DOI:10.16016/j.2097-0927.202312033

脉冲短波促进烧伤患儿创面愈合的效果观察

杨茹茜[1],李小兵[2],田新立[2],杨 琴[2],王 雪[2],颜 洪[3] 成都 611731,电子科技大学医学院附属妇女儿童医院·成都市妇女儿童中心医院妇女保健指导中心[1];四川 泸州 646000,西南医科大学附属医院整形烧伤科[2];成都 610000,四川大学华西第二医院整形美容修复重建科[3]

[**摘要**] **目的** 观察脉冲短波对上肢烧伤患儿创面的促愈合效果,并对其作用机制进行初步探讨。**方法** 选取西南医科大学附属医院整形烧伤科 2021 年 6 月至 2023 年 6 月收治的 40 例上肢深二度烧伤患儿,按随机数字表法分为对照组和观察组,每组各 20 例。对照组患儿采用常规换药治疗;观察组患儿从烧伤后采用常规换药联合脉冲短波治疗。记录患儿创面愈合时间、创面再生上皮岛首次出现时间及首次再生上皮岛数目;采用 eKare inSight 3D 创面管理系统观察创面肉芽面积占比;采集创面分泌物行细菌培养检查,观察 2 组患儿创面细菌阳性率;采用血流测量仪检测患儿创面血流灌注量。**结果** 观察组患儿创面愈合时间和再生上皮岛首次出现时间均快于对照组($P<0.05$)。观察组患儿创面肉芽组织生长速度明显快于对照组($P<0.05$)。同时,观察组患儿创面细菌感染控制情况优于对照组($P<0.05$)。血流测量仪检测结果显示观察组患儿创面在脉冲短波治疗后血流灌注量没有明显增加($P>0.05$),随着时间的推移,2 组患儿创面血流灌注均呈升高的状态($P<0.05$)。**结论** 脉冲短波可通过促进创面坏死组织清除、肉芽组织再生而有效促进烧伤患儿创面的愈合速度,推测其机制可能与脉冲短波的非热效应有关。

[**关键词**] 烧伤患儿;创面;脉冲短波;血流灌注

[**中图法分类号**] R322.991; R454.1; R726.44 [**文献标志码**] A

Efficacy of pulsed shortwave diathermy on wound healing in children with burns

YANG Ruqian[1], LI Xiaobing[2], TIAN Xinli[2], YANG Qin[2], WANG Xue[2], YAN Hong[3] [1]Women Health Guidance Center, Chengdu Women's and Children's Central Hospital, School of Medicine, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu, Sichuan Province, 611731; [2]Department of Plastic and Burn Surgery, Affiliated Hospital of Southwest Medical University, Luzhou, Sichuan Province, 646000; [3]Department of Plastic, Aesthetic and Reconstructive Surgery, West China Second University Hospital, Sichuan University, Chengdu, Sichuan Province, 610000, China

[**Abstract**] **Objective** To observe the promoting effect of pulsed shortwave therapy on wound healing in pediatric patients with upper limb burns and explore its underlying mechanisms. **Methods** A total of 40 children with deep Ⅱ° upper limb burns treated in our hospital from June 2021 to June 2023 were enrolled, and randomly divided into a control group and an observation group, with 20 cases in each group. The control group received conventional dressings, and the observation group received conventional dressings combined with pulsed shortwave therapy. The wound healing time, first appearance of skin islands on the wound, and initial number of skin islands were observed and recorded using a camera. The proportion of granulation tissue area in the wound was observed using eKare inSight 3D. The positive rate of wound bacteria

[**基金项目**] 四川省医学会伤口疾病专项科研课题(2021TG62)

[**通信作者**] 王 雪, E-mail:1274706696@qq.com

颜 洪,E-mail:huaxi90@126.com

2097-0927/Copyright © 2024, 陆军军医大学(第三军医大学)。这篇开放获取文章遵循 CC BY 许可协议(https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

was detected by collecting wound secretions for bacterial culture examination. Blood flow perfusion on the wound was measured using a blood flow meter. **Results** The observation group showed significantly faster wound healing and initial appearance of epithelialization ($P<0.05$), and obviously higher rate of granulation tissue growth than the control group ($P<0.05$). Moreover, the observation group demonstrated better control of bacterial infection in the wounds than the control group ($P<0.05$). Blood flow measurement results revealed no significant increase in blood flow perfusion after pulsed shortwave therapy in the observation group ($P>0.05$). However, with the elapse of time, both groups exhibited an increasing trend in blood flow perfusion ($P<0.05$). **Conclusion** Pulsed shortwave therapy effectively promotes wound healing in pediatric patients with burns, by facilitating necrotic tissue clearance and granulation tissue regeneration, which may be associated with its non-thermal effects.

[**Key words**] burns in children; wound; pulsed shortwave diathermy; blood perfusion

Supported by the Special Scientific Research Project for Wound Diseases of Sichuan Provincial Medical Association (2021TG62). Corresponding authors: WANG Xue, E-mail: 1274706696@qq.com; YAN Hong, E-mail: huaxi90@126.com

小儿常因各种意外导致双上肢的烧伤。目前,小儿患者在烧伤患者中占较大比例,有研究发现,小儿烧伤患者占所有烧伤患者的34.7%[1]。小儿深度烧伤后引发的创面往往会形成不同程度的瘢痕增生,而瘢痕的形成会严重限制肢体功能,甚至造成不可逆的肢体功能丧失。而正常的上肢功能对于小儿的自理能力、运动参与以及社交互动起着重要作用。因此,维持和改善烧伤患儿的上肢功能对于患儿预后的日常生活和社交活动有着重要意义。有研究表明,创面愈合时间的缩短可以有效减少瘢痕的形成[2]。因此,及时积极处理创面、促进愈合,对于患儿深度烧伤后的康复至关重要。然而,许多患儿家属常因担忧患儿年龄过小而不能承受手术治疗、麻醉药物对患儿的影响以及手术治疗需增加供皮区域创面等原因选择保守治疗,但仅使用常规换药方法进行保守治疗深二度烧伤创面的愈合时间较长、工作量大、费用高,因此本研究探究常规换药联合使用物理治疗方法对促进烧伤患儿创面快速愈合的作用。

脉冲短波是临床常用的一种保守疗法,研究表明,脉冲短波治疗(pulsed short wave diathermy,PSWD)可有效促进糖尿病足、皮片移植等创面愈合[3-4],但脉冲短波治疗深度烧伤创面的临床研究仍较缺乏。脉冲短波作用部位较深,能穿透创面敷料直接作用于创面,可有效弥补传统常规换药方法的换药难、敷料厚,难以穿透敷料进行有效治疗的难点,并具有临床操作简单、易实施等优点。其作用机制主要包括温热效应和非热效应:温热效应产生的内生热,有改善血液循环、镇痛、消炎、加速组织生长修复和提高免疫力的作用;非热效应虽不升高组织温度,却有消炎、促进神经纤维、肉芽组织再生等作用[5]。温热效应所产生的镇痛、消炎、加速组织修复、促进创面愈合等作用均可扩张创面局部血管,改善创面血液循环[6]。目前,其研究主要针对慢性创面,而关于脉冲短波促进烧伤患儿创面愈合是否与解除血管痉挛、改善创面血液循环有关的研究报道尚缺乏。因此,本研究观察脉冲短波早期促进烧伤患儿创面愈合的治疗效果及其是否与脉冲短波治疗改善血液循环、增加创面血流灌注量有关,初步探讨脉冲短波促进创面愈合的治疗机制。

1 资料与方法

1.1 临床资料

1.1.1 一般资料 选取2021年6月至2023年6月在西南医科大学附属医院整形烧伤科收治的40例深二度烧伤患儿作为研究对象,本研究获西南医科大学附属医院伦理委员会批准(KY2019169)。将符合纳入排除标准的40名患儿按随机数字表法分为对照组和观察组($n=20$)。2组患儿的性别、年龄和烧伤面积差异均无统计学意义(表1),具有可比性。

表1 患者一般资料($n=20,\bar{x}\pm s$)

组别	性别		年龄/岁	烧伤面积/%
	男	女		
观察组	13	7	4.20±2.40	4.20±0.91
对照组	12	8	3.80±1.90	4.60±0.84

1.1.2 纳入及排除标准 纳入标准:①烧伤深度为深二度;②年龄0~8岁;③患儿烧伤部位为上肢(前臂与上臂);④获得患儿家属知情同意。排除标准:①有心脏支架或局部金属内植入物的患儿;②入组前已采取其他物理疗法患儿;③烧伤前患有其他基础疾病患儿;④烧伤期间出现其他并发症的患儿;⑤伴精神疾病的患儿。

1.1.3 处理方式 对照组患儿仅采用传统常规换药治疗方法:每次更换敷料时清洁伤口及其周围,用0.5%碘伏消毒创面及周围正常皮肤,伤口处理以TIME(评估伤口、控制感染、保持湿平衡、促进伤口边缘上皮化)为原则,使用药物为重组牛碱性成纤维细胞生长因子凝胶(用药量为300 IU/cm^2)和莫匹罗星软膏(用药量根据创面炎症情况调整);观察组患儿从烧伤后开始常规换药(使用药物为重组牛碱性成纤维细胞生长因子凝胶和莫匹罗星软膏,用药量与对照组患儿一致)联合脉冲短波治疗。

1.2 脉冲短波治疗

本研究使用的脉冲短波(荷兰ENRAF-NONIUS公司)发生频率为27.12 MHz,波长11.06 m,脉冲宽度为0.4 ms,使用脉冲输出模式,一侧电极直接置于创面中央敷料上方,另一电极采用对置法置于敷料对侧,早期脉冲短波治疗时间10 min,每天2次,7 d为1个疗程,共3个疗程,治疗终点为创面上皮化。根据患儿伤口愈合情况选择脉冲短波的治疗剂量,采用无热量或微热量治疗(创面处于炎症急性期采用无热量治疗,处于亚急性期、慢性期采用微热量治疗)。

1.3 观察指标

1.3.1 患儿创面愈合情况 观察对照组和观察组患儿创面,每隔1 d使用eKare inSight 3D创面管理系统记录患儿创面肉芽组织占比和创面面积,所有测量由同1位研究者完成,测量时仪器尽可能平行于创面,对创面进行采集拍照。eKare inSight 3D创面管理系统在进行创面面积测量方面,与使用薄膜描记法的传统测量方法比较,差异无统计学意义[7]。eKare inSight 3D创面管理系统可同时观察创面坏死组织占比和痂壳面积占比以及创面深度,相比传统测量方法,可更全面地观察评估创面愈合情况。

1.3.2 患儿创面细菌感染情况 于第1、7、14天分别采样观察组与对照组患儿创面分泌物行细菌培养检查,观察2组患儿创面细菌阳性率。采样前使用无菌生理盐水仔细清洁创面周围的皮肤,确保使用无菌棉球或无菌纱布轻柔擦拭,避免引起不必要的刺激或损伤。然后使用无菌采样棉签从创面上收集分泌物,将其转移到标有适当容器的无菌试管中。

1.3.3 创面血流灌注变化 使用PeriScan PIM Ⅱ型激光多普勒血流灌注成像仪(laser speckle contrast imaging,LSCI,购自瑞典PERIMED公司),测量创面的血流灌注,激光波长为670 nm。使用自带工作软件分析图像,该软件在计算机上同步生成血流灌注图,系统的测量值为血流灌注单位(perfusion unit, PU),红色表示高灌注,蓝色表示低灌注,进行体表血流图的记录、分析、处理和存贮。所有测量由同1位研究者在恒定室温和恒定光照的专用室内完成。测量前完全暴露并清洁目标区域,LSCI器械的激光头尽可能平行于创面放置,瞄准激光的红点,置于距创面中心距离20 cm处,采集帧率为5图。采集2组患儿在1、14、21 d创面血流灌注情况。取创面内4个方向各10 mm^{2}血流灌注量的平均值进行分析。观察组患儿创面脉冲短波治疗前进行血流测量仪检测血流,脉冲短波治疗后20 min再次检测[8],观察创面是否有血流灌注的改变。

1.4 统计学分析

采用SPSS 24.0统计软件处理数据。计量资料用$\bar{x}\pm s$表示,组间比较采用独立样本t检验,组内比较采用多因素方差分析,计数资料比较为χ^2检验或精确概率检验。$P<0.05$为差异有统计学意义。时间两两比较差值t检验按Bonferroni校正法调整检验水准。

2 结果

2.1 患儿创面愈合情况的改变

2组患儿创面在治疗过程中无皮肤红肿、水泡和感染等不良反应,观察组患儿创面在伤后21 d已基本愈合,上皮化面积明显优于对照组患儿(图1)。观察组患儿创面愈合时间以及50%创面愈合时间明显短于对照组,观察组患儿创面再生上皮岛首次出现时间及首次再生上皮岛数目均明显优于对照组($P<0.05$,表2)。

表2 创面愈合情况结果分析($n=20,\bar{x}\pm s$)

组别	愈合时间/d	50%创面愈合时间/d	上皮岛首次出现时间/d	首次上皮岛出现数目/个
观察组	20.45±1.85	15.35±1.57	12.05±1.28	2.25±0.85
对照组	24.15±2.01	18.10±1.55	13.90±1.52	1.33±0.73
t	−6.06	−5.58	−4.17	3.69
P	0.001	0.001	0.001	0.001

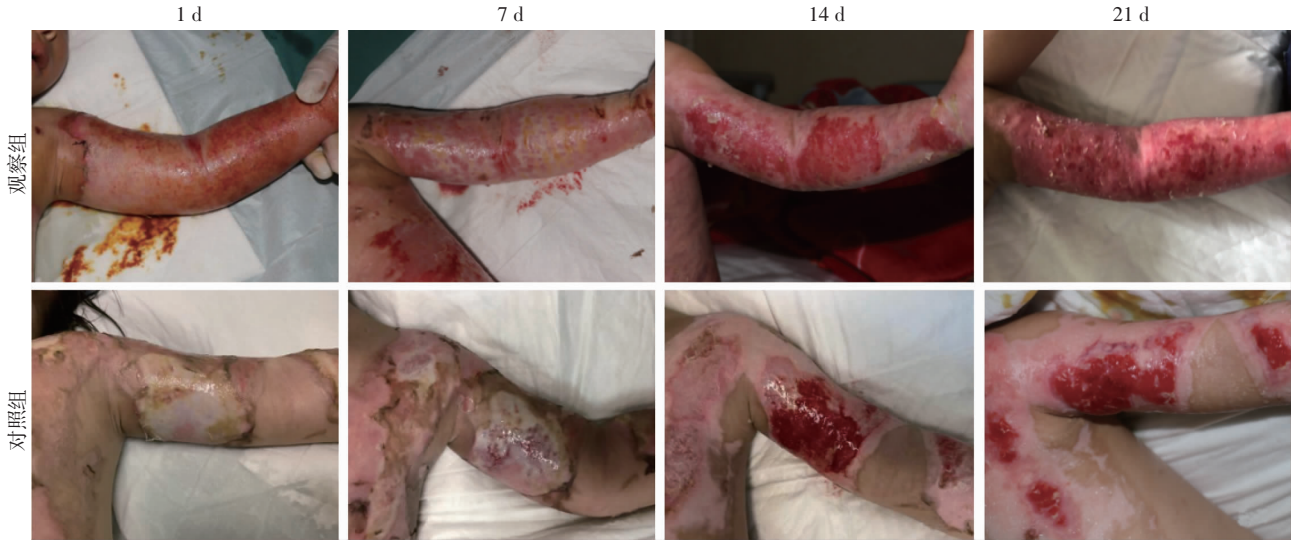
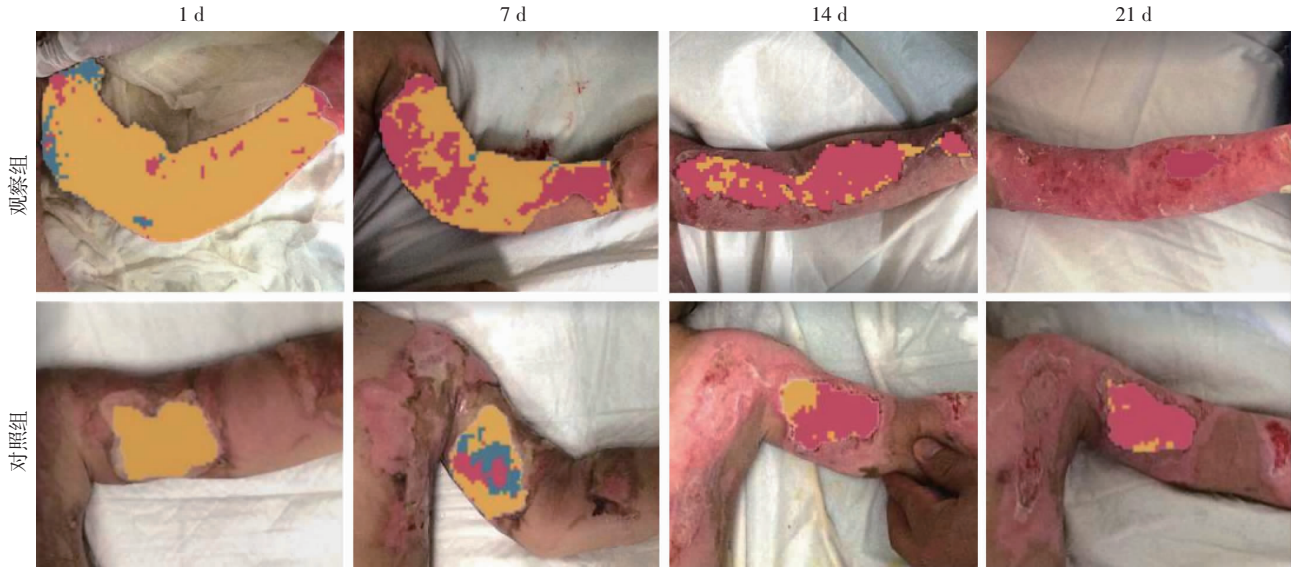


图 1 患儿创面愈合情况

2.2 eKare inSight 3D 创面管理系统记录患儿创面愈合速度及质量的改变

通过 eKare inSight 3D 创面管理系统测量患儿创面,结果显示,2 组患儿创面的肉芽面积占比均随着时间推移均呈现升高的趋势($P<0.05$),坏死组织面积占比相对应呈减少趋势;伤后 1 d 与 21 d 时 2 组患儿创面肉芽面积占比差异无统计学意义,但在伤后 7 d 与伤后 14 d,观察组患儿创面肉芽面积占比明显高于对照组患儿($P<0.05$,表 3、图 2)。



黄色:坏死组织;蓝色:痂壳;红色:肉芽

图 2 eKare inSight 3D 创面管理系统测量创面肉芽面积的情况

表 3 eKare inSight 3D 创面管理系统创面肉芽面积比结果分析($n=20,\bar{x}\pm s$)

组别	伤后 1 d	伤后 7 d	伤后 14 d	伤后 21 d	F	P
观察组	0.08±0.06	0.48±0.11[a]	0.87±0.19[bc]	0.98±0.29[abc]	516.32	0.001
对照组	0.09±0.05	0.27±0.09[a]	0.68±0.21[ab]	0.96±0.34[abc]	367.59	0.001
t	0.57	−5.57	−7.23	−1.46		
P	0.57	0.001	0.001	0.16		

a:$P<0.05$,与伤后 1 d 比较;b:$P<0.05$,与伤后 7 d 比较;c:$P<0.05$,与伤后 14 d 比较

2.3　脉冲短波治疗后创面细菌感染阳性率的改变

2组患儿创面细菌感染阳性率随时间均呈降低的趋势,伤后1 d和7 d时,2组患者感染率差异无统计学意义,但在伤后14 d时,观察组患儿创面细菌感染阳性率均明显低于对照组($P<0.05$,表4)。

表4　创面细菌培养阳性率结果分析[$n=20$,例(%)]

组别	伤后1 d	伤后7 d	伤后14 d
观察组	11(55)	4(20)	0(0)
对照组	10(50)	9(45)	4(20)
χ^2	0.100	2.849	4.444
P	0.752	0.091	0.035

2.4　脉冲短波治疗后创面血流灌注的改变

LSCI检测结果发现,2组患儿创面血流灌注随着时间的推移均呈现升高的趋势($P<0.05$),伤后1 d与21 d时,2组患儿创面血流灌注差异无统计学意义,伤后14天时观察组患儿创面血流灌注均明显高于对照组患儿创面($P<0.05$,图3、表5)。观察组患儿在伤后1、14、21 d进行治疗前后的创面血流灌注检测图和光学图分析,均没有明显改变(图4A、B)。观察组患儿在伤后1、14、21 d进行脉冲短波治疗前后创面血流灌注均没有明显变化($P>0.05$,图4C)。

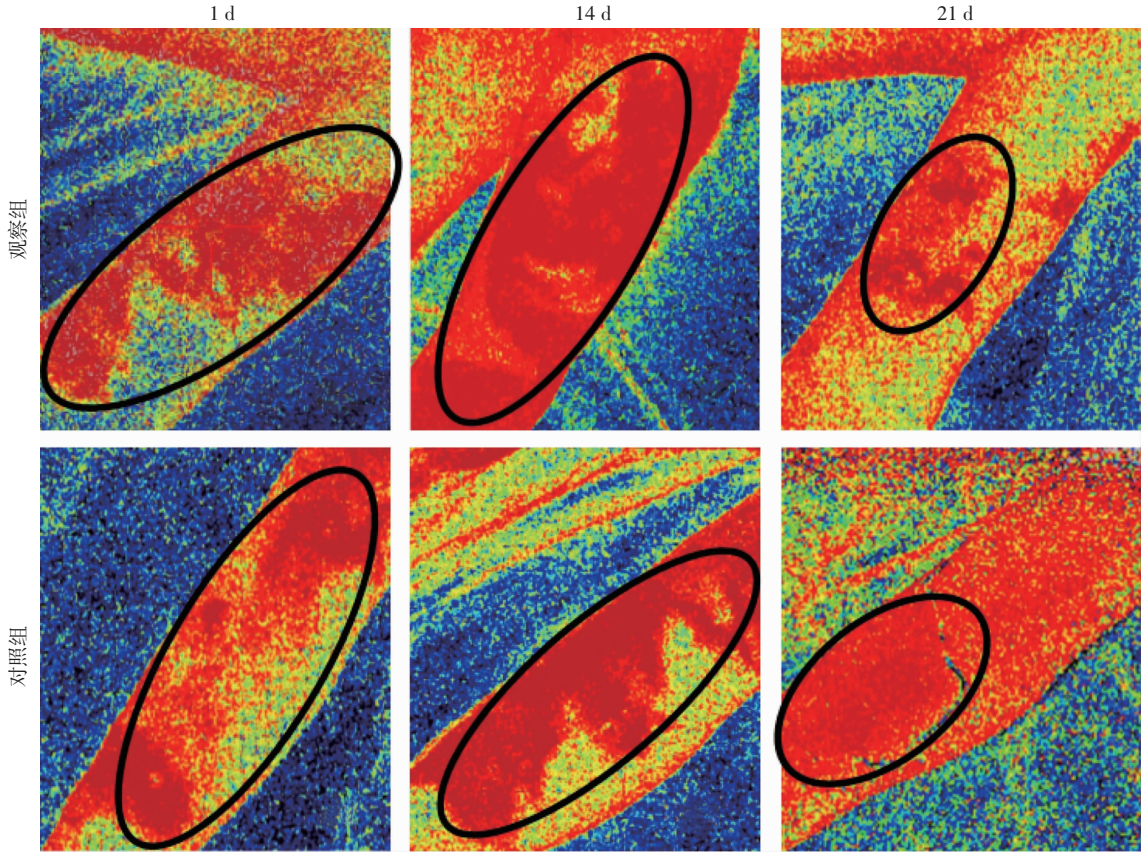
表5　2组创面血流灌注检测结果分析(PU, $n=20$, $\bar{x}\pm s$)

组别	伤后1 d	伤后14 d	伤后21 d	F	P
观察组	47.92±8.30	184.50±19.51^{ab}	198.30±12.53^{b}	621.28	0.001
对照组	46.50±7.63	139.70±16.54^{b}	192.90±28.24^{bc}	340.11	0.001
t	−0.22	−7.23	−1.21		
P	0.82	0.001	0.34		

a:$P<0.05$,与对照组比较;b:$P<0.05$,与伤后1 d比较;c:$P<0.05$,与伤后14 d比较

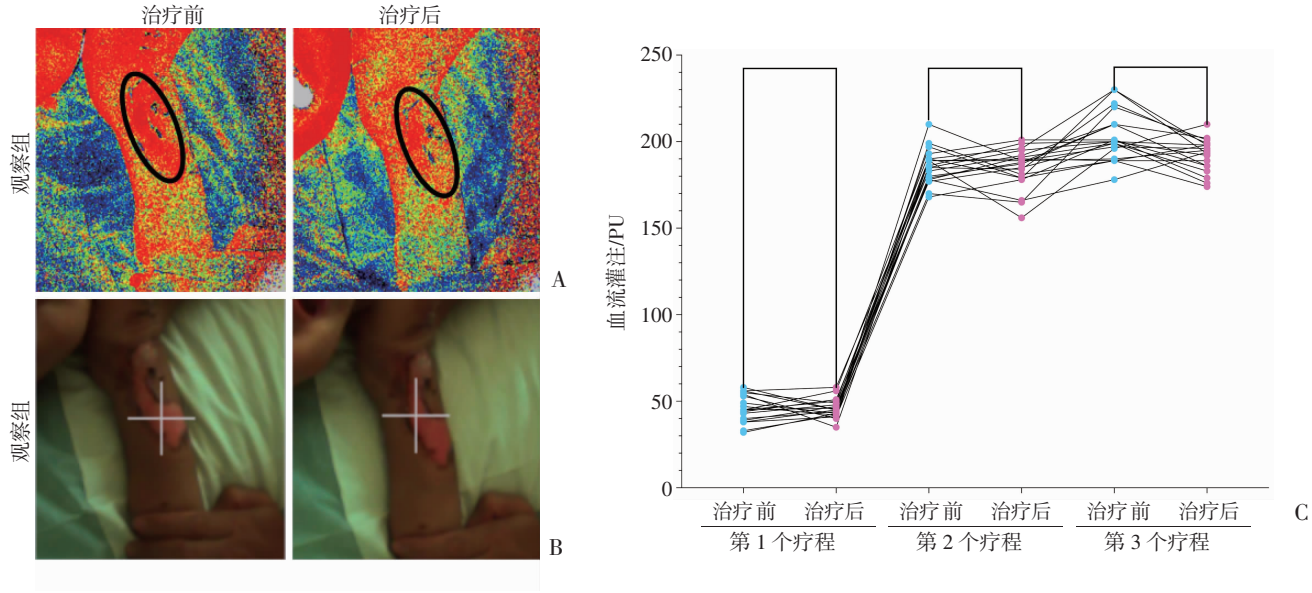
3　讨论

小儿常因各种意外伤害导致烧伤,以传统的换药方法治疗烧伤创面,不仅工作量大、疗程长、费用高,还会因较长的恢复时间导致不同程度的瘢痕增生,进一步造成肢体关节活动功能障碍[9]。积极促进创面的愈合,缩短创面恢复时间,可有效减少烧伤后瘢痕的形成,保留更多关节活动功能,明显改善预后。目前,已有部分关于脉冲短波能够提高创面愈合速度的研究报道,但脉冲短波治疗儿童烧伤创面的临床研究仍较缺乏,并对其具体的作用机制尚缺乏进一步的研究。本研究采用国内外临床常用发生频率为27.12 MHz的脉冲短波[10],观察脉冲短波早期促进烧伤患儿创面愈



黑色椭圆区域:创面区域;红色:高血流灌注;蓝色:低血流灌注

图3　2组患儿在伤后1、14、21d创面血流灌注情况



A:观察组患儿脉冲短波治疗前后创面血流灌注检测图 黑色椭圆区域:创面区域; B:观察组患儿脉冲短波治疗前后光学图; C:观察组患儿脉冲短波治疗前后创面血流灌注检测结果分析

图 4 观察组患儿脉冲短波治疗前后创面血流结果(n=20)

合的治疗效果,并初步探究脉冲短波促进烧伤创面愈合的治疗机制。

本研究结果显示:观察组患儿创面再生上皮岛首次出现时间早于对照组,且首次再生上皮岛出现的数目高于对照组,上肢烧伤创面上皮化快于对照组,并发现观察组创面愈合时间明显短于对照组。证实脉冲短波可有效促进患儿烧伤创面愈合,缩短创面愈合时间。同时有研究证明脉冲短波透热治疗可有效促进成纤维细胞增殖[11-13],因此推测脉冲短波能够促进上肢烧伤创面上皮化,缩短创面愈合时间的机制在于促进了创面修复相关细胞的增殖分裂。

通过创面细菌培养结果显示,第 14 天时观察组创面细菌感染阳性率明显低于对照组,因此推测脉冲短波可增强烧伤创面局部抗感染能力,并可有效控制炎症的发展。同时也有研究发现无热量剂量模式可以有效治疗急性、亚急性炎症反应,早期及时治疗能够加快炎症消退的速度,并对感染创面有较好的消炎、抗感染作用,可有效控制创面炎症反应[14]。

通过 eKare inSight 3D 创面管理系统发现 2 组患儿在伤后 1 d 与 21 d 时创面肉芽占比差异无统计学意义,而观察组患儿在伤后 7 d 与伤后 14 d 时创面肉芽占比明显高于对照组,说明观察组患儿创面坏死组织的清除较对照组更快,推测这可能与脉冲短波治疗促使深二度烧伤创面更快溶痂,加快创面坏死组织清除进程有关。同时,也可能与脉冲短波的生物学效应有一定的作用关系。有研究发现其非热效应可通过额外的能量“搅动”细胞膜和细胞的代谢活动,此时虽无组织温度升高,却有消炎、促进神经纤维、肉芽组织再生加速等作用,可能有利于创面愈合和坏死组织清除起到一定的帮助作用[15-16]。而针对脉冲短波可促进烧伤创面更快溶痂、加快坏死组织清除的进一步机制本课题组将进行深入的研究。

通过 LSCI 观察血流灌注,结果发现伤后 14 d 时观察组患儿创面血流灌注均明显高于对照组创面,这可能也是脉冲短波通过促进坏死组织清除,肉芽组织再生加速,间接增加了创面血供,促进创面愈合的机制之一。同时,观察组患儿在脉冲短波治疗前后创面血流灌注并没有明显变化,因此推测,可能本研究脉冲短波治疗中使用的治疗剂量并未引起热感觉,其促进创面愈合的机制可能与热效应中改变创面血容量无关,可能与 PSWD 的非热效应有关。同时,有研究证实脉冲短波透热治疗通常用于其非热效应[17-20],这可能是由于细胞能够从一定频率或振幅的振荡电场中吸收能量,从而激发或增强细胞活性的结果[21-23]。即使在没有产生明显热量的情况下,脉冲短波治疗能够加速成纤维细胞和上皮细胞的增长,促进创面愈合。

综上所述,脉冲短波在不增加创面血流灌注的前提下可有效促进创面坏死组织清除、肉芽组织再生,促

进上肢烧伤创面上皮化,缩短创面愈合时间。本研究推测其作用机制可能与脉冲短波治疗的非热效应有关,脉冲短波在促进创面愈合的同时,还可有效控制急性期炎症的扩散,为临床治疗烧伤创面提供了新的方法和思路。

参考文献:

[1] LI H S, YAO Z H, TAN J L, *et al*. Epidemiology and outcome analysis of 6325 burn patients: a five-year retrospective study in a major burn center in Southwest China [J]. Sci Rep, 2017, 7: 46066. DOI: 10.1038/srep46066.

[2] 付晋凤, 张梦思. 儿童烧伤治疗及瘢痕防治策略的探讨[J]. 中华损伤与修复杂志(电子版), 2018, 13(4): 241-246. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1673-9450.2018.04.001.
FU J F, ZHANG M S. Discussion on the treatment of burns and the prevention and treatment strategy of scar on children [J]. Chin J Inj Repair Wound Heal Electron Ed, 2018, 13(4): 241-246. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1673-9450.2018.04.001.

[3] 谢慧清, 周建大, 徐丹. 超短波促进烧伤肉芽创面植皮片愈合的临床观察[J]. 激光生物学报, 2007, 16(2): 241-242, 166. DOI: 10.3969/j.issn.1007-7146.2007.02.023.
XIE H Q, ZHOU J D, XU D. Clinical observation of ultrashort waves on promoting wound healing with recipient skin grafts[J]. Acta Laser Biol Sin, 2007, 16(2): 241-242, 166. DOI: 10.3969/j.issn.1007-7146.2007.02.023.

[4] 张嵘蓉, 林艳冰. 短波联合红外线、紫外线治疗糖尿病足的疗效观察[J]. 江苏医药, 2011, 37(18): 2215-2216. DOI:10.19460/j.cnki.0253-3685.2011.18.050.
ZHANG R R, LIN Y B. Efficacy of shortwave therapy combined with infrared ray and ultraviolet ray for diabetic foot [J]. Jiangsu Med J, 2011, 37(18): 2215-2216. DOI: 10.19460/j.cnki.0253-3685.2011.18.050.

[5] 裴璠, 沈姗怡, 刘保红. 超短波治疗膝骨性关节炎作用机制研究进展[J]. 中国慢性病预防与控制, 2018, 26(7): 542-545. DOI: 10.16386/j.cjpccd.issn.1004-6194.2018.07.016.
PEI F, SHEN S Y, LIU B H. Research progress on mechanism of ultrashort wave in the treatment of knee osteoarthritis[J]. Chin J Prev Contr Chronic Dis, 2018, 26(7): 542-545. DOI: 10.16386/j.cjpccd.issn.1004-6194.2018.07.016.

[6] DOS REIS DO NASCIMENTO D M, RAAB FERREIRA G C, SILVA GONÇALVES L H, *et al*. Immediate analgesic effect of two modes of short-wave diathermy application in chronic low back pain: study protocol for a randomized controlled trial [J]. Pain Manag, 2022, 12(2): 131-139. DOI: 10.2217/pmt-2021-0026.

[7] 曹子龙, 安恬, 王立芝, 等. eKare inSight 3D 创面管理系统在创面评估中的应用[J]. 山东医药, 2018, 58(45): 92-94. DOI: 10.3969/j.issn.1002-266X.2018.45.026.
CAO Z L, AN T, WANG L Z, *et al*. Application of eKare inSight 3D wound management system in wound evaluation [J]. Shandong Med J, 2018, 58(45): 92-94. DOI: 10.3969/j.issn.1002-266X.2018.45.026.

[8] DRAPER D O, KNIGHT K, FUJIWARA T, *et al*. Temperature change in human muscle during and after pulsed short-wave diathermy[J]. J Orthop Sports Phys Ther, 1999, 29(1): 13-22. DOI: 10.2519/jospt.1999.29.1.13.

[9] 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. DOI: 10.19787/j.issn.1008-1879.2021.10.033.
XU K M, QIAN K, HE Y P, *et al*. A systematic review with epidemiology of pediatric burn patients for last 20 years in China[J]. Chin Manip Rehabil Med, 2021, 12(10): 84-88. DOI: 10.19787/j.issn.1008-1879.2021.10.033.

[10] LAUFER Y, DAR G. Effectiveness of thermal and athermal short-wave diathermy for the management of knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis [J]. Osteoarthr Cartilage, 2012, 20(9): 957-966. DOI: 10.1016/j.joca.2012.05.005.

[11] 谭斌, 王琴, 黎成, 等. 超短波理疗联合全厚皮片移植治疗足踝部慢性溃疡创面的效果研究[J]. 足踝外科电子杂志, 2021, 8(3): 25-28. DOI: 10.3969/j.issn.2095-7793.2021.03.005.
TAN B, WANG Q, LI C, *et al*. Study on the effect of ultrashort wave physiotherapy combined with full-thickness skin grafting on chronic foot and ankle ulcers[J]. Electron J Foot Ankle Surg, 2021, 8(3): 25-28. DOI: 10.3969/j.issn.2095-7793.2021.03.005.

[12] 柳清, 闵好, 林海涛, 等. 中西医结合配合超短波治疗烧伤后残余创面98例[J]. 中国医药指南, 2012, 10(28): 261-262. DOI: 10.15912/j.cnki.gocm.2012.28.067.
LIU Q, MIN H, LIN H T, *et al*. Treatment of 98 cases of residual burn wounds with combination of traditional Chinese and western medicine and ultrashort wave[J]. Guide China Med, 2012, 10(28): 261-262. DOI: 10.15912/j.cnki.gocm.2012.28.067.

[13] HILL J, LEWIS M, MILLS P, *et al*. Pulsed short-wave diathermy effects on human fibroblast proliferation[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2002, 83(6): 832-836. DOI: 10.1053/apmr.2002.32823.

[14] 谭斌, 王琴, 黎成, 等. 超短波理疗联合全厚皮片移植治疗足踝部慢性溃疡创面的效果研究[J]. 足踝外科电子杂志, 2021, 8(3): 25-28. DOI: 10.3969/j.issn.2095-7793.2021.03.005.
TAN B, WANG Q, LI C, *et al*. Study on the effect of ultrashort wave physiotherapy combined with full-thickness skin grafting on chronic foot and ankle ulcers[J]. Electron J Foot Ankle Surg, 2021, 8(3): 25-28. DOI: 10.3969/j.issn.2095-7793.2021.03.005.

[15] PERREN S M. Fracture healing. The evolution of our understanding[J]. Acta Chir Orthop Traumatol Cech, 2008, 75(4): 241-246.

[16] RABINI A, PIAZZINI D B, TANCREDI G, *et al*. Deep heating therapy via microwave diathermy relieves pain and improves physical function in patients with knee osteoarthritis: a double-blind randomized clinical trial[J]. Eur J Phys Rehabil Med, 2012, 48(4): 549-559.

[17] MURRAY C C, KITCHEN S. Effect of pulse repetition rate on the perception of thermal sensation with pulsed shortwave diathermy[J]. Physiother Res Int, 2000, 5(2): 73-84. DOI: 10.1002/pri.187.

[18] BENINCÁ I L, ESTÉFANI D D, PEREIRA DE SOUZA S, *et al*. Tissue heating in different short wave diathermy methods: a systematic review and narrative synthesis[J]. J Bodyw Mov Ther, 2021, 28: 298-310. DOI: 10.1016/j.jbmt.2021.07.031.

[19] SHIELDS N, GORMLEY J, O'HARE N. Short-wave diathermy: current clinical and safety practices[J]. Physiother Res Int, 2002, 7(4): 191-202. DOI: 10.1002/pri.259.

[20] KITCHEN S, PARTRIDGE C. Review of shortwave diathermy continuous and pulsed patters[J]. Physiotherapy, 1992, 78(4): 243-252. DOI: 10.1016/s0031-9406(10)61434-4.

[21] TSONG T Y. Deciphering the language of cells[J]. Trends Biochem Sci, 1989, 14(3): 89-92. DOI: 10.1016/0968-0004(89)90127-8.

[22] ROMANENKO S, BEGLEY R, HARVEY A R, *et al*. The interaction between electromagnetic fields at megahertz, gigahertz and terahertz frequencies with cells, tissues and organisms: risks and potential[J]. J R Soc Interface, 2017, 14(137): 20170585. DOI: 10.1098/rsif.2017.0585.

[23] SALIEV T, MUSTAPOVA Z, KULSHAROVA G, *et al*. Therapeutic potential of electromagnetic fields for tissue engineering and wound healing[J]. Cell Prolif, 2014, 47(6): 485-493. DOI: 10.1111/cpr.12142.

(**收稿**:2023-12-08;**修回**:2024-04-08)

(编辑 张艺霖)