle Surgery in a tertiary first-class hospital were included in the analysis and grouped according to surgery sequence: patients from the first stage (October 16 to December 16, 2024) were taken as the control group, and iodophor (4 500~5 500 mg/L) was used for their postoperative wound disinfection; patients from the second stage (December 17, 2024 to February 17, 2025) were taken as the trial group, whose surgical wounds were disinfected with hypochlorous acid ( $110 \pm 16.5$  mg/L). On the 1st, 3rd, 5th, 7th, 10th, and 14th days post-operation, wounds were disinfected, indicators were evaluated and recorded. The main outcome indicator was surgical site infection, while secondary indicators included postoperative 48-hour redness and swelling, allergy, and pain severity scores. **Results** The control group showed an infection incidence of 0.96%, an incidence of postoperative 48-hour redness and swelling of 16.99%, and a pain score of ( $1.41 \pm 0.49$ ) point. In the trial group, no infections occurred, the incidence of postoperative 48-hour redness and swelling was 9.58%, and the pain score was ( $1.36 \pm 0.48$ ) point. There were no statistically significant differences in the incidence of infection and pain score between

**[收稿日期]** 2025-07-14**[作者简介]** 张燕(1984-),女(汉族),安徽省滁州市人,副主任护师,主要从事医院感染研究。**[通信作者]** 王任贤 E-mail: wangjensien@sina.com

the two groups (both  $P > 0.05$ ), but the difference in the incidence of redness and swelling was statistically significant ( $P = 0.006$ ). Stratified analysis by wound types revealed that in the open trauma subgroup, the incidence of infection in the control group was 3.19%, the incidence of redness and swelling was 29.79%, and the pain score was  $(1.62 \pm 0.49)$  point; while the incidence of postoperative 48-hour redness and swelling in the trial group was 8.14%, with a pain score of  $(1.41 \pm 0.49)$  point. There was no statistically significant difference in the incidence of infection between the two groups ( $P > 0.05$ ), while differences in the incidences of redness and swelling ( $P < 0.001$ ) as well as pain severity score ( $P = 0.005$ ) were statistically significant. In the closed traumatic injury subgroup, there were no statistically significant differences in all outcome indicators between groups (all  $P > 0.05$ ).

**Conclusion** The application efficacy of hypochlorous acid solution in wound healing after closed traumatic injuries is comparable to that of iodophor. In open traumatic injuries, hypochlorous acid demonstrates superior effectiveness in controlling postoperative redness and swelling as well as pain compared to iodophor.

**[Key words]** hypochlorous acid; iodophor; orthopedics; wound healing; pragmatic randomized controlled trial

手术部位感染(surgical site infection, SSI)是指术后发生在手术切口及深部器官(腔隙)的感染,属于最常见的医疗保健相关感染类型,在中低收入国家,其发病率高达 11.8%<sup>[1]</sup>。轻度感染可延缓切口愈合、延长住院时间、增加患者再入院率及额外经济负担,重度感染则可能导致残疾,甚至危及生命。为有效防控 SSI,国内外学者制定了一系列围术期防控策略,在皮肤消毒剂的选择方面,临床外科医生在遵循规范要求的同时,结合自身经验,通常选用碘类、氯己定-乙醇等消毒剂<sup>[2]</sup>进行手术部位皮肤消毒及术后创面处理。然而,传统消毒剂存在诸多不足,如抑制成纤维细胞增殖<sup>[3]</sup>、对组织具有刺激性以及无法有效应对生物膜形成<sup>[4]</sup>等,间接造成开放伤口感染发病率增加。次氯酸是一种广谱含氯消毒剂,适用范围涵盖一般物体表面、医疗器械、医疗废物、餐饮具、织物、果蔬、水体消毒,对疫源地各类污染物亦具有显著消毒效果,并可用于室内空气、二次供水设备设施表面、手部、皮肤及黏膜的消毒<sup>[5]</sup>,可能是唯一不伤害黏膜的高效消毒剂。近年国内外学者在医疗机构开展的临床研究<sup>[6]</sup>证实,次氯酸在环境消毒、伤口护理、口腔护理,特别是在感染性及难愈性创面处理方面展现出良好的临床效果,但针对不同伤口类型的治疗有效性与安全性的循证医学证据尚不充分。为探索更高效的外科术后切口消毒方案,本研究设计了一项随机对照试验,将次氯酸应用于骨科专业足踝外科缝合切口的消毒,并与碘伏进行比较,系统观察两种消毒方法在切口愈合过程中感染、红肿、过敏及疼痛程度评分指标是否存在差异。

## 1 对象与方法

### 1.1 研究对象 选取江苏省徐州市某三级甲等医

院足踝外科住院手术患者为研究对象。本研究采用两阶段设计:第一阶段(2024年10月16日—12月16日)术后患者纳入对照组,第二阶段(2024年12月17日—2025年2月17日)术后患者纳入试验组。本研究经该院伦理委员会审查批准(XZRCKY-KT-202409005),并于2024年10月29日在中国临床试验注册中心完成注册(ChiCTR2400091443)。

**1.1.1 纳入与排除标准** 纳入标准:①于足踝外科接受手术治疗且切口闭合的患者;②签署知情同意书时年龄 $\geqslant 18$ 周岁的男性和女性(非妊娠期或哺乳期)。排除标准:①合并心脑血管、胃肠道、肝、肾等主要器官系统严重疾病或其他恶性肿瘤史者;②罹患严重精神疾病或依从性差者。

**1.1.2 变量判定** 组建由具备副高级及以上专业技术职称的2名骨科医生、1名感染性疾病医生及1名医院感染专职人员构成的审核专家组,对结局指标进行判定。

## 1.2 方法

**1.2.1 研究方法** 本研究采用前瞻性、单中心、开放标签、随机对照试验设计,实施两组均等平行分组方案。

**1.2.2 干预措施** (1)共性干预措施:闭合性外伤患者,执行标准化术前准备,并应用2%葡萄糖酸氯己定醇溶液进行术区皮肤消毒;开放性外伤患者,在彻底清洁伤口周围皮肤后,采用“生理盐水联合稀碘伏溶液或3%过氧化氢”冲洗创面,继以4 500~5 500 mg/L碘伏实施术区皮肤消毒;所有患者手术切口闭合后,均采用无菌纱布敷料覆盖创面。(2)分组干预措施:在共性干预措施基础上,对照组应用4 500~5 500 mg/L的碘伏擦拭切口及周边皮肤2遍,作用时间3 min;试验组应用 $(110 \pm 16.5)$  mg/L的次氯酸擦拭或喷洒切口及周

边皮肤 2 遍,作用时间 1 min。

### 1.2.3 研究指标

**1.2.3.1 主要指标** SSI 分为表浅切口感染、深部切口感染及器官(腔隙)感染。表浅切口感染仅累及切口部位的皮肤和皮下组织,且具备以下条件之一:(1)浅表切口处有脓液排出;(2)浅表切口分泌物或皮下组织中培养出致病菌;(3)至少有一项感染的症状或体征,包括疼痛或压痛、局部肿胀或红肿、发热,并且浅表切口被外科医生打开查看,病原体培养阳性或未做培养。深部切口感染累及深部软组织(如肌膜、肌肉层),且具备以下条件之一:(1)深部切口处有脓性引流物;(2)深部切口自行裂开或由外科医生打开且培养阳性,或未进行培养但患者至少有下列任一症状,包括发热( $>38^{\circ}\text{C}$ )、局部疼痛或压痛;(3)再次手术检查或组织病理学、影像学检查,发现深部切口有脓肿或其他感染的证据。器官(腔隙)感染范围包括任何经由手术打开或者处理过的,比筋膜层及肌肉层更深的部位,且具备以下条件之一:(1)置于器官(腔隙)的引流管引流出脓液;(2)器官(腔隙)的体液或组织培养出致病菌;(3)经由医生直接检查、再次手术或经病理组织学、放射影像学检查,发现有该器官(腔隙)脓肿或者其他感染的证据。

**1.2.3.2 次要指标** (1)红肿:术后 48 h 出现的切口及周围组织持续性红肿,直径 $>1\text{ cm}$ 。(2)过敏:切口及周围组织出现红斑、丘疹、水疱、渗出或瘙痒等过敏反应体征。(3)疼痛:采用修订版 Wong-Baker 面部表情疼痛评分法(FPS-R)<sup>[7]</sup>将疼痛程度量化为 0 分(无痛)至 10 分(剧痛)的连续区间,并辅以 6 种面部表情卡通图示(从微笑至痛苦哭泣),患者依据消毒剂使用过程中感知的疼痛强度,选择与其主观体验相符的数值刻度或表情图示,评分越高表明疼痛强度越显著。

**1.2.4 评估方法** (1)切口评估方法:由切口专科护士严格遵守手卫生及无菌技术操作规范,于术后第 1、3、5、7、10、14 天(或依据患者病情需要调整)实施切口拍照、换药及评估。具体操作流程:移除污染敷料,暴露创面;将一次性无菌测量尺平行紧贴创面边缘测量切口并拍摄照片;依据标准换药流程进行切口消毒与敷料更换;若切口出现疑似感染征象,即刻报告主管医生并采集病原微生物培养标本送检;将评估信息及切口影像资料提交至临床协调员。(2)疼痛程度评估方法:由非专业人员于换药当日采用标准化访谈法评估患者疼痛程度并提交至临床协调员。

**1.2.5 随访方法** 随访期自患者手术当日起计算,以术后 14 d 为观察终点。指标结果由切口专科护士记录:住院病例于换药时进行创面观察评估;出院病例采用电话随访联合门诊随访的方式进行评估。

**1.2.6 资料收集** (1)临床协调员通过医院信息系统(HIS)及切口护理专科护士收集资料,并录入临床试验电子数据采集系统(EDC)。收集资料涵盖:①基本资料,包括性别、年龄、身高、体重、居住城市、手术日期、出院日期、手术类型、术前住院日数、急诊手术状态、术前皮肤准备、切口类型、术前 30 min 抗菌药物预防性使用、是否有植入物、感染情况筛查(泌尿系统感染、皮肤软组织感染、肺部感染)、基础疾病筛查及术后抗菌药物使用日数。②评估资料,包括切口照片、评估日期、切口长度、疼痛分级、过敏、红肿、感染征象、血/分泌物培养结果。(2)数据管理员负责录入信息并进行质量审核。审核内容包括数据真实性、完整性、测量及评估准确性、换药操作及时性、照片质量清晰度等,审核完成后锁定数据。

### 1.2.7 质量控制

**1.2.7.1** 明确数据管理小组及相关研究人员职责,确保数据质量管理体系有效实施与持续运行。

**1.2.7.2** 设计研究病例数据采集表并测试,根据实际应用情况修订完善。

**1.2.7.3** 研究启动前,组织研究人员统一培训,内容涵盖 SSI 诊断标准、指标定义、换药规范、数据采集登记流程及质量要求等关键环节。

**1.2.7.4** 建立质量问责制度,定期通报数据质量情况,对人为因素导致的测量误差、换药延迟、信息报送滞后等数据质量问题实施责任追究。

**1.3 统计学方法** 数据分析应用 SPSS 24.0 统计软件执行。计量资料以均值 $\pm$ 标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,组间比较采用 *t* 检验。计数资料以频数(*n*)和百分比(%)表示,组间比较采用卡方检验。等级资料组间比较采用非参数检验。以  $P \leq 0.05$  为差异具有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 基本情况** 本研究共纳入患者 625 例,其中对照组 312 例,试验组 313 例。两组患者在性别、年龄、身体质量指数(BMI)、合并基础疾病、是否有开放性外伤、骨折、急诊手术、术前住院时间、术前 30 min 抗菌药物预防性使用、手术切口长度、手术类型方面差异均无统计学意义(均  $P > 0.05$ )。见表 1。

表 1 两组患者一般资料及比较

Table 1 Comparison of general information between two groups of patients

资料	试验组( $n=313$ )	对照组( $n=312$ )	$\chi^2/t$	P
男性[例(%)]	210(67.09)	203(65.06)	0.287	0.592
年龄( $\bar{x} \pm s$ ,岁)	47.53 ± 14.58	49.63 ± 14.10	1.832	0.067
BMI( $\bar{x} \pm s$ , kg/m <sup>2</sup> )	25.08 ± 3.71	25.25 ± 4.06	0.534	0.593
合并基础疾病[例(%)]				
糖尿病	24(7.67)	19(6.09)	0.607	0.436
高血压	58(18.53)	41(13.14)	3.404	0.065
慢性肝病	4(1.28)	1(0.32)	-	0.371*
开放性外伤[例(%)]	86(27.48)	94(30.13)	0.536	0.464
骨折[例(%)]	214(68.37)	227(72.76)	1.447	0.229
急诊手术[例(%)]	64(20.45)	55(17.63)	0.806	0.369
术前住院日数( $\bar{x} \pm s$ , d)	3.66 ± 4.17	3.61 ± 3.80	-0.174	0.862
术前 30 min 抗菌药物使用[例(%)]	258(82.43)	262(83.97)	0.267	0.605
手术切口长度( $\bar{x} \pm s$ , mm)	90.35 ± 51.95	90.38 ± 54.22	0.008	0.994
手术类型[例(%)]				
修复重建	69(22.04)	65(20.83)	0.136	0.712
畸形矫正	10(3.19)	17(5.45)	1.920	0.166
创伤	234(74.76)	230(73.72)	0.089	0.766

注：\* 表示采用 Fisher 确切概率法，- 表示无数值。

2.2 主要和次要结局变量分析 对照组与试验组患者均未发生过敏反应。两组 SSI 发病率及疼痛程度评分差异均无统计学意义(均  $P > 0.05$ ), 但术后 48 h 红肿发生率两组间差异有统计学意义( $P < 0.05$ ), 见表 2。

2.3 分层分析 不同创伤类型患者的应用效果存在差异。在开放性外伤患者中, 试验组红肿发生率及疼痛程度评分均低于对照组(均  $P < 0.05$ );而在闭合性外伤患者中, 两组结局指标差异均无统计学意义(均  $P > 0.05$ ), 见表 3。

表 2 两组患者结局指标及比较

Table 2 Comparison of outcome indicators between two groups of patients

结果	试验组 ( $n=313$ )	对照组 ( $n=312$ )	$\chi^2/t$	P
主要结局				
感染[例(%)]	0(0)	3(0.96)	-	0.124*
次要结局				
红肿[例(%)]	30(9.58)	53(16.99)	7.435	0.006
疼痛评分( $\bar{x} \pm s$ , 分)	1.36 ± 0.48	1.41 ± 0.49	1.347	0.178

注：\* 表示采用 Fisher 确切概率法，- 表示无数值。

表 3 两组患者分层分析结局指标及比较

Table 3 Comparison of outcome indicators in stratified analysis between two groups of patients

结果	试验组( $n=313$ )	对照组( $n=312$ )	$\chi^2/t$	P
开放性外伤[例(%)]	86(27.48)	94(30.13)	-	-
感染[例(%)]	0(0)	3(3.19)	2.776	0.247
红肿[例(%)]	7(8.14)	28(29.79)	13.437	<0.001
疼痛评分( $\bar{x} \pm s$ , 分)	1.41 ± 0.49	1.62 ± 0.49	2.865	0.005
闭合性外伤[例(%)]	227(72.52)	218(69.87)	-	-
红肿[例(%)]	23(10.13)	25(11.47)	0.206	0.650
疼痛程度评分( $\bar{x} \pm s$ , 分)	1.34 ± 0.47	1.32 ± 0.47	-0.405	0.686

注：- 表示数据不存在。

## 2.4 感染病例情况 随访期间共发现 SSI 患者 3

例,均发生于对照组(感染发病率为 0.96%),见表 4。

**表 4 感染病例手术及感染情况**

**Table 4 Surgery and infection information of infected patients**

感染病例	术前住院日数(d)	手术切口类型	感染时间	感染类型	是否送检	检出病原体
病例 1	23	Ⅱ类	术后第 4 天	表浅切口感染	否	-
病例 2	12	Ⅲ类	术后第 4 天	深部切口感染	是	阴沟肠杆菌
病例 3	3	Ⅱ类	术后第 3 天	器官(腔隙)感染	是	路邓葡萄球菌

注: - 表示无相关内容。

## 3 讨论

骨科亚专科足踝外科患者切口常呈现闭合性与开放性创面并存的复杂特征,亟需基于循证医学原则确立最佳诊疗方案。本研究比较了次氯酸与碘伏在足踝外科术后患者切口愈合过程中的应用效果。结果显示,次氯酸的感染控制效果与碘伏类似,且减轻切口红肿的临床效果优于碘伏。在开放性创伤患者中,次氯酸在减轻红肿及缓解疼痛方面的综合疗效同样显著。本研究结果与刘江等<sup>[8]</sup>在感染创面临床观察中的发现一致,相比碘伏,次氯酸在减少皮肤黏膜刺激方面更具优势,推测原因在于,碘伏中的游离碘离子在高酸性环境(pH 值 2.0~4.0)下对创面有刺激作用,而次氯酸 pH 值(5.0~6.5)接近中性,可显著减少对组织的化学刺激,从而降低疼痛及红肿发生风险。作为人体免疫系统的重要组成部分,次氯酸具有高度生物相容性,不会损伤切口肉芽组织生长。在组织缺损性切口愈合过程中,可促进成纤维细胞增殖、加速组织修复并减少瘢痕形成<sup>[9]</sup>,具有临床价值。基于该研究结果,次氯酸可被视为一种在减少皮肤刺激反应方面更具优势的消毒选择,未来研究可深入探讨其作用机制及在真实世界环境中的长期效果。

本研究中,对照组开放性外伤患者共 3 例发生 SSI,其中 2 例为严重外伤术后二次修复病例,术前住院时间较长,1 例为皮肤磨损破溃病例。创伤性开放切口通常伴随严重的皮肤软组织损伤及污染,加之足踝外科切口位于下肢末梢血管稀疏区域,较血供丰富的上肢及头面部感染风险更高<sup>[10]</sup>。结合生物膜形成机制分析,以上 3 例患者切口存在较高生物膜形成风险。生物膜可显著抑制切口愈合相关的各类细胞及因子,并持续释放游离病原菌<sup>[11]</sup>,导致感染反复发作。碘伏虽在骨科围术期管理与骨髓

炎治疗中应用广泛<sup>[12-14]</sup>,但其对生物膜的清除能力有限,难以有效杀灭生物膜内包裹的细菌<sup>[15]</sup>。同时,多项研究<sup>[16-17]</sup>证实,不同稀释浓度的碘伏对成纤维细胞具有显著细胞毒性,可抑制细胞增殖,阻碍表皮再生,不利于组织修复,可能延长炎症期并增加继发感染风险。次氯酸通过扩散作用穿透细胞膜或病毒包膜,破坏遗传物质及关键生物酶,使其失活<sup>[18]</sup>,在有效浓度范围内,可杀灭引发社区及医院感染的各类病原体<sup>[19]</sup>。凭借其分子量小、电荷中性的理化特性,更易渗透至伤口深部组织及生物膜内部,不仅具备快速杀菌效能,还表现出优异的生物膜清除能力<sup>[8,20-21]</sup>,可有效清除各类伤口中的病原微生物及坏死组织<sup>[22]</sup>。

本研究分层分析结果显示,在闭合性外伤患者中,次氯酸溶液控制创面感染、减轻红肿、缓解疼痛及过敏的临床疗效,与碘伏溶液无显著差异。两组均未观察到 SSI 或过敏反应,术后红肿发生率及疼痛评分差异亦无统计学意义(均  $P > 0.05$ )。此现象可能与闭合性创面内环境相对清洁、微生物载量较低有关。碘伏的广谱抗菌特性与次氯酸的强氧化杀菌机制在此类创面环境中均能有效发挥作用,表明低生物负荷条件下,两种消毒剂具有临床等效性。目前,除眼科术前消毒领域已取得明确临床证据外<sup>[8,12]</sup>,次氯酸应用于闭合性手术切口围术期管理的循证研究仍相对匮乏,本研究结论可为闭合性外伤术后皮肤消毒方案的优化提供新的循证医学依据。

此外,次氯酸消毒剂无色透明,不会导致患者皮肤色素沉着,更便于临床观察伤口愈合过程。在安全性方面,次氯酸杀菌后还原为盐和水,完全降解无残留,对环境友好。

本研究存在一定局限性,如未评估消毒剂不同浓度及作用时间对疗效的影响,量化指标不充分,单中心设计可能导致选择偏倚,且随访时间较短未能进一步追踪长期感染风险等。未来应计划开展严谨

的大样本、随机对照临床试验,同时结合分子生物学技术分析消毒剂对伤口微生物的影响。

综上所述,相较于有效碘含量为 4 500~5 500 mg/L 的碘伏,有效氯含量(110±16.5) mg/L 的次氯酸在骨科术后切口消毒效果、安全性、舒适性及环保性上更具临床适用性,为 SSI 防控和消毒剂的精准选择提供了新的思路。

**利益冲突:**所有作者均声明不存在利益冲突。

## [参 考 文 献]

- [1] 中华医学会外科学分会外科感染与重症医学学组,中国医师协会外科医师分会肠瘘外科医师专业委员会. 中国手术部位感染预防指南[J]. 中华胃肠外科杂志, 2019, 22(4): 301–314.  
Chinese Society of Surgical Infection and Intensive Care, Chinese Society of Surgery, Chinese Medical Association; Chinese College of Gastrointestinal Fistula Surgeons, Chinese College of Surgeons, Chinese Medical Doctor Association. Chinese guideline for the prevention of surgical site infection[J]. Chinese Journal of Gastrointestinal Surgery, 2019, 22(4): 301–314.
- [2] 中华人民共和国卫生部. 医疗机构消毒技术规范: WS/T 367—2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.  
Ministry of Health of the People's Republic of China. Regulation of disinfection technique in healthcare settings: WS/T 367—2012[S]. Beijing: Standards Press of China, 2012.
- [3] 杨高松, 张芮, 冯永强, 等. 不同碘制剂对人皮肤成纤维细胞黏附和增殖的影响[J]. 中国现代医学杂志, 2010, 20(3): 346–349, 353.  
Yang GS, Zhang R, Feng YQ, et al. Biological effects of iodine preparations on skin fibroblasts in vitro[J]. China Journal of Modern Medicine, 2010, 20(3): 346–349, 353.
- [4] 雷常彬, 许珂, 周川茹, 等. 2022 版《临床实践中的伤口感染: 最佳实践原则》专家共识解读[J]. 华西医学, 2024, 39(4): 509–516.  
Lei CB, Xu K, Zhou CR, et al. Interpretation of 2022 edition of wound infection in clinical practice: principles of best practice[J]. West China Medical Journal, 2024, 39(4): 509–516.
- [5] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 含氯消毒剂卫生要求: GB/T 36758—2018[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.  
State Administration for Market Regulation, National Standardization Administration. Hygienic requirements for disinfectants with chlorine: GB/T 36758 – 2018 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2018.
- [6] 杨金燕, 孙丹, 夏婷婷, 等. 次氯酸消毒剂的临床应用研究进展[J]. 中华医院感染学杂志, 2025, 35(3): 476–480.  
Yang JY, Sun D, Xia TT, et al. Progress of research on clinical application of hypochlorous acid disinfectant[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2025, 35(3): 476–480.
- [7] 万丽, 赵晴, 陈军, 等. 疼痛评估量表应用的中国专家共识(2020 版)[J]. 中华疼痛学杂志, 2020, 16(3): 177–187.  
Wan L, Zhao Q, Chen J, et al. Expert consensus on the application of pain evaluation questionnaires in China (2020) [J]. Chinese Journal of Painology, 2020, 16(3): 177–187.
- [8] 刘江, 吴宝林, 朱万招, 等. 次氯酸对大肠埃希菌生物膜的作用及大肠埃希菌感染创面的临床疗效[J]. 中华烧伤与创面修复杂志, 2022, 38(3): 242–250.  
Liu J, Wu BL, Zhu WZ, et al. Effect of hypochloric acid on *Escherichia coli* biofilm and the clinical efficacy of hypochloric acid for wounds with *Escherichia coli* infection[J]. Chinese Journal of Burns, 2022, 38(3): 242–250.
- [9] 兰峰, 毕露琳. 0.01% 次氯酸溶液对大鼠皮肤创口愈合生长因子表达的影响[J]. 中国药物与临床, 2021, 21(18): 3074–3076.  
Lan F, Bi LL. Effect of 0.01% hypochlorous acid solution on the expression of growth factors in healing wounds in rat models[J]. Chinese Remedies & Clinics, 2021, 21(18): 3074–3076.
- [10] 中国创伤救治联盟, 国家创伤医学中心, 北京大学人民医院创伤救治中心. 急诊开放性伤口清创缝合术专家共识[J]. 中华医学杂志, 2020, 100(21): 1605–1610.  
China Trauma Treatment Alliance, National Trauma Medicine Center, Peking University People's Hospital Trauma Treatment Center. Expert consensus on debridement and suturing of open wounds in emergency[J]. National Medical Journal of China, 2020, 100(21): 1605–1610.
- [11] 刘晓新, 李静如. 生物膜对慢性伤口影响机制的研究进展[J]. 医药前沿, 2017, 7(36): 6–7.  
Liu XX, Li JR. Progress in the study of biofilm on the mechanism of chronic wound[J]. Journal of Frontiers of Medicine, 2017, 7(36): 6–7.
- [12] 国家骨科医学中心保膝联盟, 中华医学会骨科学分会保膝学组, 中国老年保健协会骨关节保护与健康分会, 等. 单髁置换术后假体周围感染预防中国专家共识[J]. 实用骨科杂志, 2025, 31(1): 1–14.  
National Orthopaedic Medical Center Knee Preservation Alliance, Knee Preservation Group of the Chinese Orthopaedic Association, Chinese Aging Well Association Bone and Joint Protection and Health Branch, et al. Chinese expert consensus on the prevention of periprosthetic joint infection after unicompartmental knee arthroplasty[J]. Journal of Practical Orthopaedics, 2025, 31(1): 1–14.
- [13] 中国康复医学会脊柱脊髓专业委员会脊柱感染学组, 脊柱内固定术后感染预防策略专家共识工作组. 脊柱内固定术后手术部位感染预防中国专家共识[J]. 实用骨科杂志, 2024, 30(2): 97–103.  
Spinal Infection Group of the Spinal Cord Professional Committee of the Chinese Rehabilitation Medical Association, Expert Consensus Working Group on Infection Prevention

- Strategies of Surgical Site Infection of Instrumented Spinal Surgery. Chinese expert consensus on the prevention of surgical site infection of instrumented spinal surgery[J]. Journal of Practical Orthopaedics, 2024, 30(2): 97 – 103.
- [14] 曹晟, 李峰, 谭敦勇. 碘伏在骨科围手术期中的临床应用和进展[J]. 中国继续医学教育, 2017, 9(23): 134 – 136.  
Cao S, Li F, Tan DY. Clinical application and progression of iodophor in perioperative period of orthopedics[J]. China Continuing Medical Education, 2017, 9(23): 134 – 136.
- [15] 陈明礼, 罗延智, 曾文容, 等. 碘伏对金黄色葡萄球菌生物膜的抗菌作用[J]. 中华创伤杂志, 2020, 36(8): 736 – 742.  
Chen ML, Luo YZ, Zeng WR, et al. Antibacterial effect of iodophor on *Staphylococcus aureus* biofilm[J]. Chinese Journal of Trauma, 2020, 36(8): 736 – 742.
- [16] 贾亿卿, 陈瑞丰, 黄立嵩, 等. 苯扎氯铵在犬咬伤伤口清创中的应用效果观察[J]. 解放军医学院学报, 2018, 39(7): 618 – 620.  
Jia YQ, Chen RF, Huang LS, et al. Benzalkonium chloride in debridement of dog bite wounds[J]. Academic Journal of Chinese PLA Medical School, 2018, 39(7): 618 – 620.
- [17] Qadir Tantry I, Ali A, Mahmood R. Hypochlorous acid decreases antioxidant power, inhibits plasma membrane redox system and pathways of glucose metabolism in human red blood cells[J]. Toxicol Res (Camb), 2021, 10(2): 264 – 271.
- [18] Snell JA, Jandova J, Wondrak GT. Hypochlorous acid: from innate immune factor and environmental toxicant to chemopreventive agent targeting solar UV-induced skin cancer [J]. Front Oncol, 2022, 12: 887220.
- [19] 高晓东, 胡必杰, 鲍容. 次氯酸消毒液对皮肤软组织感染常见病原体体外杀菌试验效果分析[J]. 中华医院感染学杂志, 2017, 27(8): 1714 – 1716.  
Gao XD, Hu BJ, Bao R. Effectiveness of hypochlorous acid solution against common pathogens of skin and soft tissue infection *in vitro*[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2017, 27(8): 1714 – 1716.
- [20] 梁金正, 邵欣欣, 杜少华, 等. 次氯酸对骨科内固定物表面细菌生物膜的清除作用[J]. 中国组织工程研究, 2022, 26(15): 2367 – 2371.  
Liang JZ, Shao XX, Du SH, et al. Scavenging effect of hypochlorous acid on bacterial biofilm on the surface of orthopedic internal fixation devices[J]. Chinese Journal of Tissue Engineering Research, 2022, 26(15): 2367 – 2371.
- [21] Salisbury AM, Percival SL. The efficacy of an electrolysed water formulation on biofilms[J]. Adv Exp Med Biol, 2019, 1214: 1 – 8.
- [22] Joachim D. Wound cleansing: benefits of hypochlorous acid [J]. J Wound Care, 2020, 29(Sup10a): S4 – S8.

(本文编辑:翟若南)

**本文引用格式:**张燕,朱迪,孙磊,等.次氯酸消毒剂在骨科术后切口愈合中的应用:一项实效性随机对照试验[J].中国感染控制杂志,2025,24(12):1803 – 1809. DOI: 10. 12138/j. issn. 1671 – 9638. 20252751.

**Cite this article as :** ZHANG Yan, ZHU Di, SUN Lei, et al. Application of hypochlorous acid disinfectant in postoperative wound healing of orthopedic surgery: a pragmatic randomized controlled trial[J]. Chin J Infect Control, 2025, 24(12): 1803 – 1809. DOI: 10. 12138/j. issn. 1671 – 9638. 20252751.