

کاربرد پانسمان پوست ماهی در درمان زخم پای دیابتی: یک مرور کلی

منصور سیاوش^۱، طاهره صادقی^۲، مجتبی اکبری^۳

مقاله مروری

چکیده

مقدمه: زخم پای دیابتی، یکی از عوارض شایع و جدی بیماری دیابت است که می‌تواند منجر به ناتوانی و قطع عضو شود و بار اقتصادی قابل توجهی را بر نظام‌های بهداشتی تحمیل کند. با وجود درمان‌های استاندارد بسیاری از این زخم‌ها بهبودی کامل پیدا نمی‌کنند. اخیراً، پانسمان پوست ماهی به عنوان یک راهکار نوین و مؤثر در درمان این زخم‌ها مورد توجه قرار گرفته است.

روش‌ها: مطالعات بالینی و تحقیقاتی متعددی انجام شده است تا اثرات پانسمان‌های ساخته شده از پوست ماهی بر زخم پای دیابتی بررسی و مقایسه شود. در این بررسی‌ها، ویژگی‌های ساختار کلاژنی طبیعی، خواص ضدالتهابی، ضدباکتریایی و ضدویروسی، و سازگاری زیستی پوست ماهی مورد ارزیابی قرار گرفته است.

یافته‌ها: نتایج نشان می‌دهد که پانسمان پوست ماهی، روند ترمیم زخم را تسریع کرده و عوارض جانبی را کاهش می‌دهد. این پانسمان نسبت به روش‌های مرسوم درمانی، نرخ بهبودی بالاتر، کاهش درد، کاهش دفعات تعویض پانسمان و هزینه‌های کمتر درمانی را به همراه دارد. به علاوه، خطر پایین انتقال بیماری‌های ویروسی و سازگاری بالا با بافت انسانی، استفاده از این پانسمان را به ویژه در مناطق با منابع محدود ایمن و مناسب ساخته است.

نتیجه‌گیری: پانسمان پوست ماهی، چشم‌اندازی نویدبخش در مدیریت زخم‌های مزمن پای دیابتی و سایر آسیب‌های پوستی فراهم می‌کند. با وجود مزایای قابل توجه، نیاز به تحقیقات بیشتر جهت ارزیابی ایمنی و اثربخشی بلندمدت و بهبود فرایندهای فرآوری و استریل‌سازی احساس می‌شود.

واژگان کلیدی: زخم پای دیابتی؛ پانسمان پوست ماهی؛ بهبود زخم؛ گرافت پوستی ماهی؛ آسلولار پوست ماهی

ارجاع: سیاوش منصور، صادقی طاهره، اکبری مجتبی. کاربرد پانسمان پوست ماهی در درمان زخم پای دیابتی: یک مرور کلی. مجله دانشکده پزشکی اصفهان ۱۴۰۵؛ ۴۴ (۸۵۸): ۵۷۵-۵۸۴.

مقدمه

بیماری دیابت، یک بیماری مزمن است که با سطح بالای گلوکز خون به دلیل تولید ناکافی انسولین یا مقاومت به انسولین ایجاد می‌شود (۱). تخمین زده می‌شود که بیش از ۵۳۷ میلیون نفر (۱۰/۵ درصد) از افراد ۲۰ تا ۷۹ ساله در سراسر جهان در حال حاضر به این بیماری مبتلا هستند (۲). دیابت (DM) بار اقتصادی قابل توجهی را بر کشورهای مختلف، نظام‌های سلامت، افراد مبتلا به دیابت و خانواده‌های آن‌ها تحمیل می‌کند (۳).

یکی از شایع‌ترین عوارض بیماری دیابت، زخم‌های پای دیابتی (Diabetic foot ulcers) DFU هستند که به دلایلی از جمله انواع مختلف نوروپاتی و ایسکمی ایجاد می‌شوند (۴). حدود ۱۹ تا ۳۴

درصد افراد مبتلا به دیابت در طول زندگی خود به زخم پای دیابتی (DFU) مبتلا می‌شوند (۵). این عارضه می‌تواند باعث ناتوانی و حتی افزایش خطر قطع عضو و مرگ شود (۶). هزینه متوسط درمان یک زخم پای دیابتی با شدت خفیف حدود ۲,۹۴۲ دلار آمریکا است که این هزینه در مناطق مختلف جهان متفاوت و تا حدود ۱۷,۷۵۸ دلار نیز گزارش شده است. برای زخم‌های شدیدتر، هزینه متوسط درمان به طور قابل توجهی بیشتر و حدود ۱۷,۴۰۳ دلار آمریکا برآورد شده است که دامنه هزینه‌ها از ۵۴۶ دلار تا ۶۷,۱۷۸ دلار متغیر است. هزینه‌های درمان زخم پای دیابتی در مناطق مختلف جهان بسیار متفاوت است و هزینه‌ها می‌تواند معادل چندین ماه درآمد فرد باشد (۷). در ایران، هزینه سالانه متوسط درمان زخم پای دیابتی برای هر

۱- استاد، فوق تخصص غدد، مرکز تحقیقات غدد و متابولیسم، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۲- کارشناسی ارشد، مرکز تحقیقات غدد و متابولیسم، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۳- دکتری تخصصی، مرکز تحقیقات غدد و متابولیسم، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

نویسنده‌ی مسؤول: طاهره صادقی: کارشناسی ارشد، مرکز تحقیقات غدد و متابولیسم، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

Email: Saaina253@gmail.com

بیمار حدود ۷,۶۱۶ دلار آمریکا گزارش شده است که شامل هزینه‌های مستقیم پزشکی، هزینه‌های غیرمستقیم و هزینه‌های مرتبط با از دست دادن بهره‌وری می‌باشد (۸).

عوامل متعددی از جمله کاهش رگ‌زایی (Impaired angiogenesis)، افزایش تنش اکسیداتیو (High oxidative stress)، پاسخ التهابی مزمن، ایسکمی شدید در میکروسیرکولاسیون (Severe microcirculatory ischemia) و عفونت‌های مکرر باعث طولانی شدن روند درمان می‌شوند (۹). مدیریت مؤثر زخم‌های پای دیابتی، نیازمند کنترل کامل عوامل زمینه‌ای از جمله کنترل قند خون، درمان عفونت، دربریدمان بافت مرده، بهبود خون‌رسانی و کاهش فشار مکانیکی است (۱۰). بر اساس راهنمای استانداردهای مراقبت دیابت ۲۰۲۵ منتشر شده توسط انجمن دیابت آمریکا (ADA (Diabetes Research, Education, Advocacy)، مواردی که درمان‌های استاندارد یا جراحی کافی نیستند، استفاده از پانسمان‌های پیشرفته توصیه می‌شود (۱۱).

اتوگرافت‌های پوستی (پیوند پوست از بدن خود بیمار) نیازمند ایجاد زخم جدید هستند و ممکن است در صورت وجود زخم یا سوختگی‌های گسترده، برای بیمار قابل دسترس نباشند. آلوگرافت‌های پوستی (پیوند پوست از فرد دیگر) به دلیل شناخته شدن به عنوان بافت خارجی ممکن است توسط سیستم ایمنی بدن رد شوند (۱۲). پیوندهای زینوگرافت که (از حیواناتی مانند خوک، گاو) تهیه می‌شوند (۱۳) به عنوان جایگزین‌های پوستی اقتصادی‌تر نسبت به آلوگرافت‌ها هستند، اما با ریسک بالاتر عفونت و چالش‌هایی در تولید و کاربرد گسترده مواجه‌اند (۱۴). همچنین ممکن است خطر انتقال بیماری‌های ویروسی را به همراه داشته باشند، اما پانسمان پوست ماهی فاقد چنین خطری است (۱۵). علاوه بر محدودیت‌های مذهبی در اسلام، یهودیت و هندوها، استفاده از برخی کلاژن‌های حیوانات پستاندار مانند خوک و گاو را محدود می‌کند (۱۶) اما کلاژن پوست ماهی در فرهنگ‌ها و مذاهب متعددی پذیرفته شده و به عنوان جایگزینی امن، طبیعی و مؤثر قلمداد می‌شود (۱۷).

استفاده نوین از مواد مهندسی زیستی و پانسمان‌های بیولوژیکی، چشم‌انداز درمان زخم پای دیابتی (DFU) را متحول ساخته است. در میان این نوآوری‌ها، پانسمان پوست ماهی به واسطه خواص بیولوژیکی منحصر به فرد خود، توجه ویژه‌ای را به خود جلب کرده است. هدف این مقاله بررسی پیشرفت‌های امیدوارکننده در درمان زخم پای دیابتی (DFU) با تمرکز بر کاربرد پانسمان پوست ماهی است.

روش‌ها

در این مطالعه، به منظور بررسی اثربخشی پانسمان‌های ساخته شده از پوست ماهی در درمان زخم پای دیابتی، مطالعات بالینی و تحقیقاتی مرتبط در پایگاه‌های اطلاعاتی معتبر از جمله PubMed، Scopus و

Web of Science با استفاده از کلیدواژه‌های مربوط به «Diabetic foot ulcer»، «Fish skin dressing»، «Fish skin grafts» و «Acellular fish skin» جستجو شد. مطالعات انتخاب شده شامل کارآزمایی‌های بالینی تصادفی کنترل‌شده، مطالعات مشاهده‌ای و مرورهای نظام‌مند بودند که نتایج آن‌ها درباره قابلیت زیستی، ایمنی و میزان بهبودی زخم‌ها تحلیل و مقایسه گردید. علاوه بر آن، داده‌های استخراج شده درباره ویژگی‌های ساختاری و بیوشیمیایی پانسمان‌های پوست ماهی همچون میزان کلاژن، خواص ضدالتهابی و ضدباکتریایی و سازگاری زیستی، همچنین فرایندهای دی‌سلوله‌سازی، استریل‌سازی و پس‌پردازش مورد بررسی قرار گرفت. این رویکرد جامع، امکان ارزیابی دقیق اثرات درمانی و محدودیت‌های موجود را فراهم ساخته و مبنایی برای تحلیل کیفی و کمی دستاوردهای پژوهش‌های گوناگون در این حوزه ایجاد کرده است.

فلوچارت ۱ مراحل مختلف فرایند دی‌سلوله‌سازی، پس‌پردازش و استریل‌سازی پوست ماهی را به طور خلاصه و گرافیکی نشان می‌دهد که اهمیت حفظ ساختار کلاژنی و خواص بیولوژیکی پوست ماهی در تولید پانسمان را برجسته می‌کند:

فرایند سلول‌زدایی پوست ماهی

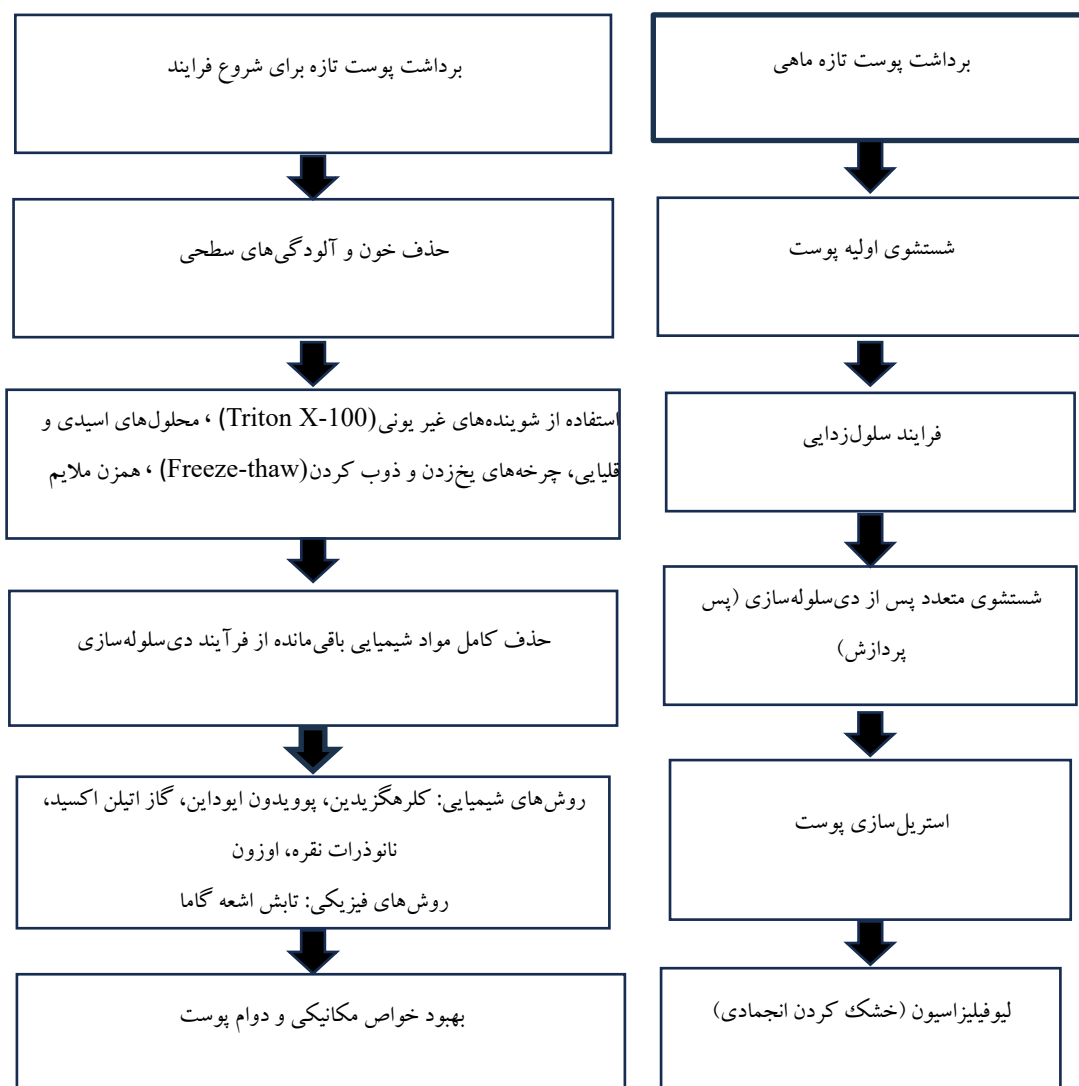
فرایند سلول‌زدایی شامل حذف سلول‌های زنده و اجزای ایمنی‌زا از پوست ماهی با استفاده از ترکیبی از روش‌های شیمیایی و فیزیکی است. معمولاً از شوینده‌های غیر یونی مانند Triton X-100، محلول‌های اسیدی و قلیایی، چرخه‌های یخ‌زدن و ذوب کردن (freeze-thaw) و هم‌زدن ملایم استفاده می‌شود. هدف این است که سلول‌ها به طور کامل حذف شوند در حالی که ساختار سه‌بعدی ماتریکس خارج سلولی (ECM) و کلاژن حفظ گردد تا پوست ماهی به عنوان داربستی زیست‌سازگار و کم‌ریسک برای بازسازی بافت‌ها آماده شود (۱۸).

فرایندهای پس‌پردازش

پس از دی‌سلوله‌سازی پوست ماهی، فرایندهای پس‌پردازش شامل شستشوی متعدد برای حذف کامل مواد شیمیایی باقی‌مانده انجام می‌شود (۱۹).

استریل‌سازی پوست ماهی

روش استریلیزاسیون استاندارد باید عوامل بیماری‌زای مضر را از بین ببرد، اما در عین حال خواص ساختاری و بیوشیمیایی را حفظ کند تا عملکرد پانسمان دچار مشکل نشود روش‌های متعددی برای استریل کردن پانسمان‌های بیولوژیکی معرفی شده است که شامل روش‌های شیمیایی مانند استفاده از کلرگزیدین، پویدون ید، گاز اتیلن اکسید، نانوذرات نقره و اوزون می‌شود. همچنین روش‌های فیزیکی از جمله تابش اشعه گاما، که با ایجاد تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم بر DNA میکروارگانیسم‌ها، به عنوان یک روش مؤثر در



فلوچارت ۱. مراحل مختلف آماده‌سازی پانسمان پوست ماهی

استریلیزاسیون شناخته شده است، به کار گرفته می‌شود (۲۰). نانوذرات نقره یکی از مؤثرترین مواد است این مواد به دلیل اندازه کوچک خود، به آسانی وارد سلول‌های باکتری می‌شوند و با آسیب رساندن به پروتئین‌ها، آنزیم‌ها، DNA و به‌ویژه تخریب ریبوزوم‌ها، سنتز پروتئین را متوقف کرده و سلول باکتری را نابود می‌کنند (۲۱).

لیوفیلیزاسیون (Lyophilization) (خشک کردن انجمادی)

پوست ماهی تازه به‌سرعت دچار فساد می‌شود که این موضوع از مهم‌ترین چالش‌ها در نگهداری آن به‌شمار می‌رود. عوامل مختلفی مانند فساد میکروبی، تجزیه خودبه‌خودی و اکسیداسیون چربی‌ها به تدریج کیفیت پوست تازه ماهی را کاهش می‌دهند. لیوفیلیزاسیون به‌عنوان روشی بالقوه و مؤثر برای نگهداری بلندمدت پانسمان پوست ماهی بکار برده می‌شود (۲۲). لیوفیلیزاسیون یا خشک کردن انجمادی یک فرایند حذف آب در دمای پایین است که در آن ماده از حالت

جامد مستقیماً به حالت گاز تبدیل می‌شود، بدون اینکه ابتدا به حالت مایع تبدیل شود (۲۳). در این فرایند ساختار سه‌بعدی و خواص بیولوژیکی پوست ماهی به‌طور کامل حفظ می‌شود. لیوفیلیزاسیون موجب خشک و پایدار شدن بافت‌ها شده و به‌طور چشمگیری نرخ فساد میکروبی و تجزیه بافت را کاهش می‌دهد. همچنین، این روش نگهداری علاوه بر افزایش ماندگاری پیوند، حمل و نقل و ذخیره‌سازی آن را به‌طور قابل‌توجهی تسهیل می‌کند (۲۲، ۲۴، ۲۵).

یافته‌ها

انواع ماهی‌هایی که تا کنون برای پانسمان پوست ماهی استفاده شده است (Nile Tilapia (Oreochromis Niloticus)، Lethrinus، Shaour Fish (lentjan)، Atlantic Cod (Gadus morhua) و Milk fish (Chanos Chanos) بوده‌اند (۱۸).

اثربخشی پانسمان پوست ماهی در درمان زخم پای دیابتی

پیوندهای پوستی ماهی نتایج امیدوارکننده‌ای در درمان زخم پای دیابتی، زخم‌های وریدی پا (۲۶) و انواع سوختگی (۲۷) نشان داده‌اند. همچنین در جراحی نئوواژینوپلاستی به عنوان داربستی اقتصادی و سازگار با بدن برای رشد بافت اپیتلیال جدید به کار می‌روند که عوارض جانبی ندارد (۲۵). همچنین پانسمان پوست ماهی در فرایند بازسازی تاندون‌ها، عملکرد چشمگیری داشته است. به طور کلی، دامنه‌ی کاربردهای درمانی پوست ماهی بسیار وسیع است و از درمان انواع زخم‌ها تا مدیریت مشکلات دهانی نظیر زخم‌های پس از کشیدن دندان و نکروز استخوان را در برمی‌گیرد (۲۸).

پانسمان‌های پوست ماهی نیاز به تعویض پانسمان و مصرف داروهای مسکن را کاهش می‌دهند. این پانسمان‌ها سازگار با بدن بوده و هزینه‌ی کمتری نسبت به روش‌های سنتی دارند، بنابراین برای درمان‌های طولانی‌مدت و مناطق با منابع محدود بسیار مناسب هستند (۱۲، ۲۹، ۳۰).

جدول ۱، مقایسه‌ای جامع و دقیق از اثربخشی پانسمان پوست ماهی در مقایسه با دیگر روش‌های درمانی ارائه می‌دهد که نشان‌دهنده‌ی افزایش چشمگیر نرخ بهبودی، کاهش مدت زمان ترمیم زخم و کاهش عوارض جانبی مرتبط با درمان است.

مزایا:

پوست ماهی به دلیل ساختار مشابه پوست انسان، دارای سازگاری زیستی بالایی است و تاکنون واکنش حساسیتی نسبت به آن گزارش نشده است. همچنین با توجه به عدم خطر انتقال بیماری‌های ویروسی، نیازی به فرآوری‌های شدید ندارد که این امر موجب حفظ ویژگی‌های اصلی پوست ماهی و کاهش هزینه‌ها می‌شود. تخلخل بالای این گرافت‌ها باعث چسبندگی مناسب و عبور فیبروبلاست‌ها جهت تسهیل ترمیم زخم می‌گردد (۱۲). کلاژن (نوع ۱ و ۲) به مقدار زیاد در پوست ماهی یافت می‌شود (۳۱) که نقش مهمی در ترمیم بافت‌های آسیب‌دیده و عملکردهای حیاتی سلولی مانند رشد، تکثیر، تمایز و حرکت سلول‌ها ایفا می‌کند. این ماده به دلیل سازگاری زیستی بالا،

جدول ۱. مقایسه‌ی اثربخشی پانسمان پوست ماهی در درمان زخم پای دیابتی در مطالعات بالینی با ذکر روش درمان گروه کنترل

منبع مطالعه	نوع مطالعه	تعداد بیماران	نرخ بهبودی (گروه پوست ماهی)	نرخ بهبودی (گروه کنترل)	زمان متوسط بهبود	روش درمان گروه کنترل	نکات کلیدی و توضیحات
مطالعه چند مرکزی Dardari D و همکاران، (۲۰۲۲) (۱۳)	کارآزمایی بالینی تصادفی	۲۵۵	۴۴ درصد (در ۱۶ هفته)	۲۶ درصد (در ۱۶ هفته)	۱۷/۳ هفته (پوست ماهی)	مراقبت استاندارد (Standard care)	پانسمان پوست ماهی باعث تسريع و بهبود قابل توجه زخم‌های عمیق پای دیابتی شده است. کاهش دفعات تعویض و تسکین درد از مزایا است عوارض جانبی مشابه یا کمتر بودند.
مرور نظام‌مند و متآنالیز Ruiz-Munoz M و همکاران، (۲۰۲۴) (۴۲)	تحلیل چند مطالعه RCT	۴۱۱	OR = ۳/۳۴ نسبت به کنترل	-	-	پانسمان‌های مرسوم (Conventional dressings)	پانسمان پوست ماهی اثربخشی بالاتر، کاهش عفونت و واکنش‌های آلرژیک کمتر نسبت به روش‌های معمول داشته است.
مطالعه ترکیبی با فشار منفی Chng و Tan، (۲۰۲۵) (۳۵)	مطالعه بالینی کوچک	۶	۱۰۰ درصد (در ۱۹ هفته)	-	۱۹ هفته	درمان فشار منفی (Negative pressure therapy)	ترکیب پانسمان پوست ماهی با درمان فشار منفی باعث تسريع بهبود زخم و کاهش عفونت شده است. برای زخم‌های عمیق بسیار موثر بود.
کارآزمایی بالینی تصادفی، چند مرکزی، دوسوکور Lullove و همکاران، (۲۰۲۱) (۵۱)	کارآزمایی بالینی تصادفی	۴۹	۶۷ درصد (در ۱۲ هفته)	۳۲ درصد (در ۱۲ هفته)	۱۲ هفته	مراقبت استاندارد (Standard care)	پانسمان پوست ماهی به طور قابل توجهی روند بهبود زخم‌های مزمن مقاوم به درمان را تسريع کرده است.
مرور جامع و تحلیلی Zhao و همکاران، (۲۰۲۵) (۱۰)	مرور نظام‌مند چند مطالعه	بیش از ۴۰۰	۶۰-۸۰ درصد (متغیر بر اساس مطالعه)	۳۰-۵۰ درصد (متغیر بر اساس مطالعه)	۸-۱۶ هفته متوسط	مراقبت استاندارد و پانسمان‌های مرسوم	پانسمان پوست ماهی با فراهم کردن محیط مرطوب و کلاژن طبیعی سرعت بهبود و کیفیت زندگی بیماران را افزایش داده است.

۵- محل پیوند با پانسمان مناسب پوشانده می‌شود تا از عفونت جلوگیری شود و تماس محکم پیوند با بستر حفظ شود. ۶- مراقبت پس از پیوند: پانسمان‌ها تعویض شده و زخم برای جلوگیری از عفونت کنترل می‌شود؛ ممکن است چند بار پیوند تکرار شود (۳۷).

مراقبت‌های پس از پیوند:

۱- پانسمان: پوشاندن پیوند با پانسمان مناسب و بررسی روزانه برای اطمینان از عدم فشار زیاد یا شل بودن. ۲- در صورت نیاز کنترل درد: استفاده از داروهای مسکن تجویزی و اعمال کمپرس سرد برای کاهش درد و تورم. ۳- تمیز کردن و مراقبت از زخم: حفظ تمیزی و خشکی محل پیوند، تعویض پانسمان طبق دستور پزشک و استفاده از پمادهای ترمیمی در صورت نیاز. ۴- اجتناب از فعالیت‌های شدید: خودداری از فعالیت‌های بدنی سنگین تا تأیید پزشک برای جلوگیری از آسیب به پیوند. ۵- تغذیه مناسب: رعایت رژیم غذایی متعادل با پروتئین، ویتامین‌ها و مواد معدنی و پرهیز از مصرف الکل و سیگار. ۶- پیگیری‌های پزشکی: مراجعات منظم به پزشک برای ارزیابی روند بهبودی و انجام آزمایش‌های لازم (۳۵).

بحث

زخم پای دیابتی، یکی از عوارض جدی و پرهزینه دیابت است که می‌تواند منجر به قطع عضو و عوارض متعدد جسمی و روانی برای بیماران شود. این زخم‌ها تأثیر قابل توجهی بر کاهش کیفیت زندگی بیماران دارند و علاوه بر بار بالای درمانی، فشار اقتصادی سنگینی را بر بیماران، خانواده‌ها و سیستم‌های بهداشتی وارد می‌کنند. هزینه‌های مستقیم (درمان و مراقبت‌های طولانی‌مدت)، و هزینه‌های غیرمستقیم (ناشی از کاهش بهره‌وری و از دست دادن توان کاری) از عوامل اصلی بار اقتصادی این بیماری به شمار می‌روند بنابراین، یافتن روش‌های درمانی مؤثر، مقرون به صرفه و قابل دسترسی یک نیاز اساسی است (۳۸، ۳۹). در سال‌های اخیر، استفاده از پانسمان‌های ساخته شده از پوست ماهی به عنوان یکی از روش‌های نوین و بسیار مؤثر در درمان زخم‌های پای دیابتی نتایج امیدوارکننده‌ای را نشان داده است (۴۰، ۴۱).

این پانسمان به دلیل وجود کلاژن طبیعی و ساختار ECM (ماتریکس خارج سلولی) منحصر به فرد، توجه فراوانی را به خود جلب کرده است (۲۶) و با فراهم آوردن یک محیط مرطوب و بهینه برای ترمیم، تسریع فرآیند اپیتلیزاسیون، افزایش فعالیت فیبروبلاست‌ها و تسهیل مهاجرت سلولی را ممکن می‌سازد علاوه بر این، خواص ضدالتهابی و ضدباکتریایی پوست ماهی نقش مؤثری در کاهش بار میکروبی و التهاب مزمن زخم‌ها دارد که از اصلی‌ترین موانع در روند ترمیم محسوب می‌شوند (۴۲-۴۴) ساختار متخلخل و داربستی پوست

تحریک کم سیستم ایمنی، قابلیت جذب سلول‌های ماکروفاژ و فیبروبلاست و سهولت استفاده، به‌عنوان ماده‌ای مؤثر در ساخت پانسمان‌های زخم کاربرد دارد (۳۲). بدن ماهی با لایه‌ی مخاطی غلیظی پوشیده شده که علاوه بر حفاظت فیزیکی، حاوی مواد دفاعی طبیعی نظیر آنزیم‌های ضدباکتری (مانند لیزوزیم)، پروتئین‌های سیستم ایمنی (ایمونوگلوبولین‌ها، پروتئین‌های کمپلمان و CRP) است که به تقویت دفاع بدن کمک می‌کند (۳۳). همچنین پوست ماهی دارای اسیدهای چرب امگا-۳ مانند DHA (Docosahexaenoic Acid) و EPA (Eicosatetraenoic Acid) است که این ترکیبات خاصیت ضدباکتریایی و ضدالتهابی دارند. این ترکیبات می‌توانند با باکتری‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک مانند MRSA مقابله کرده و همچنین باکتری‌هایی مانند استافیلوکوک اپیدرمیدیس و استرپتوکوک همولیتیک را در غلظت‌های مشخص از بین ببرند. علاوه بر این، امگا-۳ رشد بیوفیلم باکتری‌ها را مهار کرده و فعالیت ژن‌های مؤثر در بیماری‌زایی استافیلوکوک اورئوس را کاهش می‌دهد (۳۴).

این پانسمان به‌راحتی در دسترس بوده، ایمن و نوآورانه است و به آسانی قابل استفاده می‌باشد علاوه بر این، فاقد میکروبیوتای عفونی است (۲۱) و قادر است محیطی مرطوب و ایمن برای زخم فراهم کند و از نظر هزینه به‌صرفه بوده و کارایی قابل توجهی دارد (۲۷).

محدودیت‌ها و چالش‌ها:

پانسمان پوست ماهی به عنوان تکنیک‌های نوپهور با نتایج امیدوارکننده مطرح هستند، اما برای تأیید ایمنی و اثربخشی بلندمدت آن‌ها نیازمند تحقیقات بیشتری می‌باشیم. هرچند خطر انتقال عفونت در این پیوندها کم است، فرآوری و استریل‌سازی دقیق به‌منظور تضمین ایمنی الزامی است. همچنین، به دلیل تخریب سریع پوست ماهی، این پیوندها معمولاً به عنوان پوشش موقت مورد استفاده قرار می‌گیرند و ممکن است نیازمند تکرار فرایند درمان باشند (۳۵). بیومتریال‌های کلاژنی مانند پانسمان پوست ماهی نسبت به پلیمرهای مصنوعی، سختی بیومکانیکی کمتری داشته و با سرعت بیشتری در بدن تخریب می‌شوند (۳۶).

مراحل پیوند پوست ماهی:

۱- آماده‌سازی محل زخم: با استفاده از تیغ جراحی (مثلاً شماره ۱۵)، لبه‌های ضایعه و بستر زخم تمیز و بافت‌های مرده یا ملتهب برداشته می‌شود. ۲- اندازه‌گیری ضایعه: اندازه و شکل ضایعه مشخص می‌شود تا پیوند متناسب با آن بریده شود. ۳- برداشت و آماده‌سازی پیوند: پانسمان ماهی به اندازه و شکل مورد نیاز برش داده می‌شود. در صورت نیاز، پوست به صورت مشبک (با ایجاد حفره‌های کوچک) درمی‌آید تا پوشش وسیع‌تری ایجاد کند و مایعات زیر پیوند تخلیه شود. ۴- پوست آماده‌شده با دقت روی بستر زخم قرار داده می‌شود.

ماهی نیز نفوذ سلولی، گردش مواد مغذی و دفع مواد زائد را تسهیل کرده و شرایط مناسبی برای بازسازی بافت فراهم می‌کند (۱۹، ۴۵).

از طرفی پانسمان پوست ماهی خطر انتقال بیماری‌های ویروسی ندارد، بنابراین نیازمند فرآوری شدید نیست که موجب حفظ ویژگی‌های اصلی پوست ماهی و کاهش هزینه‌ها می‌شود (۴۶).

پانسمان پوست ماهی در مقایسه با روش‌های سنتی مانند آلوگرافت‌ها دارای مزایای قابل توجهی است. آلوگرافت‌ها به دلیل احتمال بروز واکنش‌های ایمنی و هزینه‌های بالاتر، محدودیت‌هایی در کاربرد بالینی دارند. در مقابل، پوست ماهی به دلیل سازگاری زیستی بهتر، ساختار طبیعی کلاژنی و خواص ضد میکروبی، گزینه‌ای مقرون به صرفه‌تر و کارآمدتر محسوب می‌شود (۴۸). همچنین، پانسمان پوست ماهی نسبت به پانسمان‌های مصنوعی که فاقد ساختار کلاژنی طبیعی هستند و در نتیجه نیاز به تعویض مکرر پانسمان و مصرف داروهای مسکن بیشتری دارند دارای برتری است (۲۶).

پیشرفت‌های مهندسی بافت و فناوری نانو باعث شده‌اند ویژگی‌های عملکردی پانسمان پوست ماهی به شدت بهبود یابد. افزایش استحکام مکانیکی پانسمان به این معناست که پانسمان مقاومت بیشتری در برابر پارگی و فرسایش داشته و مدت طولانی‌تری بدون نیاز به تعویض روی زخم باقی می‌ماند. این ویژگی باعث می‌شود بیمار کمتر دچار درد و ناراحتی شود و روند درمان ساده‌تر گردد. همچنین، کنترل نرخ تجزیه پانسمان که به معنای کاهش یا افزایش تدریجی تجزیه شدن ماده پانسمان است، بسیار مهم است؛ زیرا پانسمان باید مدت کافی روی زخم باقی بماند تا بافت جدید فرصت رشد داشته باشد و سپس به آرامی از بین برود تا بافت جدید جایگزین شود (۴۷، ۴۹). فناوری نانو نیز این امکان را فراهم می‌کند که عوامل رشد، مواد ضدالتهاب یا داروهای ضدباکتری به صورت کنترل شده و تدریجی از پانسمان آزاد شوند. این امر علاوه بر افزایش اثربخشی درمان، نیاز به تعویض مکرر پانسمان و مصرف داروهای اضافی را کاهش می‌دهد و در نهایت باعث سهولت و راحتی بیشتر بیمار در طول درمان می‌شود (۵۰).

مطالعات بالینی متعدد، از جمله کارآزمایی‌های تصادفی کنترل‌شده، اثربخشی بالاتر پانسمان پوست ماهی نسبت به مراقبت‌های استاندارد را در بهبود زخم‌های عمیق و مقاوم به درمان تایید کرده‌اند (۵۱-۵۳). اما تفاوت‌هایی در نتایج مشاهده شده وجود دارد. این اختلافات ممکن است به دلایل مختلفی از جمله تفاوت در روش‌های فرآوری پوست ماهی، کیفیت ماده اولیه، نوع و عمق زخم‌ها و شرایط بیمار باشد. به‌ویژه در بیماران با نقص سیستم ایمنی یا زخم‌های عمیق‌تر، پاسخ به درمان ممکن است متفاوت باشد که نشان‌دهنده نیاز به توسعه پروتکل‌های درمانی ترکیبی و تخصصی‌تر است.

فرآوری و استریل‌سازی دقیق پوست ماهی برای حفظ خواص بیولوژیکی و جلوگیری از عفونت ضروری است (۱۰). از نظر عملی و کاربردی، انتقال این فناوری به سطح کلینیکی در کشورهای در حال توسعه با موانعی روبرو است. با وجود اینکه پوست ماهی از نظر هزینه تولید نسبت به آلوگرافت‌ها و پانسمان‌های مصنوعی مقرون به صرفه‌تر است (۱۸، ۴۷)، اما هزینه‌های مرتبط با فرآوری، استریل‌سازی، ذخیره‌سازی و توزیع، به‌خصوص در بستر زیرساخت‌های محدود، چالش‌ساز است. بررسی دقیق هزینه-فایده پانسمان پوست ماهی باید علاوه بر هزینه‌های مستقیم درمان، بار اقتصادی ناشی از مراقبت‌های پس از درمان، عوارض و کاهش بهره‌وری کاری بیماران را نیز در نظر بگیرد. استفاده از منابع محلی و فناوری‌های تولید بومی می‌تواند به کاهش هزینه‌ها و ارتقاء دسترسی کمک شایانی کند.

همچنین مشکلات مقرراتی، استانداردسازی و عدم آگاهی کافی بیماران و کادر درمان می‌تواند موجب محدودیت در پذیرش این روش درمانی شود. جنبه فرهنگی و نگرش بیماران نسبت به استفاده از فرآورده‌های حیوانی نیز بر میزان پذیرش این تکنولوژی تأثیر خواهد گذاشت.

یکی از عوارضی که باید در نظر گرفته شود، احتمال بروز تغییر رنگ در محل اسکار پس از استفاده پانسمان پوست ماهی است (۲۶). که ممکن است بر جنبه‌های زیبایی‌شناسی و رضایت بیمار تأثیرگذار باشد. همچنین استفاده موقت از پانسمان و نیاز به تعویض مکرر آن می‌تواند بار درمانی و هزینه‌ها را افزایش دهد و به لحاظ عملی مشکلاتی در طول دوره درمان ایجاد کند نهایتاً مطالعات بلندمدت‌تر برای بررسی عوارض احتمالی مانند اسکار و اثربخشی پایدار آن لازم است (۱۳).

با نگاهی به آینده، پتانسیل ترکیب پانسمان‌های پوست ماهی با فناوری‌های درمانی نوین بسیار امیدوارکننده است. ادغام سلول‌های بنیادی در این مواد می‌تواند باعث افزایش توان بازسازی بافت و بهبود کیفیت ترمیم شود (۵۴). همچنین استفاده از پوست ماهی دسلولی شده همراه با ژل غنی از فاکتورهای رشد، روند ترمیم زخم‌های عمیق پوست را به طور قابل توجهی تسریع می‌کند (۵۵). در حالی که کاربرد نانوذرات امکان تقویت اثرات ضدباکتریایی، کنترل آزادسازی دارو و افزایش پایداری پانسمان را فراهم می‌آورد. این رویکردهای ترکیبی می‌تواند با کاهش زمان درمان و عوارض جانبی، گام مهمی در بهبود نتایج بالینی بردارد (۴۵، ۵۵). پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده با نمونه‌های بالینی بزرگ‌تر، دوره‌های بلندمدت پیگیری و مطالعات اقتصادی و اجتماعی جامع، انجام شود تا ایمنی و اثربخشی بلندمدت پانسمان پوست ماهی به طور کامل ارزیابی شود. همچنین، توسعه

زیستی بالا، موجب تسریع روند ترمیم زخم، کاهش درد و عوارض جانبی، و بهبود کیفیت زندگی بیماران می‌شود. همچنین، مزایایی مانند کاهش دفعات تعویض پانسمان، کاهش نیاز به داروهای مسکن و خطر کم انتقال بیماری‌های ویروسی، آن را به گزینه‌ای ایمن و مناسب برای استفاده در مناطق با منابع محدود و شرایط خاص تبدیل کرده است. با وجود این، نیاز به تحقیقات بیشتر برای اثبات کامل ایمنی و اثربخشی بلندمدت، و بهبود روش‌های فراوری و استریل‌سازی جهت کاهش خطرات احتمالی مانند عفونت احساس می‌شود. در نهایت، پانسمان پوست ماهی با توجه به مزایا و محدودیت‌های خود، چشم‌اندازی نویدبخش در مدیریت زخم‌های مزمن دیابتی و سایر آسیب‌های پوستی فراهم می‌آورد.

روش‌های نوین فراوری و استریل‌سازی که خواص بیولوژیکی پوست ماهی را حفظ کند و دسترسی به آن را تسهیل نماید، اهمیت دارد. بررسی کاربردهای ترکیبی این پانسمان با فناوری‌های نوین درمان زخم و مطالعات اقتصادی جامع‌تر و تحقیقات ترکیبی با مهندسی بافت با هوش مصنوعی در طراحی پانسمان نیز می‌تواند به گسترش استفاده بالینی آن کمک کند.

نتیجه‌گیری

با توجه به مرور انجام شده، می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از پانسمان پوست ماهی یک رویکرد نوین، مؤثر و مقرون‌به‌صرفه در درمان زخم پای دیابتی است. این پانسمان به دلیل دارا بودن کلاژن نوع I، خواص ضدالتهابی، ضدباکتریایی و ضدویروسی، و سازگاری

References

- Hosseinkhani R, Feizi A, Mollabashi Z, Akbari M, Torbatian A, Siavash M. Evaluation of the Accuracy of the Glycated Hemoglobin (HbA1c) Index Measured by the Clover A1c Self Analyzer Device Compared to Standard Methods [in Persian]. *J Isfahan Med Sch* 2025; 42(795): 1112-20.
- Karbasiun F, Shahrokh S, Yazdi M, Siavash M, Tabatabaee A. Comparison of Procalcitonin Levels in Diabetic Foot Ulcer Infection and Osteomyelitis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Low Extrem Wounds* 2026; 25(2): 414-26.
- Siavash M, Aghanouri Z. Recommendations for ramadan fasting in patients with diabetes mellitus based on integrative medicine and according to the persian culture-a review study [in Persian]. *J Isfahan Med Sch* 2023; 41(706): 42-53.
- Sivakumar DT, Murray B, Moore Z, Patton D, O'Connor T, Avsar P. Can thermography predict diabetic foot ulcer risk in patients with diabetes mellitus? A systematic review. *J Tissue Viability* 2024; 33(4): 530-41.
- Fan Z, Liu Y, Xie H, Yang Q, Zhang G, Zhang P, Ding H. Analysis of risk factors for foot ulcers in diabetes patients with neurovascular complications. *BMC Public Health* 2025; 25(1): 792.
- OuYang H, Yang J, Wan H, Huang J, Yin Y. Effects of different treatment measures on the efficacy of diabetic foot ulcers: A network meta-analysis. *Front Endocrinol (Lausanne)* 2024; 15: 1452192.
- Dhatariya K, Abbas ZG. Estimated costs of treating two standardised diabetes-related foot ulcers of different severity - A comparison of 7 global regions. *Diabetes Res Clin Pract* 2025; 221: 112036.
- Tahmasebi-Ghorrabi A, Saki Malehi A, Torabipour A, Hosseinipour A, Davodian M, Shahriari A. Cost-of-Illness Analysis of Diabetic Foot Ulcer: A Prevalence-Based Approach in Southwest of Iran. *Med J Islam Repub Iran* 2025; 39: 1.
- Lee SH, Kim SH, Kim KB, Kim HS, Lee YK. Factors Influencing Wound Healing in Diabetic Foot Patients. *Medicina (Kaunas)* 2024; 60(5): 723.
- Zhao Y, Shen Q-Q. Acellular fish skin grafts in diabetic foot ulcer care: Advances and clinical insights. *World J Diabetes* 2025; 16(1): 100597.
- American Diabetes Association Professional Practice Committee. 12. Retinopathy, neuropathy, and foot care: standards of care in diabetes—2025. *Diabetes Care*. 2025; 48(1 Suppl 1): S252-S265.
- Ibrahim M, Ayyoubi HS, Alkhairi LA, Tabbaa H, Elkins I, Narvel R. Fish skin grafts versus alternative wound dressings in wound care: a systematic review of the literature. *Cureus* 2023; 15(3): e36348.
- Dardari D, Potier L, Sultan A, Francois M, M'bemba J, Bouillet B, et al. Intact fish skin graft vs. standard of care in patients with neuroischaemic diabetic foot ulcers (kerefish study): an international, multicentre, double-blind, randomised, controlled trial study design and rationale. *Medicina (Kaunas)* 2022; 58(12): 1775.
- Salloum A, Bazzi N, Squires S, Chu T, Benedetto P, Benedetto A. Comparing the application of various engineered xenografts for skin defects: A systematic review. *J Cosmet Dermatol* 2023; 22(3): 921-31.
- Seth N, Chopra D, Lev-Tov H. Fish skin grafts with omega-3 for treatment of chronic wounds: exploring the role of omega-3 fatty acids in wound healing and a review of clinical healing outcomes. *Surg Technol Int* 2022; 40: 38-46.
- Verde MEQL, Ferreira-Júnior AEC, de Barros-Silva PG, de Castro Miguel E, Mathor MB, Lima-Júnior EM, et al. Nile tilapia skin (*Oreochromis niloticus*) for burn treatment: ultrastructural analysis and quantitative assessment of collagen. *Acta Histochemica* 2021; 123(6): 151762.
- Samiei MH, Jamili S, Nikukar H, Razban V. Isolation and Evaluation of Collagen from the Fish (*Thunnus Tonggol*) Skin: A Biological Material for Medical

- Tissue Engineering [in Persian]. J Shahid Sadoughi Univ Med Sci 2022; 30 (6) :4932-48.
18. Esmaeili A, Rahimi A, Abbasi A, Hasannejad-Asl B, Bagheri-Mohammadi S, Farjami M, Keshel SH. Processing and post-processing of fish skin as a novel material in tissue engineering. Tissue Cell 2023; 85: 102238.
 19. Esmaeili A, Biazar E, Ebrahimi M, Heidari Keshel S, Kheilnezhad B, Saeedi Landi F. Acellular fish skin for wound healing. Int Wound J 2023; 20(7): 2924-41.
 20. Ibrahim A, Hassan D, Kelany N, Kotb S, Soliman M. Validation of three different sterilization methods of Tilapia skin dressing: Impact on microbiological enumeration and collagen content. Front Vet Sci 2020; 7: 597751.
 21. Elshahawy AM, Mahmoud GA-E, Mokhtar DM, Ibrahim A. The optimal concentration of silver nanoparticles in sterilizing fish skin grafts. Scientific Reports 2022; 12(1): 19483.
 22. Ibrahim A, Fahmy HM, Mahmoud GA-E, Soliman M, Elshahawy AM. New strategies for sterilization and preservation of fresh fish skin grafts. Sci Rep 2024; 14(1): 1253.
 23. Orrego CE, Salgado N, Sarmiento LF. Freeze drying and vacuum drying. Drying Technology in Food Processing 2023; 203-40.
 24. Júnior EML, de Moraes Filho MO, Costa BA, Alves APNN, de Moraes MEA, do Nascimento Uchôa AM, et al. Lyophilised tilapia skin as a xenograft for superficial partial thickness burns: a novel preparation and storage technique. J Wound Care 2020; 29(10): 598-602.
 25. Dias MTPM, Bilhar APM, Rios LC, Costa BA, Júnior EML, Alves APNN, et al. Neovaginoplasty using Nile tilapia fish skin as a new biologic graft in patients with Mayer-Rokitansky-Küster-Hauser syndrome. J Minim Invasive Gynecol 2020; 27(4): 966-72.
 26. Fiakos G, Kuang Z, Lo E. Improved skin regeneration with acellular fish skin grafts. Engineered Regeneration 2020; 1: 95-101.
 27. Cadri S, Elrosasy A, Al Mawla AM, Albakri K, Abdelwahab OA, Soliman A, et al. The efficacy of Nile tilapia skin xenograft for treating superficial partial-thickness burn versus the standard of care: a meta-analysis of published trials. Arch Dermatol Res 2023; 316(1): 33.
 28. Kashwani R, Soman M, Mohite V, Rawat A. Tilapia fish skin in medicine: a comprehensive review of its therapeutic potential. Community Practitioner. 2024; 21(2): 234.
 29. Luze H, Nischwitz SP, Smolle C, Zrim R, Kamolz L-P. The use of acellular fish skin grafts in burn wound management—a systematic review. Medicina (Kaunas) 2022; 58(7): 912.
 30. Karhana S, Khan MA. Omega-3 Acellular Fish Skin Grafts for Chronic and Complicated Wounds: A Systematic Review of Efficacy and Safety. Dermatol Pract Concept 2025; 15(2): 4945.
 31. Ghosh B, Sánchez-Velazco DF, Prem P, Ali ASM, Dominique O, Shah SA, et al. Use of Nile tilapia fish skin in treatment for burn victims. International Journal of Surgery: Global Health 2023; 6(5): e0257.
 32. Zimba BL, Rwiza MJ, Sauli E. Utilizing tilapia fish skin biomaterial for burn wound dressing: A systematic review. Scientific African 2024; 24: e02245.
 33. Pignet A-L, Hecker A, Voljc T, Carneletto M, Watzinger N, Kamolz L-P. The use of acellular fish skin grafts in burns and complex trauma wounds: a systematic review of clinical data. Plast Aesthet Res 2024; 11:40.
 34. Zhao C, Feng M, Gluchman M, Ma X, Li J, Wang H. Acellular fish skin grafts in the treatment of diabetic wounds: Advantages and clinical translation. J Diabetes 2024; 16(5): e13554.
 35. Tan APP, Chng JK. Fish skin acellular dermal matrix combined with negative pressure wound therapy for diabetic foot ulcers. Cureus 2025; 17(3): e80488.
 36. Lima-Verde MEQ, Parthiban SP, Junior AECF, de Barros Silva PG, Junior EML, de Moraes MO, et al. Nile tilapia fish skin, scales, and spine as naturally derived biomaterials for tissue regeneration. Curr Oral Health Rep 2020; 7(4): 335-43.
 37. Wang D, Maliakkal J, Sadat O, Codrea V, Nguyen J. Acellular fish skin grafts for treatment of periocular skin defects. Ophthalmic Plast Reconstr Surg 2024; 40(6): 681-4.
 38. Hashempour R, MirHashemi S, Mollajafari F, Damiri S, ArabAhmadi A, Raei B. Economic burden of diabetic foot ulcer: a case of Iran. BMC Health Serv Res 2024; 24(1): 363.
 39. Najafpour Z, Rashidi T, Seyedtabib M, Yazdanpanah L. Comparison of costs related to health services in two groups of patients with diabetic foot ulcer and patients without this complication: a matched cohort study. J Diabetes Metab Disord 2025; 24(1): 127.
 40. Dardari D, Potier L, Sultan A, Francois M, M'Bemba J, Bouillet B, et al. Intact fish skin graft for deep diabetic foot ulcers: results from the KEREfish randomized controlled trial. Diabetes Metab 2025; 51(6): 101691.
 41. Michael S, Winters C, Khan M. Acellular Fish Skin Graft Use for Diabetic Lower Extremity Wound Healing: A Retrospective Study of 58 Ulcerations and a Literature Review. Wounds 2019; 31(10): 262-8.
 42. Ruiz-Munoz M, Martinez-Barrios F-J, Cervera-Garvi P, Lopezosa-Reca E, Marchena-Rodriguez AJ. Fish skin grafts versus standard of care on wound healing of chronic diabetic foot ulcers: A systematic review and meta-analysis. Prim Care Diabetes 2024; 18(3): 291-8.
 43. Zou Y, Mao Z, Zhao C, Fan Z, Yang H, Xia A, Zhang X. Fish skin dressing for wound regeneration: A bioactive component review of omega-3 PUFAs, collagen and ECM. Int J Biol Macromol 2024; 283: 137831.
 44. Mukherjee S, Bhattacharjee S, Keswani K, Nath P, Paul S. Application of Tilapia fish skin in treatment of burn patients. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology 2024; 59: 103254.
 45. Adhikari SP, Paudel A, Sharma A, Thapa B, Khanal N, Shastri N, et al. Development of decellularized fish skin scaffold decorated with biosynthesized silver nanoparticles for accelerated burn wound healing. Int J Biomater 2023; 2023(1): 8541621.

46. Meganathan G, Balasubramanian B, Meyyazhagan A, Paul J, Chaudhary A, Pappuswamy M. Review on the fish collagen-based scaffolds in wound healing and tissue engineering. *Natural Resources for Human Health* 2024; 4: 1–23.
47. Dardari D, Piaggese A, Potier L, Sultan A, Diener H, Francois M, et al. Intact fish skin graft to treat deep diabetic foot ulcers. *NEJM Evid* 2024; 3(12): EVIDoa2400171.
48. Das S, Baker AB. Biomaterials and nanotherapeutics for enhancing skin wound healing. *Front Bioeng Biotechnol* 2016; 4: 82.
49. Pourjabbar B, Biazar E, Heidari Keshel S, Baradaran-Rafii A. Improving the properties of fish skin collagen/silk fibroin dressing by chemical treatment for corneal wound healing. *Int Wound J* 2023; 20(2): 484-98.
50. Afshar M, Rezaei A, Eghbali S, Nasirizadeh S, Alemzadeh E, Alemzadeh E, et al. Nanomaterial strategies in wound healing: A comprehensive review of nanoparticles, nanofibres and nanosheets. *Int Wound J* 2024; 21(7): e14953.
51. Lullove EJ, Liden B, Winters C, McEneaney P, Raphael A, Lantis Ii J. A Multicenter, Blinded, Randomized Controlled Clinical Trial Evaluating the Effect of Omega-3-Rich Fish Skin in the Treatment of Chronic, Nonresponsive Diabetic Foot Ulcers. *Wounds* 2021; 33(7): 169-77.
52. Jugnet AC, Benard T, Lequint C, Bobony E, Pieheiro A-R, Winther T, et al. Intact fish skin graft a new hope for the treatment of diabetic foot ulcers: A case report. *World J Diabetes* 2024; 15(12): 2353.
53. Chang P, Guo K, Li S, Wang H, Tang M. In situ sodium chloride cross-linked fish skin collagen scaffolds for functional hemostasis materials. *Small* 2024; 20(11): 2208001.
54. Biazar E, Heidari Keshel S, Rezaei Tavirani M, Kamalvand M. Healing effect of acellular fish skin with plasma rich in growth factor on full-thickness skin defects. *Int Wound J* 2022; 19(8): 2154-62.
55. Ibrahim A, Soliman M, Kotb S, Ali MM. Evaluation of fish skin as a biological dressing for metacarpal wounds in donkeys. *BMC Vet Res* 2020; 16(1): 472.

Application of Fish Skin Dressings in the Treatment of Diabetic Foot Ulcers: A Comprehensive Review

Mansour Siavash¹, Tahereh Sadeghi², Mojtaba Akbari³

Review Article

Abstract

Background: Diabetic foot ulcer is a common and serious complication of diabetes that can lead to disability and amputation, imposing a significant economic burden on healthcare systems. Despite standard treatments, many of these ulcers do not fully heal. Recently, fish skin dressing has emerged as a novel and effective approach for treating such wounds.

Methods: Multiple clinical and research studies have investigated the effects of fish skin-based dressings on diabetic foot ulcers. These studies assessed the natural collagen structure, anti-inflammatory, antibacterial, antiviral properties, and biocompatibility of fish skin.

Findings: Findings indicate that fish skin dressing accelerates wound healing and reduces side effects. Compared to conventional methods, this dressing is associated with higher healing rates, reduced pain, fewer dressing changes, and lower treatment costs. Additionally, the low risk of viral disease transmission and high compatibility with human tissue make fish skin dressings particularly safe and suitable in resource-limited settings.

Conclusion: Fish skin dressing provides a promising outlook for the management of chronic diabetic foot ulcers and other skin injuries. Despite its significant benefits, further research is needed to assess long-term safety and efficacy, as well as to improve processing and sterilization protocols.

Keywords: Diabetic foot ulcer, Fish skin dressing, Wound healing, Fish skin grafts, Acellular fish skin

Citation: Siavash M, Sadegh T, Akbari M. **Application of Fish Skin Dressings in the Treatment of Diabetic Foot Ulcers: A Comprehensive Review.** J Isfahan Med Sch 2026; 44(858): 575- 84.

1- Professor of Endocrinology, Isfahan Endocrine & Metabolism Research Center, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

2- MSc, Isfahan Endocrine & Metabolism Research Center, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

3- PhD in Epidemiology, Isfahan Endocrine & Metabolism Research Center, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

Corresponding Author: Tahereh Sadegh, MSc, Isfahan Endocrine & Metabolism Research Center, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran; Email: Saaina253@gmail.com