

· 论著 ·

本文亮点:

- (1) 证明在负压伤口疗法(NPWT)中,在NPWT填充敷料(以下简称敷料)边缘垫入凡士林纱布可显著减少患者敷料边缘皮肤张力性水疱形成。
- (2) 筛选出患者采用NPWT治疗3 d后敷料边缘皮肤张力性水疱形成的独立危险因素为躯干,独立保护因素为凡士林纱布处理敷料、切割处理敷料。

Highlights:

- (1) It was demonstrated that in negative pressure wound therapy (NPWT), padding the edges of NPWT filling dressings (hereinafter referred to as dressings) with petroleum jelly gauze significantly reduced the formation of tension blisters on the skin at the dressing edges in patients.
- (2) The trunk was screened out as the independent risk factor for the formation of tension blisters on the skin at the dressing edges in patients after 3 days of NPWT, while the independent protective factors included dressings treated with petrolatum jelly gauze, and dressing trimming.



使用负压伤口疗法患者敷料边缘皮肤张力性水疱形成的影响因素分析

郭灰灰 宁涛 马明明 梅思伟 阮晓军
安徽医科大学附属阜阳市人民医院骨科, 阜阳 236000
通信作者: 宁涛, Email: 153612249@qq.com

【摘要】 **目的** 探讨使用负压伤口疗法(NPWT)患者敷料边缘皮肤张力性水疱形成的影响因素。**方法** 该研究为回顾性病例对照研究。2020年9月—2023年8月,安徽医科大学附属阜阳市人民医院骨科收治187例符合入选标准的使用NPWT患者,其中男112例、女75例,年龄(52 ± 17)岁。根据采用NPWT治疗3 d后NPWT填充敷料(以下简称敷料)边缘皮肤有无张力性水疱,将患者分为无水疱组(97例)、水疱组(90例)。比较2组患者的性别、年龄、入院当天收缩压、入院当天舒张压、体重指数、创面面积、创面清创手术时长、创面感染情况、合并骨折情况、创面冲洗情况、敷料使用部位、敷料处理方式等临床特征及入院后1 d生物化学指标。筛选187例患者采用NPWT治疗3 d后敷料边缘皮肤张力性水疱形成的独立影响因素。**结果** 2组患者年龄、敷料使用部位、敷料处理方式比较,差异均有统计学意义($t=2.057$, χ^2 值分别为5.589、27.686, $P < 0.05$);其余临床特征和入院后1 d所有生物化学指标比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。单因素logistic回归分析结果显示,年龄、凡士林纱布处理敷料、切割处理敷料均为抑制患者采用NPWT治疗3 d后敷料边缘皮肤张力性水疱形成的保护因素(OR 分别为0.983、0.130、0.381, 95% CI 分别为0.966~0.999、0.058~0.287、0.178~0.816, $P < 0.05$),而躯干为促进患者采用NPWT治疗3 d后敷料边缘皮肤张力性水疱形成的危险因素($OR=2.028$, 95% CI

DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-20240911-00334

收稿日期 2024-09-11

引用本文:郭灰灰,宁涛,马明明,等.使用负压伤口疗法患者敷料边缘皮肤张力性水疱形成的影响因素分析[J].中华烧伤与创面修复杂志,2026,42(6):572-578. DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-20240911-00334.

Guo HH, Ning T, Ma MM, et al. Analysis of factors influencing tension blister formation on the skin at the dressing edges in patients undergoing negative pressure wound therapy[J]. Chin J Burns Wounds, 2026, 42(6): 572-578. DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-20240911-00334.



为 1.125~3.655, $P<0.05$)。多因素 logistic 回归分析结果显示, 躯干为促进患者采用 NPWT 治疗 3 d 后敷料边缘皮肤张力性水疱形成的独立危险因素 ($OR=2.566$, 95% CI 为 1.306~5.043, $P<0.05$), 凡士林纱布处理敷料、切割处理敷料均为抑制患者采用 NPWT 治疗 3 d 后敷料边缘皮肤张力性水疱形成的独立保护因素 (OR 分别为 0.111、0.363, 95% CI 分别为 0.048~0.257、0.165~0.797, $P<0.05$)。 **结论** 针对患者采用 NPWT 治疗 3 d 后敷料边缘皮肤张力性水疱形成, 躯干为独立危险因素, 凡士林纱布处理敷料、切割处理敷料为独立保护因素。

【关键词】 负压伤口疗法; 伤口愈合; 躯干; 影响因素分析; 张力性水疱; 敷料

基金项目: 阜阳市重点研究与开发计划项目临床医学研究转化专项 (FK20245504); 阜阳市卫生健康科研立项项目 (FYZC2024-004、FYZC2024-056、FYZC2024-058); 安徽医科大学临床科学基金 (2022xkj225)

Analysis of factors influencing tension blister formation on the skin at the dressing edges in patients undergoing negative pressure wound therapy

Guo Huihui, Ning Tao, Ma Mingming, Mei Siwei, Ruan Xiaojun

Department of Orthopedics, Fuyang People's Hospital Affiliated to Anhui Medical University, Fuyang 236000, China

Corresponding author: Ning Tao, Email: 153612249@qq.com

【Abstract】 Objective To investigate the factors that influence the formation of tension blisters on the skin at the dressing edges in patients undergoing negative pressure wound therapy (NPWT). **Methods** This study was a retrospective case-control study. From September 2020 to August 2023, 187 patients undergoing NPWT who met the inclusion criteria were admitted to the Department of Orthopedics of Fuyang People's Hospital Affiliated to Anhui Medical University, including 112 males and 75 females, aged (52±17) years. Based on the presence or absence of tension blisters on the skin at the edge of NPWT filling dressings (hereinafter referred to as dressings) after 3 days of NPWT, the patients were divided into no blister group (97 cases) and blister group (90 cases). The clinical characteristics (gender, age, systolic blood pressure on admission, diastolic blood pressure on admission, body mass index, wound area, duration of wound debridement, wound infection status, concomitant fractures, wound irrigation, dressing application site, and dressing management method) as well as biochemical indicators on day 1 after admission were compared between the two groups. The independent influencing factors for tension blister formation at the dressing edges in 187 patients after 3 days of NPWT were screened. **Results** There were statistically significant differences between the two groups of patients in terms of age, dressing application site, and dressing management method ($t=2.057$, with χ^2 values of 5.589 and 27.686, respectively, $P<0.05$); there were no statistically significant differences in the other clinical characteristics or biochemical indicators on day 1 after admission ($P>0.05$). Univariate logistic regression analysis results showed that age, dressings treated with petrolatum jelly gauze and dressing trimming were protective factors against the formation of tension blisters on the skin at the dressing edges in patients after 3 days of NPWT (with ORs of 0.983, 0.130, and 0.381, respectively, 95% CI s of 0.966–0.999, 0.058–0.287, and 0.178–0.816, respectively, $P<0.05$); trunk was the risk factor facilitating the formation of tension blisters on the skin at the dressing edges in patients after 3 days of NPWT ($OR=2.028$, with 95% CI of 1.125–3.655, $P<0.05$). Multivariate logistic regression analysis results showed that trunk was the independent risk factor facilitating the formation of tension blisters on the skin at the dressing edges in patients after 3 days of NPWT ($OR=2.566$, with 95% CI of 1.306–5.043, $P<0.05$); dressings treated with petrolatum jelly gauze and dressing trimming were independent protective factors against the formation of tension blisters on the skin at the dressing edges in patients after 3 days of NPWT (with ORs of 0.111 and 0.363, respectively, 95% CI s of 0.048–0.257 and 0.165–0.797, respectively, $P<0.05$). **Conclusions** For patients who developed tension blisters on the skin at the dressing edges after 3 days of NPWT, the trunk is identified as the independent risk factor, whereas dressings treated with petrolatum jelly gauze, and dressing trimming are the independent protective factors.

【Key words】 Negative-pressure wound therapy; Wound healing; Torso; Root cause analysis; Tension blisters; Dressings

Fund program: Clinical Medicine Research Transformation Special Project of the Key Research and Development Plan of Fuyang City (FK20245504); Fuyang Health and Science Research Project

(FYZC2024-004, FYZC2024-056, FYZC2024-058); Clinical Science Fund of Anhui Medical University (2022xkj225)

NPWT 因有利于促进污染或感染性创面愈合,而被广泛应用于各种复杂创面的治疗^[1-6]。然而,随着这一技术的日益普及,其并发症如创面出血、深部感染、引流管堵塞等逐渐显现^[7-9]。文献报道张力性水疱是在 NPWT 填充敷料(以下简称敷料)使用过程中常见的并发症之一,发生率为 10.5%~63.0%^[10-11]。张力性水疱会导致创面延迟愈合,甚至引起感染^[11],增加了患者的痛苦及医疗负担。因此深入研究张力性水疱形成的危险因素,并及时识别与干预,有助于医务人员更好地判断创面愈合的难易程度,从而采取适当的干预措施和制订合理的敷料处理方案,降低张力性水疱的发生率。张聪明等^[11]对使用 NPWT 患者的敷料边缘进行修剪,减少了敷料边缘皮肤张力性水疱的发生,但未全面分析相关影响因素。本研究回顾性分析使用 NPWT 患者的临床资料,探讨患者敷料边缘皮肤张力性水疱形成的影响因素,为临床防控提供依据。

1 对象与方法

本回顾性病例对照研究符合《赫尔辛基宣言》的基本原则,数据收集范围不包括患者的受保护隐私信息,故无须获得患者知情同意。

1.1 入选标准

纳入标准:(1)存在皮肤缺损创面或感染创面,且行 NPWT;(2)年龄 18~65 岁;(3)临床资料完整。排除标准:(1)接受 2 次及以上 NPWT 后敷料边缘皮肤出现张力性水疱;(2)行 NPWT 前创面周围皮肤存在破损。

1.2 一般资料与分组统计

2020 年 9 月—2023 年 8 月,安徽医科大学附属医院阜阳市人民医院骨科收治 187 例符合入选标准的使用 NPWT 患者,其中男 112 例、女 75 例,年龄(52±17)岁。

根据采用 NPWT 治疗 3 d 后敷料边缘皮肤有无张力性水疱,将患者分为无水疱组(97 例)、水疱组(90 例)。统计患者以下指标。(1)临床特征:性别、年龄、入院当天收缩压、入院当天舒张压、体重指数、创面面积、创面清创手术时长、创面感染情况、合并骨折情况、创面冲洗情况(根据创面使用生理盐水行冲洗情况分为冲洗和无冲洗)、敷料使用部位、敷料处理方式(不处理为对敷料边缘不行任何

处理,切割处理为将敷料边缘切割为 45°角,凡士林纱布处理为于敷料边缘垫入宽约 2 cm 凡士林纱布)。(2)入院后 1 d 生物化学指标:白细胞计数、中性粒细胞、血红蛋白、肌酐、尿素氮、血尿酸、血清白蛋白、空腹血糖、血钾、血钠。

1.3 统计学处理

采用 SPSS 26.0 统计软件对数据进行分析。本研究均采用双侧检验。计量资料数据中符合正态分布者以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较行独立样本 t 检验;不符合正态分布者以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示,组间比较行 Mann-Whitney U 检验。计数资料数据以频数表示,组间比较行 χ^2 检验。选取单因素分析中差异有统计学意义的自变量及结合临床意义筛选的自变量进行单因素 logistic 回归分析,筛选 187 例患者采用 NPWT 治疗 3 d 后敷料边缘皮肤张力性水疱形成的影响因素。以筛选出的影响因素为自变量进行多因素 logistic 回归分析,筛选 187 例患者采用 NPWT 治疗 3 d 后敷料边缘皮肤张力性水疱形成的独立影响因素。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 临床特征

2 组患者年龄、敷料使用部位、敷料处理方式比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。见表 1。

2.2 生物化学指标

2 组患者入院后 1 d 所有生物化学指标比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。见表 2。

2.3 单因素 logistic 回归分析

以患者敷料边缘皮肤有无张力性水疱(有水疱=1、无水疱=0)为因变量,将纳入的分类变量进行赋值,其中男性、手足、无感染、无骨折、创面无冲洗=0,女性、躯干、有感染、有骨折、创面有冲洗=1,年龄、创面面积、创面清创手术时长均以原始值带入。敷料处理方式为三分类变量,生成 2 个虚拟变量,其中虚拟变量 1 为凡士林纱布处理与不处理比较(不处理=0、凡士林纱布处理=1),虚拟变量 2 为切割处理与不处理比较(不处理=0、切割处理=1)。单因素 logistic 回归分析结果显示,年龄、凡士林纱布处理敷料、切割处理敷料均为抑制患者采用 NPWT 治疗 3 d 后敷料边缘皮肤张力性水疱形成的保护因素($P < 0.05$),而躯干为促进患者采用 NPWT 治疗

表 1 2组使用NPWT患者临床特征比较

Table 1 Comparison of clinical characteristics between two groups of patients undergoing NPWT

组别	例数	性别(例)		年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	入院当天收缩压 (mmHg, $\bar{x} \pm s$)	入院当天舒张压 (mmHg, $\bar{x} \pm s$)	体重指数(kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	创面面积[cm ² , $M(Q_1, Q_3)$]
		男	女					
无水疱组	97	54	43	54±18	129±21	75±13	23±4	150.00(82.50, 217.00)
水疱组	90	58	32	49±17	127±18	76±12	24±4	150.00(123.75, 375.00)
统计量值		$\chi^2=1.496$		$t=2.057$	$t=0.422$	$t=-0.669$	$t=-1.153$	$Z=-0.918$
P值		0.221		0.041	0.673	0.504	0.250	0.359

组别	例数	创面感染 (例)		合并骨折 (例)		创面冲洗 (例)		创面清创手术时长 [h, $M(Q_1, Q_3)$]	敷料使用部位 (例)		敷料处理方式(例)		
		无	有	无	有	无	有		手足	躯干	不处理	凡士林纱布处理	切割处理
无水疱组	97	53	44	66	31	28	69	1.95(1.00, 3.00)	64	33	16	50	31
水疱组	90	57	33	57	33	34	56	1.67(1.09, 2.78)	44	46	42	17	31
统计量值		$\chi^2=1.457$		$\chi^2=0.460$	$\chi^2=1.673$	$Z=-0.093$		$\chi^2=5.589$	$\chi^2=27.686$				
P值		0.227		0.498	0.196	0.926		0.018	<0.001				

注:NPWT为负压伤口疗法;根据采用NPWT治疗3 d后NPWT填充敷料(简称敷料)边缘皮肤有无张力性水疱,将患者分为无水疱组、水疱组;1 mmHg=0.133 kPa;凡士林纱布处理为于敷料边缘垫入宽约2 cm凡士林纱布,切割处理为将敷料边缘切割为45°角

表 2 2组使用NPWT患者入院后1 d生物化学指标比较

Table 2 Comparison of biochemical indicators on day 1 after admission between two groups of patients undergoing NPWT

组别	例数	白细胞计数[$\times 10^9/L$, $M(Q_1, Q_3)$]	中性粒细胞 ($\bar{x} \pm s$)	血红蛋白(g/L, $\bar{x} \pm s$)	肌酐[$\mu\text{mol/L}$, $M(Q_1, Q_3)$]	尿素氮[mmol/L, $M(Q_1, Q_3)$]
		无水疱组	97	8.70(5.74, 12.22)	0.75±0.15	118±22
水疱组	90	8.88(6.03, 12.58)	0.76±0.12	120±21	57.25(47.88, 66.88)	5.45(4.60, 7.20)
统计量值		$Z=-0.717$	$t=-0.475$	$t=-0.477$	$Z=-0.664$	$Z=-0.457$
P值		0.474	0.635	0.634	0.507	0.648

组别	例数	尿酸($\mu\text{mol/L}$, $\bar{x} \pm s$)	血清白蛋白(g/L, $\bar{x} \pm s$)	空腹血糖[mmol/L, $M(Q_1, Q_3)$]	血钾(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	血钠(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)
		无水疱组	97	302±114	39±6	6.48(5.03, 8.00)
水疱组	90	302±95	39±7	6.00(5.03, 7.28)	3.8±0.6	137±15
统计量值		$t=-0.023$	$t=-0.212$	$Z=-0.845$	$t=1.168$	$t=-0.466$
P值		0.982	0.833	0.398	0.244	0.642

注:NPWT为负压伤口疗法;根据采用NPWT治疗3 d后NPWT填充敷料(简称敷料)边缘皮肤有无张力性水疱,将患者分为无水疱组、水疱组

3 d后敷料边缘皮肤张力性水疱形成的危险因素($P<0.05$)。见表3。

2.4 多因素logistic回归分析

将2.3筛选出的影响因素同前赋值并进行多因素logistic回归分析。躯干为促进患者采用NPWT治疗3 d后敷料边缘皮肤张力性水疱形成的独立危险因素($P<0.05$),凡士林纱布处理敷料、切割处理敷料均为抑制患者采用NPWT治疗3 d后敷料边缘皮肤张力性水疱形成的独立保护因素($P<0.05$)。见表4。

3 讨论

NPWT自20世纪90年代初问世并进入临床应用以来,已在多种复杂创面的治疗中展现显著优

势^[12-18]。该技术通过在创面施加可控的负压,有效地促进了创面的血流灌注,激活了促进创面愈合的生长因子,并增强了修复基因的表达^[15, 19-26]。尽管NPWT在临床上显示出积极的疗效,但也引发了一些并发症^[27-29]。其中,张力性水疱是最常见的并发症^[10],其临床表现为敷料边缘周围皮肤出现的清亮浆液性水疱,宽度为1~5 mm,高度为3~5 mm^[11]。

张力性水疱的核心形成机制为敷料边缘和皮肤界面处的机械剪切力与局部压力失衡,以及敷料周围组织液异常积聚,进而导致表皮层和真皮层连接分离,形成浆液性水疱。张力性水疱的形成不仅会延缓创面的愈合进程,还可能增加感染风险,导致治疗复杂化^[11, 30-31]。张力性水疱一旦破裂,很容易受到常见皮肤菌群如表皮葡萄球菌和金黄色葡萄

表 3 影响 187 例患者采用 NPWT 治疗 3 d 后敷料边缘皮肤张力性水疱形成因素的单因素 logistic 回归分析结果

Table 3 Results of univariate logistic regression analysis on the factors influencing the formation of tension blisters on the skin at the dressing edges in 187 patients after 3 days of NPWT

自变量	OR	95%CI	P 值
性别(以男性为参照)	0.693	0.385~1.248	0.222
年龄(岁)	0.983	0.966~0.999	0.043
躯干(以手足为参照)	2.028	1.125~3.655	0.019
创面面积(cm ²)	1.001	0.999~1.002	0.377
合并感染(以无感染为参照)	0.697	0.380~1.253	0.227
合并骨折(以无骨折为参照)	1.233	0.673~2.257	0.498
创面清创手术时长(h)	1.019	0.855~1.215	0.831
创面冲洗(以无冲洗为参照)	0.668	0.362~1.232	0.197
敷料处理方式			
凡士林纱布处理与不处理比较	0.130	0.058~0.287	<0.001
切割处理与不处理比较	0.381	0.178~0.816	0.013

注:NPWT 为负压伤口疗法;凡士林纱布处理为于 NPWT 填充敷料(简称敷料)边缘垫入宽约 2 cm 凡士林纱布,切割处理为将敷料边缘切割为 45° 角

表 4 影响 187 例患者采用 NPWT 治疗 3 d 后敷料边缘皮肤张力性水疱形成因素的多因素 logistic 回归分析结果

Table 4 Results of multivariate logistic regression analysis on the factors influencing the formation of tension blisters on the skin at the dressing edges in 187 patients after 3 days of NPWT

自变量	OR	95%CI	P 值
年龄(岁)	0.989	0.970~1.007	0.233
躯干(以手足为参照)	2.566	1.306~5.043	0.006
敷料处理方式			
凡士林纱布处理与不处理比较	0.111	0.048~0.257	<0.001
切割处理与不处理比较	0.363	0.165~0.797	0.012

注:NPWT 为负压伤口疗法;凡士林纱布处理为于 NPWT 填充敷料(简称敷料)边缘垫入宽约 2 cm 凡士林纱布,切割处理为将敷料边缘切割为 45° 角

球菌的快速污染^[30]。本组患者采用 NPWT 治疗 3 d 后手足部位敷料边缘皮肤张力性水疱的发生率显著低于躯干。其原因是手足体表软组织活动度较高,皮肤及软组织活动度较大,压力可自然分散,不易出现受力不均的情况;同时可阻碍组织间隙液在表皮下迁移、蓄积,进而减少皮肤张力性水疱形成。而躯干皮肤平坦规整,皮肤及软组织活动度较小,压力难以自然分散,覆盖后易出现局部压力失衡,

因此皮肤张力性水疱高发。本研究多因素 logistic 回归分析显示,躯干是 NPWT 相关张力性水疱形成的独立危险因素,与既往研究结论^[32]一致,提示临床对躯干创面实施 NPWT 时需采取针对性干预措施。术中根据创面大小及解剖形态对敷料进行裁剪与塑形处理,可使敷料与创面周围皮肤及软组织更紧密、均匀贴合,有效减少敷料与皮肤之间的间隙及局部剪切力,从而降低皮肤张力性水疱的发生风险,提升治疗安全性与患者舒适度。Cosker 等^[33]研究认为张力性水疱的形成机制与皮肤内部广泛的水肿有关,这种水肿会导致皮肤表浅的剪切性损伤,破坏表皮层和真皮层之间的黏着力,当组织间隙压力增高到一定程度时,液体就会透过细胞间隙积聚到表皮层与真皮层之间形成张力性水疱,创伤后手足部位因为有指蹼等间隙的存在以及掌侧皮肤相对厚实,可能更不容易形成水疱。张聪明等^[11]则认为负压状态下在敷料、皮肤和封口膜之间残存空隙,空隙内残存的负压导致真皮内外压力失衡,而手足部位创面较为复杂,往往存在空隙残留,导致组织液渗出至空隙从而减少张力性水疱的形成。手足虽然活动度较躯干大,但在外伤后较躯干更容易固定,在一定程度上减少了摩擦;躯干活动时,泡沫敷料与胶带的衔接处会持续摩擦周边完整皮肤,长期反复摩擦易诱发张力性水疱^[31,34-35]。

现有多项研究认为,敷料形态是敷料边缘皮肤张力性水疱形成的重要诱因。临床上多通过改良敷料外部形态、裁剪敷料、更换敷料材质等方式减少张力性水疱形成^[11,31,36-38]。但多数研究仅聚焦于敷料改良,目前鲜有研究针对敷料边缘高危区域实施定向干预。张力性水疱主要出现在敷料边缘,但目前尚未见学者对敷料边缘进行针对性干预的报道。Zhang 等^[37]认为当采用胶带连接皮肤与敷料时,敷料、皮肤和胶带之间形成了一个三角形间隙。负压装置运行后,间隙内空气被持续抽出,因胶带两端分别固定于皮肤及敷料表面,可使胶带被动拉伸。胶带自身弹性回缩力会使敷料、皮肤和胶带交界区域形成持续性负压,进一步加剧三角形间隙与皮肤之间的机械应力失衡。异常机械应力可破坏皮肤细胞间黏附力,促使组织液在表皮层和真皮层的疏松间隙内异常积聚;当负压间隙被组织液持续填充时,皮肤界面力学稳态被打破,最终诱发张力性水疱。

本研究证实,敷料使用部位、敷料处理方式是

敷料边缘皮肤张力性水疱形成的影响因素,其中凡士林纱布处理敷料、切割处理敷料为关键可控保护因素。本研究设置不处理、切割处理、凡士林纱布处理3种干预方式,对比分析不同处理方案对使用NPWT患者敷料边缘皮肤张力性水疱的预防效果,结果显示凡士林纱布处理可减少敷料边缘皮肤张力性水疱形成,可作为临床预防张力性水疱的优选方案。凡士林纱布处理敷料的预防作用可从生物力学调控、皮肤界面微环境改善、皮肤屏障保护3个方面综合阐释。(1)物理隔离与剪切力阻断:凡士林纱布于敷料边缘与周边正常皮肤之间形成柔性缓冲层,有效阻隔敷料对皮肤的持续性压迫、摩擦,削弱组织相对位移产生的横向剪切力,避免表皮层和真皮层机械性分离,从源头阻断水疱核心诱发因素。(2)压力均衡与间隙填充:凡士林纱布质地柔软、顺应性良好,可充分填充敷料与皮肤之间的微小空隙,均衡负压传导范围,消除局部应力集中现象,缩小组织间隙压力梯度,减少组织液异常渗出与蓄积,阻断“压力—失衡组织渗出一水疱形成”的病理链式反应。(3)屏障保护与微环境优化:凡士林纱布兼具封闭和保湿特性,可稳定皮肤角质层含水量,减轻负压吸引所致皮肤干燥、脆性增高问题,维持皮肤屏障结构完整;同时隔绝透明贴膜对皮肤的直接接触刺激,降低接触性皮炎及表皮损伤风险,对老年人群、皮肤弹性减退人群等高危患者保护作用尤为突出。除此之外,凡士林纱布还可针对性改善躯干平坦创面压力分布不均的问题,有效拮抗解剖部位相关高危因素,实现并发症精准防控。

与既往仅聚焦敷料几何形状改良的研究不同,本研究创新性地强调敷料边缘局部干预的重要价值,证实简单、低成本的物理干预即可显著降低并发症发生风险。敷料边缘切割可减少摩擦力与局部压力,而凡士林纱布在阻断剪切力、优化界面微环境方面更具优势,2种方法均简便易行、无须特殊设备,适合各级医院常规开展。本研究中2种干预方式均未影响NPWT负压效果与创面愈合进程,无新增不良事件,安全性良好。

本研究为单中心回顾性研究,样本量与研究周期存在一定局限性,部分混杂因素难以完全控制,未来可开展前瞻性、多中心、大样本研究进一步验证结论,并深入探讨不同材质敷料、不同负压参数与干预方式的协同效应,为NPWT并发症防控提供更高级别证据。

本研究通过综合分析临床数据,探讨了使用NPWT患者敷料边缘皮肤张力性水疱形成的影响因素,并评估了不同敷料处理方式对预防张力性水疱形成的效果。凡士林纱布处理敷料和切割处理敷料是患者采用NPWT治疗3d后敷料边缘皮肤张力性水疱形成的独立保护因素,而躯干是其独立危险因素。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明 郭灰灰:研究设计、数据整理、论文撰写;宁涛:研究指导、论文修改;马明明、梅思伟、阮晓军:病例收集、数据统计

参考文献

- [1] 陈孝强,张伟,李学拥. 负压伤口疗法促进创面愈合的生物力学效应研究进展[J]. 中华烧伤杂志,2018,34(4):243-246. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2018.04.010.
- [2] 李勇,付永彬,宁涛,等. “麻叶块”成形联合引流术治疗 Morel-Lavallée 损伤[J]. 中国矫形外科杂志, 2020,28(24): 2299-2301. DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2020.24.24.
- [3] 陈武林,阮成群,孙群周,等. 外固定器结合封闭负压引流术降低开放性胫腓骨骨折术后感染效果及临床价值研究[J]. 中华医院感染学杂志, 2019, 29(7): 1076-1079, 1087. DOI: 10.11816/cn.ni.2019-180656.
- [4] Zaver V, Marietta M, Kankanalu P. Negative pressure wound therapy[M/OL]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2026[2026-05-09]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK576388/>.
- [5] Ebeid I, Ebeid A, Shalaby A, et al. Negative pressure wound therapy for the prevention of surgical site infections in orthopedic and trauma surgery: a systematic review and meta-analysis of RCTs[J]. J Orthop Traumatol, 2025, 26(1): 75. DOI:10.1186/s10195-025-00889-0.
- [6] Luther L, Maxson R, Stinner DJ. Negative pressure wound therapy in resource-limited environments: review and field guide[J]. J Trauma Acute Care Surg, 2025, 99(3S Suppl 1): S143-S149. DOI:10.1097/TA.0000000000004708.
- [7] Atkins BZ, Wooten MK, Kistler J, et al. Does negative pressure wound therapy have a role in preventing poststernotomy wound complications? [J]. Surg Innov, 2009, 16(2): 140-146. DOI:10.1177/1553350609334821.
- [8] Liu X, Liang J, Zao J, et al. Vacuum sealing drainage treatment combined with antibiotic-impregnated bone cement for treatment of soft tissue defects and infection[J]. Med Sci Monit, 2016, 22: 1959-1965. DOI:10.12659/msm.896108.
- [9] Bernatchez SF. Current state of science in negative pressure wound therapy[J]. Adv Wound Care (New Rochelle), 2025, 14(6): 273-278. DOI:10.1089/wound.2024.0180.
- [10] 唐光平,汤美玉,叶恒. 封闭负压吸引技术临床运用的并发症[J]. 骨科, 2012, 3(3): 156-158. DOI:10.3969/j.issn.1674-8573.2012.03.019.
- [11] 张聪明,王谦,任程,等. 改良负压封闭引流技术对局部水泡的影响[J]. 中华创伤骨科杂志, 2017, 19(3): 203-206. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2017.03.004.
- [12] 邓雅萍,邓呈亮. 负压伤口疗法在游离皮瓣移植手术中的应用研究进展[J]. 中华烧伤与创面修复杂志, 2024, 40(9): 885-890. DOI:10.3760/cma.j.cn501225-20231106-00181.
- [13] Zhou J, Yu J, Hu T, et al. Functionalized collagen-based sponge dressing integrating negative pressure wound

- therapy and photothermal antibacterial treatment for advanced wound management[J/OL]. *Biomater Sci*, 2026. (2026-04-29) [2026-05-09]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/42052720/>. DOI: 10.1039/d6bm00297h. [published online ahead of print].
- [14] 郭晓峰,金柱成,邓鑫鑫,等. 抗生素骨水泥联合负压封闭引流治疗糖尿病并发坏死性筋膜炎的临床效果[J]. *中华烧伤与创面修复杂志*, 2023, 39(12): 1158-1162. DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-20231030-00151.
- [15] 钟宇惠,崔旭,周思拓,等. 抗生素骨水泥与 VSD 联合游离股前外侧穿支嵌合肌瓣皮瓣治疗糖尿病性跟骨骨髓炎创面的临床效果[J]. *中华烧伤与创面修复杂志*, 2026, 42(3): 225-233. DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-20251129-00493.
- [16] Keenan C, Obaidi N, Neelon J, et al. Negative pressure wound therapy: challenges, novel techniques, and future perspectives[J]. *Adv Wound Care (New Rochelle)*, 2025, 14(1): 33-47. DOI: 10.1089/wound.2023.0157.
- [17] 季超,肖仕初. 负压伤口疗法在创面治疗中的临床应用及其相关研究进展[J]. *中华烧伤与创面修复杂志*, 2022, 38(6): 585-589. DOI: 10.3760/cma.j.cn501120-20210511-00179.
- [18] 栾夏刚,张伟,张卫东,等. 颈项部复杂创面的修复策略与临床效果[J]. *中华烧伤与创面修复杂志*, 2025, 41(5): 454-462. DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-20241201-00471.
- [19] 张旭艳,王中京,丁胜,等. 封闭负压引流治疗糖尿病足溃疡的疗效及对 VEGF、MMP-2 及 TIMP-1 的影响[J]. *中国老年学杂志*, 2018, 38(6): 1289-1291. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9202.2018.06.004.
- [20] 徐清平,宋登峰,王金,等. 胫腓骨开放性骨折患者术后感染病原菌分布及 VSD 治疗对微循环与相关血清细胞因子指标水平的影响[J]. *中华医院感染学杂志*, 2017, 27(24): 5642-5645. DOI: 10.11816/cn.ni.2017-172743.
- [21] Fleischmann W, Strecker W, Bombelli M, et al. Vacuum sealing as treatment of soft tissue damage in open fractures[J]. *Unfallchirurg*, 1993, 96(9): 488-492.
- [22] 赵久红,吕辉辉,雷翊涵. 创面修复机制研究领域的热点和演化趋势的可视化分析[J]. *中华烧伤与创面修复杂志*, 2024, 40(5): 433-442. DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-20240118-00022.
- [23] 王爱,马文国,王成德,等. 自体富血小板血浆凝胶联合负压封闭引流技术治疗难愈性创面的临床效果[J]. *中华烧伤杂志*, 2021, 37(1): 42-48. DOI: 10.3760/cma.j.cn501120-20200105-00004.
- [24] Nuhiji E. Trends and innovation in negative pressure wound therapy: a review of burn wound management[J]. *Adv Wound Care (New Rochelle)*, 2024, 13(8): 391-399. DOI: 10.1089/wound.2023.0114.
- [25] Arundel C, Mandefield L, Fairhurst C, et al. Negative pressure wound therapy versus usual care in patients with surgical wound healing by secondary intention in the UK (SWHSI-2): an open-label, multicentre, parallel-group, randomised controlled trial[J]. *Lancet*, 2025, 405(10490): 1689-1699. DOI: 10.1016/S0140-6736(25)00143-6.
- [26] Du H, Jiang T, Mao R, et al. The role of negative pressure therapy in diabetic foot ulcer: a meta-analysis[J]. *J Diabetes*, 2026, 18(4): e70226. DOI: 10.1111/1753-0407.70226.
- [27] Collinge C, Reddix R. The incidence of wound complications related to negative pressure wound therapy power outage and interruption of treatment in orthopaedic trauma patients[J]. *J Orthop Trauma*, 2011, 25(2): 96-100. DOI: 10.1097/BOT.0b013e3181de0134.
- [28] Portou M, Bernaerts K, Bassetto F, et al. Negative pressure wound therapy made simple: expert panel recommendations[J]. *J Wound Care*, 2026, 35(4): 292-298. DOI: 10.12968/jowc.2025.0149.
- [29] Saramago P, Gkekas A, Arundel CE, et al. Negative pressure wound therapy for surgical wounds healing by secondary intention is not cost-effective[J]. *Br J Surg*, 2025, 112(5): znaf077. DOI: 10.1093/bjs/znaf077.
- [30] Varela CD, Vaughan TK, Carr JB, et al. Fracture blisters: clinical and pathological aspects[J]. *J Orthop Trauma*, 1993, 7(5): 417-427. DOI: 10.1097/00005131-199310000-00004.
- [31] Kuo FC, Hsu CW, Tan TL, et al. Effectiveness of different wound dressings in the reduction of blisters and periprosthetic joint infection after total joint arthroplasty: a systematic review and network meta-analysis[J]. *J Arthroplasty*, 2021, 36(7): 2612-2629. DOI: 10.1016/j.arth.2021.02.047.
- [32] Strebel SJ, Burbank KM, Tullar JM, et al. A retrospective analysis of the aspiration of fracture blisters[J]. *J Clin Orthop Trauma*, 2020, 11(Suppl 1): S171-S173. DOI: 10.1016/j.jcot.2019.11.002.
- [33] Cosker T, Elsayed S, Gupta S, et al. Choice of dressing has a major impact on blistering and healing outcomes in orthopaedic patients[J]. *J Wound Care*, 2005, 14(1): 27-29. DOI: 10.12968/jowc.2005.14.1.26722.
- [34] Sharma G, Lee SW, Atanacio O, et al. In search of the optimal wound dressing material following total hip and knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis[J]. *Int Orthop*, 2017, 41(7): 1295-1305. DOI: 10.1007/s00264-017-3484-4.
- [35] Morykwas MJ, Argenta LC, Shelton-Brown EI, et al. Vacuum-assisted closure: a new method for wound control and treatment: animal studies and basic foundation[J]. *Ann Plast Surg*, 1997, 38(6): 553-562. DOI: 10.1097/0000637-199706000-00001.
- [36] Chau WW, Lo KC, Lau LC, et al. Single use Negative Pressure Wound Therapy (NPWT) system in the management of knee arthroplasty[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2023, 24(1): 351. DOI: 10.1186/s12891-023-06470-2.
- [37] Zhang C, Wang Q, Wang Z, et al. Modified negative-pressure wound therapy for linear blister formation prevention around foam dressings: technical note and case series[J]. *J Orthop Surg Res*, 2021, 16(1): 602. DOI: 10.1186/s13018-021-02759-x.
- [38] Ning T, Guo H, Song Q, et al. A modified negative pressure wound therapy reduces the occurrence of tension blisters around negative pressure dressings[J]. *Altern Ther Health Med*, 2023, 29(8): 540-544.