Applied Molecular Biology
Vol.1, issu.2, Spring. 2023

Overview of types of wound dressing

Zahra Koozegar*

Abstract

It is essential for the skin to heal wounds to maintain its physiological function. To reduce infection risks and secondary injuries, dressings are commonly used to cover wounds. Due to their excellent biocompatibility and biodegradability, modern wound dressings have been the mainstay of wound healing for all kinds of wounds. As well as maintaining a moist and temperature-controlled environment, they alleviate pain and help promote wound healing through improved hypoxic environments. This research offers an overview of the properties of common modern wound dressings. Among the most popular types usually used in the production of modern dressings are hydrogels, hydrocolloids, alginates, foams, and films. In this research, the advantages and disadvantages of each of them are examined.

Keywords: wound healing, wound dressing, chronic wound, modern wound dressing

* Biomedical Engineering Faculty, Amirkabir University of Technology (Tehran Polytechnic), Tehran, Iran. zahrakoozegar5@aut.ac.ir

زیست شناسی مولکولی کاربردی
سال اول/ شماره ۲/ بهار ۱۴۰۲

بررسی و مرور کلی بر انواع زخم‌پوش

زهرا کوزه‌گر*

چکیده

بهبود زخم برای حفظ عملکرد فیزیولوژیکی پوست حیاتی است. رایج‌ترین درمان استفاده از پانسمان برای پوشاندن زخم و کاهش خطر عفونت و میزان صدمات ثانویه است. پانسمان‌های زخم مدرن به دلیل زیست سازگاری و زیست تخریب‌پذیری فوق‌العاده‌ای که دارند، اولویت اصلی برای التیام انواع زخم‌ها بوده‌اند. علاوه‌براین، آنها همچنین دما و محیط مرطوب را حفظ می‌کنند، به تسکین درد کمک می‌کنند و محیط‌های هیپوکسیک را برای تحریک بهبود زخم بهبود می‌بخشند. در این مقاله به گردآوری خواص پانسمان‌های مدرن و رایج پرداخته شد. از محبوب‌ترین انواعی که معمولاً در تولید پانسمان‌های مدرن استفاده می‌شود هیدروژل‌ها، هیدروکلوئیدها، آلژینات‌ها، فوم‌ها و فیلم‌ها هستند که در این مطالعه به بررسی مزیت‌ها و معایب هر کدام از آنها پرداخته می‌شود.

کلیدواژه‌ها: ترمیم زخم، زخم‌پوش، زخم مزمن، پانسمان‌های مدرن.

* دانشکده مهندسی پزشکی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی‌تکنیک تهران)، تهران، ایران.
zahrakoozegar5@aut.ac.ir

۱.مقدمه

پوست از مهم‌ترین عضوهای بدن است، شامل سه لایه به‌هم‌پیوسته، اپیدرم، درم و هیپودرم، از بیرون به داخل است که به‌عنوان سدی در برابر عوامل خارجی و آسیب‌ها عمل می‌کند؛ همچنین می‌تواند در معرض جراحات یا زخم‌ها قرار گیرد و در اکثر مواقع نیز توانایی ترمیم خود را دارد[۱]. با توجه به زمان بهبود زخم‌های پوستی می‌توان آن را به زخم‌های حاد و زخم‌های مزمن تقسیم کرد[۲]. بهبود زخم شامل پنج مرحله است: هموستاز، التهاب، مهاجرت، تکثیر و بلوغ. بااین‌حال، پنج مرحله بهبود زخم رویدادهای مجزا نیستند و مراحل ترمیم زخم هم به صورت متوالی و هم به صورت همزمان اتفاق می‌افتد[۳]. ترمیم زخم در یک دورهٔ ۳ تا ۱۵ روزه اتفاق می‌افتد، با توجه به اینکه وقتی بافت در دوره مذکور بهبود نیابد، تبدیل به یک زخم مزمن می‌شود[۱]. زخم‌های مزمن عموماً بر جمعیت بزرگسال تأثیر می‌گذارند و نتیجه عوارض نارسایی وریدی، دیابت و نوروپاتی‌ها، ناتوانی در حرکت و/ یا آسیب نخاعی (زخم‌های فشاری (PUs[۱])) و نارسایی شریانی هستند. چندین محیط بالینی دیگر وجود دارد که در آنها آسیب اولیه نتیجه عوامل ژنتیکی (مثلاً طیف اپیدرمولیز بولوزا در کودکان[۲]) یا قرار گرفتن در معرض تشعشعات (تصادفی یا درمانی) است. همچنین، اختلال عملکرد سیستم ایمنی در پاتوژنز برخی از زخم‌های مزمن مانند پیودرما گانگرنوزوم[۳] و زخم‌های آتیپیک (مثلاً زخم‌های ناشی از کرایوفیبرینوژنمی[۴] یا کرایوگلوبولینمی) نقش بیشتری نسبت به سایرین دارد. تخمین زده می‌شود که ۱ تا ۲ درصد از جمعیت جهان در طول زندگی خود زخم مزمن را تجربه کنند[۴]. زخم‌های مزمن برای بیمار و نیز برای سیستم پزشکی بار مالی قابل توجهی به دنبال دارد. تخمین زده شده است که یک زخم دیابتی منفرد تقریباً ۵۰۰۰۰

۱. Pressure ulcers

۲. Epidermolysis Bullosa spectrum in children

۳. Pyoderma gangrenosum

۴. Cryofibrinogenemia

دلار آمریکا هزینه دارد و زخم‌های مزمن به‌طور کلی بیش از ۲۵ میلیارد دلار در سال برای سیستم پزشکی هزینه دارد و تعداد بیماران مبتلا به این بیماری سالانه از ۶,۵ میلیون افزایش می‌یابد. از روش‌های درمان زخم مزمن به دبریدمان زخم، اکسیژن‌تراپی، سونوگرافی و درمان‌های الکترومغناطیسی، درمان زخم با فشار منفی، پیوند پوست و زخم‌پوش‌ها می‌توان اشاره کرد[۶] که هر کدام مزایا و معایب خاص خود را دارند. ما در این مقاله به بررسی انواع زخم‌پوش و عملکرد آنها می‌پردازیم.

۲- زخم‌پوش چیست؟

برای سال‌های متمادی، پانسمان‌های سنتی مانند پشم پنبه، پرز، گاز به‌طور گسترده برای اطمینان از تمیزی زخم و جلوگیری از عفونت باکتریایی استفاده می‌شوند. اما پانسمان‌ها به راحتی به زخم می‌چسبند و محیط مرطوب مناسبی ایجاد نمی‌کنند. پانسمان‌های مدرن با زیست سازگاری بهتر، تجزیه‌پذیری، تسکین درد و حفظ رطوبت بهتر ساخته شده‌اند. پانسمان‌های مدرن زخم به جای اینکه فقط خود زخم را بپوشانند، به‌عنوان تسهیل‌کننده عملکرد زخم نیز عمل می‌کنند[۷]. در درمان زخم با زخم‌پوش، پانسمان‌های زخم، پوست آسیب دیده را می‌پوشانند، محیط مرطوب و دمای مناسب لازم برای التیام را حفظ می‌کنند، حفاظت فیزیکی و میکروبی را فراهم می‌کنند، مایعات بیش از حد بافت را جذب می‌کنند و باعث تسکین درد می‌شوند و به‌طور چشمگیری بر روند بهبود زخم تأثیر می‌گذارد [۸]. زخم‌های خشک شده با اسکار نیاز به رطوبت اضافی برای بهبود بهینه و نرم شدن اسکار دارند. سپس پانسمان‌های مختلفی برای بهینه‌سازی سطوح رطوبت و ایجاد محیطی ایدئال برای بهبود زخم طراحی شده است. علاوه‌براین، یک پانسمان ایدئال نه‌تنها از زخم محافظت می‌کند و رطوبت زخم را حفظ می‌کند، بلکه زیست سازگار، زیست تخریب‌پذیر، غیرسمی و غیرحساسیت‌زا است و در عین حال باعث تبادل گاز، دانه‌بندی و اپیتلیال شدن مجدد می‌شود. در ساختار زخم‌پوش‌ها می‌توان از موادی مانند آنتی بیوتیک‌ها، داروهای ضدالتهابی غیراستروئیدی، مسکن‌ها و داروهای بی‌حس‌کننده موضعی یا عصاره‌های طبیعی با خواص ضدالتهابی، اپیتلیالیزه‌کننده،

آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی استفاده کرد تا زمان بهبودی زخم کمتر شود و نیز میـزان ترشحات و یا اگزودا کاهش پیدا کند، باکتری‌ها و عوامل بیماری‌زا ایجاد عفونت نکـرده و چسبندگی زخم نیز به پانسمان رخ ندهد. بنابراین، انتخاب پانسمان مناسب برای بهبـود روند بهبود یا بدتر شدن آن ضروری است. بنابراین، کارکنان مراقبت‌های بهداشـتی بایـد وضعیت زخم و ویژگی‌های پانسمان را بـرای انتخـاب مناسـب روش ترمیمـی و ارتقـای میزان کیفیت بهبودی را مدنظر داشته باشند. چندین پانسمان مدرن که در حال حاضـر در عمل بالینی استفاده می‌شود عبارتند از هیدروکلوئید، هیدروژل، فوم، زخم‌پـوش‌هـای آلژیناتی و فیلم [۹].

۳- انواع زخم‌پوش

۱-۳- زخم‌پوش هیدروکلوئیدی

اصطلاح «هیدروکلوئید» در دهه ۱۹۶۰ در طول توسعه چسب‌های مخـاطی، بـر اسـاس کربوکسی متیل سلولز (CMC) ترکیب‌شده با چسب‌ها و چسباننده‌هایی کـه بـه‌عنـوان درمانی برای زخم‌های دهان استفاده می‌شد، ابداع شد. متعاقباً برای توصیف نوع جدیدی از پانسمان، بر اساس ایـن فنـاوری، کـه در آن یـک تـوده ژل‌پـذیر آبدوسـت بـه شـکل نیمه‌جامد روی یک حامل نیمه‌تـراوا انعطـاف‌پـذیر اعمـال مـی‌شـد، اسـتفاده شـد[۱۰]. پانسمان زخم هیدروکلوئیدی که از چسب حساس به فشار آبگریز (PSA، فاز پیوسته) و پرکننده آبدوست (فاز پراکنده) تشکیل شده است، می‌تواند زخم‌هـا را سـریع‌تـر بـا درد کمتر بهبود بخشد. در همین حال، بیماران می‌توانند فعالیت‌های روزانه را بـدون آسـیب رساندن به زخم انجام دهند. در این سیسـتم PSA و فیلـر هیـدروفیل بـه ترتیـب خـود چسبندگی و کنترل رطوبت خوبی را در روند بهبود زخم فراهم می‌کننـد. چسـبندگی و کنترل رطوبت دو ویژگی به ظاهر متناقض اما ضروری برای پانسمان زخم هستند[۱۱].

شکل ۱. زخم‌پوش هیدروکلوئیدی Granuflex [۱۱].

۲-۳- زخم‌پوش هیدروژلی

هیدروژل‌ها شبکه‌های ماکرومولکولی بسیار آبدوست هستند که از طریق اتصال عرضی شیمیایی یا فیزیکی پلیمرهای محلول تولید می‌شوند. به دلیل خواص عجیب هیدروژل‌ها مانند حساسیت بالا به محیط‌های فیزیولوژیکی، ماهیت آبدوست، محتوای آب مانند بافت نرم و انعطاف‌پذیری کافی، آنها را به کاندیدای عالی برای کاربردهای زیست پزشکی تبدیل می‌کند. هیدروژل‌ها می‌توانند آب را در جهت برگشت‌پذیر متورم و از بین ببرند و به محرک‌های محیطی خاصی واکنش نشان دهند؛ دما، pH و قدرت یونی، بنابراین، چنین پاسخ فیزیولوژیکی هوشمند هیدروژل‌ها نسبت به تغییرات متغیر فیزیولوژیکی، استفاده از آنها را در چندین کاربرد زیست پزشکی پیشنهاد می‌کند. وینتر اولین نسل از پانسمان‌های پلیمری را معرفی کرده و محیط‌های بهینه را برای ترمیم زخم فراهم کرده است. در اواسط دهه ۱۹۷۰، غشاهای پلیمری در توسعه مواد پانسمان مصنوعی مورد بررسی قرار گرفتند. در سال ۱۹۷۸، چندین ماده پلیمری مبتنی بر کیتین به‌عنوان اولین پوشش زخم مورد استفاده قرار گرفته‌اند، به دلیل فعالیت‌های بیولوژیکی جذاب‌شان، که نشان می‌دهد پلیمرها کاندیدهای عالی برای توسعه مواد پانسمان هستند. روند تحقیق و توسعه هیدروژل‌ها به‌عنوان غشاهای پانسمان گذرای پلیمری در حال تبدیل شدن به هدف تجاری اصلی است. بنابراین، برخی از هیدروژل‌های تجاری با

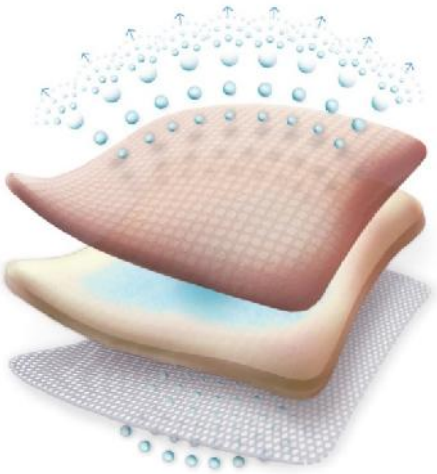
نام‌های تجاری در بازار ظاهر شده‌اند. مواد پانسمان هیدروژل با نام‌های Geliperm، Curasol و TegaGel موجود می‌باشند. این هیدروژل‌ها با اتصال متقابل شیمیایی از پلیمرهای آبدوست مانند آکریل آمید و متیلن بیس آکریل آمید شامل پلی‌ساکاریدها سنتز شدند[۱۲].

شکل ۲. زخم‌پوش هیدروژلی Neoheal [۱۱].

۳-۳- فوم‌ها

پانسمان‌های فوم پلیمرهایی هستند که بیشتر از پلی‌اورتان، پلی‌اتیلن یا سیلیکون ساخته می‌شوند. فوم‌ها برای حفظ محیط مرطوب و جذب ترشحات از زخم طراحی شده‌اند. آنها معمولاً از یک لایه بیرونی نفوذپذیر آبگریز و یک لایه آبدوست که در تماس مستقیم با بستر زخم است تشکیل شده‌اند. به‌طور معمول، پانسمان‌های فوم حاوی یک فیلم پلی‌اورتان قابل نفوذ با چسبی است که دارای نرخ انتقال بخار آب (WVTR[۱]) بالایی است و در بالای فوم قرار می‌گیرد و پانسمان را به پوست اطراف زخم می‌چسباند. آنها در زخم‌های با ترشح متوسط تا زیاد مفید هستند. پانسمان‌های فوم رایج عبارتند از Tegaderm Foam، LyofoamTM، AllevynTM و MepilexT [۱۳] .

۱. Water vapor transfer rate



شکل ۳. زخم‌پوش فوم Allevyn [۱۱].

۴-۳- زخم‌پوش‌های آلژیناتی

پانسمان‌های آلژینات از نمک‌های کلسیم و سدیم آلژینیک اسید، پلی‌ساکارید متشکل از واحدهای اسید مانورونیک و گولورونیک تولید می‌شوند. پانسمان‌های آلژینات یا به شکل ورقه‌های متخلخل خشک شده با انجماد (فوم) و یا به صورت الیاف انعطاف‌پذیر ساخته شده‌اند، که مورد دوم برای بسته‌بندی زخم‌های حفره‌ای مناسب‌تر است. استفاده از آلژینات‌ها به‌عنوان پانسمان عمدتاً از توانایی آنها در تشکیل ژل در هنگام تماس با ترشحات زخم (جاذب بالا) ناشی می‌شود. جذب بالا از طریق تشکیل ژل آبدوست قوی رخ می‌دهد که ترشح زخم را محدود می‌کند و آلودگی باکتریایی را به حداقل می‌رساند. هنگامی که روی زخم‌ها اعمال می‌شود، یون‌های موجود در فیبر آلژینات با یون‌های موجود در اگزودا و خون مبادله می‌شود تا یک لایه محافظ از ژل تشکیل شود. این به حفظ ضایعه در رطوبت مطلوب و دمای بهبودی کمک می‌کند. خاصیت ژل شدن آلژینات‌ها به وجود یون‌های کلسیم نسبت داده می‌شود که به تشکیل یک ژل پلیمری متقاطع کمک می‌کند که به آرامی تجزیه می‌شود[۱۴].

۵-۳- فیلم‌ها

پانسمان‌های فیلم غشاهای پلیمری نیمه‌تراوا و شفاف (که بیشتر از پلی‌اورتان ساخته می‌شوند) هستند که با یک چسب پوشانده می‌شوند. آنها با کاهش نفوذپذیری آب، محیطی مرطوب را حفظ می‌کنند. پانسمان‌های فیلم نیمه‌تراوا معمولاً برای پوشاندن سوختگی‌های جزئی، زخم‌های ناشی از پیوند اعضا، زخم‌های بعد از عمل و انواع آسیب‌های جزئی ازجمله ساییدگی‌ها و پارگی‌ها استفاده می‌شوند. فیلم‌های نیمه‌تراوا متعددی در بازار وجود دارد که عمدتاً در رابطه با نرخ انتقال بخار آب (WVTR) متفاوت هستند. Tegaderm و Opsite از رایج‌ترین پوشش‌های فیلم هستند[۱۳].

۴- معایب و مزایای انواع زخم‌پوش‌ها

استفاده از هرکدام از زخم‌پوش‌های نامبرده دارای مزایا و معایب خاص خود می‌باشد که در جدول۱-۳ به اختصار به آنها می‌پردازیم:

جدول ۱-۳ خواص، مزایا و معایب انواع زخم‌پوش‌ها[۱۲].

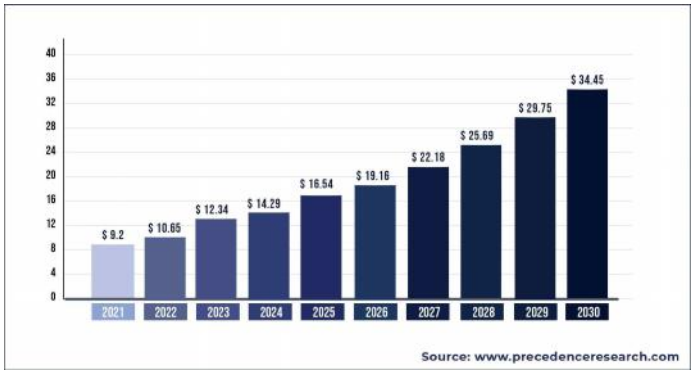
نوع زخم‌پوش	خواص	مزایا	معایب
فیلم‌ها	لایه‌های پلی‌اورتان نازک، انعطاف‌پذیر، شفاف و خودچسبنده مناسب برای: زخم‌های غیرآلوده، لیزری و سطحی	نفوذپذیری خوب گازها، غیرقابل نفوذ به باکتری‌ها و مایعات، نظارت آسان بر زخم از طریق شفافیت فیلم، و خیساندن کمتر و بدون درد	چسبیدن به بستر زخم، غیرجاذب اجازه تجمع ترشحات زخم، تهاجم و عفونت آسان باکتری و غیرقابل نفوذ برای پروتئین‌ها و داروها
فوم‌ها	لایه‌های پلی‌اورتان، PEG و سیلیکون دولمینیت	جذب بالا، مرطوب نگه‌داشتن محیط، عدم نشتی در برابر	بسیار چسبنده، تشکیل لایه مات که نظارت بر زخم را پیچیده می‌کند، نیمه تراوا

	مناسب برای: سوختگی، زخم‌های مزمن، حفره‌های شکل زخم و زخم‌های عمیق	تهاجم باکتری‌ها، استفاده بسیار آسان و کم‌هزینه	برای گازها، غیرقابل استفاده برای زخم‌های خشک شده و پایداری ضعیف
هیدروژل‌ها	پلیمرهای طبیعی و مصنوعی، ظرفیت جذب بالا و به‌عنوان عامل تسکین‌دهنده و خنک‌کننده زخم‌های پوستی استفاده می‌شود. مناسب برای: اکثر انواع زخم‌ها و سوختگی‌ها	ظرفیت ترشح بالا، غیرچسبنده، به راحتی از زخم برداشته می‌شود، تسریع در بهبود، کاهش درد و التهاب، بدون هزینه، به راحتی توسعه یافته و قابل استفاده است.	نیمه‌شفاف، نیمه‌تراوا در برابر گازها و بخار آب، سد باکتریایی ضعیف و گاهی اوقات پایداری مکانیکی ضعیف
هیدروکلوئیدها	سیستم‌های دو فازی از نشاسته تثبیت‌شده با ید، دکستران-PEG یا پلیمرهای بافته پلاستیکی مناسب برای: زخم‌های مزمن و سوختگی	مواد جاذب بالا، به راحتی با آب نمک یا استریل جدا می‌شوند، مواد غیرچسبنده، با چگالی بالا، ضد آب و بدون پانسمان دردی	ناپایدار حجمی، ترشحات با نشت زیاد، هیدروکلوئید دکستران که بهبود را به تأخیر می‌اندازد، نفوذناپذیر در برابر گازها، بوی نامطبوع و تغییرات رنگ است.
زخم‌پوش آلژیناتی	پلیمر آلژینات به شکل الیاف بافته شده. تبادل یونی با	جاذب بالا، غیرچسبنده، پایداری مکانیکی	بسیار پرهزینه، بوی نامطبوع، کار سخت و در دسترس نبودن

	کلسیم آلژینات و سرم خون Na صورت می‌گیرد مناسب برای: زخم‌های جراحی و سوختگی کامل	بالا، پایدار برای مدت طولانی، به راحتی توسط محلول نمک حذف می‌شود، و مانع باکتریایی خوب	

۵- نتیجه‌گیری و بحث

با توجه به افزایش بیماری‌هایی مانند چاقی دیابت به‌طور چشم‌گیری شاهد افزایش زخم‌های مزمن هستیم که سالانه هزینه گزافی برای دولت‌ها و خود بیمار به وجود می‌آورد و همچنین دوره بیماری بسیار طولانی بوده و موجب فرسایش روانی بیمار و اطرافیان او نیز می‌شود. ازاین‌رو استفاده از زخم‌پوش‌های مدرن به‌جای استفاده از روش‌های قدیمی درمان می‌تواند تأثیر بسزایی در بهبود هر چه بیشتر بیمار داشته باشد و روند درمان را کاهش دهد. این فناوری جدید می‌تواند بازارهای بزرگ اقتصادی را به خود اختصاص دهد و راهی مطمئن برای درمان زخم‌های مزمن باشد. این پانسمان‌های زخم برای زخم‌های مزمن، زخم‌های جراحی، انواع سوختگی‌ها کاربرد دارد. اگرچه هنوز استفاده از زخم‌پوش‌های سنتی رایج‌تر است اما با توجه به نمودار زیر سالیانه استفاده از این نوع محصولات افزایش چشمگیری در اقتصاد کشورها دارد.



شکل ۴. بازار زخم‌پوش‌های مدرن از سال ۲۰۲۱ و پیش‌بینی آن تا سال ۲۰۳۰

در یک مطالعه یانگ و همکاران مجموعه‌ای از هیدروژل‌های چندمنظوره با خواص ضد باکتریایی، تراکم‌پذیری، چسبندگی، آنتی‌اکسیداسیون و هموستاز را توسعه دادند و بیشتر نشان داده شد که می‌توان از آنها به‌عنوان زخم‌پوش علیه نوع جدیدی از باکتری‌های مقاوم به دارو استفاده کرد. این هیدروژل‌ها خاصیت رئولوژیکی پایدار، زمان ژل شدن کوتاه، چسبندگی بافتی عالی، زیست سازگاری، خاصیت ضد باکتریایی و قابلیت مهار رادیکال‌های آزاد را نشان دادند که می‌تواند به‌طور مؤثر باعث بهبود زخم شود. علاوه‌براین، هیدروژل CSG-PEG/DMA6/Zn توانایی انعقاد خون خوبی را در شرایط آزمایشگاهی و توانایی هموستاتیک در داخل بدن نشان داد. همه نتایج نشان می‌دهد که این هیدروژل‌های هموستاز آنتی‌اکسیدانی چسبنده آنتی‌بیوتیکی چندمنظوره، مستقل از آنتی‌بیوتیک، کاندیدهای رقابتی هستند و می‌توانند برای درمان زخم‌های آلوده به باکتری‌های مقاوم استفاده شوند[۱۵].

در مطالعه دیگر پستولیک و همکاران فیلم‌های مبتنی بر پلی‌ساکاریدهای متقاطع، کاراژینان و آلژینات تهیه کردند. فیلم‌ها می‌توانند زنده ماندن سلول‌ها را افزایش دهند و در نتیجه تأثیر مفیدی بر تکثیر سلولی که یکی از مراحل بهبود زخم است، داشته باشند. در نهایت، با توجه به نتایج مطالعه in vivo، می‌توان نتیجه گرفت که فیلم‌های مبتنی بر کاراگینان، آلژینات، پولوکسامر و کورکومین می‌توانند پتانسیل بالایی برای التیام زخم‌های ناشی از سوختگی داشته باشند[۱۶]. محققان معتقدند که مزایای اصلی پانسمان‌های زخم مدرن در مقایسه با مواد کلاسیک شامل پاکسازی کارآمدتر زخم، قرار دادن ساده‌تر پانسمان، کاهش درد هنگام لمس، کاهش چسبندگی به سطح زخم و افزایش ظرفیت جذب ترشحات زخم است. پانسمان‌های مدرن زخم، تشکیل بافت گرانول را تسریع می‌کنند، مدت اقامت احتمالی در بیمارستان را کاهش می‌دهند و کار پرسنل را تسهیل می‌کنند. اگرچه قیمت پانسمان زخم مدرن بالاتر از مواد کلاسیک است اما هزینه کلی درمان کاهش می‌یابد و بیمار سریع‌تر بهبود می‌یابد.

۶- منابع

1. Rodríguez-Acosta, H., et al., *Chronic wound healing by controlled release of chitosan hydrogels loaded with silver nanoparticles and calendula extract.* Journal of Tissue Viability, 2022. **31**(1): p. 173-179.
2. Qi, L., et al., *Progress in hydrogels for skin wound repair.* Macromolecular Bioscience, 2022. **22**(7): p. 2100475.
3. Teller, P. and T.K. White, *The physiology of wound healing: injury through maturation.* Perioperative Nursing Clinics, 2011. **6**(2): p. 159-170.
4. Falanga, V., et al., *Chronic wounds.* Nature Reviews Disease Primers, 2022. **8**(1): p. 50.
5. Han, G. and R. Ceilley, *Chronic wound healing: a review of current management and treatments.* Advances in therapy, 2017. **34**: p. 599-610.
6. Firlar, I., et al., *Functional hydrogels for treatment of chronic wounds.* Gels, 2022. **8**(2): p. 127.
7. Dhivya, S., V.V. Padma, and E. Santhini, *Wound dressings–a review.* BioMedicine, 2015. **5**(4): p. 22.
8. Flett, A., et al., *Modern wound management: Review of common products.* Nursing And Residential Care, 2002. **4**(7) **:**p. 328-344.
9. Nguyen, H.M., et al., *Biomedical materials for wound dressing: recent advances and applications.* RSC advances, 2023. **13**(8): p. 5509-5528.
10. Thomas, S., *Hydrocolloid dressings in the management of acute wounds: a review of the literature* **.**International wound journal, 2008. **5**(5): p. 602-613.
11. Kong, D., et al., *Adhesion loss mechanism based on carboxymethyl cellulose-filled hydrocolloid dressings in physiological wounds environment.* Carbohydrate polymers, 2020. **235**: p. 115953.
12. Kamoun, E.A., E.-R.S. Kenawy, and X. Chen, *A review on polymeric hydrogel membranes for wound dressing applications: PVA-based hydrogel dressings.* Journal of advanced research, 2017. **8**(3): p. 217-233.
13. Nuutila, K. and E. Eriksson, *Moist wound healing with commonly available dressings.* Advances in Wound Care, 2021. **10**(12): p. 685-698.

14. Hamedi, H., et al., *Chitosan based hydrogels and their applications for drug delivery in wound dressings: A review*. Carbohydrate polymers, 2018. **199**: p. 445-460.
15. Yang, Y., et al., *Mussel-inspired adhesive antioxidant antibacterial hemostatic composite hydrogel wound dressing via photo-polymerization for infected skin wound healing.* Bioactive materials, 2022. **8**: p. 341-354.
16. Postolović, K., et al., *Optimization, characterization, and evaluation of carrageenan/alginate/poloxamer/curcumin hydrogel film as a functional wound dressing material.* Materials Today Communications, 2022. **31**: p. 103528.