



بررسی نقش انواع زخم‌پوش‌های نوین در تسريع ترميم زخم و بازسازی انساج

علی شیر حیدری^۱، غلام یحیی امیری^۲

۱. دیپارتمنت علوم پایه، پوهنچي / دانش کده ستوماتولوژی، پوهنتون / دانش گاه غالب کابل، کابل، افغانستان.

۲. مرکز تحقیقات علوم طبی، پوهنتون غالب - کابل، افغانستان.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۱۰

تاریخ نشر: ۱۴۰۴/۰۶/۳۱

*شناخت‌نامه نویسنده مسؤول:

علی شیر حیدری

دیپارتمنت علوم پایه، پوهنچي / دانش کده ستوماتولوژی، پوهنتون / دانش گاه غالب کابل، کابل، افغانستان.



alishirhaidari986@gmail.com

کد اختصاصی مقاله / DOI:

<https://doi.org/10.58342/ghalibMj.V.2.I.2.9>

چکیده

زمینه و هدف: پوست بزرگ‌ترین عضو بدن و نخستین سد دفاعی در برابر عوامل خارجی است که آسیب به آن می‌تواند مشکلات جدی سلامتی ایجاد کند. فرایند ترمیم زخم پیچیده و چندمرحله‌ای بوده و استفاده از زخم‌پوش‌های مناسب برای تسريع بهبود و جلوگیری از عفونت اهمیت زیادی دارد. هدف این مطالعه، دسته‌بندی زخم‌پوش‌ها بر پایه پلیمرهای طبیعی و بررسی نقش هر نوع زخم‌پوش در فرایند ترمیم زخم می‌باشد.

روش بررسی: روش تحقیق به کار رفته در این مطالعه، مرور سیستماتیک بود که با استفاده از کلمات کلیدی زیر پرداختیم: زخم‌پوش هاییدروژلی، ترمیم زخم، پوست، بازسازی بافت، فیبروبلاست، فاکتورهای رشد. این جستجو در دو پایگاه داده آنلاین انجام شد: Google Scholar و PubMed. به منظور اطمینان از دقت و جامعیت، مقالات شناسایی شده در Google Scholar و PubMed مورد بررسی قرار گرفتند. پس از حذف مقالات تکراری، انجام غربالگری عنوان، و ارزیابی متن کامل، در نهایت مجموعاً ۳۷ مقاله که معیارهای ورود و خروج را برآورده می‌کردند، در این مطالعه گنجانده شدند.

یافته‌ها: پانسمان‌های اسفنجی با ساختارهای متخلخل و ظرفیت بالای جذب ترشحات، برای زخم‌هایی با ترشحات سنگین مناسب می‌باشند. پانسمان‌های فیلمی، به زخم‌هایی با ترشحات کم اعمال می‌شوند و به عنوان پوشش‌های حفاظتی عمل می‌کنند. پانسمان‌های فومی به دلیل ظرفیت بالای جذب و خواص حفاظتی و حرارتی خود، برای زخم‌هایی با ترشحات متوسط تا زیاد مؤثر هستند. پانسمان‌های هیدروکلوئید به کنترل عفونت کمک می‌کنند با ایجاد محیط مرطوب و کاهش pH. پانسمان‌های هیدروژل، با توانایی بالای جذب، انتقال سلول‌های بنیادی و بارگذاری نانو، پیشرفت‌های قابل توجهی در بهبود زخم‌های مزمن و نکروتیک نشان داده‌اند.

نتیجه‌گیری:

انتخاب زخم‌پوش باید بر اساس نوع و شرایط زخم صورت گیرد. زخم‌پوش‌های هاییدروژلی به دلیل زیست‌سازگاری بالا و خواص درمانی، گزینه مؤثری برای تسريع روند بهبود زخم و کاهش عوارض آن به شمار می‌روند.

واژه‌گان کلیدی: زخم‌پوش هاییدروژلی، ترمیم زخم، پوست، بازسازی بافت، فیبروبلاست، فاکتورهای رشد.

ارجاع به این مقاله: حیدری ع ش، امیری غ ی. بررسی نقش انواع زخم‌پوش‌های نوین در تسريع ترميم زخم و بازسازی انساج. [اینترنت]. ۲۲ سپتامبر ۲۰۲۵. [تاریخ برداشت]:

<https://doi.org/10.58342/ghalibMj.V.2.I.2.9> :۹۹-۸۹ (۲):۲





GHALIB UNIVERSITY



<https://mj.ghalib.edu.af/index.php/mj>



Vol. 2, Issue. 2, Autumn and winter 2025, pp.89-99

ISSN

E: 3006-094X

P: 3105-0786

Exploring the Role of Advanced Wound Dressings in Accelerating Wound Healing and Tissue Regeneration

Ali shir Haidari^{*1} Ghulam Yahya Amiry²

1. Department of Basic Sciences, Faculty of Stomatology, Ghalib University, Kabul, Afghanistan.

2. Medical Sciences Research Center, Ghalib University, Kabul, Afghanistan

Article Information	Abstract
Type: Review Received: Accepted: corresponding author: Ali shir Haidari. Department of Basic Sciences, Faculty of Stomatology, Ghalib University, Kabul, Afghanistan. Alishirhaidari986@gmail.com DOI: https://doi.org/10.58342/ghalibMj.V.2.I.2.9	Background: The skin is the largest organ of the body and the primary barrier against external agents; damage to it can cause serious health problems. The wound healing process is complex and multi-phased, and the use of appropriate wound dressings is crucial to accelerate healing and prevent infection. The aim of this study is to classify wound dressings based on natural polymers and to examine the role of each type in the wound healing process. Methodology: The research method employed in this study was a systematic review. We conducted a comprehensive search for articles using the following keywords: <i>hydrogel dressings</i>, <i>wound healing</i>, <i>skin</i>, <i>tissue regeneration</i>, <i>fibroblasts</i>, and <i>growth factors</i>. This search was performed across two online databases: Google Scholar and PubMed. To ensure accuracy and comprehensiveness, we removed duplicate articles from the results obtained on PubMed and Google Scholar, screened the titles, and evaluated the full texts. Ultimately, a total of 37 articles that met the inclusion and exclusion criteria were included in this study. Results: Sponge wound dressings with porous structures and high exudate absorption capacity are suitable for wounds with heavy exudate. Film dressings are applied to wounds with low exudate and serve as protective coverings. Foam dressings, due to their high absorption capacity and protective and thermal properties, are effective for wounds with moderate to high exudate. Hydrocolloid dressings help control infection by creating a moist environment and lowering pH. Hydrogel dressings, with high absorption ability, delivery of stem cells, and loading of nanomaterials, have shown significant progress in the healing of chronic and necrotic wounds. Conclusion: The choice of wound dressing should be based on the wound type and condition. Hydrogel dressings, due to their high biocompatibility and therapeutic properties, are an effective option to accelerate wound healing and reduce complications.

Key words: Hydrogel dressings, wound healing, Skin +tissue regeneration, fibroblasts, growth factors.

To cite this article: Haidari A. Exploring the Role of Advanced Wound Dressings in Accelerating Wound Healing and Tissue Regeneration. Ghalib Medical Journal. [Internet]. September 22, 2025. [taking date]; 2(2): 89-99: <https://doi.org/10.58342/ghalibMj.V.2.I.2.9>



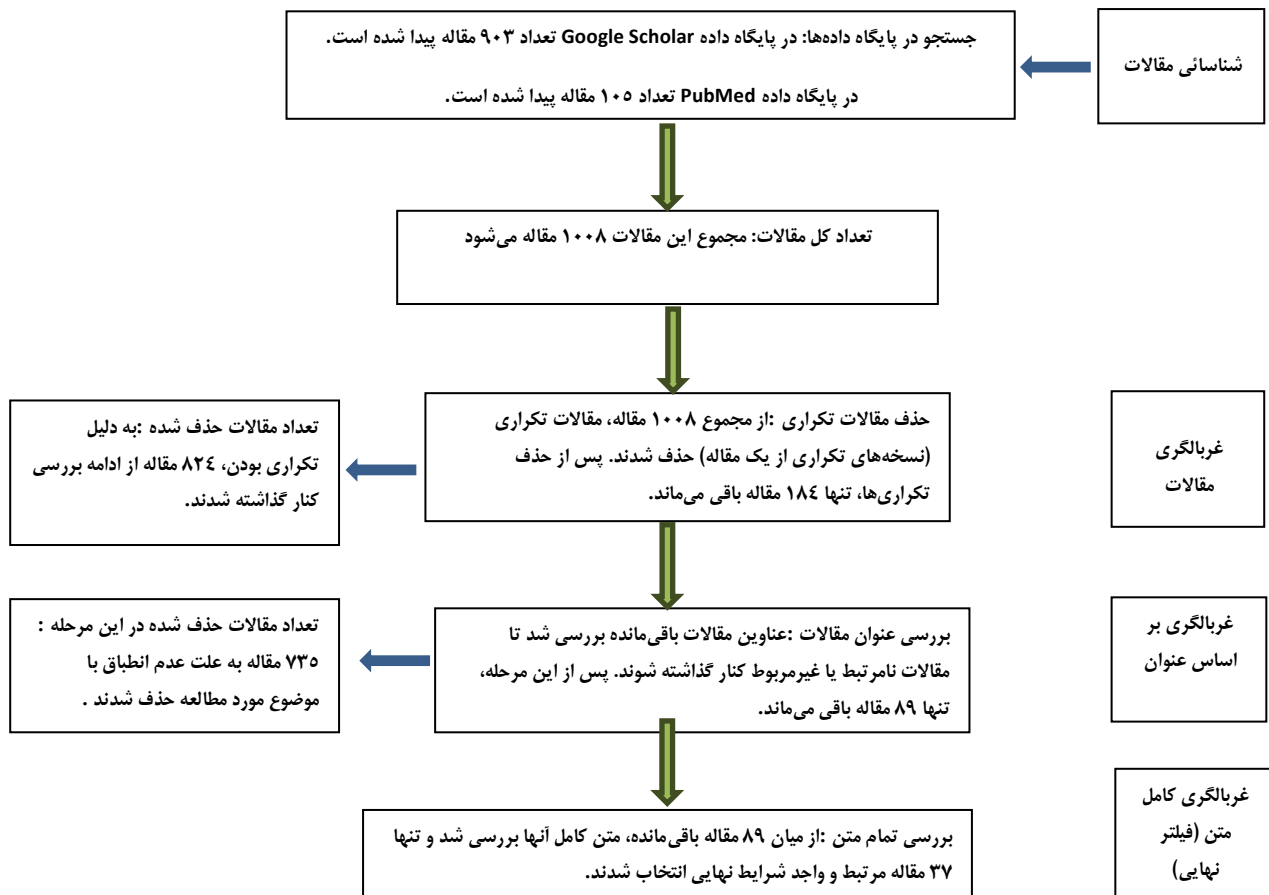
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International License

۱- مقدمه

پوست بزرگترین عضو بدن بوده که سراسر بدن را پوشانیده است. این عضو، خط اول دفاعی در مقابل انواع عفونت و بیماری‌ها می‌باشد. همچنین این عضو همانندی حائلی عمل نموده و از اندام‌های داخلی بدن در مقابل صدمه‌های مکانیکی، کیمیاوی، آسمزی و نوری حفاظت می‌نماید.^[۱-۷] عملکرد پوست به عنوان یک اندام حس درد، حس لامسه و سنجش حرارت بوده، مرز بین محیط بیرونی و بدن است. به علاوه خاصیت خود التیام‌پذیری و تجدیدپذیری را هم دارد. پوست توانایی جذب و ترشح مواد را بر اساس نیاز بدن داشته و به صورت انتخابی نسبت به برخی مواد کیمیاوی نفوذپذیر است.^[۳، ۴] ساختار پوست از سه لایه اصلی اپیدرم، درم و هیپودرم تشکیل شده است. این لایه‌ها دارای انواعی از حجرات مانند فیبروبلاست‌ها و ملانوسیت می‌باشند که حجرات یاد شده در تولید اجزای سازنده شبکه خارج حجروی بافت پوست (مانند رشته‌های کلاجن و الاستین) و ملانین نقش دارند.^[۵] اپیدرم لایه بیرونی پوست است که با قرار گرفتن در معرض محیط بیرون وظایف مهمی را انجام می‌دهد. مانع اپیدرمی با کاهش جذب مواد کیمیاوی از محیط و جلوگیری از عفونت میکروبی از بدن محافظت می‌کند. به علاوه لایه خارجی پوست نسبتاً به آب قابل نفوذ است. این امر از هدر رفتن شدید آب جلوگیری کرده و زندگی را در خشکی امکان‌پذیر می‌سازد.^[۶، ۷] اپیدرم لایه مهمی است. حجرات لانگرهانس که ایمنی پوست را برعهده دارد و ملانوسیت‌ها که عهده‌دار رنگدانه‌های ملانین و رنگ پوست است، در این لایه قرار دارند.^[۸] لایه دوم پوست یا درم به وسیله یک غشاء پیوندی پایه به آن متصل شده است. درم از یک لایه ضخیم تشکیل شده است که در حقیقت شبکه به هم بافته‌ای است از مویرگ‌های خونی و لنفی، رشته‌ها و پایانه‌های عصبی و حسی، کلاجن و فایبرهای الاستینی که وظیفه آن‌ها نگهداری و حفظ رشته‌های عصبی می‌باشد. فولیکول‌های مو، مویرگ‌های خونی، غده‌های چربی و عرق نیز در این لایه قرار دارند، که در تنظیم درجه حرارت و متابولیسم بدن و دفع مواد مختلف شرکت می‌کنند. وظیفه اصلی این لایه حفظ استحکام پوست می‌باشد.^[۹] نسج زیر پوستی یا هایپودرم که سومین لایه پوست است نسج همبند سست است که پوست را به ارگان‌های زیرین می‌چسباند و لغزش پوست را روی آنها امکان‌پذیر می‌سازد. هایپودرم اغلب حاوی حجرات چربی است و اندازه و تعداد آن‌ها بستگی به منطقه بدن دارد. این لایه به دلیل فراوانی حجرات چربی و به عنوان ضربه گیر عمل می‌کند. ضربه گیری این لایه، نقش بسیار مهمی در حفظ و نگهداری مویرگ‌های خونی و پایانه‌های عصبی دارد.^[۹]

۲- مواد و روشی

روش تحقیق به کار رفته در این مطالعه، مرور سیستماتیک بود. ما به انجام یک جستجوی جامع برای مقالات با استفاده از کلمات کلیدی زیر پرداختیم: زخم‌پوش هاییدروژلی، ترمیم زخم، پوست، بازسازی بافت، فیبروبلاست، فاکتورهای رشد. این جستجو در دو پایگاه داده آنلاین انجام شد: Google Scholar و PubMed. به منظور اطمینان از دقت و جامعیت، مقالات شناسایی شده در PubMed و Google Scholar مورد بررسی قرار گرفتند. پس از حذف مقالات تکراری، انجام غربالگری عنوان، و ارزیابی متن کامل، در نهایت مجموعاً ۳۷ مقاله که معیارهای ورود و خروج را برآورده می‌کردند، در این مطالعه گنجانده شدند.



شکل ۱- نمودار جریان پریسما

۳- وظایف پوست

پوست وظایف زیادی را برای بدن انجام می‌دهد. این وظایف و کارکردها به قدری حساس هستند که بدون پوست حتی امکان زنده ماندن نیز وجود ندارد. پوست از اندام‌ها، نسج‌های داخلی و حتی استخوان‌ها در برابر قرار گرفتن در معرض محیط بیرونی محافظت می‌کند. هنگامی که بدن در محیط گرم قرار می‌گیرد، غدد عروقی که در پوست قرار دارد، عرق ترشح کرده و به این شیوه باعث سرد شدن بدن می‌شود. در حالی که در زمان قرار گرفتن بدن در معرض هوای سرد، عروق خونی که زیر پوست قرار دارند، فرایند خون‌رسانی را افزایش داده و با جمع شدن بخشی از خون بدن در زیر پوست، باعث می‌شوند که سرما زیاد احساس نشود. بدن باید به نحوی از مواد زائد خلاص شود، برخی از این ضایعات از طریق پوست دفع می‌شوند. اوره، آب، اوریک اسید و آمونیاک از جمله این مواد در بدن هستند.^[۱۰]

ویتامین D محلول در چربی و یکی از ویتامین‌ها برای عملکرد صحیح بیولوژیکی بدن است. پوست نیز یکی از ذخایر طبیعی این ویتامین است که با استفاده از نور خورشید ویتامین D را تولید می‌کند. بنابراین روده (از طریق رژیم غذایی) و پوست (از طریق نور خورشید) دو منبع ویتامین D در بدن هستند. این ویتامین از دو نوع D2 و D3 در پوست و نوع دیگر از روده جذب می‌شود. این ویتامین بیش از هر روش دیگری بر اثر جذب پوستی نور آفتاب در بدن ساخته می‌شود. این ویتامین در میان منابع غذایی کم است و به همین دلیل احتمال کمبود آن در افراد بیشتر می‌باشد. خواص ویتامین D برای پوست نیز بسیار ضروری بوده و یکی از عوامل خشکی پوست و لکه‌های پوستی کمبود ویتامین D در پوست می‌باشد.^[۱۱] پوست عضو بسیار حساس است. حساسیت پوست این امکان را می‌دهد که درجه حرارت، فشار و ... را احساس کنیم. اعصابی که در بدن وجود دارند به پیام‌های پوستی واکنش نشان داده و باعث می‌شوند که در لحظه پیام هشدار به مغز فرستاده شود که در مقابل گرما، سرما، درد و یا حتی آسیب، از طریق پوست واکنش مناسب نشان داده شود.^[۱۲] یکی از وظایف پوست این است که این اندام به عنوان یک مانع در برابر آب عمل می‌کند. این کارکرد بسیار مهم بدن به کمک این قابلیت با از دست دادن مواد مغذی و مواد معدنی مقابله کرده و آن را در خود ذخیره می‌کند. قسمت بیرونی پوست با چربی‌ها و مواد مغذی پوشیده شده که مانع طبیعی در برابر آب می‌باشد.^[۱۳]

۴- زخم

ایجاد هر گونه شکاف و از بین رفتن پیوستگی و ساختار نسج‌های بدن چه در داخل و چه در سطح خارجی بدن را زخم می‌نامند. به عبارت دیگر هر گونه صدمه به نسج نرم را زخم گویند.^[۱۴]

۱-۴- تقسیم بندی زخم

زخم‌ها را به اساس پارامترهای موجود به دسته‌های مختلفی تقسیم بندی شده‌اند:

تقسیم‌بندی بر اساس شدت زخم

زخم‌های حاد: به زخم‌هایی اطلاق می‌شود که شروع ناگهانی داشته و در فرد سالم روند بهبود این نوع زخم به طور طبیعی انجام می‌شود و معمولاً عوارضی برجا نمی‌گذارد. زخم‌های ناشی از حوادث، زخم‌های جراحی، سوختگی‌ها و محل‌های پیوند از جمله زخم‌های حاد هستند، زخم‌های حاد در مدت زمان کم بهبود می‌یابند.^[۱۵، ۱۴]

زخم‌های مزمن: در این زخم‌ها روند درمانی به دلیل عواملی نظیر خون‌رسانی نامناسب، فشار موضعی، دیابت و سایر عوامل متوقف یا ضعیف می‌شود مدت زمان بهبود آن طولانی بوده و زمانی بیشتری نیاز دارد.^[۱۶، ۱۴] بر اساس پارامتر دیگر زخم را به دو دسته باز و بسته اند.^[۱۷]

زخم باز

باز هرگاه در اثر عوامل مختلف قسمتی از پوست رخ دهد که باعث خروج خون از بدن شود ایجاد زخم باز می‌نماید. در این نوع زخم خونریزی از بدن قابل رویت است [۱۸]. زخم‌های شکافدار یا بریدگی در این زخم دیواره زخم منظم و مستقیم است که با وسایل برنده مثل چاقو، شیشه و غیره ایجاد می‌شود از اثر این زخم‌ها لایه‌های بیرونی پوست از بین می‌رود و یا عمقی که ضخامت پوست و یا نسوج زیر پوستی، عضلات، عروق خونی و اعصاب را درگیر کند. این زخم‌ها همراه با خونریزی زیاد و التیام سریع می‌باشد.^[۱۹]

گاهی اوقات بعضی از قسمت‌های بدن کنده شده که در این نوع زخم قسمتی از پوست از بدن جدا می‌شود و گاهی اوقات نسج زیر جلدی و عضله نیز کنده می‌شود که ممکن است ناقص یا کامل باشد.^[۱۹] معمولاً بر اثر ساییده شدن یا کشیده شدن روی سطح درشت به وجود می‌آید. که لایه سطح پوست خراشیده می‌شود و زخم به رنگی سرخ روشن و با لکه‌های کوچک خون همراه است. این زخم نسبت به زخم‌های دیگر خفیف و سطحی است و اغلب به سادگی عفونی می‌شود.^[۱۹]

زخم‌های بسته

زخم بسته عبارت است از صدمه و ضایعه دیدن نسج‌های داخلی بدن، بدون اینکه بیرون و سطح بدن آسیب دیده باشد. زخم‌های بسته معمولاً در اثر تحت فشار قرار گرفتن بوسیله اشیاء سنگین ایجاد می‌شود. در این نوع زخم احتمال دارد اعضا داخلی پاره شوند و نیز استخوان‌ها دچار شکستگی شوند بدون این که از بیرون قابل دید باشند. ضربه به بدن می‌تواند باعث جدا شدن لایه‌ها و نسوج زیر جلدی شود بدون این که خونریزی قابل رویت باشد. در اثر آسیب دیدگی حجرات و عروق خونی مایع و خون در نسج آسیب دیده جمع شده و باعث درد می‌شود. زخم‌های کوفته شده در این‌جا دیواره زخم نامنظم و خونریزی زیاد است و التیام به کندی صورت گرفته و زخم‌های کوفته نوع شایع زخم‌های بسته هستند.^[۱۴]

۲-۴- عوارض و آثار سوء زخم‌ها

ورود و رشد و نمو میکروب‌ها را در زخم، عفونت گویند. علائم عفونت شامل حرارت و سرخی اطراف زخم، ازدیاد درد و سوزش زخم می‌باشد. آسیب وسیع به انساج و اعضای بدن باعث از دست دادن مقادیر زیادی مایع داخل حجروی و خارج حجروی می‌گردد، بیشتر حجم بدن را آب تشکیل داده است. نیاز بدن به آب آنقدر حیاتی است که در صورت کمبود آب موجود زنده حتی با خطر مرگ مواجه می‌گردد. میزان مصرف آب بر سلامتی پوست تاثیر مستقیم دارد و یکی از اولین نشانه‌های کم آبی بدن خشکی پوست است. هم‌چنان آب بیشترین حجم مایع خون بدن را تشکیل می‌دهد. در صورتی که آب بدن کم شود، فشار خون پایین آمده که کاهش فشار خون خود را با علایمی چون سرگیجه و منگی سر نشان می‌دهد. آسیب به احشاء داخلی ضربات (غیر برنده) به سر، سینه، شکم یا لگن می‌تواند باعث آسیب شدید داخلی (ریه‌ها، شکم، مغز و قلب) شود. ناتوانی و تغییر شکل محل آسیب دیده آسیب‌های شدید به پوست، عضلات، اعصاب یا رگ‌های خونی می‌تواند منجر به تغییر شکل، جوش و نسج‌های بد شکل در ناحیه آسیب دیده شود.^[۱۴]

۳-۴- مراحل ترمیم زخم

بهبود زخم مکانیسمی پویا و پیچیده است. روند بهبودی به عوامل زیادی وابسته است که شامل عوامل موضعی مانند نوع زخم، عمق نسج آسیب دیده و آلودگی باکتریایی یا عوامل سیستمیک مانند سن بیمار و بیماری‌های دیگر می‌باشد. بهبود کامل زخم به عوامل زیادی از جمله زخم پوش و مراقبت‌های طبی که صرف زخم می‌شود، منشاء زخم و موارد دیگر بستگی دارد.^[۲۰] زمانی که پوست آسیب می‌بیند، بدن مجموعه‌ای از وقایع خودکار را برای بازسازی نسج آسیب دیده به راه می‌اندازد. این وقایع یا مراحل بهبود به صورت چهار مرحله‌ای به هم متصل بوده و هم‌پوشانی دارند. این مراحل به نوع زخم و نوع مواد زخم پوش بستگی دارد.^[۲۱]

۴-۴- توقف خونریزی (هموستاز)

هنگامی که یک برش، خراش یا زخم دیگری در پوست ایجاد شود، معمولاً در همان ابتدا خونریزی شروع می‌شود. مرحله اول بهبود زخم توقف خونریزی است، این امر هموستاز^۱ نامیده می‌شود.^[۲۲] پس از آسیب نسجی، عروق پارگی بلافاصله منقبض شده، آبشارهای انعقادی و مکمل آغاز می‌شوند. پلاکت‌ها جمع می‌شوند و لخته خونی اولیه را تشکیل می‌دهند. مسیرهای انعقادی درونی و بیرونی منجر به فعال شدن پروترومبین به ترومبین می‌شود که فیبرینوژن را به فیبرین تبدیل می‌کند متعاقباً به یک لخته پایدار پلیمریزه می‌شود.^[۲۳] چند دقیقه پس از ایجاد زخم، خون شروع به لخته شدن می‌کند. در واقع بدن با ایجاد لخته موجب جلوگیری از کاهش بیش از حد خون بدن می‌شود. لخته شدن همچنین به بسته شدن زخم کمک کرده و زخم را بهبود می‌بخشد.^[۲۱]

۵-۴- التهاب

دومین مرحله ترمیم زخم است و بلافاصله بعد از آسیب دیدن رگ‌های خونی و بیرون شدن مواد موجود در رگ‌های خونی (که شامل آب، نمک و پروتئین است)، به بیرون رگ شروع می‌شود و علت ایجاد تورم موضعی نیز می‌باشد. التهاب هم سبب کنترل خونریزی شده و هم از عفونت جلوگیری می‌کند.^[۲۴] التهاب یک بخش طبیعی از پروسه‌ی ترمیم زخم است و فقط در مواردی که مشکل ایجاد شود، باعث طولانی شدن این مرحله از تداوی زخم می‌شود. هنگامی که خونریزی متوقف می‌شود، بدن شروع به پاکسازی و درمان آن می‌کند. اول، رگ‌های خونی در اطراف زخم کمی باز می‌گردند تا جریان خون بیشتری به محل وارد شود. به همین دلیل ممکن است این ناحیه ملتهب، متورم، سرخ و گرم شود. این مرحله به این معنی است که زخم رو به بهبودی است. خون آکسیژن و مواد مغذی را برای بهبود زخم فراهم می‌آورد و حشرات سفید خون، به نام ماکروفاژها از طریق خون به محل زخم می‌رسند. ماکروفاژها با مبارزه با عفونت، زخم را پاکسازی می‌کنند.^[۲۳]

۶-۴- بازسازی زخم (رشد و تکثیر)

هنگامی که زخم غیرعفونی و پایدار است، بدن شروع به بازسازی و ترمیم می‌کند. حشرات سرخ خون که غنی از آکسیژن هستند برای ایجاد بافت جدید به محل می‌آیند. پیام‌های کیمیایی در بدن به حشرات اطراف زخم فرمان می‌دهد تا بافت‌های ارتجاعی به نام کلاژن بسازند. این کار به بازسازی پوست و بافت‌های زخم کمک می‌کند. کلاژن مانند داربستی است که حشرات دیگر بر روی آن ساخته می‌شوند.^[۲۵] رسوب فیبرین و فیبرینوژن و فعال شدن و گردش فیبروبلاست‌های موضعی (فیبروبلاستی) آغاز می‌شود. فیبرین-فیبرینوژن با پلاکت‌ها و ماکروفاژها پر شده است. این ماکروفاژ به محیط خارج حجروی محلی (ECM)^۲ آزاد می‌شوند. فیبروبلاست‌ها با استفاده از فیبرین رسوب شده به عنوان داربست به داخل زخم مهاجرت می‌کنند. فیبروبلاست‌های موضعی فعال می‌شوند و سنتز پروتئین را در آماده‌سازی برای تقسیم حجروی افزایش می‌دهند. همانطور که فیبروبلاست‌ها تکثیر می‌شوند، پس از تکثیر حجروی، فیبروبلاست‌ها شروع به سنتز و ترشح محصولات ماتریکس خارج حجروی می‌کنند. کلاژن‌های نوع I و III کلاژن‌های فیبریلی اصلی هستند که ماتریکس خارج حجروی را تشکیل می‌دهند و پروتئین‌های ساختاری اصلی در پوست زخمی هستند.^[۲۸]

۷-۴- بلوغ

حتی هنگامی که به نظر می‌رسد زخم بسته شده است، هنوز مراحل بهبودی ادامه دارد؛ پوست حالت کشیده و رنگ صورتی دارد. به این دلیل که پوست تازه تشکیل شده و بهبود یافته است، تا هنگام بهبودی کامل بدن به بازسازی ناحیه زخم ادامه می‌دهد.^[۲۵] فاز بلوغ که به آن فاز ریمودلینگ نیز گفته می‌شود، زمانی است که کلاژن نوع III به نوع I تغییر و تبدیل می‌شود و زخم کاملاً بسته شده و حشرات که در این مرحله نیاز نیستند به سمت آپوپتوز یا مرگ برنامه‌ریزی شده، حرکت داده می‌شوند. در فاز بلوغ، کلاژن در طول خطوط فشاری دوباره جذب می‌شوند و بنابراین رشته‌های کلاژن می‌توانند به هم نزدیک و متراکم شوند. متراکم شدن رشته‌های کلاژن، اسکار ضخیم زخم را کاهش می‌دهد، ریمودله شدن معمولاً از روز ۲۱ بعد از آسیب شروع می‌شود و گاهی تا یک سال بعد ادامه دارد. حتی در زخمی که ترمیم شده و پوست آن بسته شده باشد، در زیر پوست ریمودله شدن همچنان در حال انجام است. مراحل ترمیم زخم پیچیده است، نارسایی در پروسه‌ی ترمیم زخم می‌تواند منجر به ایجاد زخم مزمن شود. فاکتورهایی که به ایجاد زخم به سمت مزمن شدن کمک می‌کنند شامل: بیماری‌های عروقی، عفونت، دیابت و اختلالات متابولیکی در بزرگسالی است. مراقبت دقیق از زخم می‌تواند روند ترمیم زخم را تسریع کند.^[۲۶]

۸-۴- مدت زمان ترمیم زخم

مدت بهبودی زخم بستگی به چگونگی برش، بزرگی و عمق زخم دارد و حتی ممکن است تا چند سال طول بکشد تا زخم به طور کامل بهبود یابد. هرچه زخم عمیق‌تر و بزرگ‌تر باشد، مدت بهبودی طولانی‌تر است. طبق مطالعات پس از حدود ۳ ماه، بیشتر زخم بهبود پیدا می‌کند. اگر زخم پوشیده شود و مرطوب نگهداشته شود، سریع و بهتر بهبود می‌یابد. برخی از شرایط غیربهداشتی، بهبودی زخم را بسیار آهسته یا حتی متوقف می‌سازد.^[۲۶] همواره افراد زیادی زخم‌هایی دارند که به خوبی بهبود نمی‌یابند. دلایل متعددی وجود دارد که چرا زخم به درستی بهبود نمی‌یابد، سن بر نحوه تداوی اثر دارد. برخی از شرایط طبی ممکن است منجر به گردش خون ضعیف شود. به علاوه، این شرایط نیز باعث ضعف در بهبود زخم می‌شوند: دیابت، چاقی، بیماری عروقی، عفونت یا بیماری که بهبودی را کاهش می‌دهد.^[۲۴]

۵. زخم‌پوش

زخم‌پوش‌ها پوشش‌هایی هستند که بر روی زخم قرار داده شده تا از حشرات محیط زخم در برابر عوامل محیطی محافظت نمایند. به علاوه، زخم‌پوش‌ها بستر مناسبی را برای تکثیر حشرات فراهم می‌کنند. در حقیقت، زخم‌پوش‌ها وظایف پوست صدمه دیده را ایفا می‌نمایند. ایجاد حائل جهت جلوگیری از نفوذ باکتری‌ها و سایر عوامل ایجاد کننده عفونت، مرطوب نگه داشتن محیط زخم و امکان نفوذ مالیکول‌های گازی از مهمترین ویژگی‌های یک زخم‌پوش مناسب می‌باشند. زخم‌پوش‌ها از مواد طبیعی یا مصنوعی ساخته می‌شود. این زخم‌پوش‌ها برای مدیریت زخم‌ها وظایف زیادی را انجام می‌دهد. پلیمرهای طبیعی و مصنوعی مهمترین موادی هستند که در ساخت زخم‌پوش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. زخم‌پوش‌های هایدروژلی یکی از مهمترین فرم‌های این زیست مواد می‌باشند.^[۲۸]

۱-۵- تقسیم بندی زخم‌پوش‌ها بر پایه پلیمرهای طبیعی

۱-۵-۱- زخم‌پوش اسفنجی

این زخم‌پوش از اسفنج پلی‌یورتان متخلخل و فیلم پلی‌یورتان یا سیلیکان تهیه می‌شود. این زخم‌پوش جاذبی قوی است که مقدار جذب آن به وسیله خواص اسفنج مانند بافت، ضخامت و اندازه منافذ کنترل می‌شود. منافذ باز، موجب سرعت زیاد انتقال رطوبت می‌شوند. ساختار متخلخل اسفنج سبب می‌شود، این زخم‌پوش با داشتن حداقل یا متوسط منفذ، برای زخم‌های با ترشح زیاد مناسب باشد و از خیس شدن بافت‌های سالم اطراف زخم نیز جلوگیری کند. بهترین زمان پیشنهاد شده برای استفاده از زخم‌پوش اسفنجی اوایل فاز التهاب است، زیرا در آن زمان بیشترین مقدار ماده ترشح شده وجود دارد.^[۳۹] طیف گسترده‌ای از انواع زخم‌پوش‌های اسفنجی در شکل و اندازه‌های مختلف برای زخم‌های حاد و مزمن وجود دارد. اسفنج‌ها به عنوان پانسمان‌های مسطح با ضخامت‌های مختلف برای استفاده پس از عمل جراحی و زخم‌های سطحی به کار می‌روند، یا به شکل تراشه‌های اسفنجی در کیسه‌های پلی‌یورتانی به عنوان پرکننده در زخم‌های حفره‌ای در دسترس هستند. اسفنج‌ها معمولاً به عنوان زخم‌پوش اولیه برای جذب و عایق‌سازی استفاده می‌شوند و به پانسمان ثانویه نیازی ندارند.^[۳۰]

طیف وسیعی از زخم‌پوش‌های اسفنجی وجود دارند که به منظور افزایش قدرت جذب و قابلیت کنترل عفونت، با عوامل دیگر ترکیب می‌شوند. خاصیت ضدباکتریایی این زخم‌پوش‌ها را می‌توان با عوامل ضدباکتری مانند پلی‌هگزامیلین بیگوآنید و نقره بهبود بخشید. البته اسفنج‌ها دارای معایبی نیز هستند، از جمله اینکه در اثر واکنش حساسیتی به پلی‌یورتان یا افزایش جریان خون در بستر زخم، سبب ایجاد التهاب در آن می‌شوند. همچنین، قابلیت اتصال به پروتئازهای موجود در ترشح زخم را ندارند. این موضوع می‌تواند سبب تاخیر در بهبود زخم شود.^[۳۹]

۲-۱-۵- زخم‌پوش‌های فیلم

در میان انبوهی از پانسمان‌های مدرن زخم موجود در بازار امروزه، پانسمان‌های نگهدارنده رطوبت، مانند فیلم‌های هایدروکلوئیدی پیشرفته برای درمان زخم وجود دارند. برای مدیریت زخم مرطوب، پس از تماس با ترشح زخم، این ماتریکس از یک پانسمان خشک به یک ورقه ژل تبدیل می‌شود تا محیطی مرطوب در اطراف ناحیه زخم ایجاد و مهاجرت فیبروبلاست‌های پوستی را تسهیل کند و همچنین سنتز کلاژن را پیش ببرد که در کاهش شکل‌گیری مفید است.^[۳۱] این نوع پانسمان زخم معمولاً شفاف، بادوام، سازگار، قابل دستکاری آسان، چسبنده، ارزان، نیمه نفوذ به اکسیژن و بخار آب، و اغلب به مایعات و آلودگی‌های باکتریایی قابل نفوذ هستند. عیب اصلی پانسمان‌های نوع فیلم این واقعیت است که آن‌ها باید فقط در زخم‌هایی با ترشح کم استفاده شوند. با این حال، آنها ممکن است به طور مستقیم در زخم یا همراه با انواع دیگر پانسمان‌ها در بستر زخم یا بهبود خواص سد مایع استفاده شوند. مواد مختلف زیست سازگار مبتنی بر پلیمرهای مصنوعی و طبیعی، و همچنین مخلوط آن‌ها و روش‌های مختلف پردازش، هم در شرایط *in vitro* و هم *in vivo* برای کاربردهای پانسمان زخم ارائه شده و مورد بررسی قرار گرفته است.^[۳۲]

۳-۱-۵- زخم‌پوش‌های فومی

زخم‌پوش‌های نوع فوم به عنوان جایگزینی برای زخم‌پوش‌های نوع هایدروکلوئیدی برای کاربرد در زخم‌های با رطوبت متوسط/ بالا ایجاد شدند. ظرفیت آن‌ها برای جذب مایعات زخم به طور کلی به مواد پلیمری خاص مورد استفاده و ضخامت فوم بستگی دارد. این زخم‌پوش‌ها بسیار جاذب، محافظ و سازگار با سطوح بدن هستند. علاوه بر این، آن‌ها به راحتی قابل دستکاری بوده و با اندازه‌های زخم مورد نیاز سازگار می‌شوند. زخم‌پوش‌های نوع فوم به دلیل قابلیت جذب و ویژگی‌های محافظتی آن، تا هفت روز می‌توانند در زخم باقی بمانند. این نوع زخم‌پوش‌ها ساخته شده از پلی‌یورتان، حاوی محلول‌های پلیمری فوم دارای حفره‌های باز و کوچک هستند که ترشح را در خود نگه می‌دارند. قابلیت جذب آنها بسته به ضخامت زخم‌پوش متفاوت است. ناحیه تماس یک زخم‌پوش فوم فاقد چسبندگی و عدم پرز است. بنابراین زخم‌پوش به راحتی جدا می‌شود. لایه بیرونی زخم‌پوش غالباً آبگریز یا ضد آب است تا از ورود باکتری‌ها و سایر آلودگی‌ها به زخم جلوگیری کند. برخی از زخم‌پوش‌های فوم نیز شامل یک محافظ باکتریایی بوده که از یک فیلم شفاف ساخته شده است. علاوه، برخی پانسمان‌های فومی با یک ماده ضد میکروبی مانند نقره، عسل، مانیکو یا آنتی‌بیوتیک آغشته می‌شوند.^[۳۲]

از ویژگی‌های اصلی این نوع زخم‌پوش این است که به حفظ رطوبت محیط زخم کمک می‌کنند. همچنین از زخم و ناحیه اطراف زخم در برابر صدمات خارجی محافظت نموده و همچنین عایق حرارت برای زخم‌ها ایجاد می‌کند. استفاده از زخم‌پوش‌های فوم باعث آسیب زخم نمی‌شود. از زخم‌پوش‌های فوم در صورت وجود عفونت و همچنین همراه با بانداز تراپی می‌توان استفاده کرد. علاوه بر این زخم‌پوش‌های فوم با عوامل آنژیومی سازگار هستند. بسته به میزان آگزودا، فوم‌ها یک تا هفت روز در محل و روی زخم باقی بمانند.^[۳۲]

این نوع زخم‌پوش برای زخم‌هایی که ترشح دارند، چه کم و چه بسیار زیاد، عالی هستند. به طور کلی، این نوع زخم‌پوش برای زخم‌های ساییدگی، زخم فشاری و زخم‌های باز استفاده می‌شوند. از این زخم‌پوش روی زخم‌هایی که بافت نکرزوز نرم دارند، می‌توان استفاده کرد. آنها همچنین انعطاف‌پذیر بوده و می‌توانند برش داده شده تا متناسب با قسمت‌های خاصی از بدن مانند انگشتان پا، انگشتان دست یا گوش باشند. از زخم‌پوش فوم می‌توان به دلیل خواص حرارتی روی زخم استفاده کرد که برای گرم نگه داشتن آن به عایق نیاز دارد. به علاوه، این نوع پانسمان‌ها می‌توانند در محافظت از پوست بالای برجستگی‌های استخوانی یا اصطکاک زیاد روی پوست مفید باشند. زخم‌های کم ترشح و سوختگی‌های درجه سه به طور کلی کاندیدای مناسبی برای این زخم‌پوش نیستند. این زخم‌پوش‌ها همچنین بر روی زخم‌هایی که دارای زخم خشک هستند مؤثر نیستند، زیرا بستر زخم ممکن است برای محیط مرطوب بهبود زخم خیلی خشک باشد.^[۳۲، ۱۶]

۴-۱-۵- زخم‌پوش‌های هایدروکلوئیدی

زخم‌پوش‌های هایدروکلوئیدی برای اولین بار در سال ۱۹۸۲ معرفی شدند. این زخم‌پوش‌ها از لایه داخلی آبدوست حاوی کربوکسی‌متیل سلولز ساخته شده‌اند که با لایه خارجی انعطاف‌پذیر و ضدآب پوشانیده شده است. هایدروکلوئیدها در شکل‌ها، اندازه‌ها و ضخامت‌های مختلف وجود دارند و شامل محصولات متنوعی می‌باشند. زخم‌پوش‌های هایدروکلوئیدی به طور معمول به شکل فیلم، گرانول، خمیر، ورق یا به حالت ترکیبی با سایر مواد مانند آلژینات در دسترس هستند.

بعضی از محصولات لبه‌های بسیار نازکی دارند. این ویژگی موجب می‌شود، زخم‌پوش‌هایی که سطح لغزنده‌ای با زخم دارند، اصطکاک کمتری میان زخم و زخم‌پوش به وجود آید. این موضوع خطر آسیب دیدن زخم در اثر جابه‌جا شدن زخم‌پوش را کاهش می‌دهد.^[۳۳]

زخم‌پوش‌های هایدروکلوئیدی برای زخم‌هایی مانند زخم‌های فشاری، سوختگی‌های جزئی و زخم‌های جراحی استفاده می‌شوند. هایدروکلوئیدها ضدآب بوده و نسبت به باکتری‌ها نفوذ ناپذیرند. اما زمانی که با ترشح در تماس قرار می‌گیرند، متورم می‌شوند و حفره زخم را پر می‌کنند. هایدروکلوئیدها با ایجاد محیط مرطوب و کاهش pH محل زخم، سبب کاهش باکتری‌ها و عملکردن مؤثر سامانه دفاعی بدن می‌شوند. هایدروکلوئیدها معایبی نیز دارند. این پانسمان‌ها مات هستند و برای معاینه زخم باید برداشته شوند. برداشتن مداوم زخم‌پوش، سبب کاهش دمای زخم می‌شود. این موضوع به کاهش حجره منجر شود. پس از برداشتن هایدروکلوئید، مقداری ژل، شبیه چرک، روی زخم باقی می‌ماند که ممکن است به اشتباه عفونت فرض شود. این زخم‌پوش‌ها پس از برداشته شدن از روی زخم بوی نامطبوعی دارند و به دلیل فقدان آکسیژن در بستر زخم، بعضاً سبب التهاب آن نیز می‌شوند.^[۳۹]

این سیستم‌ها زخم‌پوش‌های زخم مرطوب هستند و معمولاً شامل یک ماده پستی (مانند فیلم، فوم‌ها یا لیاف پلی استر نبافته) و لایه ای با ذرات آبدوست/کلوئیدی هستند که ممکن است حاوی ژل‌های زیست‌سازگار ساخته شده از پروتئین‌ها باشد؛ به عنوان مثال کلاجن یا پلی‌ساکاریدهایی مثل سلولز و مشتقات آن. این پانسمان‌ها مایعات زخم را جذب می‌کنند و در نتیجه یک محیط مرطوب ایجاد می‌کنند. آنها همچنین ظرفیت نیمه قابل نفوذ بودن در برابر آب و آکسیژن را دارند. با این حال، استفاده از پانسمان‌های هایدروکلوئیدی در زخم‌های شدیداً عفونی به دلیل احتمال هیپوکسی و محیط مرطوب بیش از حد که باعث نکروزه را افزایش داده و در نتیجه خطر عفونت در محل زخم را افزایش می‌دهد استفاده نمی‌شود.^[۳۲] زخم‌پوش‌های هایدروکلوئیدی طراحی منحصر به فردی دارند. جاذب ترشح (اگرودا)، انعطاف پذیر، ضد آب و خود چسبنده هستند. زخم‌پوش‌های هایدروکلوئیدی با ایجاد یک فضای بسته و ایزوله بر روی زخم، رطوبت لازم برای بهبود زخم را فراهم می‌آورد. آنها این رطوبت را از آنزیم‌ها و رطوبت طبیعی پوست فراهم می‌کنند. زخم‌پوش‌های هایدروکلوئیدی به شکل خمیر، ژل یا ورقه‌ای موجود است و از آن به عنوان زخم‌پوش اولیه یا ثانویه استفاده می‌شود. در هنگام استفاده از خمیر یا ژل برای امنیت بیشتر نیاز به پانسمان ثانویه دارد. هنگام استفاده به عنوان زخم‌پوش ثانویه، سطح زخم باید با آلژینات یا فایبر سلولز ژله‌ای باشد. هنگامی که زخم‌پوش بر سطح زخم باشد، مایعات بواسطه ذرات آبدوست جذب می‌شوند. زخم‌پوش‌های هایدروکلوئیدی در برابر آکسیژن، رطوبت و کاربن دای اکساید غیرقابل نفوذ هستند.^[۳۴، ۳۵، ۳۶]

۵-۱-۵- پانسمان هایدروژلی

هایدروژل شبکه سه بعدی پلیمری نامحلول در آب است که حجم زیادی از آب را جذب می‌کنند و توانایی تقلید از محیط ماتریکس خارج حجروی را دارد. ساختار کیمیای هایدروژل و مورفولوژی آن بر خصوصیات آن از قبیل استحکام مکانیکی و انتقالات داخل و خارج حجروی موثر است. هایدروژل‌ها به دلیل جذب آب، دارا بودن ساختار نرم و زیست‌سازگاری، جذابیت خاصی برای کاربردهای مختلف طبی از جمله انجینیری نسج و بهبود زخم دارند. زخم‌پوش‌های سنتی مانند گازها و چسب‌زخم‌ها، حائلی فیزیکی ایجاد نموده و ترشح زخم را به خود تا حدودی جذب می‌نمایند. اما نمی‌توانند در فرایند التیام زخم خیلی موثر واقع شوند. لذا محققان بسیاری سعی کرده اند این زخم‌پوش‌های ساده را با زخم‌پوش‌های پیشرفته جایگزین نمایند. زخم‌پوش‌های هایدروژلی، بسیاری از معیارهای یک زخم‌پوش ایده آل را دارا می‌باشند. این زخم‌پوش‌ها قابلیت جذب و حفظ مقدار زیادی آب را دارند. لذا از زخم‌پوش‌های هایدروژلی برای زخم‌هایی با ترشح اندک استفاده می‌شود. بعلاوه، برداشتن و عوض کردن زخم‌پوش‌های هایدروژلی، به دلیل عدم وجود لیاف چسبنده به بافت، راحت است.^[۳۷]

مواد پلیمری معمولاً جزء اصلی سازنده زخم‌پوش‌های هایدروژلی می‌باشند. هر دو گروه پلیمرهای طبیعی و مصنوعی زخم پوش مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای نمونه آلژینات، کایتوزان و سلولز از مهمترین پلیمرهای طبیعی مورد استفاده در انواع زخم‌پوش‌ها هستند. گلیکول، پلی‌وینیل‌الکل و پلی‌اکریلیک اسید نیز از جمله پلیمرهای مصنوعی هستند که در ساختار این زخم‌پوش‌ها استفاده می‌شوند. انتخاب مواد، تاثیر بسیار زیادی بر روی خواص زخم‌پوش‌های هایدروژلی نهایی دارد. در حقیقت، مواد سازنده هایدروژل، تعیین‌کننده ویژگی‌های اصلی زخم‌پوش است. این ویژگی‌ها مانند مقدار جذب آب، رابطه آن با مالیکول‌های زیستی، زیست‌سازگاری و غیره، اثر مستقیمی بر میزان کارایی زخم‌پوش‌های هایدروژلی ساخته شده دارند.^[۳۷] همانطور که گفته شد انواع پلیمرهای طبیعی و مصنوعی مهمترین بخش سازنده زخم‌پوش‌های هایدروژلی می‌باشند. انتخاب این پلیمرها به نوع زخم و محل آن و همچنین ویژگی‌های مورد انتظار وابسته است. برای مثال، استفاده از پلیمرهای طبیعی برای بهبود زیست‌سازگاری مناسب است. در حالی که پلیمرهای مصنوعی خواص مکانیکی بالایی را ایجاد می‌کنند. معمولاً استفاده از مخلوطی از پلیمرهای طبیعی و مصنوعی برای ساخت زخم‌پوش‌ها بهتر به نظر می‌رسد. در زخم‌پوش‌های هایدروژلی، نانومواد دو کارکرد مهم دارند. اول اینکه خواص نانومواد (مانند خاصیت ضد باکتریایی) بر سرعت التیام زخم موثر است. کارکرد مهم دیگر نانومواد، امکان بارگذاری آنها با عوامل درمانی است. خواص ضدباکتریایی و آنتی اکسیدان برخی نانومواد در بهبود زخم‌ها اثرات بسیار مهمی دارد. به علاوه برخی دیگر از نانومواد، فعالیت زیستی نشان داده و بر روی فعالیت‌های حجره مانند بیان ژن‌ها، مهاجرت و همچنین بر روی رگ‌زایی موثر می‌باشند. جذب و کپسوله نمودن عوامل دارویی در نانومواد نیز در جلوگیری از ایجاد عفونت در محل زخم موثر هستند. لذا مجموعه این فعالیت‌ها سبب بهبود سریع و موثر زخم‌ها می‌شوند.^[۳۷] این نانومواد مورد استفاده در زخم‌پوش‌های هایدروژلی را می‌توان به دو گروه نانومواد عضوی و غیرعضوی تقسیم نمود. برای مثال نانوذرات فلزی مانند نانوذرات نقره خاصیت ضدباکتریایی نشان می‌دهند و در ساخت زخم پوش‌های مورد استفاده قرار می‌گیرند. لازم به ذکر است که نانومواد استفاده شده در ساخت زخم‌پوش‌ها، به اشکال مختلفی مانند نانوکرات، نانوذرات میله‌ای شکل و نانوذرات صفحه‌ای می‌باشند.^[۳۷]

امکان قرار دادن عوامل درمانی مانند داروهای ضد میکروبی و فاکتورهای رشد در زخم‌پوش‌های هایدروژلی وجود دارد. یکی دیگر از کاربردهای مهم زخم‌پوش‌های هایدروژلی در مدیریت زخم، آزاد سازی حشرات درمانی یا بنیادی می‌باشد. ترشح حشرات بنیادی و سایر حشرات، با تاثیرگذاری بر فعالیت حشرات ناحیه زخم، سبب تسریع التیام آن و جلوگیری از تشکیل بافت زخم می‌شوند. ترشح خروجی از حشرات بنیادی مزانشیمی، چه به صورت حشرات منفرد و چه به صورت اسفروئید، بر مهاجرت فیبروبلاست‌ها به محل زخم و همچنین بر فعالیت‌های آنها اثر گذار است. تکثیر این حشرات و ترشح آنها (مانند کلاژن، الاستین، ملانین)، سبب بازسازی بافت پوست می‌گردد. رشته‌های کلاژن از مهمترین اجزای ماتریکس خارج حجروی بافت پوست بوده و توسط فیبروبلاست‌ها ساخته می‌شوند. از طرف دیگر، حشرات بنیادی مزانشیمی، فاکتورهای رشد، بر رگ‌زایی در محیط زخم تاثیر بسزایی دارند. ایجاد رگ‌های خونی، که وظیفه رساندن مواد

غذایی و آکسیجن دارد، باعث فعالیت و تکثیر بیشتر حجرات ناحیه زخم می‌شود. این عوامل در نهایت به التیام سریع و موثر زخم منجر می‌شوند. قرار دادن حجرات بنیادی در زخم پوش‌های هایدروژلی، سبب محافظت آنها در برابر شرایط بد محیطی زخم می‌شود. اگر حجرات بنیادی به صورت مستقیم وارد شوند، به سرعت می‌میرند. زخم‌پوش‌های هایدروژلی بستری مشابه ماتریکس خارج حجروی فراهم نموده و از حجرات در مقابل تغییرات محیطی مانند تنش‌های مکانیکی و عوامل کیمیاوی حفاظت می‌نماید. ساختار متخلخل زخم‌پوش‌های هایدروژلی، نفوذ ترشح این حجرات به بیرون را امکان پذیر می‌نماید. یکی دیگر از ویژگی‌های زخم‌پوش‌های هایدروژلی تأمین رطوبت لازم برای بستر زخم است. این ویژگی به ویژه برای زخم‌های نکروزی (دارای بافت مرده) مفید می‌باشد. در این شرایط امکان تجزیه و حذف بافت‌های مرده موجود در این زخم‌ها، بواسطه آنزیم‌های بدن و فاگوسیت‌ها وجود دارد. از طرف دیگر، مطالعات زیادی نشان داده‌اند که مرطوب نگه داشتن محیط زخم، به التیام آن کمک شایانی می‌نماید. یکی دیگر از ویژگی‌های مهم زخم‌پوش‌های هایدروژلی سادگی عملکرد آنها است. در واقع موادی که زیست‌سازگار نباشند، با ایجاد پاسخ‌های سیستم ایمنی و بروز التهاب شرایط زخم را خراب می‌کنند. اغلب پلیمرهای طبیعی زیست‌سازگاری بسیار بالایی نشان داده و مناسب تولید زخم‌پوش هستند. بعلاوه، بسیاری از پلیمرهای مصنوعی نیز زیست‌سازگاری مناسبی دارد. از طرف دیگر، زیست‌سازگاری زخم‌پوش‌ها بر پایه پلیمرهای مصنوعی را می‌توان از طریق انجام اصلاحاتی بهبود داد. برای نمونه می‌توان پلیمرهای مصنوعی را با پپتیدهای کوچک مانند (آرژنین-گلیسین-آسپارتیک اسید) مخلوط نمود. امکان وارد نمودن این پپتید در ساختار زنجیره‌های پلیمری از طریق اصلاحات کیمیاوی نیز امکان پذیر است. بافت پوست دائماً در برابر تغییرات مکانیکی فشاری و کششی ناشی از حرکات عضلانی و شرایط محیطی می‌باشد. لذا در طراحی زخم‌پوش‌های هایدروژلی، باید به خواص مکانیکی آن دقت شود. استحکام مکانیکی، خواص ارتجاعی و قابلیت خود ترمیم‌شوندگی هایدروژل‌های بکار رفته در ساخت زخم‌پوش، اهمیت اساسی دارند. زخم‌پوش‌های هایدروژلی شبیه یک پوست ساده عمل نموده و شرایط مناسبی را برای رشد، تکثیر و مهاجرت حجرات محیط زخم را بوجود آورند^[۳۷].

۶- نتیجه گیری

با توجه به اهمیت ایجاد محیطی مرطوب و مناسب برای تسریع روند ترمیم زخم، زخم‌پوش‌های هایدروژلی به عنوان یکی از مهم‌ترین دستاوردهای فناوری نوین در مراقبت از زخم‌ها مطرح شده‌اند. این زخم‌پوش‌ها با فراهم‌سازی شرایط ایده‌آل مانند رطوبت کافی، امکان تبادل گاز، جذب ترشحات زخم و کاهش خطر عفونت، توانسته‌اند نقش چشمگیری در بهبود سریع‌تر زخم‌ها و کاهش عوارض ناشی از آن ایفا کنند. از این رو، استفاده از زخم‌پوش‌های هایدروژلی می‌تواند به عنوان یک راهکار مؤثر و مطمئن در درمان انواع زخم‌ها مد نظر قرار گیرد.

تقدیر و تشکر

بدین‌وسیله مراتب سپاس و قدردانی خود را از دانشگاه غالب- کابل به‌خاطر فراهم‌سازی بستر علمی و حمایتی در راستای انجام این تحقیق ابراز می‌دارم. همچنین از استاد محترم غلام یحیی امیری که در جمع‌بندی مقالات، تحلیل و آنالیز اطلاعات و تهیه گراف پریسما همکاری نمودند، صمیمانه سپاسگزارم. از تمامی عزیزانی که با راهنمایی‌ها، تشویق‌ها و همکاری‌های علمی‌شان مرا در تهیه و نگارش این مقاله یاری رساندند نیز قدردانی می‌نمایم.

تضاد منافع

نگارندگان اظهار می‌دارند که در رابطه با تهیه، نگارش و انتشار این مقاله هیچ‌گونه تضاد منافع علمی، مالی یا شخصی ندارند.

ORCID

Ali shir Haidari



<https://orcid.org/0009-0005-2649-7486>

Ghulam Yahya Amiry



<https://orcid.org/0000-0003-4066-1949>

References

1. Roosterman D, Goerge T, Schneider SW, Bunnett NW, Steinhoff M. Neuronal control of skin function: the skin as a neuroimmunoendocrine organ. *Physiological reviews*. 2006;86(4):1309-79. [https://doi.org/10.1016/S0142-9612\(01\)00399-4](https://doi.org/10.1016/S0142-9612(01)00399-4)
2. Chung TW, Yang J, Akaike T, Cho KY, Nah JW, Kim SI, et al. Preparation of alginate/galactosylated chitosan scaffold for hepatocyte attachment. *Biomaterials*. 2002;23(14):2827-34. [https://doi.org/10.1016/S0142-9612\(01\)00399-4](https://doi.org/10.1016/S0142-9612(01)00399-4)
3. Yagi M, Yonei Y. Glycative stress and anti-aging: 7. Glycative stress and skin aging. *Glycative Stress Res*. 2018;5(1):50-4. https://doi.org/10.24659/gsr.5.1_50
4. Strecker-McGraw MK, Jones TR, Baer DG. Soft tissue wounds and principles of healing. *Emergency medicine clinics of North America*. 2007;25(1):1-22. <https://doi.org/10.1016/j.emc.2006.12.002>
5. Karri VVSR, Kuppusamy G, Talluri SV, Mannemala SS, Kollipara R, Wadhwani AD, et al. Curcumin loaded chitosan nanoparticles impregnated into collagen-alginate scaffolds for diabetic wound healing. *International journal of biological macromolecules*. 2016;93:1519-29. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.05.038>
6. Dornberger L, Montagna P, Ainsworth C. Simulating oil-driven abundance changes in benthic marine invertebrates using an ecosystem model. *Environmental Pollution*. 2023;316:120450. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120450>
7. Hedayatnazari A, Movahedi M, Naseri M. Fabrication And Characterization Of Bilayer Wound Dressing Polyurethane-Gelatin/Polycaprolactone For Usage In Tissue Engineering. 2021. Hedayatnazari, A., MOVAHEDI, M., & NASERI, M.. (2021). <https://sid.ir/paper/695092/en>
8. Wickett RR, Visscher MO. Structure and function of the epidermal barrier. *American journal of infection control*. 2006;34(10):S98-S110. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2006.05.295>
9. Arda O, Göksüğü N, Tüzün Y. Basic histological structure and functions of facial skin. *Clinics in dermatology*. 2014;۱۲-۳:(۱)۲۲ <https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2013.05.021>
10. McLafferty E, Farley A, Hendry C. Prevention of hypothermia. *Nursing Older People*. 2009;21(4). 10.7748/nop2009.05.21.4.34.c7018 <https://doi.org/10.7748/nop2009.05.21.4.34.c7018>
11. McLafferty E, Hendry C, Farley A. The integumentary system: anatomy, physiology and function of skin. *Nursing Standard (through 2013)*. 2012;۲۰:(۳)۲۷ <https://doi.org/10.7748/ns2012.10.27.7.35.c9358>
12. Chuong C-M, Nickoloff B, Elias P, Goldsmith L, Macher E, Maderson P, et al. What is the true function of skin? *Experimental dermatology*. 2002;11(2):159-87. <https://www.researchgate.net/publication/292761738>
13. Perper M, Eber A, Lindsey SF, Nouri K. Blinded, Randomized, Controlled Trial Evaluating the Effects of Light-Emitting Diode Photomodulation on Lower Extremity Wounds Left to Heal by Secondary Intention. *Dermatologic surgery*. 2020;46(5):605-11. <https://doi.org/10.1097/DSS.0000000000002195>
14. Vachhrajani V, Khakhkhar P. *Science of Wound Healing and Dressing Materials*: Springer; 2۰۲۰. <https://doi.org/10.1007/978-981-32-9236-9>
15. Schreml S, Szeimies R, Prantl L, Karrer S, Landthaler M, Babilas P. Oxygen in acute and chronic wound healing. *British Journal of Dermatology*. 2010;163(2):257-68. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2010.09804.x>
16. Boateng JS, Matthews KH, Stevens HN, Eccleston GM. Wound healing dressings and drug delivery systems: a review. *Journal of pharmaceutical sciences*. 2008;97(8):2892-923. <https://doi.org/10.1002/jps.21210>
17. Bowers S, Franco E. Chronic wounds: evaluation and management. *American family physician*. 2020;101(3):159-66. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32003952/>
18. Zahedi P, Rezaeian I, Ranaci-Siadat SO, Jafari SH, Supaphol P. A review on wound dressings with an emphasis on electrospun nanofibrous polymeric bandages. *Polymers for Advanced Technologies*. 2010;21(2):77-95. <https://doi.org/10.1002/pat.1625>
19. Prasathkumar M, Sadhasivam S. Chitosan/Hyaluronic acid/Alginate and an assorted polymers loaded with honey, plant, and marine compounds for progressive wound healing—Know-how. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2021;186:656-85. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.07.067>
20. Qing C. The molecular biology in wound healing & non-healing wound. *Chinese Journal of Traumatology*. 2017;20(4):189-93. <https://doi.org/10.1016/j.cjtee.2017.06.001>
21. Lorenz HP, Longaker MT. Wounds: biology, pathology, and management. *Essential practice of surgery*: Springer; 2003. p. 77-88. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-57282-112>
22. Wang P. H, Huang B-S, Horng H-C, Yeh C-C, Chen Y-J. Wound healing. *J Chin Med Assoc*. 2018;2(81):۱۰۱-۹۴
23. Zhang M, Zhao X. Alginate hydrogel dressings for advanced wound management. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2020;162:1414-28. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.07.311>
24. Gonzalez ACdO, Costa TF, Andrade ZdA, Medrado ARAP. Wound healing-A literature review. *Anais brasileiros de dermatologia*. 2016;91:614-20. <https://doi.org/10.1590/abd1806-4841.20164741>
25. Teller P, White TK. The physiology of wound healing: injury through maturation. *Perioperative Nursing Clinics*. 2011;6(2):159-70. <https://doi.org/10.1016/j.suc.2009.03.006>
26. Cho CY, Lo JS. Dressing the part. *Dermatologic clinics*. 1998;16(1):25-47. [https://doi.org/10.1016/S0733-8635\(05\)70485-X](https://doi.org/10.1016/S0733-8635(05)70485-X)

27. Kim HY, Kim HN, Lee SJ, Song JE, Kwon SY, Chung JW, et al. Effect of pore sizes of PLGA scaffolds on mechanical properties and cell behaviour for nucleus pulposus regeneration in vivo. *Journal of tissue engineering and regenerative medicine*. 2017;11(۵۷-۴۴):<https://doi.org/10.1002/term.1856>
28. Chopra H, Kumar S, Singh I. Strategies and Therapies for Wound Healing: A Review. *Current Drug Targets*. 2022;23(1):87-98. <https://doi.org/10.2174/1389450122666210415101218>
29. Koosha M. Modern commercial wound dressings and introducing new wound dressings for wound healing: A review. *Basparesh*. 2017;6(4):65-80. <https://doi.org/10.20935/AcadOnco7757>
30. Ma R, Wang Y, Qi H, Shi C, Wei G, Xiao L, et al. Nanocomposite sponges of sodium alginate/graphene oxide/polyvinyl alcohol as potential wound dressing: In vitro and in vivo evaluation. *Composites Part B: Engineering*. 2019;167:396. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2019.03.006>
31. Gan J-E, Chin C-Y. Formulation and characterisation of alginate hydrocolloid film dressing loaded with gallic acid for potential chronic wound healing. *F1000Research*. 2021;10. <https://doi.org/10.12688/f1000research.52528.1>
32. Moura LI, Dias AM, Carvalho E, de Sousa HC. Recent advances on the development of wound dressings for diabetic foot ulcer treatment—A review. *Acta biomaterialia*. 2013;9(7):7093-114. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2013.03.033>
33. Queen D, Orsted H, Sanada H, Sussman G. A dressing history. *International wound journal*. 2004;1(1):59-77. <https://doi.org/10.1111/j.1742-4801.2004.0009.x>
34. Lanel B, Barthes-Biesel D, Regnier C, Chauve T. Swelling of hydrocolloid dressings. *Biorheology*. 1997;34(2):139-53. [https://doi.org/10.1016/S0006-355X\(97\)00010-3](https://doi.org/10.1016/S0006-355X(97)00010-3)
35. Kong D, Zhang Q, You J, Cheng Y, Hong C, Chen Z, et al. Adhesion loss mechanism based on carboxymethyl cellulose-filled hydrocolloid dressings in physiological wounds environment. *Carbohydrate polymers*. 2020;235:115953. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.115953>
36. Geizhals S, Lauren CT, Lipner SR. Hydrocolloid dressing application for the treatment of pediatric onychodystrophies. *Journal of the American Academy of Dermatology*. 2019;80(5):e103-e4. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2018.10.009>
37. Li M, Liang Y, He J, Zhang H, Guo B. Two-pronged strategy of biomechanically active and biochemically multifunctional hydrogel wound dressing to accelerate wound closure and wound healing. *Chemistry of Materials*. 2020;32(23):9937-53. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.chemmater.0c02823>