

·指南与共识·

本文亮点:

- (1) 围绕水动力手术系统的技术优势、适应证、禁忌证或相对禁忌证和注意事项等方面,形成 15 条基于循证医学证据的推荐意见。
- (2) 本共识是国内首部有关水动力手术系统在创面清创中应用的专家共识,为烧创伤和创面修复领域医护人员应用该技术提供重要参考和依据。

Highlights:

- (1) Fifteen recommendations based on evidence-based medical evidence were formulated with respect to the technical advantages, indications, contraindications or relative contraindications, and precautions of the hydrosurgery system.
- (2) This consensus represents the first expert consensus in China on the application of the hydrosurgical system for wound debridement, providing important reference and basis for clinicians and nursing staff in the fields of burns, trauma, and wound repair.

水动力手术系统在创面清创中应用的专家共识(2026 版)

中国医师协会创面修复专业委员会

通信作者:张家平,陆军军医大学(第三军医大学)第一附属医院整形外科,创伤与化学中毒全国重点实验室,重庆 400038,Email:japzhang@tmmu.edu.cn;黄跃生,南方科技大学医学院创面修复与再生医学研究所,深圳 518055,Email:yshuang1958@163.com

【摘要】 水动力手术系统作为一种新型外科清创工具,在促进创面愈合、创面床准备等方面体现出重要价值。与传统外科清创相比,水动力手术系统具有组织选择性强、安全性高和清创精准度高等优点,因此在创面治疗中的应用日趋增多,但如何合理使用该系统、正确掌握其操作要点,以及准确把握其适应证与禁忌证或相对禁忌证,尚缺乏统一认识。因此,中国医师协会创面修复专业委员会组织国内烧创伤和创面修复领域知名专家学者,基于循证医学证据,结合国内外研究进展与临床实践经验,制订《水动力手术系统在创面清创中应用的专家共识(2026 版)》,为水动力手术系统的临床应用提供参考。

【关键词】 外科手术; 烧伤; 清创; 创面治疗; 水动力手术系统; 专家共识

基金项目:重庆市临床重点专科建设项目(524Z2M71);重庆市医学领军人才项目(YXLJ202414)

指南与共识注册:国际实践指南注册与透明化平台,PREPARE-2025CN799

Expert consensus on the application of the hydrosurgery system in wound debridement (2026 edition)

Wound Repair Professional Committee of Chinese Medical Doctor Association

Corresponding author: Zhang Jiaping, Department of Plastic Surgery, the First Affiliated Hospital of Army Medical University (the Third Military Medical University), State Key Laboratory of Trauma and Chemical Poisoning, Chongqing 400038, China, Email: japzhang@tmmu.edu.cn; Huang

DOI:10.3760/cma.j.cn501225-20260211-00078

收稿日期 2026-02-11

引用本文:中国医师协会创面修复专业委员会.水动力手术系统在创面清创中应用的专家共识(2026 版)[J].中华烧伤与创面修复杂志,2026,42(9):1-10.DOI:10.3760/cma.j.cn501225-20260211-00078.

Wound Repair Professional Committee of Chinese Medical Doctor Association. Expert consensus on the application of the hydrosurgery system in wound debridement (2026 edition) [J]. Chin J Burns Wounds, 2026, 42(9): 1-10. DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-20260211-00078.



Yuesheng, Institute of Wound Repair and Regenerative Medicine, School of Medicine, Southern University of Science and Technology, Shenzhen 518055, China, Email: yshuang1958@163.com

【Abstract】 As a novel surgical debridement device, the hydrosurgery system has significant clinical value in facilitating wound healing and optimizing wound bed preparation. Compared with conventional surgical debridement, the hydrosurgery system possesses prominent advantages, including high tissue selectivity, favorable safety profile, and precise debridement performance, which has contributed to its expanded application in wound management. However, there is a lack of consensus regarding the rational application, key operational essentials, as well as accurate identification of indications and contraindications or relative contraindications for this system. Accordingly, the Wound Repair Professional Committee of Chinese Medical Doctor Association assembled renowned experts in the fields of burn, trauma, and wound repair in China. Based on evidence-based medical evidence, combined with domestic and international research advances and clinical practice experience, the committee formulated the *Expert consensus on the application of the hydrosurgery system in wound debridement (2026 edition)* to provide references for the clinical use of the hydrosurgery system.

【Key words】 Surgical procedures, operative; Burns; Debridement; Wound treatment; Hydrosurgery system; Expert consensus

Fund program: Chongqing Clinical Key Specialty Construction Project (524Z2M71); Chongqing Medical Leading Talent Project (YXLJ202414)

Registration of consensus and guideline: Practice Guideline Registration for Transparency (PREPARE-2025CN 799)

安全、高效的清创是现代外科创面治疗的重要技术手段。水动力手术系统是近年来发展起来的一种新型医用外科水射流工具,可对不同部位和类型的创面进行清创。与传统外科清创相比,水动力手术系统具有组织选择性高、安全性高和清创精度高等优点,在创面床准备和促进创面愈合等方面具有重要价值。目前,水动力手术系统在烧伤等急性创面中已得到广泛应用,在各种慢性创面及皮肤软组织病变的治疗中也取得了良好效果。但是,由于创面成因复杂、种类多样,如何有效发挥水动力手术系统的优势,正确掌握其操作要点,以及准确把握其适应证与禁忌证或相对禁忌证,尚缺乏统一认识。因此,中国医师协会创面修复专业委员会组织全国烧伤及创面修复领域著名专家学者,基于循证医学证据,结合国内外研究进展与临床实践经验,制订《水动力手术系统在创面清创中应用的专

家共识(2026版)》,旨在为相关专业临床医师合理使用水动力手术系统和正确实施外科创面清创提供参考意见。

1 共识应用范围

本共识目标人群为收治各类急慢性创面进行外科清创的各级医疗单位的临床医师、创面治疗师和护理人员,尤其是烧伤科、创面修复外科、整形外科医师。本共识也可为慢性创面患者及其家属了解水动力手术系统提供参考。

2 共识制订方法学

本共识已经在国际实践指南注册与透明化平台进行注册,读者可联系该注册平台获取本共识的计划书。

2.1 共识编写工作组及其职责

顾问的职责为对共识的制订提供指导性意见。组长的主要职责为邀请多学科领域专家组建其他几个工作小组,制订共识编写日程,确定共识的主题和范围,批准共识计划书,管理利益冲突声明,审批推荐意见,推进共识的发表,评估共识的更新需求。专家组由来自烧伤、整形、创面修复以及循证医学等多个学科的专家组成,主要职责为根据PICO(P:人群/患者,I:干预措施,C:对照/比较,O:结局指标)原则从研究对象、干预措施、对照方法和结局指标等方面确定共识范围,评估临床问题及结局指标的重要性,完成德尔菲法专家调查问卷设计并进行多轮讨论,商定推荐意见,推广共识。方法学专家的主要职责为提供方法学指导及质量控制,监督共识制订流程。证据组的主要职责为完成系统、全面的文献检索和证据汇总。执笔组的主要职责为完成共识注册,并在循证医学专家的指导下起草共识计划书;收集和筛选临床问题和结局指标,并根据PICO原则构建临床问题;发放与回收德尔菲法专家调查问卷,汇总并统计调查问卷结果,将结果反馈至专家组;撰写共识初稿,再根据专家组的意见和建议进行修改。

2.2 制订过程

2.2.1 系统的文献检索与证据质量评价 以“Waterjet”“Hydrosurgery”“Versajet”“Hydrosurgical system”为检索词检索PubMed、Cochrane Library、Embase数据库,以“水刀”“水动力手术系统”检索万方数据库、中国知网数据库、中华医学期刊全文数

数据库,检索时间从各数据库建立至2026年4月1日。系统检索辅以手工检索,限定为与人类疾病相关。

按照以下入选标准进行文献证据筛选,纳入标准:(1)研究对象,各类创面清创患者;(2)干预措施和对比措施,不限定;(3)结局指标,不限定;(4)研究类型,创面清创相关系统评价、荟萃分析、随机对照试验(randomized controlled trial, RCT)、病例对照研究、横断面研究、病例系列研究、队列研究、专家意见等。排除标准:重复发表文献、计划书,如果证据冲突,遵循 RCT>队列研究>病例对照研究>横断面研究>病例系列研究>专家意见(系统评价、荟萃分析的等级视其纳入研究而定)的等级原则排除优先级别低的文献。采用 AMSTAR2(A Measurement Tool to Assess Systematic Reviews 2)对系统评价、荟萃分析进行方法学质量评价,通过 Cochrane 偏倚风险工具对纳入的 RCT 研究设计的方法学质量(如偏倚风险)进行评价,采用纽卡斯尔-渥太华量表对队列研究和病例对照研究进行方法学质量评价,采用乔安娜·布里格斯研究所(Joanna Briggs Institute)标准对横断面研究、病例系列研究、专家意见进行方法学质量评价。采用 2011 版牛津大学循证医学中心证据等级标准(表 1)评估所有证据质量。将证据质量分为 1~5 级,证据质量等级可因存在偏倚风险、研究结果不一致或发表偏倚而降低。

表 1 2011 版牛津大学循证医学中心证据等级标准

Table 1 The 2011 Oxford Centre for Evidence-Based Medicine: levels of evidence

证据级别	具体描述
1 级	基于随机对照试验或单人交叉临床试验的系统性文献回顾、对随机性研究的系统综述
2 级	随机对照试验或效果显著的观察性研究
3 级	非随机性、对照性队列研究或随访研究
4 级	病例系列研究、病例对照研究或历史对照研究
5 级	基于机制的推论

1.2.2 共识推荐意见的形成 基于国内创面清创处理常规和专科医师的临床经验,以循证医学证据为指导,结合对临床医师的问卷调查及专家访谈数据,并充分考量中国患者的治疗意愿、生活质量需求及经济承受能力,基于 PICO 原则初步拟定 4 个临床问题共 15 条推荐意见条目。其中 P 具体指需要进行外科清创的创面患者, I 具体指采用水动力手术系统实施创面清创, C 具体指仅采用传统外科清创措施, O 具体包括清创所需时间、创面愈合时

间、感染发生率、皮片移植成活率等。经过 2 轮德尔非法专家函询,执笔组成员收集专家反馈意见。第 1 轮函询后,执笔组成员根据专家反馈意见对初步推荐意见进行修订;第 2 轮函询后,通过投票表决推荐意见的一致性。投票选项包括“同意”“不同意”“其他意见”,每项推荐意见需获得≥70% 的专家同意才能成为共识推荐意见;对一致性为 50%~<70% 的推荐意见,由执笔组成员和专家组成员进行讨论,进行必要的修改或剔除相关内容。推荐强度综合证据质量和专家组意见确定:若推荐意见获 90% 以上专家同意和明确显示干预措施利大于弊或弊大于利,则该推荐意见为强推荐;获 70%~90% 专家同意和/或利弊不确定或无论质量高低的证据均显示利弊相当,则该推荐意见为弱推荐;获<70% 专家同意的推荐意见将不被纳入。

3 临床问题 1:水动力手术系统用于创面清创的技术优势

水动力手术系统由控制台、多功能脚踏开关和手持手柄组成。控制台内主机设备工作时可将无菌生理盐水加压至超音速,通过手持手柄内部的“U”形管路形成环形水射流,高速水流经过手持手柄前端的操作窗后,将被回收至废液收集装置。使用时,将操作窗贴近创面,高速水流接触创面时会对创面组织产生切割作用。除此之外,高速水流会在操作窗附近产生局部真空(文丘里效应),能够将失活组织、细菌、组织碎屑吸附至操作窗内,从而随高速水流进入废液收集装置中,达到清创的目的。

推荐意见 1:相较于传统外科清创,水动力手术系统的切割精度更高,清创层次更精准,能够保留更多正常组织,有利于创面修复(证据等级:5 级,推荐强度:强推荐)。

证据与说明:在创面清创过程中,坏死组织的彻底清除和尚存活组织的保留对于创面预后具有决定性意义。既往使用传统外科器械处理创面时,清创层次难以精准把握,可能过度清创,损伤正常组织,使创面愈合延迟并增加愈合后瘢痕增生风险;或清创不彻底,使坏死组织残留,导致感染风险增加。水动力手术系统利用坏死组织低剪切阻力的特性,实现清创层次的精准控制,不仅能在选择性去除失活组织的同时保留正常组织,还能减少机械牵拉对组织的附带损伤。研究表明,人类真皮组织的厚度为 0.3~3.0 mm,而水动力手术系统的切割

精度可达 50~100 μm ,在清创层次上相较于传统外科器械更加精细、精确^[1-2]。因此,正确使用该系统能够有效保留存活组织,包括真皮组织,从而利于创面愈合。

推荐意见 2:水动力手术系统能够同步完成创面清创与冲洗,显著降低创面微生物负荷(证据等级:2级,推荐强度:强推荐)。

证据与说明:水动力手术系统利用超音速水射流产生的文丘里效应进行组织切割,同时利用负压装置回收组织碎片和废液。创面坏死组织往往微生物负荷重并伴随不同程度的感染。在传统外科清创过程中,由于器械沾染污染组织、坏死组织残留等原因,清创后创面仍有明显的微生物负荷。水动力手术系统具有“切吸一体”的特点,能同步完成组织切割与冲洗回收,无须反复更换无菌器械和敷料,操作连续性更好,且超音速水射流与创面保持一定距离的非接触式操作方式能够有效减少坏死组织与新鲜创面的接触,从而降低创面微生物负荷。研究表明,与湿敷换药和传统外科清创相比,使用水动力手术系统清创显著降低了慢性创面的微生物负荷^[3-6]。水动力手术系统在清除感染组织、微生物生物膜及坏死组织时,能够同步完成创面清创与冲洗,有利于减少毒素或微生物入血引发的全身性炎症反应,因此在感染性创面清创中具有一定的技术优势。

4 临床问题 2:水动力手术系统用于创面清创的主要适应证

推荐意见 3:对于深Ⅱ度烧伤创面的清创,推荐使用水动力手术系统(证据等级:2级,推荐强度:弱推荐)。

证据与说明:小面积浅Ⅱ度烧伤创面,在避免感染的前提下,多能通过常规换药痊愈,而深Ⅱ度烧伤创面累及真皮乳头层以下,早期切除坏死组织、尽可能多地保留有活力真皮和皮肤附属器以及尽快进行皮片移植治疗,有利于预防感染、促进创面愈合、缩短住院时间、降低病死率和瘢痕形成率^[6-9]。水动力手术系统在烧伤创面中应用较早且广泛,适用于深Ⅱ度烧伤创面的快速处理。一项纳入 137 例烧伤患者的多中心临床 RCT 表明,与传统外科清创手术相比,使用水动力手术系统的患者遗留瘢痕更轻[水动力手术系统组患者的观察者瘢痕评价量表评分为 2.42 分(95%CI 为 2.26~2.59 分),明

显低于传统外科清创组的 2.54 分(95%CI 为 2.36~2.72 分), $P=0.023$],且活体组织检查显示水动力手术系统清创保留了更多的真皮组织^[10]。另有多项研究表明,水动力手术系统在清除失活组织的同时能准确保留正常组织,可以有效缩短烧伤患者的手术时间、住院时间并改善创面愈合质量^[6-7,11-15]。但需注意,对于采用水动力手术系统一次性清创面积,应根据患者全身状况、创面部位、术中失血量以及麻醉风险等评估把握,必要时分次清创,以降低隐匿性失血和手术风险。

推荐意见 4:对于复杂轮廓部位(如头面部、手部、会阴部)的创面清创,推荐使用水动力手术系统(证据等级:2级,推荐强度:强推荐)。

证据与说明:传统外科器械受限于尺寸和规格,在头面部、手部、会阴部等复杂轮廓部位使用时受到限制,不仅操作困难且清创深度难以把控。水动力手术系统的操作窗宽度为 8~14 mm,操作窗与手持手柄夹角为 $15^{\circ}\sim 45^{\circ}$,使水动力手术系统很容易到达狭小区域进行清创,并且能够通过调节功率档位准确控制清创力度。多项研究表明,与传统外科清创手术相比,水动力手术系统用于复杂轮廓部位清创的时间显著缩短,且两者在术后疼痛、创面愈合时间及瘢痕挛缩并发症发生方面无明显差异^[7,13,16-20]。一项针对烧伤创面的前瞻性临床 RCT 表明,使用水动力手术系统进行清创的手术时间与传统外科清创总体接近,但当清创部位为头面部、手部、会阴部等部位时,使用水动力手术系统进行清创的手术时间 $[(13\pm 7)\text{min}]$ 显著短于传统外科清创 $[(24\pm 10)\text{min}, P<0.05]$ ^[16]。此外,面部创面的修复对美观要求高,手部和会阴部创面的修复需要考虑功能问题,因此,清创时尽可能多地保留正常组织对后续治疗和预后意义重大。由于水动力手术系统与传统外科清创相比更为精准^[12],且“切吸一体”的特性可使外科医师在术中清楚看到目标组织层次,有利于避免清创过度或不足,从而更适用于对外观和功能要求高的复杂轮廓部位的创面清创。

推荐意见 5:对于解剖结构复杂的腔隙性创面(如深部压疮等)的清创,推荐使用水动力手术系统(证据等级:3级,推荐强度:弱推荐)。

证据与说明:传统外科器械在面对解剖结构复杂的腔隙性创面,如深部压疮、复杂会阴深部创面、创伤性深部创面、创伤性脱套伤等时,往往受到器械尺寸限制和无法获得良好的术野,导致操作困

难,难以精准清除皮下坏死组织,使得手术操作的安全性和清创效果明显降低。水动力手术系统使用直径较小的金属刀头,将其连接手持手柄后可以同步进行探查和清创,用于撕脱伤、深部压疮等创面取得了良好效果^[20-22]。另外,此类创面常伴随严重感染或有较多坏死组织,水动力手术系统能够在清除坏死组织的同时吸除坏死组织碎片,能有效控制污染组织的扩散范围和腔隙深部的微生物负荷,有利于减少外科感染,促进创面修复。研究显示,采用水动力手术系统处理后,感染性创面细菌负荷显著降低,并且获得清洁创面床的时间 $[(1.4\pm 0.6)\text{d}]$ 较仅使用湿敷料治疗 $[(6.1\pm 5.2)\text{d}]$ 明显缩短^[3-4]。

推荐意见 6:对于需多次清创的亚急性或慢性创面,推荐使用水动力手术系统(证据等级:2级,推荐强度:强推荐)。

证据与说明:慢性创面通常指持续4周以上仍未完全愈合或无愈合趋势的创面^[23],如糖尿病足、动/静脉性溃疡等,好发于下肢和缺乏脂肪保护的骨性凸起部位,创面大多较深且伴慢性炎症,往往需要多次清创才能获得相对清洁的创面。一项前瞻性RCT研究纳入40例需行外科清创的慢性创面患者,结果显示,采用水动力手术系统进行首次清创手术时间为7.3 min,显著短于传统外科清创手术的16.3 min($P<0.001$)^[24]。另一项纳入41例由多种病因引起的下肢慢性溃疡患者的前瞻性RCT研究显示,使用水动力手术系统的清创时间较传统外科清创手术缩短近40%^[25]。尽管有研究表明,对于慢性创面患者,使用水动力手术系统清创与行传统外科清创手术后,创面完全愈合所需的时间无明显差异,但在使用水动力手术系统的下肢慢性溃疡患者中,67.6%~76.9%的患者仅通过1次手术即可获得令人满意的清创效果,而往往需要行多次传统外科清创手术。因此,水动力手术系统在缩短创面皮片移植或皮瓣修复手术前的创基准备时间方面具有优势^[4-5, 26-27]。研究显示,对于糖尿病足溃疡和静脉性下肢溃疡,平均需行1.9次传统外科清创手术才能彻底清除坏死组织,而平均仅需行1.2次水动力手术系统清创^[27]。清创次数的减少有助于缩短住院时间,减轻患者痛苦并节约医疗资源。

推荐意见 7:对于儿童深度烧伤(尤其是深Ⅱ度和混合深度烧伤)创面的清创,推荐使用水动力手术系统(证据等级:2级,推荐强度:强推荐)。

证据与说明:真皮层的缺失是导致烧伤后瘢痕

形成的主要因素之一,保留存活真皮对于预防瘢痕形成和改善瘢痕质量有重大意义。儿童皮肤较成人更加菲薄,真皮层更薄,烧伤时易出现损伤深浅不一的情况,形成以深Ⅱ度为主、深浅混杂的混合深度烧伤,若清创中过度清除真皮组织,创面愈合后容易继发严重瘢痕增生,甚至挛缩畸形,严重影响患儿的外观与功能发育。水动力手术系统清创能够精确控制清创层次,在深Ⅱ度和混合深度烧伤创面中也能精准去除较软的坏死真皮组织,同时保留相对坚韧的存活真皮组织,有效避免传统外科清创过度损伤正常组织的弊端,因而在儿童深Ⅱ度和混合深度烧伤的处理方面具有独特优势^[7]。一项针对儿童Ⅱ度烧伤创面的前瞻性临床RCT表明,与行水动力手术系统清创相比,行传统外科清创的患儿丢失的活性真皮组织量明显更多^[12]。研究表明,保留更多正常组织有助于减轻创面炎症反应^[28-29]。另外,水动力手术系统清创可避免传统外科清创造成的机械撕扯损伤以及超声清创带来的热损伤,在狭小范围内也能灵活操作并可根据术中情况调整清创功率,这些均可进一步减少对儿童皮肤的损伤,更适配儿童深Ⅱ度及混合深度烧伤的清创需求。

推荐意见 8:水动力手术系统可用于创面床准备,如皮片移植、皮瓣修复等术前清创;还可用于全厚皮片的修整制备(证据等级:3级,推荐强度:强推荐)。

证据与说明:创面床准备是创面治疗中的重要部分,是指通过采用去除创面感染或坏死组织、彻底清洁创面床、控制炎症感染等措施,对创面进行整体管理,以加速创面愈合的过程。高质量的创面床有利于后续创面修复手术的成功和创面愈合^[23, 30]。在一项针对严重烧伤经治疗后遗留大面积残余创面患者的研究中,所有患者在清创手术后即刻均行自体刃厚皮移植修复创面,水动力手术系统组患者术后7 d的移植皮片成活率 $[(90\pm 8)\%]$ 显著高于传统外科器械组 $[(83\pm 15)\%, P=0.022]$,提示使用水动力手术系统清创可提高创面的皮片移植成功率^[31]。研究显示,在局部麻醉条件下使用水动力手术系统进行清创,93%的患者仅需1次或2次清创即可获得清创充分的创面床;在全身麻醉条件下,使用水动力手术系统精准处理创面床后,立即进行自体网状皮片移植,皮片成活率可高达95%^[21, 32]。全厚皮片作为最常使用的移植皮片,包含全层表皮和真皮,具有成活后不易挛缩、修复效

果好等特点,但需要创面床具有良好血供且移植物与创面床贴合良好^[33]。既往使用剪刀等外科器械对移植皮片进行修剪以去除脂肪和获得平整接触面的方法,不仅过程耗时、皮片厚度难以均匀,且修剪时易损坏皮片。研究显示,相较于传统外科器械手工修剪,采用水动力手术系统修整全厚皮片操作简便、效率更高,可精准去除皮下脂肪,保持皮片厚度均匀,同时显著降低皮片发生损伤的风险,并且修整后平整的接触面有利于皮片与创面床紧密贴合,从而提升皮片成活率^[34-35]。尽管水动力手术系统能够快速修整制备全厚皮片,但考虑到使用成本,是否采用需结合临床实际和医疗成本综合评估。此外,使用水动力手术系统完成创面床准备后,应根据创面类型和创基条件选择适当的覆盖方式:(1)清洁、血供良好的急性创面,如早期深Ⅱ度烧伤创面,清创后可直接移植自体刃厚皮或中厚皮;(2)骨、肌腱外露创面,清创后宜采用皮瓣移植覆盖;(3)慢性创面清创后,若临床判断直接行皮片移植仍存在感染风险,可先覆盖医用敷料或行VSD治疗,待创面清洁程度达标后,Ⅱ期再行皮片移植或皮瓣修复。

推荐意见 9:创伤性外伤伴异物残留且用传统外科器械难以完全清除时,可以使用水动力手术系统(证据等级:4级,推荐强度:强推荐)。

证据与说明:创伤性外伤如交通伤、爆炸伤、摔伤造成的创面被认为是污染创面,异物易侵入并滞留于皮肤深层组织,可造成创面永久性色素沉着,甚至诱发创面感染,导致创面修复失败^[36]。水动力手术系统单次清除失活组织的切割精度可达50~100 μm,突出的组织选择性清除优势可支持临床医师精细处理异物残留区域,最大限度保留正常组织、减轻手术相关损伤,从而改善患者创面修复预后及减少瘢痕形成^[1-2,7,37]。研究显示,水动力手术系统在处理骨折创面、严重擦伤创面、爆炸伤创面时,能完全清除创面残留的细小异物以及真皮内遗留色素,未见术后感染,能够有效控制医源性损伤发生的风险,临床安全性良好^[38-40]。在处理创伤性外伤时,尤其是异物细小且分布较深的复杂创面,传统外科清创存在过度损伤正常组织和清创不彻底难以平衡的困境,水动力手术系统则同步实现了精准清创与正常组织保护,具有明显优势。

5 临床问题 3:水动力手术系统用于创面清创的注

意事项

推荐意见 10:使用水动力手术系统时应准确判断组织层次,避免伤及正常组织或神经、血管等重要结构;同时,需注意采取措施预防大量失血风险(证据等级:5级,推荐强度:强推荐)。

证据与说明:外科清创把握正确清创组织层次非常重要,清创过浅会残留坏死组织,增加感染风险;清创过深又可能损伤皮下血管网或正常组织。水动力手术系统的高精度切割优点有助于临床医师准确把握清创组织层次。例如对于深Ⅱ度烧伤创面,合适的清创深度为清创后创面呈瓷白色且伴有点状或针尖样出血。但是临床上也存在坏死组织与存活组织界限不清、易于混淆等情况,此时需要外科医师进行准确判断^[7]。水动力手术系统的参数范围广,术前术者应充分熟悉操作方法和设备参数,并在术中根据清创组织类别,基于循序渐进原则合理选择参数,避免伤及正常组织,尤其是神经、血管等重要结构。(1)对于骨膜、韧带、关节囊、肌腱等组织表层的絮状坏死组织,采用水动力手术系统精细清创时,注意选择低档位,避免高档位切割深层正常皮下组织,甚至骨组织。(2)在神经、血管等重要结构附近清创时,采用点触式清创,避免长时间停留对正常组织造成切割损伤;水射流方向应与神经、血管走行一致,从而降低意外切割损伤概率等,必要时应结合传统外科器械手动清创以确保安全。

采用水动力手术系统进行创面清创时,其“切吸一体”的特性容易掩盖失血风险,使术者低估创面失血量,需引起高度重视。除术前积极评估患者身体状况和手术风险外,术中需采取措施控制出血,尤其是预防大量失血风险,具体措施包括:(1)合理选择档位,避免高档位伤及富含血管的正常组织。(2)对于四肢创面,建议在使用止血带的条件下进行清创。(3)对于头部、会阴部等特殊部位创面,宜采用边清创、边压迫的策略。(4)对于明确的出血点,应及时采用电凝止血;对于活动性小动脉出血,采用结扎止血;对于广泛渗血,可采用1:20 000肾上腺素溶液浸润的湿纱布压迫止血或外用止血药等。(5)大面积清创时,即使患者凝血功能正常,术中应记录冲洗液用量与收集废液量之差,以便估算失血量,并注意监测血红蛋白水平和生命体征。

推荐意见 11:使用水动力手术系统时需要正确选择档位和规范操作方法,以达到精准、精细清创

的目的(证据等级:5级,推荐强度:强推荐)。

证据与说明:水动力手术系统工作时,操作窗水射流速度通常为 536~1 628 km/h,理论最高可达 2 450 km/h,且局部可产生 12 320~88 252 kPa 的压强,同其他锐利手术器械一样,具有很强的切割能力。因此,正确设置参数与合理选择档位、熟悉与规范操作方法是实现创面精准、精细清创,避免误伤正常组织的重要前提^[20]。研究表明,当水动力手术系统的水射流压强设定在 20 684~27 579 kPa 时,烧伤创面的大部分坏死皮肤可以被清除,而大部分正常皮肤被保留^[41]。然而,水动力手术系统用于创面清创时,其切割精度受多参数影响,主要包括以下几项。(1)水射流压强档位。档位越高,切割强度越大,但档位或压强过低时,又易产生雾化,除局部短暂精细清创外,一般不建议使用低档位进行持续清创。在临床应用过程中,应遵循由低档到高档、逐级调档的原则,根据组织反馈逐步上调档位。(2)操作窗与创面距离。二者距离越近,作用部位受到的切割力越大,切割效率也越高,但误伤正常组织的风险也会增加。临床上建议操作窗与创面距离为 1~3 mm。(3)操作角度。操作窗应平行于创面或与其呈小角度,以保证切割面平缓,利于精细清创。(4)操作窗移动速度与切割累积时间。操作窗缓慢、反复扫过同一区域会增加切割深度,因此应避免在同一位置长时间停留。临床上建议采用扇形走位,匀速单向移动操作窗,并在重要组织结构附近采用点触式短时清创。(5)其他。使用水动力手术系统前应检查管路连接是否紧密,避免水流外喷或吸引不畅;使用过程中应确保生理盐水充足、管路排气彻底,若出现负压吸引功能异常,应检查废液收集装置是否满溢或管路是否折曲;如遇刀头堵塞,应立即停止使用并更换刀头。总之,合理选择档位和参数、标准化的操作流程,不仅是规避医源性组织损伤、保障手术安全的重要举措,而且是实现创面精准、精细清创的关键。

推荐意见 12:常规使用生理盐水作为水动力手术系统的冲洗液(证据等级:4级,推荐强度:强推荐)。

证据与说明:通常情况下,推荐水动力手术系统使用生理盐水作为冲洗液,其不仅安全、廉价且方便获取。值得注意的是,传统治疗中使用过氧化氢浸泡冲洗创面是安全的,并且用于烧伤创面提高了移植皮片的存活率^[42]。在一项回顾性研究中,有

学者分别使用单纯生理盐水和含体积分数 0.9% 过氧化氢的生理盐水作为水动力手术系统冲洗液完成亚急性和慢性感染创面的清创,清创后即刻进行自体刃厚皮或全厚网状皮片移植。结果显示,相较于使用单纯生理盐水,使用含体积分数 0.9% 过氧化氢的生理盐水作为冲洗液能够提升皮片成活率($P=0.001$)、缩短住院时间($P<0.001$)^[43]。但目前尚无其他类似研究支持该结论,仍需更多高质量的临床试验进一步验证其安全性与有效性。另有学者在水动力手术系统冲洗液(生理盐水)中加入一定浓度的肾上腺素,但未获得明显的止血效果^[7]。综上所述,考虑到实际可行性和患者获益,目前仍推荐使用生理盐水作为水动力手术系统的冲洗液。

推荐意见 13:水动力手术系统应在密闭环境(如手术室、专用清创室)中使用;在处理感染创面时,操作人员须采取防护措施,以避免感染播散和环境污染(证据等级:4级,推荐强度:弱推荐)。

证据与说明:水动力手术系统工作时会产生雾化现象,形成的气溶胶存在污染手术环境的风险,可能导致职业暴露、器械污染、致病菌交叉传播等。因此,水动力手术系统不得在开放环境中使用,尤其是用于感染创面清创时,操作者应佩戴护目镜、面罩,术区应采取加盖手术铺巾等方式做好个人和环境防护^[44]。2004 年,美国某医院应用一种脉冲式灌洗装置(其原理与水动力手术系统类似)清创时,由于没有进行充分防护,导致患者间细菌交叉感染,最终导致医院多重耐药鲍曼不动杆菌的暴发^[45]。美国疾病控制与预防中心建议实施脉冲式灌洗时应采取适当的感染控制措施,以减少含有传染性物质的气溶胶形成并保护医护人员和患者。有关水动力手术系统对手术环境影响的研究表明,在应用水动力手术系统时,若人为用金黄色葡萄球菌污染的冲洗液替代生理盐水,在 8 m×6 m 的空间范围内可监测到环境污染,且手术人员的面部和躯干也受到污染^[46]。一项动物实验结果显示,使用水动力手术系统进行创面清创可导致细菌雾化,使大量细菌从创面播散到手术环境中^[44]。鉴于使用水动力手术系统进行清创术时存在的气溶胶污染风险,操作时还应注意以下几点:(1)尽量保持操作窗与创面平行或与其呈小角度(建议 $\leq 30^\circ$),避免大角度接触时产生大量雾化液体。(2)清创前先将刀头贴近创面,再踩脚踏开始清创,且采用低档位启动。(3)注意维护负压管路,确保负压装置通畅。(4)操

作时避免大范围快速移动操作窗,及时吸除组织碎片和雾化液体。

6 临床问题 4:水动力手术系统用于创面清创的禁忌证或相对禁忌证

推荐意见 14:Ⅲ度烧伤干焦痂创面不宜采用水动力手术系统进行清创治疗(证据等级:5级,推荐强度:弱推荐)。

证据与说明:Ⅲ度烧伤涉及全层皮肤组织毁损,坏死组织多且常伴有坚硬焦痂,使用水动力手术系统进行清创常不足以有效切除焦痂组织,导致清创效果差、效率低;此外,高速水射流通过坚硬焦痂表面会产生明显的雾化现象,导致气溶胶污染手术环境的风险进一步增高。对于Ⅲ度烧伤焦痂创面,传统切痂术的清创效率更高且更安全,但是对于焦痂完全软化、脱痂或溶痂后的Ⅲ度烧伤创面,可考虑使用水动力手术系统进行精细清创以及创面床准备,为后续皮片移植或皮瓣修复做好创面准备^[14,16]。

推荐意见 15:水动力手术系统禁用于患有凝血障碍性疾病的患者(证据等级:4级,推荐强度:弱推荐)。

证据与说明:水动力手术系统具有组织选择性,在清创过程中能够一定程度保护创面血管,但该系统无止血功能,清创时如损伤血管,需采用额外的止血措施。尽管有研究显示,相较于传统外科清创,采用水动力手术系统进行清创,术中失血量更少^[29],但是由于清创过程中组织碎片将连同创面少量出血一同回收至废液装置,有可能导致临床医师对手术出血量产生错误判断,且在冲洗液中添加肾上腺素也不能产生显著的血管收缩和减少失血的作用^[7,47]。因此,严禁将水动力手术系统用于血友病和其他凝血障碍性疾病患者,如血小板数量减少或功能异常、凝血因子缺乏、纤维蛋白原水平或功能下降等患者,否则可能导致难以控制的创面广泛渗血或创面无法接受后续治疗。对于正在使用抗凝药物的患者,应当仔细评估出血风险,并通过国际标准化比值监测其抗凝效应。与大多数外科手术一致,一般认为当国际标准化比值 ≤ 1.4 时可以安全使用水动力手术系统实施清创。

7 结语

水动力手术系统用于创面清创已有近 20 年历

史,具有组织选择性高、使用灵活、安全高效等独特优势,有效推动了创面治疗技术的进步和发展。本共识从水动力手术系统的技术优势、临床适应证、禁忌证或相对禁忌证以及使用注意事项等四大方面形成了 15 条推荐意见供全国同行参考,推荐意见流程图见图 1。整体而言,水动力手术系统的适应证范围广,但临床上是否采用需结合创面深度、面积、部位和患者经济能力等多方面因素进行判断、抉择。需要指出的是,与传统外科清创一样,采用水动力手术系统进行清创也必须结合其他有效的创面管理措施,且使用时应采取适当的感染防控措施。由于相关临床资料有限,尤其是高等级的证据相对较少,有关水动力手术系统的应用效果仍有待更多高质量的临床研究予以探索总结和验证,希望全国烧伤和创面修复领域专家在临床中予以高度关注,并注重观察随访和资料收集,以为将来本共识的补充修订提供进一步的科学依据。

《水动力手术系统在创面清创中应用的专家共识(2026 版)》编写组

顾问:付小兵(解放军总医院医学创新研究部创伤修复与组织再生重点实验室)

组长:张家平[陆军军医大学(第三军医大学)第一附属医院整形外科],黄跃生(南方科技大学医学院创面修复与再生医学研究所)

专家组成员(单位名称以拼音排序,姓名以姓氏笔画排序):大连医科大学附属第二医院骨科楚同彬,海南省第五人民医院整形美容中心潘云川,华中科技大学同济医学院附属梨园医院创面修复中心李炳辉,暨南大学附属第一医院整形外科刘宏伟,解放军南部战区总医院烧伤整形科陈孝强、程颢,解放军总医院第一医学中心组织再生与创面修复科姜玉峰,空军军医大学唐都医院烧伤整形外科李靖,南方科技大学医学院创面修复与再生医学研究所黄跃生,南方医科大学第十附属医院烧伤整形与创面修复科周军利,南通大学附属医院烧伤整形与创面修复科张逸,山东第一医科大学附属第一医院整形美容与创面修复外科王一兵,上海交通大学医学院附属瑞金医院烧伤整形与创面修复科牛轶雯,首都医科大学附属北京积水潭医院烧伤整形与创面修复科陈辉,武汉大学附属同仁医院暨武汉市第三医院烧伤科刘淑华,武汉大学中南医院整形美容科谢卫国,新疆维吾尔自治区人民医院烧伤创面修复科刘小龙,浙江大学医学院附属第二医院烧伤与创面修复科陈国贤,中南大学湘雅医院烧伤与创面修复科张丕红

方法学专家:四川大学华西医院循证护理研究室王聪

证据组成员:陆军军医大学(第三军医大学)第一附属医院整形外科夏录凡、陈颖

执笔组成员:陆军军医大学(第三军医大学)第一附属医院整形外科张家平、夏录凡、陈颖、江旭品、刘剑毅,南通大学附属医院烧伤整形与创面修复科张逸

利益冲突 执笔组收集专家组成员利益冲突情况,禁止存在利益冲突人员参与共识制订,所有编写组成员声明不存在利益冲突。无商业组织向本共识编写组支付费用,本共识制订过程中需要的资金均

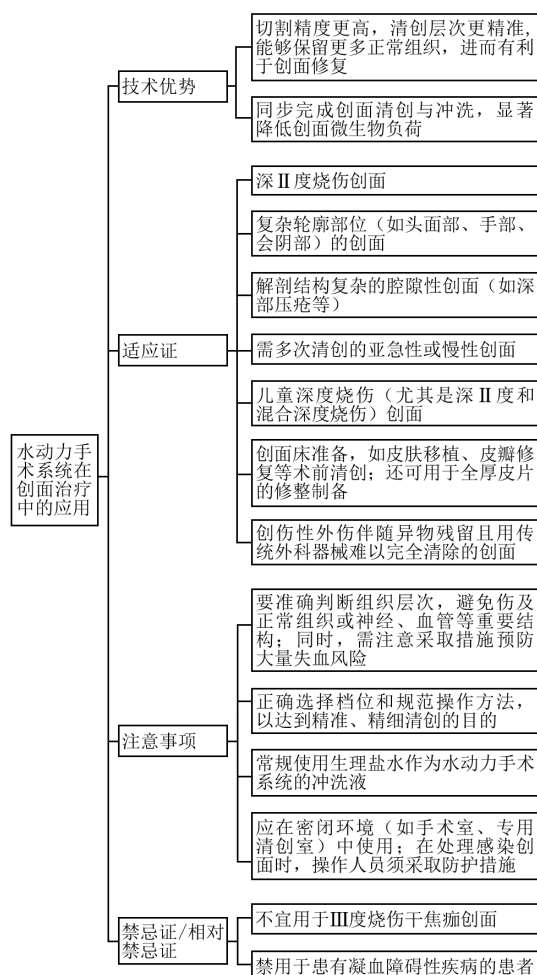


图 1 《水动力手术系统在创面清创中应用的专家共识 (2026 版)》的推荐意见流程图

Figure 1 Flowchart of the recommendations in the Expert consensus on the application of the hydrosurgery system in wound debridement (2026 edition)

来自重庆市临床重点专科建设项目 (524Z2M71) 和重庆市医学领军人才项目 (YXLJ202414), 用以承担制订过程中的材料费、差旅费及项目组织实施费用等, 且推荐意见未受资助影响

参考文献

- [1] Duteille F, Perrot P. Management of 2nd-degree facial burns using the Versajet® hydrosurgery system and xenograft: a prospective evaluation of 20 cases[J]. Burns, 2012, 38(5): 724-729. DOI: 10.1016/j.burns.2011.12.008.
- [2] Matsumura H, Nozaki M, Watanabe K, et al. The estimation of tissue loss during tangential hydrosurgical debridement[J]. Ann Plast Surg, 2012, 69(5): 521-525. DOI: 10.1097/SAP.0b013e31826d2961.
- [3] Fraccalvieri M, Serra R, Ruka E, et al. Surgical debridement with VERSAJET: an analysis of bacteria load of the wound bed pre- and post-treatment and skin graft taken. A preliminary pilot study [J]. Int Wound J, 2011, 8(2): 155-161. DOI: 10.1111/j.1742-481X.2010.00762.x.
- [4] Mosti G, Iabichella ML, Picerni P, et al. The debridement of hard to heal leg ulcers by means of a new device based on Fluidjet technology[J]. Int Wound J, 2005, 2(4): 307-314. DOI: 10.1111/j.1742-4801.2005.00147.x.
- [5] Bekara F, Vitse J, Fluieraru S, et al. New techniques for wound management: a systematic review of their role in the management of chronic wounds[J]. Arch Plast Surg, 2018, 45(2): 102-110. DOI: 10.5999/aps.2016.02019.
- [6] 赵建磊, 赵婧琦, 刘唱, 等. 水动力清创治疗烧伤的效果: 随机对照试验的系统评价[J]. 上海交通大学学报 (医学版), 2025, 45(5): 10. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8115.2025.05.010.
- [7] Cubison TC, Pape SA, Jeffery SL. Dermal preservation using the Versajet hydrosurgery system for debridement of paediatric burns[J]. Burns, 2006, 32(6): 714-720. DOI: 10.1016/j.burns.2006.01.023.
- [8] Orgill DP. Excision and skin grafting of thermal burns[J]. N Engl J Med, 2009, 360(9): 893-901. DOI: 10.1056/NEJMct0804451.
- [9] Ong YS, Samuel M, Song C. Meta-analysis of early excision of burns[J]. Burns, 2006, 32(2): 145-150. DOI: 10.1016/j.burns.2005.09.005.
- [10] Legemate CM, Kwa K, Goei H, et al. Hydrosurgical and conventional debridement of burns: randomized clinical trial[J]. Br J Surg, 2022, 109(4): 332-339. DOI: 10.1093/bjs/znac470.
- [11] Granick M, Boykin J, Gamelli R, et al. Toward a common language: surgical wound bed preparation and debridement [J]. Wound Repair Regen, 2006, 14 Suppl 1: S1-10. DOI: 10.1111/j.1743-6109.2005.00096.x.
- [12] Hyland EJ, D'Cruz R, Menon S, et al. Prospective, randomised controlled trial comparing Versajet™ hydrosurgery and conventional debridement of partial thickness paediatric burns[J]. Burns, 2015, 41(4): 700-707. DOI: 10.1016/j.burns.2015.02.001.
- [13] Tenenhaus M, Bhavsar D, Rennekampff HO. Treatment of deep partial thickness and indeterminate depth facial burn wounds with water-jet debridement and a biosynthetic dressing[J]. Injury, 2007, 38 Suppl 5: S39-45. DOI: 10.1016/j.injury.2007.10.039.
- [14] Rennekampff HO, Schaller HE, Wisser D, et al. Debridement of burn wounds with a water jet surgical tool[J]. Burns, 2006, 32(1): 64-69. DOI: 10.1016/j.burns.2005.07.010.
- [15] Cao YL, Liu ZC, Chen XL. Efficacy of hydrosurgical excision combined with skin grafting in the treatment of deep partial-thickness and full-thickness burns: a two-year retrospective study[J]. Burns, 2023, 49(5): 1087-1095. DOI: 10.1016/j.burns.2022.07.012.
- [16] Gravante G, Delogu D, Esposito G, et al. Versajet hydrosurgery versus classic escharectomy for burn débridement: a prospective randomized trial[J]. J Burn Care Res, 2007, 28(5): 720-724. DOI: 10.1097/BCR.0B013E318148C9BD.
- [17] Kimble RM, Mott J, Joethy J. Versajet hydrosurgery system for the debridement of paediatric burns[J]. Burns, 2008, 34(2): 297-298; author reply 299. DOI: 10.1016/j.burns.2007.08.018.
- [18] Kwa K, Goei H, Breederveld RS, et al. A systematic review on surgical and nonsurgical debridement techniques of burn wounds[J]. J Plast Reconstr Aesthet Surg, 2019, 72(11): 1752-1762. DOI: 10.1016/j.bjps.2019.07.006.
- [19] Legemate CM, Goei H, Gostelie O, et al. Application of hydrosurgery for burn wound debridement: an 8-year cohort analysis[J]. Burns, 2019, 45(1): 88-96. DOI: 10.1016/j.burns.2018.08.015.
- [20] Gurunluoglu R. Experiences with waterjet hydrosurgery

- system in wound debridement[J]. *World J Emerg Surg*, 2007, 2:10. DOI:10.1186/1749-7922-2-10.
- [21] Vanwijck R, Kaba L, Boland S, et al. Immediate skin grafting of sub-acute and chronic wounds debrided by hydrosurgery[J]. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2010, 63(3): 544-549. DOI: 10.1016/j.bjps.2008.11.097.
 - [22] Ferrer-Sola M, Sureda-Vidal H, Altimiras-Roset J, et al. Hydrosurgery as a safe and efficient debridement method in a clinical wound unit[J]. *J Wound Care*, 2017, 26(10): 593-599. DOI: 10.12968/jowc.2017.26.10.593.
 - [23] Schultz GS, Barillo DJ, Mazingo DW, et al. Wound bed preparation and a brief history of TIME[J]. *Int Wound J*, 2004, 1(1): 19-32. DOI: 10.1111/j.1742-481x.2004.00008.x.
 - [24] Liu J, Ko JH, Secretov E, et al. Comparing the hydrosurgery system to conventional debridement techniques for the treatment of delayed healing wounds: a prospective, randomised clinical trial to investigate clinical efficacy and cost-effectiveness[J]. *Int Wound J*, 2015, 12(4): 456-461. DOI: 10.1111/iwj.12137.
 - [25] Caputo WJ, Beggs DJ, DeFede JL, et al. A prospective randomised controlled clinical trial comparing hydrosurgery debridement with conventional surgical debridement in lower extremity ulcers[J]. *Int Wound J*, 2008, 5(2): 288-294. DOI: 10.1111/j.1742-481x.2007.00490.x.
 - [26] Hong CC, Nather A, Lee JK, et al. Hydrosurgery is effective for debridement of diabetic foot wounds[J]. *Ann Acad Med Singap*, 2014, 43(8): 395-399.
 - [27] Granick MS, Posnett J, Jacoby M, et al. Efficacy and cost-effectiveness of a high-powered parallel waterjet for wound debridement[J]. *Wound Repair Regen*, 2006, 14(4): 394-397. DOI: 10.1111/j.1743-6109.2006.00136.x.
 - [28] Griffin B, Bairagi A, Jones L, et al. Early non-excisional debridement of paediatric burns under general anaesthesia reduces time to re-epithelialisation and risk of skin graft[J]. *Sci Rep*, 2021, 11(1): 23753. DOI: 10.1038/s41598-021-03141-x.
 - [29] Tang XD, Qiu L, Wang F, et al. Safety and efficacy of waterjet debridement vs. conventional debridement in the treatment of extremely severe burns: a retrospective analysis[J]. *Burns*, 2023, 49(8): 1926-1934. DOI: 10.1016/j.burns.2023.06.004.
 - [30] Ligresti C, Bo F. Wound bed preparation of difficult wounds: an evolution of the principles of TIME[J]. *Int Wound J*, 2007, 4(1): 21-29. DOI: 10.1111/j.1742-481x.2006.00280.x.
 - [31] 刘功成, 阚朝辉, 盛嘉隽, 等. 水动力清创系统在严重烧伤患者大面积残余创面清创中的应用效果[J]. *中华烧伤杂志*, 2016, 32(9): 549-554. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2016.09.008.
 - [32] Rashaan ZM, Krijnen P, Allema JH, et al. Usability and effectiveness of Suprathel® in partial thickness burns in children [J]. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2017, 43(4): 549-556. DOI: 10.1007/s00068-016-0708-z.
 - [33] Prohaska J, Cook C. Skin grafting[M]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2023.
 - [34] Bibbo C. VERSAJET hydrosurgery technique for the preparation of full thickness skin grafts and the creation of retrograde split thickness skin grafts[J]. *J Foot Ankle Surg*, 2010, 49(4): 404-407. DOI: 10.1053/j.jfas.2010.04.013.
 - [35] Choi SG, Shin HW, Yoon KC. Preparation of harvested skin using the Versajet hydrosurgery system in full-thickness skin grafts[J]. *Arch Plast Surg*, 2019, 46(6): 603-607. DOI: 10.5999/aps.2019.00745.
 - [36] Siemers F, Mauss KL, Liodaki E, et al. Accidental inclusions following blast injury in esthetical zones: ablation by a hydrosurgery system[J]. *Eplasty*, 2012, 12:e33.
 - [37] 章磊, 季易, 沈卫民. 水刀清创系统加反植皮负压封闭治疗儿童重度污染性皮肤撕脱伤[J]. *中华小儿外科杂志*, 2023, 44(3): 4. DOI: 10.3760/cma.j.cn421158-20211029-00518.
 - [38] Vrints I, Den Hondt M, Van Brussel M, et al. Immediate debridement of road rash injuries with Versajet® hydrosurgery: traumatic tattoo prevention? [J]. *Aesthetic Plast Surg*, 2014, 38(2): 467-470. DOI: 10.1007/s00266-014-0290-x.
 - [39] Soong M, Schmidt S. Acute contaminated open forearm fractures treated with VersaJet hydrosurgical débridement [J]. *J Orthop Trauma*, 2010, 24(7): e66-68. DOI: 10.1097/BOT.0b013e3181ca48f2.
 - [40] Chammas MF, Gurunluoglu R, Carlsen SN, et al. Surgical debridement of mineral pitch and nonviable penile tissue using water-jet power: a preliminary report [J]. *BJU Int*, 2009, 103(7): 974-976. DOI: 10.1111/j.1464-410X.2008.08209.x.
 - [41] Yuan M, Yin M, Zhang L, et al. Selective debridement of burn wounds using hydrosurgery system[J]. *Int Wound J*, 2020, 17(2): 300-309. DOI: 10.1111/iwj.13270.
 - [42] Mohammadi AA, Seyed Jafari SM, Kiasat M, et al. Efficacy of debridement and wound cleansing with 2% hydrogen peroxide on graft take in the chronic-colonized burn wounds; a randomized controlled clinical trial[J]. *Burns*, 2013, 39(6): 1131-1136. DOI: 10.1016/j.burns.2013.01.019.
 - [43] Irkoren S, Sivrioglu N. A hydrosurgery system (Versajet) with and without hydrogen peroxide solutions for the debridement of subacute and chronic wounds: a comparative study with hydrodebridement[J]. *Adv Skin Wound Care*, 2014, 27(3): 127-131. DOI: 10.1097/01.ASW.0000443898.56886.66.
 - [44] Sönnnergren HH, Strömbeck L, Aldenborg F, et al. Aerosolized spread of bacteria and reduction of bacterial wound contamination with three different methods of surgical wound debridement: a pilot study[J]. *J Hosp Infect*, 2013, 85(2): 112-117. DOI: 10.1016/j.jhin.2013.05.011.
 - [45] Maragakis LL, Cosgrove SE, Song X, et al. An outbreak of multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii* associated with pulsatile lavage wound treatment[J]. *JAMA*, 2004, 292(24): 3006-3011. DOI: 10.1001/jama.292.24.3006.
 - [46] Putzer D, Lechner R, Coraca-Huber D, et al. The extent of environmental and body contamination through aerosols by hydro-surgical debridement in the lumbar spine[J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2017, 137(6): 743-747. DOI: 10.1007/s00402-017-2668-0.
 - [47] 弓辰, 吕开阳, 王光毅, 等. 水动力清创系统在烧伤创面中的应用[J]. *中华烧伤杂志*, 2015, 31(6): 470-472. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2015.06.024.