



Tecnologías avanzadas para el tratamiento de heridas crónicas: una revisión sistemática

Advanced technologies in the treatment of chronic wounds: a systematic review

Tecnologias avançadas para o tratamento de feridas crônicas: uma revisão sistemática

C.F. Campos-Huerta^a, K.D.C. Leiva-Nacaratte^b,
J.C. Opazo-González^c, P.A. Puebla-Santibáñez^{d*},
B.F. Rojas-Durán^e, C.B. Riquelme-Pino^f,
J.A. Rivera-Saldivar^g

ORCID

^a 0000-0002-2973-1881

^b 0000-0001-5751-0296

^c 0000-0002-6482-483X

^d 0000-0002-2293-1098

^e 0000-0003-2942-8038

^f 0000-0003-2365-021X

^g 0000-0001-9407-8762

Universidad de Valparaíso, Facultad de Medicina, Viña del Mar, Chile

Recibido: 6 de enero de 2023

Aceptado: 10 de septiembre de 2024

RESUMEN

Introducción: Las heridas crónicas surgen de una alteración de las fases de la cicatrización, alteración asociada a factores de riesgo para esas heridas. Se caracterizan por una inflamación sostenida durante meses o incluso años. Las tecnologías avanzadas abarcan diversos tipos de procedimientos y dispositivos para tratar una herida, lo que favorece la cicatrización de diversas formas.

*Autora para correspondencia. Correo electrónico: paola.puebla@uv.cl

<https://doi.org/10.22201/feno.23958421e.2023.3.1434>

1665-7063 © 2023 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Enfermería y Obstetricia. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Objetivo: Identificar las tecnologías avanzadas utilizadas en enfermería para el tratamiento de heridas crónicas.

Metodología: Revisión sistemática con búsquedas en abril y mayo de 2022. Los sistemas utilizados fueron Scopus, Web of Science, SciELO, Dialnet, ScienceDirect, Wiley Online Library, PubMed, LILACS y ClinicalKey Students. En ciertas búsquedas se utilizaron términos normalizados en los vocabularios Descriptores en Ciencias de la Salud y Medical Subject Headings, y en otras se empleó lenguaje común. Se analizaron los documentos con base en las guías en español del Critical Appraisal Skills Programme, con lo que se obtuvo una muestra de 19 documentos.

Resultados: Se identificaron 12 tecnologías avanzadas para el tratamiento de heridas crónicas, y fue claro que 2 de estas (la terapia de presión negativa y el plasma rico en plaquetas) eran las más apoyadas por la evidencia, ya que aceleraban la cicatrización, disminuían la inflamación y prevenían infecciones.

Discusión y conclusiones: Los autores antecedentes coincidían en que los principales beneficios de estas tecnologías radicaban en la aceleración de la cicatrización, la disminución de la inflamación y la prevención de infecciones. Todas las tecnologías requieren más investigación para confirmar su eficacia.

Palabras clave: Tecnología biomédica; equipos y suministros; heridas y lesiones; cicatrización de heridas; atención de enfermería; Chile.

ABSTRACT

Introduction: Chronic wounds emerge from a disturbance in the healing stages. The disturbance is associated with risk factors for those wounds. Chronic wounds are characterized by sustained inflammation that may last for months or even years. Advanced technologies encompass various types of procedures and devices to treat a wound, promoting healing in different ways.

Objective: To identify advanced technologies used in nursing to treat chronic wounds.

Methodology: This is a systematic review carried out between April and May 2022. The systems used were Scopus, Web of Science, SciELO, Dialnet, ScienceDirect, Wiley Online Library, PubMed, LILACS, and ClinicalKey Students. In some searches, standardized terms from the Health Sciences Descriptors and Medical Subject Headings vocabularies were used, whereas in others, common language was used. The documents were analyzed following the Critical Appraisal Skills Programme guidelines in Spanish. At the end, a total sample of 19 documents was constituted.

Results: Twelve advanced technologies for the treatment of chronic wounds were identified, and it became clear that 2 of them (negative pressure therapy and platelet-rich plasma) were supported the most by evidence because they accelerated healing, reduced inflammation, and prevented infections.

Discussion and conclusions: Previous authors agreed that the main benefits of these technologies resided in the acceleration of healing, reduction of inflammation, and prevention of infections. All these technologies require further research for the confirmation of their efficacy.

Keywords: Biomedical technology; equipment and supplies; wounds and injuries; wound healing; nursing care; Chile.

RESUMO

Introdução: As feridas crônicas surgem duma perturbação nas fases da cicatrização, perturbação associada a fatores de risco para essas feridas. São caracterizadas por uma inflamação sustentada com duração de meses ou até anos. As tecnologias avançadas abrangem diversos tipos de procedimentos e dispositivos para tratar uma ferida, promovendo a cicatrização de diferentes maneiras.

Objetivo: Identificar as tecnologias avançadas utilizadas em enfermagem para o tratamento de feridas crônicas.

Metodologia: Revisão sistemática com buscas em abril e maio de 2022. Os sistemas utilizados foram Scopus, Web of Science, SciELO, Dialnet, ScienceDirect, Wiley Online Library, PubMed, LILACS e ClinicalKey Students. Termos normalizados dos vocabulários Descritores em Ciências da Saúde e Medical Subject Headings foram utilizados em algumas buscas, e a linguagem comum foi utilizada em outras buscas. Os documentos foram analisados com base nas diretrizes em espanhol do Critical Appraisal Skills Programme, obtendo-se uma amostra de 19 documentos.

Resultados: Foram identificadas 12 tecnologias avançadas para o tratamento de feridas crônicas, e 2 delas (a terapia por pressão negativa e o plasma rico em plaquetas) eram claramente as mais apoiadas pela evidência, pois aceleravam a cicatrização, reduziam a inflamação e preveniam as infecções.

Discussão e conclusões: Os autores prévios concordavam que os principais benefícios dessas tecnologias residiam na aceleração da cicatrização, na redução da inflamação e na prevenção de infecções. Todas as tecnologias requerem mais pesquisas para confirmar a sua eficácia.

Palavras-chave: Tecnologia biomédica; equipamentos e provisões; ferimentos e lesões; cicatrização; cuidados de enfermagem; Chile.

INTRODUCCIÓN

Una herida crónica o de difícil cicatrización corresponde a aquella pérdida de la continuidad de la piel con limitada tendencia a la curación espontánea debido a la alteración de las fases de la cicatrización. Por ello, necesita periodos superiores a 6 semanas para cerrarse y permanece meses o incluso años en este proceso¹.

Se estima que la prevalencia de las úlceras venosas y arteriales, 2 tipos de heridas crónicas, es del 1 % de la población general². Las úlceras venosas representan entre el 75 % y el 80 % de las úlceras vasculares en el mundo, con una prevalencia del 0,5 % al 0,8 % y una incidencia de 2 a 5 casos nuevos al año por cada 1000 habitantes en países desarrollados, lo que implica pérdidas cercanas a los 2 millones de días laborales, con costo cercano a los 3 billones de dólares estadounidenses². En España, entre el 12 % y el 14 % de los adultos en centros sociosanitarios presentan úlceras por presión; en hospitales, entre el 7 % y el 8,5 %; y en atención primaria, solo el 0,11 %³. En Chile, aproximadamente 170 mil usuarios poseen algún tipo de herida, y el gasto asociado a úlceras venosas supera los 71 millones de pesos chilenos².

La gran incidencia de heridas crónicas en Chile radica principalmente en el aumento de diversos factores de riesgo para estas en los últimos años. Algunos de esos factores son las enfermedades

crónicas, entre las que destaca la diabetes *mellitus* por su prevalencia del 12.3 %⁴. Esta enfermedad genera mucha discapacidad y mortalidad, especialmente en el adulto y adulto mayor⁴. Sumada a factores de riesgo cardiovascular, como la obesidad, el hábito tabáquico, la edad sobre 60 años, entre otros, retrasa la cicatrización, por lo que surge la necesidad de aplicar tecnologías que favorezcan este proceso⁴.

Desde el comienzo de la humanidad, las heridas han estado presentes en la vida cotidiana de las personas. Los antiguos egipcios, una de las primeras civilizaciones, lidiaban con ellas mediante hechizos y ungüentos fabricados por magos. A medida que la sociedad ha ido avanzando en su desarrollo y conocimiento científicos, el tratamiento de heridas ha ido evolucionando y fortaleciéndose por medio del desarrollo de nuevas tecnologías. Fue así como en 1997 se introdujo la terapia de presión negativa, una de las primeras tecnologías avanzadas⁵.

Las tecnologías avanzadas para el tratamiento de heridas crónicas se constituyen de todo aquel mecanismo diferente a los apósitos especializados⁶. Con las tecnologías avanzadas hay ganancias en variables como el tiempo de cicatrización, el manejo del dolor y el tiempo de hospitalización. En Chile, los profesionales de la enfermería son los principales encargados y responsables del tratamiento de heridas, por lo que resulta relevante ofrecerles evidencia científica actual para que determinen la tecnología adecuada y, junto con ello, brinden un cuidado de calidad. Teniendo en cuenta esto, la presente revisión tuvo como propósito identificar las tecnologías avanzadas utilizadas en enfermería para el tratamiento de heridas crónicas.

METODOLOGÍA

Para la presente revisión sistemática se buscó bibliografía entre los meses de abril y mayo de 2022 en Scopus, Web of Science, SciELO, Dialnet, ScienceDirect, Wiley Online Library, PubMed, LILACS y ClinicalKey Students. Para la búsqueda se seleccionaron los descriptores *wounds and injuries*, *technology* y *nursing care*. Se comprobó su normalización en los vocabularios Descriptores en Ciencias de la Salud y Medical Subject Headings. Se establecieron expresiones de búsqueda combinando los distintos descriptores con el operador booleano *and*. Además, con algunos descriptores se utilizaron comillas inglesas para limitar la búsqueda y así obtener documentos más específicos. De todo lo anterior, resultaron las siguientes expresiones: “*technology*” AND “*wounds and injuries*”, *nursing care* AND “*wounds and injuries*” y “*technology*” AND *nursing care* AND “*wounds and injuries*”.

Debido a la escasa cantidad de documentos encontrados en la primera búsqueda, se utilizó lenguaje común en 2 ocasiones posteriores, en las que los descriptores fueron *manejo de heridas*, *tecnología avanzada*, *wound management*, *advanced technology*, *healing*, *chronic wounds* y *complementary therapies*. Se mantuvo el operador booleano *and*. Se obtuvieron y emplearon las expresiones *manejo de heridas* AND *tecnología avanzada*, *wound management* AND *advanced technology*, *healing* AND *chronic wounds* AND *advanced technology* y *complementary therapies* AND *chronic wounds*.

Los filtros empleados para reducir la cantidad de documentos fueron el periodo de publicación (hasta 5 años, exceptuando clásicos), el idioma (inglés, español o portugués) y el área de conocimiento (ciencias de salud o enfermería). Asimismo, se establecieron criterios de inclusión y exclusión para limitar los documentos y así incluir aquellos más atinentes al tema. Los criterios se detallan en la tabla 1.

Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión de los documentos

Elemento	Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Título	<ul style="list-style-type: none"> • Que contenga mínimo 1 de los descriptores de revisión. • Que corresponda a la pregunta de revisión. • Que se centre en tecnologías avanzadas para el tratamiento de heridas crónicas. • Que informe de un estudio cuantitativo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Que no contenga ninguno de los descriptores de revisión. • Que sea una carta al editor o una reseña.
Resumen	<ul style="list-style-type: none"> • Que el objetivo y la conclusión incluyan información sobre el tratamiento de heridas crónicas. • Que se considere el uso de tecnologías avanzadas para el tratamiento de heridas crónicas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Que no se considere el uso de tecnologías avanzadas para el tratamiento de heridas crónicas.
Texto	<ul style="list-style-type: none"> • Que incluya información sobre tecnologías avanzadas para el tratamiento de heridas crónicas. • Que incluya información sobre cuidados de enfermería para heridas crónicas mediante tecnologías avanzadas. • Que sea una revisión bibliográfica o sistemática. 	<ul style="list-style-type: none"> • Que incluya información sobre tratamiento de heridas agudas. • Que no se haya presentado a un comité de ética.

Tras reducir los documentos a 66, se leyeron de manera crítica utilizando las guías en español del Critical Appraisal Skills Programme. Los documentos informaban de investigaciones cuantitativas, por lo que se aplicaron las guías correspondientes a ensayos clínicos aleatorizados, estudios de casos y controles, estudios de cohortes y revisiones sistemáticas.

De los anteriores, 47 documentos fueron eliminados por no cumplir diferentes criterios establecidos en las guías, de modo que 19 sí cumplían los criterios y, por ende, se incluyeron en la presente revisión. La metodología se encuentra resumida en la figura, correspondiente al diagrama de selección de los documentos.

La muestra consistió en 19 documentos⁷⁻²⁵, cuyos estudios objeto se desglosaban en 8 revisiones^{9,10,13,14,16,17,22,23}, 7 ensayos clínicos^{7,8,11,12,18,24,25}, 2 estudios de casos y controles^{19,21} y 2 series de casos^{15,20}. Las características de los documentos incluidos pueden observarse en la tabla 2.

RESULTADOS

En diversas investigaciones se han explorado las características de las tecnologías avanzadas para el tratamiento de heridas crónicas, de tal manera que se pudieran identificar sus efectos respecto a variables como el tiempo de cicatrización, el manejo del dolor y el tiempo de hospitalización. Como resultados de esta revisión, se mencionan las características de cada una de las tecnologías consideradas en los documentos y sus efectos terapéuticos en las heridas crónicas.

Matriz de fibra sintética de escala híbrida

Abicht et al.⁷ realizaron un ensayo clínico prospectivo en el que participaron 24 pacientes con una úlcera de pie diabético. Se concluyó que el uso de la matriz de fibra sintética de escala híbrida

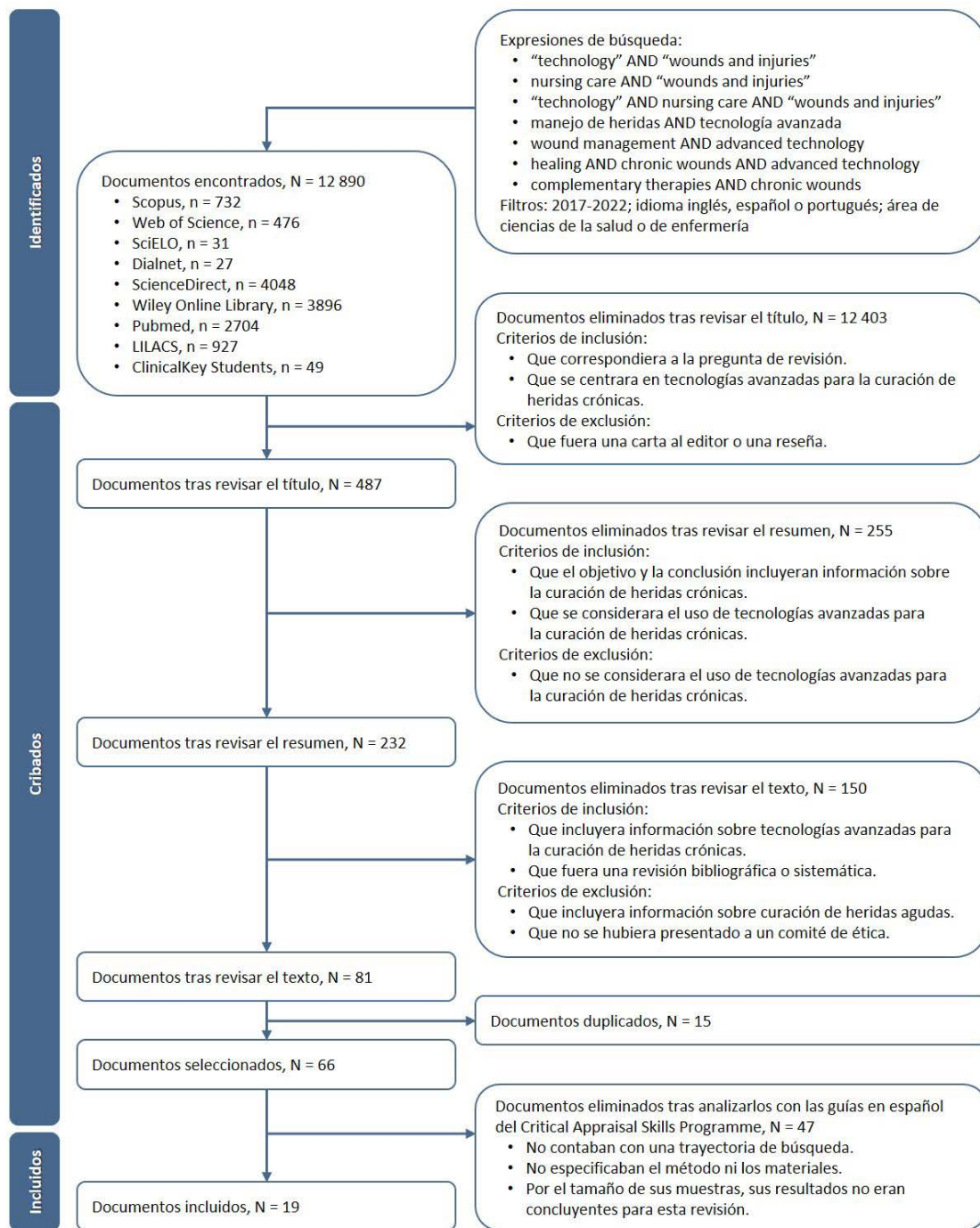


Figura. Diagrama de selección de los documentos con base en la guía Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses

resultaba en una alta incidencia de curación completa de la úlcera, lo que sugería que esta tecnología podía ser viable para el tratamiento y proporcionar beneficios sustanciales para la curación. Los análisis estadísticos se ejecutaron utilizando el *software* GraphPad Prism (GraphPad Software, La Jolla, Estados Unidos). La significación estadística ocurrió cuando $P < .05$.

Tabla 2. Características de los documentos incluidos

Documento	Método	Nivel de la evidencia según el sistema de graduación de la SIGN	Tecnología avanzada	Tipo de heridas	Efecto	Otras características
Abicht et al. ⁷	Ensayo clínico prospectivo	2-C	Matriz de fibra sintética de escala híbrida	Úlceras de pie diabético	Alta incidencia de curación completa	Puede ser viable.
Armstrong et al. ⁸	Ensayo clínico controlado aleatorizado simple ciego y multicéntrico	1-C	Matriz de microfibras de vidrio reabsorbible	Úlceras de pie diabético	Mejoría de la cicatrización que solo con el tratamiento habitual	
Sarkar y Poundarik ⁹	Revisión bibliográfica	2-C	Apósitos bioactivos	Úlceras crónicas que no cicatrizaban	Cierre más rápido y rentable que con el tratamiento habitual	
Deng et al. ¹⁰	Revisión bibliográfica	2-C	Biomateriales y dispositivos biomédicos	Heridas crónicas		Se enfatiza el papel crucial de los biomateriales y dispositivos médicos, así como la importancia de los polímeros naturales, como la quitina y la queratina, en el desarrollo de apósitos efectivos para heridas.
Zollino et al. ¹¹	Ensayo clínico controlado aleatorizado de fase II	1+A	Tejido adiposo centrifugado con células progenitoras	Úlceras crónicas recalcitrantes en las extremidades inferiores	Posible aceleración de la cicatrización Reducción del dolor	
Muñoz et al. ¹²	Estudio piloto prospectivo	2-D	Plasma rico en plaquetas	Úlceras venosas	Mayor recubrimiento con piel Disminución en la intensidad del dolor	

Tabla 2. Continúa

Documento	Método	Nivel de la evidencia según el sistema de graduación de la SIGN	Tecnología avanzada	Tipo de heridas	Efecto	Otras características
Del Pino et al. ¹³	Revisión sistemática con metaanálisis	1 ⁺ C	Plasma rico en plaquetas	Úlceras de pie diabético	Disminución del volumen de la úlcera Disminución del tiempo de cicatrización	
Hu et al. ¹⁴	Revisión sistemática con metaanálisis de ensayos clínicos controlados aleatorizados	1 ⁻ A	Plasma rico en plaquetas	Úlceras de pie diabético	Aumento de la cicatrización Reducción del tamaño de la úlcera	
Ubillos et al. ¹⁵	Serie de casos	3D	Plasma rico en plaquetas	Úlceras venosas Radiodermatitis	Reducción del tamaño de la herida a los 6 meses (de 37.1 % a 100 %)	
Hajhosseini et al. ¹⁶	Revisión bibliográfica	2 ⁺⁺ C	Terapia de oxígeno hiperbárico	Úlceras de pie diabético	Mayor curación a corto plazo, pero no a largo plazo Reducción del riesgo de amputación mayor Quizá mejoría de la cicatrización a 1 año	
Obregón ¹⁷	Revisión sistemática	2 ⁺ C	Terapia de presión negativa	Úlceras de pie diabético Heridas de cierre primario	Prevención de infecciones	
Şahin et al. ¹⁸	Ensayo clínico controlado aleatorizado	1 ⁺ A	Terapia de presión negativa	Úlceras por presión 3 y 4	Formación de tejido de granulación Contracción de la herida	

Tabla 2. Continúa

Documento	Método	Nivel de la evidencia según el sistema de graduación de la SIGN	Tecnología avanzada	Tipo de heridas	Efecto	Otras características
Karam et al. ¹⁹	Estudio de casos y controles	2-D	Terapia de presión negativa	Úlceras de pie diabético	Mayor cicatrización Menos inflamación	
Hsu et al. ²⁰	Observación retrospectiva de una serie de casos	3D	Terapia de presión negativa	Heridas crónicas y agudas con estructuras tendinosas y óseas expuestas	Posible reducción de la espera para el injerto de piel autólogo	Opción fiable y eficaz para la reconstrucción quirúrgica de estas heridas
Zhang et al. ²¹	Estudio de casos y controles	3D	Terapia de presión negativa	Heridas por fascitis necrosante	Mayor limpieza y preparación del lecho de la herida	Herramienta adicional para el tratamiento de la fascitis necrosante
Feehan et al. ²²	Revisión sistemática	2-D	Terapia de luz polarizada	Úlceras dérmicas Lesiones musculoesqueléticas Quemaduras	Posible mayor cicatrización en algunos contextos	Existe una laguna en la literatura sobre sus mecanismos de acción.
Zhang et al. ²³	Revisión sistemática con metaanálisis de ensayos clínicos controlados aleatorizados	1+B	Terapia de ondas de choque extracorpóreas	Heridas agudas y crónicas de tejidos blandos	Posible aceleración o mejoría de la cicatrización	
Viana y Pompeo ²⁴	Estudio piloto prospectivo	2-D	Terapia de ultrasonido	Úlceras venosas	Promoción del cierre de la herida o de la preparación del lecho para el injerto	
Maranghi et al. ²⁵	Ensayo aleatorizado prospectivo	1+A	Plasma eléctrico	Heridas crónicas	Eficaz para úlceras cutáneas	

Abreviación: SIGN, Scottish Intercollegiate Guidelines Network.

Matriz de microfibra de vidrio reabsorbible

Armstrong et al.⁸ efectuaron un ensayo clínico controlado aleatorizado en el que analizaron, tras 12 semanas, el uso de la matriz de microfibra de vidrio reabsorbible con la tecnología habitual, es decir, con apósitos de alginato de colágeno. La muestra se compuso de 40 pacientes de 18 años o más de edad, que padecían diabetes y presentaban una herida de origen diabético mayor a 1 cm² desde al menos 4 semanas. Se concluyó que la probabilidad de cicatrización era 11 veces mayor en las heridas tratadas con microfibra de vidrio y alginato de colágeno que en aquellas tratadas únicamente con este último (70 % frente a 25 %, *P* ajustada = .006).

Apósitos bioactivos

En una revisión bibliográfica Sarkar y Poundarik⁹ concluyeron, principalmente, que las matrices dérmicas acelulares y los apósitos bioactivos basados en el amnios ofrecían una curación de la herida más rápida y rentable en comparación con la tecnología habitual.

Biomateriales y dispositivos médicos

Deng et al.¹⁰ revisaron los avances actuales en biomateriales y dispositivos médicos para corregir el entorno de una herida crónica y regenerar la piel. Obtuvieron que incorporar factores de crecimiento, células madre, plata, agentes activos y fármacos podía facilitar la cicatrización. También encontraron que, si bien los productos naturales para la cicatrización habían sido ampliamente explorados, su comercialización y utilización clínica eran relativamente bajas.

Tejido adiposo centrifugado con células progenitoras

Zollino et al.¹¹, en su ensayo clínico controlado aleatorizado, dividieron en mitades una muestra de 16 pacientes que presentaban una úlcera venosa en alguna extremidad inferior. La mitad de los participantes fueron parte del grupo experimental y la otra mitad, del grupo control. Concluyeron que las heridas tratadas con tejido adiposo centrifugado con células progenitoras presentaban una disminución significativa en el tiempo de cicatrización, con 17.5 ± 7.0 semanas en el grupo experimental y 24.5 ± 4.9 semanas en el grupo control.

Plasma rico en plaquetas

El plasma rico en plaquetas como tecnología avanzada abarcó 21 % de los documentos. En un ensayo clínico en Colombia¹², a 4 pacientes de edades entre 43 y 76 años, con, por lo menos, 1 úlcera venosa crónica de 6 o más meses de evolución, se les aplicó gel de plasma rico en plaquetas autólogo sin terapia compresiva. Al finalizar el ensayo todas las heridas estaban recubiertas completamente con piel; además, se observó una disminución en la intensidad del dolor.

Por otro lado, Del Pino et al.¹³, en su revisión sistemática con metaanálisis a la que incorporaron 10 artículos, estudiaron la seguridad y eficacia clínicas del plasma rico en plaquetas para el tratamiento de úlceras de pie diabético en comparación con la tecnología habitual y con cualquier otra. La misma revisión fue replicada en China¹⁴. En general, en ambas revisiones se concluyó que el plasma rico en plaquetas podía ser una tecnología efectiva para las úlceras de pie diabético y no se asociaba con un aumento significativo del riesgo de eventos adversos.

En un cuarto estudio¹⁵ se aplicó el plasma rico en plaquetas, también conocido como factor de crecimiento estimulante de colonias de granulocitos, mediante 8 dosis de 300 µg/mL cada una en inyecciones locales como tecnología complementaria para el tratamiento de heridas crónicas. Se

aplicó a 2 pacientes: un adulto mayor, de 76 años de edad, que presentaba una úlcera venosa crónica y un adulto de 59 años de edad que tenía una cicatriz quirúrgica en la zona parietal. Como resultado, se obtuvieron reducciones del tamaño de la úlcera a los 6 meses de tratamiento de 37.1 % y 100 %, respectivamente. Aun así, interrogantes como la dosis, el intervalo entre las inyecciones y el número total de ellas sugerían nuevos estudios para establecer el papel de esta tecnología en la cicatrización.

Terapia de oxígeno hiperbárico

Hajhosseini et al.¹⁶, en su estudio de 14 revisiones sistemáticas, concluyeron que la terapia de oxígeno hiperbárico tenía efectos favorables en las úlceras de pie diabético isquémicas o infectadas. Sin embargo, debido a los resultados controversiales respecto a su eficacia para la cicatrización, se requerían ensayos clínicos que contaran con muestras más grandes para verificar los beneficios de esta terapia.

Terapia de presión negativa

La mayor parte de los estudios en los que se ha investigado la terapia de presión negativa involucraban a pacientes con una úlcera de pie diabético. Dentro de los 19 documentos incluidos, la terapia de presión negativa predominó con un 26 % sobre las demás tecnologías. Su aplicación en 8 tipos de heridas fue el foco de la investigación de Obregón¹⁷, en la que se incluyeron 12 revisiones sistemáticas que concluían una prevención de infecciones durante el cierre de las úlceras de pie diabético, mas no se obtuvieron resultados concluyentes en cuanto a otras heridas. Por otra parte, en un ensayo clínico controlado aleatorizado¹⁸ se comparó el efecto de esta tecnología con el del apósito húmedo-seco. Cada tecnología fue aplicada a un grupo de la muestra total de 30 pacientes de 18 o más años de edad con una úlcera por presión en los estadios 3 o 4. Los resultados mostraron que la formación de tejido de granulación y la contracción de la herida eran más significativas en el grupo tratado con la terapia.

Karam et al.¹⁹ también investigaron la terapia de presión negativa en su estudio de casos y controles con 40 pacientes con una úlcera de pie diabético y concluyeron que facilitaba la cicatrización y proporcionaba un efecto antiinflamatorio. En una observación retrospectiva de una serie de casos en Taiwán²⁰, se examinó la terapia de presión negativa combinada con dermis artificial (Terudermis) y, después, un injerto de piel de espesor parcial con 67 heridas crónicas y agudas con estructuras tendinosas y óseas expuestas de pacientes entre quienes predominaba la diabetes *mellitus*. Se concluyó que la combinación de estas tecnologías disminuía el tiempo del injerto y aceleraba la reconstrucción, pero conllevaba un gran costo.

Finalmente, Zhang et al.²¹, en su estudio de casos y controles, analizaron el efecto de la terapia de presión negativa con instilación sobre el tiempo de hospitalización por una herida por fascitis necrosante, para lo cual aplicaron dicha tecnología a 32 pacientes. Este grupo, compuesto en su mayoría por hombres, presentaba un promedio etario de 55 años, con antecedentes mórbidos de diabetes, hipertensión y enfermedad coronaria. Tras aplicar la terapia por entre 8 y 16 días, esta tecnología facilitaba la limpieza de la herida y la preparación de su lecho; además, ofrecía una herramienta adicional para el tratamiento de la fascitis necrosante. Aun así, se requerían investigaciones prospectivas con bajo riesgo de sesgo para confirmar estos hallazgos.

Terapia de luz polarizada

Feehan et al.²², en su revisión sistemática de 17 artículos, investigaron la terapia de luz polarizada aplicada a pacientes con quemaduras, heridas o lesiones musculoesqueléticas y concluyeron que

era favorable en gran medida, ya que tenía el potencial de proporcionar un complemento con un perfil fuerte de seguridad, de bajo costo y efectivo para el tratamiento habitual de una variedad de afecciones, así como efectos beneficiosos unánimemente informados. Sin embargo, los estudios siguen siendo escasos y, en general, de baja calidad en lo que se refiere a metodología, lo que dificulta una declaración definitiva acerca de su eficacia.

Terapia de ondas de choque extracorpóreas

Zhang et al.²³ incluyeron en su revisión sistemática 7 ensayos clínicos controlados aleatorizados con 301 pacientes. Concluyeron que la terapia de ondas de choque extracorpóreas como complemento del tratamiento de una herida crónica podía acelerar o mejorar significativamente la cicatrización deficiente en comparación con la tecnología de tratamiento habitual (apósitos tradicionales), por lo que parecía una opción factible y segura para los pacientes con una herida crónica. Para las variables continuas, utilizaron la diferencia de medias ponderadas con un intervalo del 95 % de confianza. Para las discontinuas, utilizaron la razón de momios (*odds ratio*) con un intervalo del 95 % de confianza. Para identificar la heterogeneidad entre los estudios, tanto la prueba ji cuadrada (significativa si $P < .05$) como la medida I^2 (con heterogeneidad sustancial definida como valores mayores a 50 %) fueron utilizadas. El posible sesgo de publicación lo presentaron en gráficos de embudo, y el nivel de significación lo establecieron en .05.

Terapia de ultrasonido

Se realizó un ensayo clínico sobre la terapia de ultrasonido²⁴ con 11 pacientes, de los cuales 6 completaron las 12 semanas del estudio. Se trataba de una terapia para úlceras crónicas y subagudas en las extremidades inferiores que presentaran esfacelo, tejido necrótico o tejido no viable que requiriera desbridamiento. Se observó que había disminuido el volumen de la herida del 93 % al 100 %, que todas las heridas se habían granulado un 100 %, que 75 % de las heridas se habían recubierto con piel cerca de un 100 % y que 50 % de las heridas tenían un 0 % de esfacelos o escaras. Los autores concluyeron que ambos tipos de ultrasonidos se complementaban, pero que, al plantear el tratamiento, se debían considerar las características de la herida, ya que, en su ensayo, las heridas con mayor tiempo de evolución habían mejorado en cuanto a su lecho, mientras que las heridas con menor tiempo de evolución habían tenido un mejor resultado en cuanto a su cierre.

Plasma eléctrico

Marangi et al.²⁵ llevaron a cabo un ensayo aleatorizado prospectivo simple ciego con 45 pacientes con una úlcera crónica que no respondía al tratamiento no quirúrgico habitual. Los pacientes se separaron aleatoriamente en 2 grupos: el grupo A (grupo control) recibió desbridamiento quirúrgico con un electrocauterio convencional y el grupo B (grupo experimental) recibió desbridamiento quirúrgico con un dispositivo mediado por plasma eléctrico. La utilización de este último dispositivo a la temperatura máxima provocaba que el tejido de granulación mostrara una abundante deposición de colágeno denso y maduro en el grupo B, en comparación con el grupo A, en el que el colágeno maduro aparecía en pequeñas cantidades ($P < .001$), por lo que esta tecnología resultaba eficaz para el tratamiento quirúrgico de las úlceras cutáneas, tanto de tipo vascular como extravascular.

Para mayor comprensión, se categorizaron los tipos de heridas más prevalentes según el tipo de tecnología avanzada. Esto puede observarse en la tabla 2.

DISCUSIÓN

A partir de los resultados es posible establecer convergencias entre las tecnologías avanzadas. Las poblaciones de estudio incluían tanto a mujeres como a hombres, y mostraban una tendencia a adultos y adultos mayores entre los 40 y 86 años de edad que presentaban morbilidades crónicas, como diabetes, enfermedad crónica que mantiene los niveles de glucosa elevados, lo que produce daños vasculares y neurológicos. Una de las complicaciones más comunes de esta enfermedad son las úlceras de pie diabético, que son heridas crónicas producto de una deficiente circulación sanguínea en los pies y daño sensitivo en esa zona²⁶⁻²⁸. Se abordó el objeto de revisión en estas poblaciones debido a que la adultez y la adultez mayor son los periodos de la vida en los que más prevalecen las enfermedades de carácter crónico, además de los periodos en los que la respuesta inflamatoria se vuelve más lenta y la producción de anticuerpos disminuye, lo que complica así la cicatrización^{29,30}.

La matriz de fibra sintética de escala híbrida es una tecnología avanzada para el tratamiento de heridas crónicas que se ha aplicado en úlceras de pie diabético. Abicht et al.⁷, que estudiaron el efecto de la matriz, caracterizada por proporcionar un andamiaje para la infiltración celular y la neovascularización, concluyeron que permitía una curación completa de la úlcera a las 12 semanas.

Armstrong et al.⁸ compararon la matriz de microfibra de vidrio reabsorbible con el apósito de alginato de colágeno en el tratamiento de úlceras de pie diabético. Observaron que, en el grupo al que se le había aplicado la matriz de fibra de vidrio reabsorbible cicatrizaron 14 de las 20 heridas (70 %). Esta tecnología, al liberar iones de boro, que impiden la proliferación de bacterias, permitía también una disminución de los eventos adversos, ya que ninguna de las heridas tratadas con la matriz presentaba infección. Esto señala que el tiempo de cicatrización es proporcional a la aparición de infecciones y que la matriz de fibra de vidrio reabsorbible es una opción eficaz para el tratamiento de heridas crónicas. Sin embargo, como se mencionó en el artículo⁸, se requieren más investigaciones para confirmar los hallazgos.

Los biomateriales pueden facilitar la cicatrización de heridas y mejorar aún más su tratamiento. La razón principal de este potencial es que son constituidos por polímeros modificables que imitan la piel en forma de andamios, lo que genera condiciones y estructuras adecuadas para diferentes tipos de heridas.

Los productos bioactivos son un gran apoyo para favorecer el cierre de heridas crónicas⁹. Se han desarrollado numerosas tecnologías con un principio bioactivo, como los apósitos basados en células o tejidos, las terapias basadas en células madre, entre otras. Estas tecnologías brindan factores de crecimiento al mismo tiempo que mantienen húmedo el lecho de la herida; al mantener la humedad, se ve favorecida la cicatrización, lo que hace que esta sea más rápida y se evite la formación de cicatrices.

Zollino et al.¹¹ examinaron el efecto del tejido adiposo centrifugado con células progenitoras en úlceras crónicas de extremidades inferiores y, a diferencia de Muñoz et al.¹², observaron en sus resultados una disminución de la intensidad del dolor y de la recurrencia de eventos adversos en comparación con el tratamiento habitual, lo que confirmaba la seguridad de esta tecnología. Se puede suponer que es efectiva para los problemas que trae consigo el padecer heridas crónicas, como dolor y eventos adversos (p. ej., la infección de la herida). Aun así, no se ha logrado contar con más estudios que favorezcan esta tecnología de forma validada.

Un aspecto importante al tratar una herida es una correcta evaluación de su lecho para saber qué debe considerarse, como el tamaño, volumen y profundidad de la herida; la cantidad de exudado; el tipo de tejido; el dolor; la piel circundante; el edema; los pulsos; entre otros³¹⁻³³. Con base en lo

anterior, Muñoz et al.¹² y Del Pino et al.¹³ estudiaron el plasma rico en plaquetas y concluyeron que existía una reducción del tamaño de la herida tras el uso del plasma, pero difirieron en el tiempo que debía durar el tratamiento. Muñoz et al.¹² aplicaron la tecnología por un mínimo de 15 días, máximo 90, y evaluaron el avance cada 7 días. Del Pino et al.¹³, por su parte, aplicaron la tecnología entre 3 y 20 semanas; el tiempo medio para la cicatrización completa fue de 11.5 semanas. Además, Del Pino et al.¹³ registraron disminución del dolor tras esta terapia, mientras que Muñoz et al.¹² señalaron que no había evidencia suficiente para asegurar esto.

La terapia de oxígeno hiperbárico mejora la neovascularización y desempeña un papel en la mejoría de la respuesta inmunitaria; la regulación negativa de la inflamación y positiva de la síntesis de factores de crecimiento; la potenciación de los antibióticos y de los procesos antibacterianos; y la mejoría de la respuesta antioxidante y de la lesión por isquemia-reperfusión¹⁶. Pese a las grandes ventajas que aporta esta terapia, se han mostrado informes contradictorios sobre su rentabilidad en el campo de las heridas crónicas. Puesto que existen otras terapias con resultados similares, pero con menor costo, como los apósitos bioactivos, la terapia de oxígeno hiperbárico no se considera como una terapia apoyada por la evidencia.

Entre las tecnologías avanzadas para tratar heridas crónicas, la terapia de presión negativa fue la que predominó para los distintos tipos de lesiones. Es posible complementar los resultados antecedentes¹⁷⁻²¹ proponiendo que esta terapia facilita la limpieza de la herida y la preparación de su lecho, lo que disminuye el tiempo del injerto y acelera la cicatrización, que a su vez provoca la contracción de la herida. Además, esta terapia brinda un efecto antiinflamatorio y previene infecciones al cierre de la herida. Posee distintos mecanismos de acción; por ejemplo, el drenaje del líquido extracelular, gracias al cual se libera presión del interior de los vasos sanguíneos y se posibilita un flujo de sangre adecuado para la perfusión de la herida. Este mecanismo provoca la microdeformación celular, la cual promueve la proliferación celular y la formación de tejido de granulación³⁴.

La terapia de ondas de choque extracorpóreas fue considerada como una tecnología no invasiva factible para mejorar la cicatrización de heridas crónicas. Sin embargo, al ser la cicatrización de las úlceras crónicas complicada y el número de participantes en los estudios escaso, Zhang et al.²³ concluyeron que se necesitaban más ensayos clínicos controlados aleatorizados y de alta calidad para evaluar la eficacia de esta tecnología.

Marangi et al.²⁵, quienes investigaron el plasma eléctrico como tecnología para desbridar úlceras crónicas, apoyaron los resultados anteriores a los suyos, ya que mostraron que el dispositivo electroquirúrgico PEAK PlasmaBlade generaba un corte más preciso, una hemostasia simultánea y un menor daño tisular, que a su vez reducía el daño dérmico, en comparación con el desbridamiento convencional. Además, causaba una menor incidencia de infecciones (69 % en el grupo control y 31 % en el grupo al que se practicó desbridamiento quirúrgico mediado por plasma) y un menor tiempo de curación.

Durante la revisión se presentaron limitaciones que dificultaron la obtención de la mejor evidencia. Por ejemplo, al elegir los descriptores para la búsqueda inicial, los términos *heridas crónicas* y *tecnologías avanzadas* no estaban normalizados, por lo que se debió utilizar términos poco específicos. Además, se encontraron muchas investigaciones *in vitro* o con animales que no se habían intentado replicar con humanos. Finalmente, la gran cantidad de estudios con muestras poco significativas implicó una búsqueda más extensa que lo esperado. No obstante, se evidenció la necesidad de continuar con investigaciones primarias sobre estas tecnologías desde la enfermería, a fin de examinar sus efectos e identificar sus ventajas y desventajas.

CONCLUSIONES

La presente revisión permitió identificar las tecnologías avanzadas para el tratamiento de heridas crónicas en la actualidad. Se pudo evidenciar que la terapia de presión negativa y el plasma rico en plaquetas son tecnologías apoyadas por la evidencia debido a que aceleran la cicatrización, disminuyen la inflamación y previenen infecciones.

RESPONSABILIDADES ÉTICAS

Conflictos de intereses. Las autoras declaramos que no tenemos ningún conflicto de intereses.

Financiamiento. Las autoras declaramos que no recibimos ningún financiamiento.

Contribución de las autoras. CFCH: Conceptualización, Curación de datos, Investigación, Metodología, Escritura (borrador original). KDCLN: Conceptualización, Curación de datos, Investigación, Metodología, Escritura (borrador original). JCOG: Conceptualización, Curación de datos, Investigación, Metodología, Escritura (borrador original). PAPS: Conceptualización, Administración del proyecto, Escritura (borrador original), Escritura (revisión y edición). BFRD: Conceptualización, Curación de datos, Investigación, Metodología, Escritura (borrador original). CBRP: Conceptualización, Curación de datos, Investigación, Metodología, Escritura (borrador original). JARS: Conceptualización, Curación de datos, Investigación, Metodología, Escritura (borrador original).

Agradecimientos. Han sido varios docentes quienes han formado parte de nuestro trayecto universitario, sin embargo, queremos agradecer y destacar a nuestra tutora, Paola Puebla Santibáñez, por su tiempo, palabras, dedicación, conocimiento y aporte a nuestra investigación.

REFERENCIAS

1. Lorenzo-Hernández MP, Hernández-Cano RM, Soria-Suárez MI. Heridas crónicas atendidas en un servicio de urgencias. *Enfermería glob.* 2014; 13(35): 23-31. <https://doi.org/10.6018/global.13.3.172891>
2. Silva V, Marcoleta A, Silva V, Flores D, Aparicio T, Aburto I, et al. Prevalencia y perfil de susceptibilidad antimicrobiana en bacterias aisladas de úlceras crónicas infectadas en adultos. *Rev. chil. infectol.* 2018; 35(2): 155-62. <https://doi.org/10.4067/s0716-10182018000200155>
3. Samaniego-Ruiz MJ, Palomar-Llatas F. Prevalencia e incidencia de heridas crónicas en atención primaria. *Heridas cicatrización.* 2020; 10(2): 18-26. <https://bit.ly/48xMFsy>
4. Guzmán-González V, Shu-Santander M, Santos-Cortés A, Marambio-Ruiz F, Carvajal-Orrego V, Araya-Labarca E. Factores nutricionales y clínicos que afectan el tiempo de cicatrización de úlceras de pie diabético. *Heridas cicatrización.* 2021; 11(4): 16-24. <https://bit.ly/4nFRS6r>
5. Brocke T, Barr J. The history of wound healing. *Surg Clin North Am.* 2020; 100(4): 787-806. <https://doi.org/10.1016/j.suc.2020.04.004>
6. Domínguez-Saavedra G, Hernández-Galván JM. Actualización en el manejo de heridas. *Cir. plást.* 2021; 31(3): 124-36. <https://doi.org/10.35366/103715>
7. Abicht BP, Deitrick III GA, MacEwan MR, Jeng L. Evaluation of wound healing of diabetic foot ulcers in a prospective clinical trial using a synthetic hybrid-scale fiber matrix. *Foot Ankle Surg (NY).* 2022; 2(1): 100135. <https://doi.org/10.1016/j.fastrc.2021.100135>
8. Armstrong DG, Orgill DP, Galiano RD, Glat PM, DiDomenico LA, Carter MJ, et al. A multi-centre, single-blinded randomised controlled clinical trial evaluating the effect of resorbable glass fibre matrix in the treatment of diabetic foot ulcers. *Int Wound J.* 2022; 19(4): 791-801. <https://doi.org/10.1111/iwj.13675>

9. Sarkar S, Poundarik AA. Bioactive wound dressings for the management of chronic non healing ulcers (CNHU)—A review of clinical and translational studies. *Materialia (Oxf)*. 2022; 21: 101269. <https://doi.org/10.1016/j.mtla.2021.101269>
10. Deng X, Gould M, Ali MA. A review of current advancements for wound healing: Biomaterial applications and medical devices. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2022; 110(11): 2542-73. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.35086>
11. Zollino I, Campioni D, Sibilla MG, Tessari M, Malagoni AM, Zamboni P. A phase II randomized clinical trial for the treatment of recalcitrant chronic leg ulcers using centrifuged adipose tissue containing progenitor cells. *Cytotherapy*. 2019; 21(2): 200-11. <https://doi.org/10.1016/j.jcyt.2018.10.012>
12. Muñoz AL, Merchán WH, Resende-Pires AL, Moraes ÂM, Gómez LA. Biostimulation of venous chronic ulcers with platelet-rich plasma gel and biocompatible membranes of chitosan and alginate: A pilot study. *Wound Med*. 2019; 26(1): 100161. <https://doi.org/10.1016/j.wndm.2019.100161>
13. Del Pino-Sedeño T, Trujillo-Martín MM, Andia I, Aragón-Sánchez J, Herrera-Ramos E, Iruzubie-ta-Barragán FJ, et al. Platelet-rich plasma for the treatment of diabetic foot ulcers: A meta-analysis. *Wound Repair Regen*. 2019; 27(2): 170-82. <https://doi.org/10.1111/wrr.12690>
14. Hu Z, Qu S, Zhang J, Cao X, Wang P, Huang S, et al. Efficacy and safety of platelet-rich plasma for patients with diabetic ulcers: A systematic review and meta-analysis. *Adv Wound Care (New Rochelle)*. 2019; 8(7): 298-308. <https://doi.org/10.1089/wound.2018.0842>
15. Ubillos N, Valdés B, Echarte L, Sujanov A, Agorio C, Touriño C, et al. Tratamiento complementario de heridas crónicas con factor de crecimiento estimulante de colonias de granulocitos. A propósito de dos casos clínicos. *Rev. urug. med. interna*. 2018; 3(1): 30-8. <https://doi.org/10.26445/rmu.3.1.4>
16. Hajhosseini B, Kuehlmann BA, Bonham CA, Kamperman KJ, Gurtner GC. Hyperbaric oxygen therapy: Descriptive review of the technology and current application in chronic wounds. *Plast Reconstr Surg Glob Open*. 2020; 8(9): e3136. <https://doi.org/10.1097/gox.0000000000003136>
17. Obregón-Cahuaya CE. Sistema de terapia de presión negativa para el tratamiento de heridas. 2.^a ed. Lima, Perú: Instituto Nacional de Salud; 2019. <https://bit.ly/46lQQzq>
18. Şahin E, Rizalar S, Özker E. Effectiveness of negative-pressure wound therapy compared to wet-dry dressing in pressure injuries. *J Tissue Viability*. 2022; 31(1): 164-72. <https://doi.org/10.1016/j.jtv.2021.12.007>
19. Karam RA, Rezk NA, Abdel-Rahman TM, Al-Saeed M. Effect of negative pressure wound therapy on molecular markers in diabetic foot ulcers. *Gene*. 2018; 667: 56-61. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2018.05.032>
20. Hsu KF, Chiu YL, Chiao HY, Chen CY, Chang CK, Wu CJ, et al. Negative-pressure wound therapy combined with artificial dermis (Terudermis) followed by split-thickness skin graft might be an effective treatment option for wounds exposing tendon and bone: A retrospective observation study. *Medicine (Baltimore)*. 2021; 100(14): e25395. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000025395>
21. Zhang BR, Fan X, Zhao JC, Shi K, Yu JA. Negative pressure wound therapy with instillation and dwell time in the wound management of necrotizing fasciitis. *J Tissue Viability*. 2021; 30(2): 262-6. <https://doi.org/10.1016/j.jtv.2021.02.012>
22. Feehan J, Burrows SP, Cornelius L, Cook AM, Mikkelsen K, Apostolopoulos V, et al. Therapeutic applications of polarized light: Tissue healing and immunomodulatory effects. *Maturitas*. 2018; 116: 11-7. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2018.07.009>

23. Zhang L, Weng C, Zhao Z, Fu X. Extracorporeal shock wave therapy for chronic wounds: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Wound Repair Regen.* 2017; 25(4): 697-706. <https://doi.org/10.1111/wrr.12566>
24. Viana L, Pompeo MQ. Healing rate of chronic and subacute lower extremity ulcers treated with contact ultrasound followed by noncontact ultrasound therapy: The VIP ultrasound protocol. *Wounds.* 2017; 29(8): 231-9. <https://bit.ly/48HbnGZ>
25. Marangi GF, Pallara T, Lamberti D, Perrella E, Serra R, Stilo F, et al. An electrical plasma dissection tool for surgical treatment of chronic ulcers: Results of a prospective randomised trial. *Int Wound J.* 2018; 15(5): 717-21. <https://doi.org/10.1111/iwj.12915>
26. Pereira N, Suh HP, Hong JP. Úlceras del pie diabético: importancia del manejo multidisciplinario y salvataje microquirúrgico de la extremidad. *Rev. chil. cir.* 2018; 70(6): 535-43. <https://doi.org/10.4067/s0718-40262018000600535>
27. Rodríguez-Rodríguez N, Martínez-Jiménez I, García-Ojalvo A, Mendoza-Mari Y, Guillén-Nieto G, Armstrong DG, et al. Wound chronicity, impaired immunity and infection in diabetic patients. *MEDICC Rev.* 2022; 24(1): 44-58. <https://doi.org/10.37757/mr2021.v23.n3.8>
28. The International Working Group on the Diabetic Foot. Guía práctica del IWGDF para la prevención y el tratamiento de la enfermedad del pie relacionada con la diabetes. Maastricht, the Netherlands: The International Working Group on the Diabetic Foot; Actualizado 2023. <https://bit.ly/46xhBYG>
29. Noa-Pelier BY, Coll-Costa JL, Echemendia-del Vall A. La actividad física en el adulto mayor con enfermedades crónicas no transmisibles. *Podium (Pinar del Río).* 2021; 16(1): 308-22. <https://bit.ly/3liD9PB>
30. Wilkinson HN, Hardman MJ. Wound healing: Cellular mechanisms and pathological outcomes. *Open Biol.* 2020; 10(9): 200223. <https://doi.org/10.1098/rsob.200223>
31. Leal C, Aburto I, Morgado P. Manejo y tratamiento de las heridas y úlceras: valoración y clasificación. Santiago de Chile: Gobierno de Chile; 2000. <https://bit.ly/4npiFUD>
32. Smart H, Sibbald RG, Goodman L, Ayello EA, Jaimangal R, Gregory JH, et al. Wound bed preparation 2024: Delphi consensus on foot ulcer management in resource-limited settings. *World Counc Enterostomal Ther J.* 2024; 44(1): 13-35. <https://doi.org/10.33235/wcet.44.1.13-35>
33. European Wound Management Association (EWMA). Documento de Posicionamiento: Heridas de difícil cicatrización: un enfoque integral. Londres, Inglaterra: Medical Education Partnership; 2008. <https://bit.ly/4nQsrde>
34. Normandin S, Safran T, Winocour S, Chu CK, Vorstenbosch J, Murphy AM, et al. Negative pressure wound therapy: Mechanism of action and clinical applications. *Semin Plast Surg.* 2021; 35(3): 164-70. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1731792>