



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CHIMBORAZO
FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE FISIOTERAPIA**

Láser terapéutico para pacientes con cicatrices patológicas
Trabajo de Titulación para optar al título de licenciado en
Fisioterapia

Autor:

Carrillo Aldaz Samantha Anahí
Naranjo Naranjo Emily Alejandra

Tutor:

Mgs. Miriam Carolina Moreira Andrade

Riobamba, Ecuador. 2026

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Nosotras, Samantha Anahí Carrillo Aldaz / Emily Alejandra Naranjo Naranjo con cédula de ciudadanía 185061768-7 / 210067143-3, autoras del trabajo de investigación titulado: Láser terapéutico para pacientes con cicatrices patológicas, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 21 de mayo del 2026.



Samantha Anahí Carrillo Aldaz

C.I: 185061768-7



Emily Alejandra Naranjo Naranjo

C.I: 210067143-3

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, Mgs. Miriam Moreira Andrade catedrático adscrito a la Facultad de Ciencias de la Salud, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: Láser terapéutico para pacientes con cicatrices patológicas, bajo la autoría de Samantha Anahí Carrillo Aldaz y Emily Alejandra Naranjo Naranjo; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los días 11 del mes de mayo de 2026.

A handwritten signature in black ink, reading "MIRIAM MOREIRA", enclosed within a large, loopy circular flourish.

Mgs. Miriam Moreira Andrade

C.I: 0604423095

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación Láser terapéutico para pacientes con cicatrices patológicas, presentado por Samantha Anahí Carrillo Aldaz / Emily Alejandra Naranjo Naranjo, con cédula de identidad número 185061768-7/210067143-3, bajo la tutoría de Mgs. Miriam Carolina Moreira Andrade; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 21 de mayo del 2026.

Mgs. María Gabriela Romero Rodríguez
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Mgs. Karla Micaela Robles Bustos
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Mgs. Fernando Daniel Álvarez Maigualema
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO





CERTIFICACIÓN

Que, **CARRILLO ALDAZ SAMANTHA ANAHI** con CC: **1850617688** y **NARANJO NARANJO EMILY ALEJANDRA** con CC: **2100671433**, estudiantes de la Carrera de **FISIOTERAPIA**, Facultad de **CIENCIAS DE LA SALUD**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**LÁSER TERAPÉUTICO PARA PACIENTES CON CICATRICES PATOLÓGICAS**", cumplen con el 16 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **COMPILATIO**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 11 de mayo de 2026

Mgs. MIRIAM MOREIRA ANDRADE
TUTORA

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, Gaby y Galo, quienes han sido mi mayor ejemplo de amor, fortaleza y perseverancia. Gracias por cada sacrificio, por cada desvelo, por cada palabra de aliento y por nunca dejar de creer en mí, incluso cuando yo misma dudaba. A mi hermano Bryan, por su compañía, su apoyo silencioso y por estar presente en cada etapa de este camino.

A mi abuelita, que hoy me cuida desde el cielo. Tu amor, tus enseñanzas y tu recuerdo han sido una guía constante en mi vida.

Al amor de mi vida, Ramsés, por haber formado parte importante de mi vida y de mi proceso académico durante varios años, por darme tranquilidad y amor en mis días malos. Y a mis amigas Samantha, Wendy y Naidely, por su amistad sincera y por recordarme siempre que no estaba sola.

Gracias de todo corazón, los amo.

Emily Alejandra Naranjo Naranjo

Este logro no habría sido posible sin el amor, el cariño, la comprensión, la paciencia, la confianza, las palabras de aliento, el sacrificio de quienes estuvieron incluso en los momentos más difíciles de esta etapa.

A papá, te dedico este logro porque tú me enseñaste a ser fuerte, me mostraste que la vida no es color de rosa y que por mínima que sea la adversidad hay una salida.

A mamá, te dedico este logro, porque me enseñaste la humildad, la bondad, de ayudar sin esperar nada a cambio.

A mi hermana, por ser una compañera incondicional en cada momento y etapa de mi vida.

Al amor de mi vida, por su compañía incondicional, ser mi compañero, mi amigo, mi gran apoyo en cada momento. Y sobre todo a nuestra estrellita más linda que sé que nos cuida desde el cielo.

Por último, a mi compañera de tesis que sin la ayuda y el esfuerzo de ella no habría sido esto posible, gracias Emily por la paciencia y confianza brindada para realizar y culminar esta etapa tan bonita de la vida.

Gracias a cada uno de ustedes, este logro es de todos, gracias por tanto amor incondicional.

Samantha Anahí Carrillo Aldaz

AGRADECIMIENTO

A Dios, por guiarnos con su amor y bendecirnos con la fortaleza, sabiduría y perseverancia necesarias para culminar esta importante etapa de nuestra vida profesional.

A nuestra tutora, Mgs. Miriam Moreira, por su dedicación, orientación y apoyo constante durante el desarrollo de esta investigación, compartiendo sus conocimientos y experiencia de manera invaluable.

A los miembros de nuestro tribunal: Mgs. Gaby Romero, Mgs. Karla Robles y Mgs. Fernando Álvarez, por sus aportes, recomendaciones y tiempo brindado para fortalecer este trabajo de investigación.

De igual manera, expresamos nuestro agradecimiento a todos los profesores de la carrera, quienes, con su enseñanza, compromiso y vocación, contribuyeron a nuestra formación académica y profesional.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	13
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	15
2.1 Anatomía y fisiología de la piel.....	15
2.2 Fisiología de la cicatrización.....	15
2.2.1 Homeostasis.....	16
2.2.2 Inflamación.....	17
2.2.3 Proliferación	18
2.2.4 Maduración y remodelación.....	18
2.3 Cicatriz.....	19
2.4 Cicatriz normal.....	19
2.5 Cicatrices patológicas	20
2.6 Clasificación de las cicatrices patológicas	20
2.6.1 Hipertroóficas	20
2.6.1.2 Histología y composición tisular.....	21
2.6.2 Queloides	23
2.6.3 Atróficas	25
2.6.3.2 Fisiopatología.....	26
2.6.3.3 Clasificación.....	27
2.6.4 Contracturas	28
2.6.4.2 Epidemiología	28
2.6.4.3 Fisiopatología.....	28
2.6.4.4 Factores de riesgo.....	29
2.6.4.5 Manifestación clínica	29
2.7 Láser terapéutico.....	29
2.8 Parámetros relevantes (longitud de onda, dosis, modo).....	30

2.9	Mecanismos fisiológicos a nivel celular y tisular.....	31
2.9.1	Fotobiomodulación (PBM/LLLT).....	31
2.9.2	Láser ablativo fraccionado (CO ₂).....	31
2.9.3	PDL y láseres vasculares.....	31
2.10	Seguridad, complicaciones y consideraciones clínicas.....	31
CAPÍTULO III. METODOLOGIA.....		33
3.1	Diseño de la investigación.....	33
3.2	Tipo de investigación.....	33
3.3	Nivel de investigación.....	34
3.4	Método de investigación.....	34
3.5	Según la cronología de la investigación.....	34
3.6	Técnicas de recolección de datos.....	35
3.7	Estrategias de búsqueda.....	35
3.8	Criterios de inclusión y exclusión.....	35
3.8.1	Criterios de inclusión.....	35
3.8.2	Criterios de exclusión.....	36
3.9	Población y muestra.....	36
3.10	Método de análisis y procesamiento de datos.....	36
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		44
4.1	Resultados de la revisión bibliográfica.....	44
4.2	Discusión.....	55
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES.....		60
5.1	Conclusiones.....	60
5.2	Recomendaciones.....	60
BIBLIOGRAFÍA.....		62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	38
Tabla 2	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo para recolección de las fuentes bibliográficas.....	37
--	-----------

RESUMEN

Las cicatrices patológicas constituyen una alteración del proceso fisiológico de cicatrización y pueden presentarse en diferentes formas según su etiología, profundidad, localización anatómica y tiempo de evolución, generando alteraciones estéticas, funcionales y psicosociales en los pacientes. Dentro de las alternativas terapéuticas actuales, el láser terapéutico ha cobrado relevancia por sus efectos sobre la modulación inflamatoria, la estimulación celular y la remodelación del tejido cicatricial. El objetivo de la presente investigación fue determinar los efectos del láser terapéutico en el tratamiento de cicatrices patológicas a partir del análisis de la evidencia científica disponible. Se desarrolló un estudio de tipo documental, basado en la revisión sistemática de 23 artículos científicos obtenidos de bases de datos académicas, seleccionados mediante criterios de inclusión y exclusión previamente establecidos.

El análisis de la literatura permitió identificar resultados favorables del láser terapéutico en diversos tipos de cicatrices patológicas, incluidas las de origen quirúrgico, traumático, postquemaduras y otras alteraciones cicatriciales, evidenciándose mejoras en variables clínicas como el grosor, la coloración, la elasticidad, la vascularización, el prurito, el dolor y la funcionalidad del tejido. Asimismo, se observó que los efectos del tratamiento varían según el tipo de láser, los parámetros de aplicación, la fase de evolución de la cicatriz y la combinación con otras terapias complementarias.

Se concluye que el láser terapéutico representa una alternativa eficaz y segura para el manejo de cicatrices patológicas; no obstante, la heterogeneidad de los protocolos descritos en la literatura resalta la necesidad de continuar investigando para establecer lineamientos terapéuticos estandarizados basados en evidencia científica.

Palabras clave: láser terapéutico, cicatrices patológicas, cicatrización, tratamiento fisioterapéutico, dermatofuncional.

ABSTRACT

Pathological scars represent an alteration of the physiological healing process and can present in different forms depending on their etiology, depth, anatomical location, and duration, generating aesthetic, functional, and psychosocial alterations in patients. Among current therapeutic alternatives, therapeutic laser therapy has gained relevance due to its effects on inflammatory modulation, cellular stimulation, and scar tissue remodeling. The objective of this research was to determine the effects of therapeutic laser therapy in the treatment of pathological scars based on an analysis of the available scientific evidence. A documentary study was conducted, based on a systematic review of 23 scientific articles obtained from academic databases, selected using pre-established inclusion and exclusion criteria. Literature review identified favorable results for therapeutic laser treatment in various types of pathological scars, including those of surgical, traumatic, post-burn, and other scarring origins. Improvements were observed in clinical variables such as thickness, color, elasticity, vascularization, pruritus, pain, and tissue function. Furthermore, it was observed that the treatment effects vary depending on the type of laser, application parameters, stage of scar development, and combination with other complementary therapies. It is concluded that therapeutic laser treatment represents an effective and safe alternative for the management of pathological scars; however, the heterogeneity of the protocols described in the literature highlights the need for further research to establish standardized therapeutic guidelines based on scientific evidence.

Keywords: therapeutic laser, pathological scars, scarring, physiotherapy treatment, dermatofunctional.



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:

MARCO ANTONIO
AQUINO ROJAS

Reviewed by:
Marco Antonio Aquino
ENGLISH PROFESSOR
C.C. 1753456134

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Las cicatrices patológicas constituyen una alteración del proceso normal de reparación tisular, caracterizadas por una producción excesiva y desorganizada de colágeno que genera formaciones elevadas, rígidas y de coloración variable, comúnmente clasificadas como cicatrices hipertróficas o queloides (1); este fenómeno se origina por una respuesta fibroblástica exagerada, influenciada por factores como la predisposición genética, la tensión mecánica en el sitio de la herida, la inflamación prolongada y la hipoxia local (2). De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, la cicatrización es un proceso biológico complejo y dinámico que forma parte esencial de la reparación tisular, cuyo objetivo es restablecer la integridad estructural y funcional de la piel tras una lesión (6); cuando este proceso se altera, pueden generarse respuestas anómalas del tejido conjuntivo que derivan en cicatrices patológicas.

Entre los principales factores de riesgo se encuentran la juventud, los fototipos cutáneos elevados, antecedentes de quemaduras, predisposición familiar y la presencia de lesiones en áreas con gran movilidad de la piel. Desde el punto de vista clínico, las lesiones suelen manifestarse como formaciones que pueden generar prurito, dolor, alteraciones estéticas, además de producir contracturas, limitaciones funcionales y percusiones psicológicas importantes que deterioran la calidad de vida de los pacientes.

A nivel mundial, se estima que entre el 5 % y el 15 % de las heridas quirúrgicas o traumáticas desarrollan cicatrices patológicas, afectando a más de 100 millones de personas cada año, con mayor prevalencia en individuos de origen africano, asiático y latinoamericano (4); en América Latina, la incidencia alcanza aproximadamente el 8 % de los casos postquirúrgicos, siendo los queloides más frecuentes en el tórax, los hombros y los lóbulos auriculares, y las cicatrices hipertróficas en zonas sometidas a mayor tensión cutánea. En Ecuador, aunque los registros epidemiológicos son escasos, los reportes del Ministerio de Salud Pública señalan que alrededor del 6 % de las heridas por traumatismos o procedimientos quirúrgicos derivan en alteraciones cicatriciales, afectando principalmente a mujeres jóvenes y en zonas anatómicas de alta movilidad como el cuello, los hombros y las rodillas; este panorama refleja un problema sanitario, funcional y estético con repercusiones psicológicas y sociales de considerable impacto.

En los servicios de salud, la ausencia de protocolos unificados y de tratamientos estandarizados puede ocasionar diferencias en los resultados terapéuticos, aumento en los

costos de atención y menor satisfacción de los pacientes. El láser terapéutico se ha posicionado como una opción efectiva, segura y mínimamente invasiva, respaldada por diversos estudios científicos. Su funcionamiento se fundamenta en la fotobiomodulación, mecanismo mediante el cual la luz es absorbida por estructuras celulares específicas, favoreciendo la actividad mitocondrial, la síntesis de ATP y la reorganización de las fibras de colágeno (5). Estos efectos contribuyen a la reparación de los tejidos, la reducción del proceso inflamatorio y la mejoría en las características de la piel, como elasticidad, coloración y textura. De igual manera, la aplicación de láser de baja y media potencia ha mostrado beneficios en la disminución del grosor de las cicatrices, el alivio de molestias como dolor y prurito, y una apariencia más uniforme del tejido cicatricial (5). Sin embargo, pese al desarrollo tecnológico alcanzado, los estudios disponibles todavía presentan resultados variables en relación con su eficacia, debido a las diferencias en los parámetros utilizados, los tipos de láser aplicados y los protocolos terapéuticos empleados. Por ello, continúa siendo necesario desarrollar investigaciones más sólidas que permitan establecer guías de tratamiento estandarizadas y sustentadas en evidencia clínica confiable.

El objetivo de esta investigación es analizar la efectividad del láser terapéutico en el manejo de cicatrices patológicas, a partir de la revisión de la evidencia científica existente, con la finalidad de identificar su influencia en la mejoría clínica y funcional del tejido cicatricial en el ámbito de la fisioterapia dermatofuncional.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Anatomía y fisiología de la piel

La piel constituye el órgano más extenso del cuerpo humano y cumple funciones esenciales de protección, termorregulación, sensibilidad, intercambio hídrico, defensa inmunológica y reparación tisular. Está conformada por tres capas principales: epidermis, dermis e hipodermis, las cuales se integran estructuralmente para mantener la homeostasis cutánea. La epidermis, compuesta mayormente por queratinocitos, es avascular y se renueva constantemente mediante proliferación y diferenciación celular. La dermis, rica en fibroblastos, fibras de colágeno tipo I y III, elastina, proteoglicanos, ácido hialurónico y matriz extracelular, otorga resistencia, elasticidad y soporte mecánico al tejido. La hipodermis o tejido celular subcutáneo funciona como reserva energética, aislante térmico y estructura de soporte (1).

El colágeno representa cerca del 70 al 80 % del contenido dérmico y constituye el principal factor responsable de la fuerza tensil de la piel. La elastina, aunque menos abundante, permite la recuperación mecánica del tejido tras una deformación. La alteración de la síntesis, degradación o disposición de estas fibras contribuye directamente al desarrollo de cicatrices patológicas, sobre todo cuando existe un desbalance en la modulación de la matriz extracelular (2).

La piel también contiene una amplia red de células inmunológicas mastocitos, células dendríticas, macrófagos y linfocitos—responsables de regular la inflamación y dirigir la respuesta cicatricial. La interacción entre fibroblastos, citoquinas y factores de crecimiento es determinante para lograr una reparación ordenada o, en su defecto, generar fibrosis excesiva (3).

2.2 Fisiología de la cicatrización

La cicatrización normal implica una serie de eventos biológicos y moleculares complejos, perfectamente adaptados para que se dé la migración, proliferación celular y el depósito de matriz extracelular necesarios para la formación de nueva cicatriz. Existe controversia con respecto al número de fases que esta comprende. Según la bibliografía que se consulte, se pueden tomar las fases de hemostasis e inflamación como una sola fase o dividir las en dos,

seguidas del proceso de proliferación, y nuevamente las fases de maduración y remodelación presentadas en una o dos fases separadas (1).

2.2.1 Hemostasis

La fase de hemostasis constituye el primer mecanismo de respuesta inmediata del organismo tras una lesión tisular y tiene como objetivo principal detener la hemorragia y preparar el lecho de la herida para las etapas posteriores del proceso cicatricial. Esta fase se activa segundos después de la ruptura vascular, cuando la exposición del colágeno subendotelial, el factor tisular y otras proteínas de la matriz extracelular desencadena la adhesión y agregación plaquetaria, así como la activación de la cascada de coagulación (2).

Las plaquetas desempeñan un papel central no solo en la formación del coágulo, sino también como reservorios biológicos que liberan múltiples factores de crecimiento, entre ellos el factor de crecimiento derivado de plaquetas (PDGF), el factor de crecimiento transformante beta (TGF- β), el factor de crecimiento del endotelio vascular (VEGF) y diversas interleucinas que regulan la quimiotaxis celular (1,2). Estos mediadores cumplen funciones esenciales en la transición hacia la fase inflamatoria, ya que promueven el reclutamiento de neutrófilos, monocitos y macrófagos, además de estimular la migración inicial de fibroblastos y células epiteliales.

El coágulo de fibrina que se forma tras la lesión no solo cumple la función de controlar la hemorragia, sino que también actúa como una estructura provisional que facilita la migración de diferentes células involucradas en la reparación tisular. Gracias a esta matriz temporal, se trabajan procesos esenciales para la cicatrización, entre ellos la formación de nuevos vasos sanguíneos, la regeneración del epitelio y la producción de matriz extracelular (5). Además, la red compuesta por fibrina y fibronectina funciona como una barrera protectora inicial frente a microorganismos, ayudando a disminuir el riesgo de infección y proporcionando estabilidad a la herida durante las primeras etapas posteriores al traumatismo.

De acuerdo con los lineamientos de la OMS, la hemostasis debe considerarse un punto de inflexión que determina la eficacia del proceso reparativo, ya que alteraciones en la formación del coágulo o en la liberación de factores de crecimiento pueden retrasar la cicatrización o inducir respuestas inflamatorias exageradas asociadas al desarrollo de fibrosis patológica (6). La correcta interacción entre la coagulación, el sistema inmune y la

matriz extracelular durante esta etapa es indispensable para garantizar una transición adecuada hacia las fases de inflamación y proliferación.

2.2.2 Inflamación

La fase inflamatoria se inicia inmediatamente después de lograda la hemostasia y constituye un proceso clave para la eliminación de agentes dañinos y la preparación del tejido para la reparación. Durante esta etapa ocurre la vasodilatación mediada por citoquinas como IL-1, IL-6 y TNF- α , así como el aumento de la permeabilidad capilar inducido por histamina, prostaglandinas y VEGF, lo que permite la extravasación de células inmunes hacia el sitio lesionado (2,5).

Los neutrófilos son las primeras células en migrar hacia la herida, encargándose de fagocitar microorganismos, remover tejido necrótico y secretar proteasas y radicales libres que ayudan al control de infecciones. No obstante, una permanencia prolongada de neutrófilos puede generar un microambiente oxidativo que favorece la fibrosis (5,7). Posteriormente ingresan los macrófagos, células fundamentales cuya transición del fenotipo M1 (proinflamatorio) al fenotipo M2 (reparador) regula el equilibrio entre inflamación y proliferación (1).

Los macrófagos M2 estimulan la síntesis de matriz extracelular, la angiogénesis y la migración de queratinocitos y fibroblastos mediante la liberación de TGF- β , PDGF y FGF (2). En heridas fisiológicas, esta fase se resuelve entre las 48 y 72 horas. Sin embargo, en cicatrices patológicas, especialmente queloides e hipertróficas, se ha evidenciado una prolongación de la inflamación caracterizada por infiltrados persistentes de mastocitos, macrófagos M2 y linfocitos T, acompañados de aumento sostenido de TGF- β 1 e IL-6, factores que estimulan la fibroproliferación excesiva (1,3,4).

La IL-6, en particular, ha sido señalada como un mediador clave en la patogénesis del queloide, al promover un ciclo autocrino de inflamación y proliferación fibroblástica, mientras que niveles reducidos de IL-37 citocina antiinflamatoria se han asociado a mayor severidad queloideana (3). Esta inflamación crónica genera un microambiente disfuncional que impulsa la transición patológica hacia la fibrosis. Intervenciones terapéuticas como el láser PDL y la fotobiomodulación han demostrado modular este entorno inflamatorio al reducir mediadores proinflamatorios y promover un remodelado más ordenado (5,7).

2.2.3 Proliferación

Esta fase se caracteriza por procesos nuevos de epitelización, angiogénesis, formación de tejido de granulación y depósito de colágeno. Usualmente, esta fase demora entre días a semanas. Varios tipos de citoquinas y factores de crecimiento (por ejemplo, familia de factor transformante β , interleucinas y factores de angiogénesis) se encargan de mediar este proceso (2).

El coágulo formado previamente va a ser reemplazado por matriz extracelular formada a partir de proteoglicanos, ácido hialurónico, colágeno y elastina (2).

La epitelización inicia a partir del borde de la herida por queratinocitos y células madre epidermales (provenientes de la dermis folicular y apéndices dérmicos), que migran hacia la superficie, se dividen y diferencian hasta formar una capa externa protectora, además estas células tienen la función de fagocitar el material no deseado (2).

En esta fase los fibroblastos son células cruciales, ya que son responsables de la producción de elastina y organización de la matriz extracelular para formar una cicatriz inmadura. Esta cicatriz se va a componer predominantemente de fibras de colágeno tipo III desorganizadas (2).

Los fibroblastos son células que requieren un suplemento adecuado de oxígeno para poder mediar la producción de colágeno. Sin oxígeno que asista la hidroxilación de residuos de prolina y lisina, no se dan los enlaces químicos necesarios para formar colágeno maduro, por lo que se dice que la cicatrización es un proceso con aumento de requerimientos metabólicos y altamente receptivos a cambios en los niveles de oxígeno corporal (2).

2.2.4 Maduración y remodelación

La fase de maduración y remodelación es la etapa más prolongada de la cicatrización, extendiéndose desde las semanas posteriores a la lesión hasta 12–24 meses. Su objetivo principal es transformar la matriz extracelular inmadura en un tejido estructuralmente más estable y funcional. Durante esta fase ocurre la reorganización de los depósitos de colágeno, el reemplazo progresivo de colágeno tipo III por colágeno tipo I y la reorientación de las fibras siguiendo las líneas de tensión cutánea (2).

Inicialmente, los fibroblastos presentes en el tejido se diferencian en miofibroblastos bajo la influencia de TGF- β 1, adquiriendo la capacidad de contracción mediante la expresión de α -actina de músculo liso. Esta contracción contribuye a reducir el tamaño de la herida, pero

una persistencia anómala de miofibroblastos puede desencadenar contracturas o fibrosis excesiva (1,2).

Paralelamente, la matriz extracelular experimenta un proceso de degradación y síntesis balanceado gracias a la acción coordinada de metaloproteinasas (MMP) y sus inhibidores (TIMP). Cuando este balance se modifica debido al aumento de los inhibidores tisulares de metaloproteinasas (TIMP) y a la elevada expresión del factor de crecimiento transformante beta 1 (TGF- β 1), se incrementa la probabilidad de desarrollar cicatrices hipertróficas o queloides (1,3). En la fase de remodelación, las fibras de colágeno comienzan a reorganizarse en estructuras más gruesas y organizadas, lo que permite que la resistencia del tejido cicatricial aumente de manera gradual hasta alcanzar cerca del 80 % de la fuerza tensil de la piel sana (2).

En cicatrices patológicas, esta fase termina muy afectada. Los queloides muestran un exceso de colágeno tipo I dispuesto en nódulos desorganizados, mientras que las cicatrices hipertróficas presentan haces paralelos más compactos, lo cual explica su consistencia firme y elevada (1,4). Estudios recientes han demostrado que tecnologías como el láser fraccional de CO₂ pueden modular esta fase al inducir microdaño controlado que estimula la reorganización del colágeno y la remodelación tisular (7).

2.3 Cicatriz

La cicatriz es el resultado del proceso de reparación que se activa tras una lesión en la piel. Cuando el tejido sufre daño, se produce una sustitución del mismo por colágeno y otros componentes de la matriz extracelular. Este mecanismo es fisiológico; sin embargo, cuando ocurre un desbalance entre la síntesis y la degradación de colágeno, se desarrollan cicatrices patológicas, principalmente cicatrices hipertróficas y queloides. Dichas alteraciones se caracterizan por una producción excesiva, persistente y desorganizada de colágeno, así como por una inflamación prolongada (4).

Las cicatrices patológicas no solo generan alteraciones estéticas, sino también síntomas como prurito, dolor, tirantez y limitación funcional que afectan la calidad de vida. Además, pueden tener repercusiones psicológicas importantes, como ansiedad, baja autoestima y trastornos del sueño (4).

2.4 Cicatriz normal

La cicatriz normal se caracteriza por una reparación ordenada del tejido tras una lesión. Tras el cierre de la herida, la cicatriz atraviesa un proceso prolongado de remodelación donde el

colágeno tipo III se reemplaza progresivamente por colágeno tipo I. Durante este proceso, la cicatriz se torna más plana, flexible y menos vascularizada. Su color pasa de un tono rosado a uno más cercano al de la piel circundante, debido a la reducción de angiogénesis y al reacomodo de la matriz extracelular. Además, las fibras de colágeno se alinean siguiendo líneas de tensión normales (líneas de Langer), permitiendo una mejor integración estética y funcional.

Una cicatriz normal no presenta crecimiento descontrolado, no genera dolor persistente ni prurito intenso, y suele mejorar espontáneamente durante los primeros 12 a 18 meses.

2.5 Cicatrices patológicas

Las cicatrices se producen como parte de la respuesta fisiológica normal del organismo a una alteración de la integridad de cualquiera de los tejidos que lo componen (1).

Las cicatrices hipertróficas y los queloides son ejemplos de procesos inflamatorios fibrosantes, que se caracterizan por un incremento del contenido de colágeno y de glicosaminoglicanos, así como por un incremento en el recambio de colágeno. Su aparición con frecuencia una serie de efectos secundarios indeseables, tanto por ser sintomáticas (prurito, fragilidad y dolor o sensación de quemazón) como por su recuperación estética, que puede asociarse a alteraciones del sueño, ansiedad, depresión e interferencia en la realización de las actividades diarias (1).

2.6 Clasificación de las cicatrices patológicas

2.6.1 Hipertróficas

Las cicatrices hipertróficas son una forma de cicatrización patológica caracterizada por una proliferación excesiva del tejido conjuntivo que permanece estrictamente confinada al área original de la lesión. Surgen típicamente entre dos y cuatro semanas después del trauma inicial y se desarrollan con mayor frecuencia en heridas que cicatrizan por segunda intención, heridas sometidas a tensión mecánica elevada y quemaduras de espesor parcial profundo (1,4). Su evolución suele ser autolimitada, de modo que pueden experimentar una regresión gradual a lo largo de 12 a 18 meses, aunque este proceso depende de factores individuales y del entorno fisiológico de la herida (1).

2.6.1.1 Características clínicas y morfológicas

Clínicamente, las cicatrices hipertróficas se presentan como lesiones elevadas, firmes, eritematosas y con borde bien delimitado, siguiendo el contorno exacto de la herida original. Se acompañan con frecuencia de prurito, hipersensibilidad, ardor y sensación de rigidez o tirantez cutánea, lo que puede comprometer la movilidad cuando se localizan en articulaciones o regiones sometidas a tensión constante (3). La coloración rojiza característica se asocia a una vascularización aumentada y activa, observable tanto macroscópicamente como mediante estudios histológicos (2).

2.6.1.2 Histología y composición tisular

Desde un punto de vista histopatológico, las cicatrices hipertróficas se distinguen por una proliferación abundante de fibroblastos y miofibroblastos, una matriz extracelular rica en colágeno tipo III y una disposición de las fibras en haces gruesos paralelos a la superficie cutánea (1,2). Este patrón organizado contrasta con la disposición caótica que caracteriza a los queloides.

Los fibroblastos en estas lesiones muestran un fenotipo altamente activo, influenciado por citocinas profibróticas como el factor de crecimiento transformante beta (TGF- β 1) y el factor de crecimiento derivado de plaquetas (PDGF), que estimulan la síntesis de matriz extracelular (2). Asimismo, se observa un incremento del número de mastocitos y células inmunitarias que participan en la perpetuación de un microambiente inflamatorio persistente (3).

2.6.1.3 Fisiopatología

La aparición de cicatrices hipertróficas se relaciona principalmente con una respuesta inflamatoria prolongada tras la lesión tisular. Durante este proceso, el aumento excesivo de citocinas proinflamatorias como IL-1, IL-6 y TNF- α estimula de manera continua la proliferación de fibroblastos y la producción elevada de colágeno (1,3). Asimismo, diversos estudios han señalado que la permanencia de macrófagos M2, asociados a la reparación tisular, favorece la activación fibroblástica y mantiene una síntesis constante de colágeno, contribuyendo al incremento progresivo del grosor de la cicatriz (2).

Otro elemento importante en el desarrollo de este tipo de cicatrices es la tensión mecánica ejercida sobre la piel. Zonas como los hombros, el esternón, la región deltoidea, las orejas y

las articulaciones presentan mayor predisposición debido al estiramiento continuo de los tejidos. Esta tensión activa mecanismos de mecano transducción celular que potencian la proliferación de fibroblastos y miofibroblastos, favoreciendo la hiperplasia cicatricial (1). Esto explica por qué ciertas cicatrices quirúrgicas sometidas a mayor tensión, como las derivadas de esternotomías, tienen una tendencia más elevada a evolucionar hacia cicatrices hipertróficas.

2.6.1.4 Factores de riesgo y variaciones clínicas

Diversos factores influyen en la predisposición a desarrollar cicatrices hipertróficas, entre ellos:

- Edad joven, debido a una mayor capacidad proliferativa del tejido (4).
- Foto tipos altos, relacionados con mayor respuesta inflamatoria y producción fibroblástica (4).
- Heridas profundas o con epitelización prolongada, especialmente cuando excede las 3 semanas (4).
- Infecciones, quemaduras y traumatismos repetidos, que prolongan la fase inflamatoria (3).

Las cicatrices hipertróficas pueden variar de acuerdo con su causa:

- En quemaduras, tienden a ser más gruesas, inflamadas y pruriginosas debido al prolongado proceso inflamatorio.
- En heridas quirúrgicas, se observan con mayor frecuencia en incisiones sometidas a tracción, como esternón y abdomen alto.

2.6.1.5 Comportamiento biológico

A diferencia del queloide, la cicatriz hipertrófica suele presentar una evolución más controlada. Generalmente, su crecimiento se estabiliza después de algunos meses y posteriormente inicia una etapa de maduración, en la que la cicatriz adquiere una apariencia más plana, flexible y con menor vascularización. Este proceso se relaciona con la disminución progresiva de los miofibroblastos y con la reorganización de las fibras de colágeno (1,4).

Las cicatrices hipertróficas corresponden a una respuesta fibrótica exagerada, aunque limitada en el tiempo, originada por la interacción de distintos factores como la inflamación

persistente, la tensión mecánica, la predisposición genética y la elevada actividad fibroblástica.

2.6.2 Queloides

Las cicatrices queloides son los más severos de cicatrización patológica. Se caracterizan por un crecimiento excesivo del tejido fibroso que sobrepasa los límites de la lesión inicial y continúa expandiéndose de manera progresiva, sin presentar regresión espontánea (1). Esta progresión prolongada diferencia al queloides de la cicatriz hipertrófica y lo convierte en una condición clínico-patológica de carácter crónico.

2.6.2.3 Características clínicas

Los queloides se presentan como lesiones firmes, brillantes, elevadas y de contorno irregular. Suelen ser de color rosado, rojizo o violáceo, debido a su rica vascularidad periférica. Clínicamente provocan síntomas más intensos que las cicatrices hipertróficas, incluyendo prurito severo, dolor, hipersensibilidad, sensación de ardor y, en algunos casos, parestesias debido a la compresión de terminaciones nerviosas (3).

Su crecimiento puede ser continuo o en brotes. Algunas lesiones permanecen estables por meses y luego muestran un crecimiento repentino, lo que se atribuye a fluctuaciones hormonales, traumatismos menores o procesos inflamatorios episódicos (3,4).

2.6.2.4 Histología del tejido

Histológicamente, los queloides presentan características distintivas que los diferencian de cualquier otra forma de cicatriz. Entre estas se encuentran:

- Colágeno tipo I predominante, en mayor cantidad que el tipo III, con fibras gruesas, hialinizadas y dispuestas de forma desorganizada en nódulos densos (1,2).
- Proliferación excesiva de fibroblastos, que mantienen un estado metabólico hiperactivo.
- Infiltrado inflamatorio crónico compuesto por mastocitos, linfocitos T, linfocitos B y macrófagos M2 (3).
- Densidad aumentada de vasos sanguíneos periféricos, responsables del eritema y del aporte constante de mediadores inflamatorios (2).

2.6.2.5 Fisiopatología y mecanismos celulares

Los queloides se originan por una alteración profunda en la cicatrización, marcada por inflamación persistente y señalización fibroblástica exagerada. Entre los mecanismos más relevantes destacan:

- Sobreexpresión de TGF- β 1 y TGF- β 2, que estimulan la proliferación de fibroblastos y la producción abundante de colágeno tipo I (1,2).
- Aumento de IL-6, responsable de promover un ciclo autocrino donde la inflamación genera más proliferación fibroblástica (3).
- Disminución de IL-37, citocina antiinflamatoria que normalmente modera la respuesta inmune (3).
- Presencia elevada de mastocitos, que liberan histamina, triptasa y otros mediadores que perpetúan la inflamación.
- Predominio de macrófagos M2, asociados a respuestas reparadoras exageradas (1).

2.6.2.6 Factores genéticos, hormonales y poblacionales

Los queloides presentan una importante predisposición genética. Diversas investigaciones señalan que pueden heredarse mediante un patrón autosómico dominante con una fuerte variable (4). Su aparición es más frecuente en personas con foto tipos cutáneos altos (IV–VI), especialmente en poblaciones afrodescendientes, asiáticas y latinoamericanas (4).

Se ha identificado una mayor incidencia en adolescentes y adultos jóvenes, lo que sugiere la participación de factores hormonales en su desarrollo. Las variaciones en los niveles de estrógenos y andrógenos podrían influir en el crecimiento que loideano, particularmente durante etapas como la pubertad, el embarazo y los ciclos menstruales (3).

2.6.2.5 Variantes clínicas

Los queloides pueden clasificarse de acuerdo con su origen y características morfológicas. Los queloides espontáneos aparecen sin un traumatismo evidente y suelen asociarse con una mayor predisposición genética. Por otro lado, los queloides secundarios se desarrollan después de cirugías, quemaduras, perforaciones o procesos inflamatorios leves, como el acné o la foliculitis (3).

Entre las localizaciones más frecuentes destacan la región auricular y torácica, debido a la elevada tensión cutánea y a la intensa actividad fibroblástica presente en estas zonas.

2.6.2.6 Impacto funcional y psicológico

Además del aspecto estético, los queloides pueden comprometer la movilidad cuando se ubican cerca de articulaciones, favoreciendo la aparición de contracturas secundarias. De igual manera, generan un impacto psicológico importante, sobre todo cuando las lesiones son visibles, ya que pueden afectar la autoestima, provocar aislamiento social y deteriorar la calidad de vida (3,4).

En conjunto, los queloides constituyen un trastorno fibroproliferativo crónico caracterizado por proliferación celular desregulada, inflamación persistente y una marcada influencia genética y hormonal, factores que explican su comportamiento más agresivo y persistente dentro de las cicatrices patológicas.

2.6.3 Atróficas

Las cicatrices atróficas del acné son una complicación desafortunada y permanente del acné vulgar, que puede estar asociada a un importante malestar psicológico. El acné es una afección común que afecta hasta al 80 % de la población adolescente en mayor o menor medida. Las cicatrices permanentes causadas por el acné son una complicación desafortunada del acné vulgar. Su incidencia no está bien estudiada, pero puede presentarse en algún grado en el 95 % de los pacientes con acné vulgar. Los estudios indican que la incidencia de cicatrices de acné en la población general oscila entre el 1 % y el 11 %. (4)

Es causado y caracterizado por múltiples factores, incluyendo la actividad de *Propionibacterium acnes*, Aumento de la producción de sebo, estimulación androgénica, hipercornificación folicular, respuesta inflamatoria de linfocitos, macrófagos y neutrófilos, y activación de citocinas. Las lesiones inflamatorias del acné pueden resultar en cicatrices permanentes. La cicatrización ocurre temprano en el acné y puede afectar a alrededor del 95 por ciento de los pacientes con esta enfermedad, relacionada tanto con su gravedad como con el retraso antes del tratamiento. Las cicatrices del acné se pueden clasificar en tres tipos diferentes: atróficas, hipertróficas o queloides. Las cicatrices del acné atrófico son el tipo más común. La patogénesis de las cicatrices del acné atrófico probablemente esté

relacionada con mediadores inflamatorios y la degradación enzimática de las fibras de colágeno y la grasa subcutánea. (4)

La inflamación preclínica temprana en el acné persiste durante todo el ciclo de vida de la lesión, desde micro comedones hasta comedones cerrados, lesiones inflamatorias y, finalmente, eritema postinflamatorio (EPI), hiperpigmentación postinflamatoria (HPI) y cicatrización. El EPI suele persistir en personas de piel clara, mientras que la HPI es más común en personas de piel oscura. Ambas secuelas representan una inflamación macroscópicamente visible e histológicamente notable, 5 que puede estar parcialmente relacionada con la lenta degradación de *P. acnes* no viable dentro del folículo. El EPI es el resultado de una dilatación microvascular relacionada con la cicatrización de heridas que se percibe como enrojecimiento general, no telangiectasia visible, que se ve exacerbada por el adelgazamiento epidérmico relacionado con la reparación. (4)

El acné afecta la cara en la mayoría de los casos, y muchos pacientes experimentan algún grado de cicatrización, cuya gravedad se correlaciona con el grado de acné. Las cicatrices de acné son el resultado de una respuesta alterada de la cicatrización de heridas a la inflamación cutánea, con infiltrados de células inflamatorias encontrados en el 77 por ciento de las cicatrices atróficas. Los diferentes filotipos de *P. acnes* activan diferencialmente la inmunidad innata epidérmica, lo que contribuye a las variaciones en la gravedad del acné. En pacientes no propensos a la cicatrización, las lesiones tempranas tienen una gran respuesta inmune inespecífica que disminuye en las lesiones en resolución. Por el contrario, en pacientes propensos a la cicatrización, las lesiones tempranas se caracterizan por un menor número de células T CD4+ alojadas en la piel en comparación con los pacientes sin cicatrices, una respuesta que se vuelve más activa en la resolución de las lesiones. (4)

Cicatrices atróficas. La producción y degradación aberrantes de colágeno durante el proceso de cicatrización dan lugar a diversos tipos de cicatrices de acné. En el 80% al 90% de los casos, se produce una destrucción neta de colágeno en la dermis, lo que resulta en cicatrices atróficas. Con menor frecuencia, se produce una ganancia neta de colágeno, lo que resulta en cicatrices hipertróficas o queloides. (4)

2.6.3.1 Fisiopatología

Su fisiopatología se basa fundamentalmente en un desequilibrio entre la destrucción y la producción de colágeno, donde predomina la pérdida o insuficiente síntesis de este. La fisiopatología de las cicatrices atróficas se caracteriza principalmente por un desequilibrio

entre la degradación y la producción de colágeno, predominando la pérdida o la síntesis insuficiente de este componente. Habitualmente, el proceso se inicia tras un daño cutáneo profundo ocasionado por acné inflamatorio, varicela, traumatismos o procedimientos que afectan la dermis. Posteriormente, la lesión desencadena una respuesta inflamatoria en la que neutrófilos y macrófagos liberan enzimas, como las metaloproteinasas de matriz, encargadas de degradar colágeno, elastina y otros elementos de la matriz extracelular. No obstante, en las cicatrices atróficas esta degradación ocurre de forma excesiva o prolongada, produciendo un déficit estructural en la dermis (4). Durante la fase proliferativa de la cicatrización, los fibroblastos deberían producir nuevas fibras de colágeno tipo I y III para rellenar la zona lesionada. En las cicatrices atróficas esto no ocurre adecuadamente debido a una respuesta fibroblástica insuficiente, ya sea por una menor actividad celular, menor número de fibroblastos funcionales o una inhibición persistente causada por mediadores inflamatorios. Como consecuencia, la matriz extracelular que se forma es pobre en colágeno, delgada y débil, incapaz de recuperar el volumen perdido. Además, se ha observado una disminución de factores de crecimiento como TGF- β , PDGF y FGF, esenciales para la regeneración y proliferación del tejido conectivo. Esta deficiencia impide la restauración normal de la dermis. (4)

A esto se añade que, en varios casos, los procesos inflamatorios prolongados generan pequeñas áreas de necrosis dérmica, lo que deja “vacíos” tisulares que la piel no logra rellenar. El resultado final es una piel con depresiones permanentes donde la dermis queda más delgada que en las zonas sanas. Dependiendo de la profundidad y forma del daño, se originan los distintos tipos de cicatrices atróficas, como ice-pick, boxcar o rolling. En todos ellos el mecanismo común es la incapacidad de producir suficiente matriz dérmica para restaurar la forma y el grosor normal de la piel. (4)

2.6.3.2 Clasificación

Las cicatrices atróficas se clasifican según la profundidad y el tamaño de la destrucción; sin embargo, generalmente se observan diferentes tipos de cicatrices en la misma persona, lo que dificulta la diferenciación. Además de las variaciones en el colágeno, la apariencia de las cicatrices del acné puede verse acentuada por la PIE en personas con piel clara, lo que hace que el tratamiento con PIE sea un componente inicial importante de la terapia. (4)

2.6.4 Contracturas

Las cicatrices por contractura son un tipo de cicatrización patológica en la cual la piel y los tejidos subyacentes se retraen de forma excesiva, provocando acortamiento, rigidez y pérdida de elasticidad. Este fenómeno puede limitar de manera significativa el movimiento, especialmente cuando se ubican sobre articulaciones como cuello, axilas, codos, rodillas o manos. Son particularmente frecuentes en pacientes que han sufrido quemaduras profundas, heridas extensas o cirugías donde la piel se ha perdido de forma considerable. (5)

2.6.4.1 Epidemiología

En cuanto a la epidemiología, las contracturas son una de las complicaciones más comunes de las quemaduras. Se estima que entre un 30 y un 50% de los pacientes con quemaduras graves desarrollan este tipo de cicatriz, siendo más frecuente en niños, ya que el crecimiento continuo de sus tejidos genera más tensión sobre la piel cicatrizada. Las quemaduras por fuego, líquidos calientes o sustancias químicas son las principales causas, y las zonas de flexión del cuerpo presentan mayor riesgo debido al constante movimiento y tensión. (5)

2.6.4.2 Fisiopatología

La fisiopatología de la contractura cicatricial comienza con una fase inflamatoria exagerada después de la lesión, donde se liberan numerosas citocinas como TGF- β e interleucinas que activan masivamente a los fibroblastos. Estos fibroblastos se transforman en miofibroblastos, células especializadas que tienen la capacidad de contraerse para ayudar a cerrar la herida. En un proceso normal, estos miofibroblastos desaparecen una vez que la piel ha cerrado. Sin embargo, en una contractura siguen activos de forma persistente, manteniendo la contracción del tejido. Esto se acompaña de un depósito excesivo de colágeno tipo I y III, generando una cicatriz rígida, gruesa y con poca elasticidad. La remodelación final de la cicatriz es insuficiente, por lo que la retracción continúa y la piel queda acortada sobre estructuras profundas, ocasionando limitaciones funcionales importantes. (5)

La reparación tisular resulta insuficiente, por lo que la retracción de la piel continúa y esta queda adherida a estructuras más profundas, ocasionando en muchos casos limitaciones funcionales importantes (5).

Las cicatrices por contractura se diferencian de otros tipos de cicatrización patológica, como las hipertróficas y los queloides. Mientras que las cicatrices hipertróficas permanecen dentro de los límites de la lesión inicial y los queloides los sobrepasan sin retraer la piel, las contracturas se caracterizan principalmente por generar tensión y acortamiento tisular que comprometen la movilidad. Debido a ello, este tipo de cicatriz no solo representa una alteración estética, sino también un problema funcional significativo (5).

2.6.4.3 Factores de riesgo

Los factores de riesgo de desarrollar contracturas incluyen las quemaduras de espesor profundo, la inmovilización prolongada, la infección de la herida, la pérdida extensa de piel, el cierre por segunda intención, la afectación de zonas articulares y la ausencia de fisioterapia temprana. También influyen características individuales como la edad pediátrica o ciertos tipos de piel más propensos a cicatrizaciones anómalas. (5)

2.6.4.4 Manifestación clínica

En su manifestación clínica, la persona experimenta piel rígida, dura, retraída y poco elástica, con reducción del movimiento en la zona afectada. Puede haber dolor, picor y alteraciones estéticas visibles. Cuando la contractura ocurre sobre una articulación, limita la amplitud de movimiento e incluso puede impedir actividades básicas. (5)

2.7 Láser terapéutico

El término *láser terapéutico* engloba tecnologías que emiten luz coherente y monocromática para inducir efectos foto-térmicos, foto ablativos o fotoquímicos en el tejido. En el contexto de cicatrices se emplean principalmente:

- Láseres ablativos fraccionados (p. ej. CO₂ 10 600 nm, Er:YAG 2 940 nm): crean columnas micro ablativas (microthermal zones) en la dermis que inducen remodelado y neocolagénesis. Protocolos fraccionados minimizan tiempo de recuperación comparados con ablación total y se usan para disminuir altura y rigidez de cicatrices establecidas (2,8).
- Los láseres vasculares, especialmente el PDL de 585–595 nm, actúan sobre los vasos sanguíneos para disminuir el eritema y la vascularización de la cicatriz. Para su uso

se recomienda principalmente en etapas iniciales del tratamiento y para reducir síntomas como el prurito y el enrojecimiento (3,7).

- La fotobiomodulación o también conocido como terapia láser de baja potencia, capaz de estimular respuestas celulares vinculadas al metabolismo mitocondrial y a la regulación de la inflamación sin producir un daño térmico. Gracias a estas propiedades, se considera una opción complementaria para favorecer una reparación tisular con menor formación fibrótica (4,5,6).

En investigaciones y protocolos clínicos, la longitud de onda expresada en nanómetros (nm) constituye un parámetro fundamental que debe ser reportado de manera obligatoria.

2.8 Parámetros relevantes (longitud de onda, dosis, modo)

En la práctica y literatura clínica la variable “frecuencia” electromagnética no es la medida operativa principal; en su lugar se utilizan: longitud de onda (nm), energía/fluencia (J/cm^2), potencia (mW–W), duración del pulso (ms–s), tamaño de spot y densidad fraccional (porcentaje de cobertura).

- PBM/LLLT: longitudes de onda usadas frecuentemente: 630–680 nm (visible rojo) y 780–1064 nm (NIR). Dosis por sesión en estudios aplicados a heridas/cicatrices varía ampliamente; rangos reportados clínicamente: 0.5–10 J/cm^2 por punto/área, con regímenes de aplicación desde 2–3 veces por semana hasta diario en fases tempranas. La heterogeneidad de protocolos es un factor limitante para metaanálisis. (4,5,6,11)
- PDL: 585–595 nm, fluencias y duración del pulso adaptadas a la lesión; típicamente se usan para reducir eritema con sesiones cada 4–8 semanas (3–6 sesiones comunes) (3,7).
- Fractional CO₂ (10 600 nm): energía por micro columna (p. ej. 10–120 mJ/MTZ según equipo y protocolo), densidades fraccionadas (5–30% coverage), 1–2 pases por sesión, intervalos de 4–12 semanas entre sesiones; 2–4 sesiones suelen mostrar mejoras apreciables. La relación dosis/efecto sigue siendo objeto de estudio (alto vs bajo energy protocols) (2,8).

2.9 Mecanismos fisiológicos a nivel celular y tisular

2.9.1 Fotobiomodulación (PBM/LLLT)

El mecanismo biofísico de la fotobiomodulación más ampliamente aceptado se fundamenta en la absorción de fotones por cromóforos intracelulares, especialmente el citocromo c oxidasa (CcO), que forma parte de la cadena respiratoria mitocondrial, así es como esta interacción favorece el incremento en la síntesis de ATP, regula las especies reactivas de oxígeno y estimula distintas vías de señalización celular asociadas con la proliferación, migración celular y la expresión de factores de crecimiento. Como consecuencia, se produce una disminución de los marcadores proinflamatorios y, en algunos estudios preclínicos y ensayos clínicos, también se ha observado un incremento en la actividad de las metaloproteinasas de matriz (MMPs), favoreciendo el remodelado tisular y reduciendo la fibrosis excesiva. La respuesta depende fuertemente de la dosis y la longitud de onda (4,9,5).

2.9.2 Láser ablativo fraccionado (CO₂)

La aplicación fraccionada genera columnas de daño térmico y ablación separadas por tejido sano; este patrón induce una respuesta reparativa controlada: eliminación superficial de tejido fibrótico, reclutamiento de células inflamatorias y fibroblastos, liberación de factores de crecimiento y neocolagénesis con reorganización de fibras y mejora de la textura y altura de la cicatriz. La profundidad y densidad de MTZ determinan la magnitud del remodelado y también el riesgo de efectos adversos (pigmentación, infección) (2,8).

2.9.3 PDL y láseres vasculares

El láser de colorante pulsado (PDL) actúa mediante la termo coagulación selectiva de los vasos dérmicos, disminuyendo el flujo sanguíneo, el eritema y el aporte de factores relacionados con la hiperactividad fibroblástica. Además, modifica el microambiente inflamatorio de la cicatriz, lo que puede contribuir a la reducción de síntomas como prurito y enrojecimiento en cicatrices patológicas (3,7).

2.10 Seguridad, complicaciones y consideraciones clínicas

Entre los efectos adversos más frecuentes asociados a la terapia láser se encuentran el eritema, edema, formación de costras, infecciones secundarias y alteraciones de la pigmentación, como hiperpigmentación o hipopigmentación, especialmente en personas con

foto tipos cutáneos oscuros. Por esta razón, la adecuada selección del paciente, el ajuste correcto de los parámetros terapéuticos y los cuidados posteriores al procedimiento, como la protección solar y el manejo apropiado de la herida, son aspectos fundamentales para reducir complicaciones.

Asimismo, el consentimiento informado debe incluir una explicación clara de los posibles riesgos y de otras alternativas terapéuticas disponibles, entre ellas las infiltraciones intralesionales con corticoides o 5-fluorouracilo, la cirugía y la radioterapia en casos específicos (2,8).

CAPÍTULO III. METODOLOGIA

3.1 Diseño de la investigación

La investigación se sustentó en un diseño documental, dado que no se realizó ninguna intervención directa con pacientes, ni manipulación de variables, sino que se basó exclusivamente en la recolección, revisión y sistematización de información científica ya existente. Al tratarse de una revisión bibliográfica, el estudio se desarrolló bajo un diseño transversal, pues el análisis se centró en la interpretación de datos ya publicados en un periodo determinado, sin ningún tipo de seguimiento temporal.

Este tipo de diseño ayudó a estudiar y explorar diferentes visiones y perspectivas científicas que estuvieron relacionadas directamente con las cicatrices patológicas y cómo estas se presentan y se desarrollan, con el objeto de entender sus características, formas, tipos y cualquier otro aspecto relevante que permita esclarecer cualquier duda o desconocimiento sobre el tema. De la misma manera, se logró establecer y definir lo que es el láser terapéutico, a través de conceptualizaciones, detalles específicos sobre sus mecanismos de acción, cuáles son o no sus posibles beneficios, limitaciones y todo lo que conlleva a profundizar en entender lo que es y lo que hace el láser terapéutico en el tratamiento de este tipo de lesiones, y cómo puede ser aplicado en uno o varios tratamientos.

3.2 Tipo de investigación

La investigación fue de tipo documental, específicamente bibliográfica, orientada a la identificación, selección y análisis de estudios relacionados con el uso del láser terapéutico en pacientes con cicatrices patológicas. Este tipo de investigación permite reunir, comparar y sintetizar conocimiento científico existente, con el fin de profundizar en la comprensión del tema de estudio sin necesidad de intervenir directamente en la realidad. Para ello, se utilizaron documentos científicos digitales e impresos, obtenidos de bases de datos especializadas vinculadas con las variables de estudio, como el láser terapéutico y las cicatrices patológicas. Esta estrategia garantizó el acceso a información válida, actualizada y relevante para sustentar el desarrollo teórico y responder al objetivo planteado.

3.3 Nivel de investigación

La investigación se realizó con un nivel descriptivo lo que ha permitido recopilar, analizar y comprar información adquirida de varios artículos y publicaciones científicas indexadas que abordan aspectos relacionados con las variables de estudio. Este nivel investigativo, en conjunto con el enfoque cualitativo, favoreció la caracterización de las cicatrices patológicas y el análisis de los efectos del láser terapéutico como opción de tratamiento.

De igual manera, se adoptó un enfoque cualitativo debido a que facilitó la comprensión e interpretación de ideas, así como hallazgos y también conclusiones presentadas por los diferentes autores acerca de la efectividad del láser terapéutico en el tratamiento de cicatrices patológicas.

3.4 Método de investigación

Para esta investigación se trabajó con el método inductivo, porque primero se revisaron varios estudios que trataban sobre el uso del láser terapéutico en personas con cicatrices patológicas, en los cuales se pudieron observar qué tipo de tratamiento se aplicó, cuánto tiempo duró y qué cambios se presentaron después de cada intervención aplicada por cada estudio. Al analizar los artículos de forma inductiva se pudo establecer una comparación de los resultados encontrados por cada uno de los autores y de esta manera entender de mejor manera cómo se aplicaba y desarrollaba esta terapia en cada caso particular.

Luego de reunir toda la información, se organizó tomando en cuenta los aspectos más importantes de cada estudio, como el tipo de cicatriz, el tratamiento que se aplicó y los resultados que se observaron; permitiendo comparar lo que encontró cada autor y entender de mejor manera la utilidad que tiene la terapia. Al final, con toda la información revisada, se pudo tener una idea clara sobre cómo el láser terapéutico ayuda en el tratamiento de este tipo de cicatrices en sus contextos específicos.

3.5 Según la cronología de la investigación

La investigación tuvo un enfoque retrospectivo, ya que se basó en la revisión de estudios e información que ya habían sido publicados sobre el uso del láser terapéutico en cicatrices patológicas. Esto permitió analizar investigaciones desarrolladas durante los últimos 10 años, con el fin de contar con información actual y relacionada con el tema. La información fue recopilada a través de artículos científicos encontrados en bases de datos confiables y de

acceso abierto, donde se obtuvo evidencia revisada y validada. De la misma manera, esta revisión permitió conocer cómo ha evolucionado el uso del láser terapéutico con el paso de los años y cuáles han sido los avances más importantes en su aplicación.

3.6 Técnicas de recolección de datos

Para obtener la información, primero se hizo una búsqueda de varios artículos científicos que tenían relación con el tema de estudio. Después de eso, se fueron revisando uno por uno para identificar cuáles aportaban información útil sobre el uso del láser terapéutico en cicatrices patológicas. Esta búsqueda se realizó en bases de datos científicas confiables, donde se encontraron diferentes investigaciones que ayudaron a comprender mejor el tema. De igual manera, solo se tomaron en cuenta los estudios que realmente tenían relación con la investigación, que contaban con información completa y que permitían aportar datos importantes para cumplir con lo planteado en este estudio.

3.7 Estrategias de búsqueda

Para limitar la búsqueda de estudios en bases de datos científicas, se utilizaron descriptores y palabras clave relacionadas con el tema de estudio, tales como: “Therapeutic laser”, “Laser therapy”, “Pathological scars”, “Hypertrophic scars”, “Keloids” y “Laser treatment”; además, se emplearon operadores booleanos como “AND”, “OR” y “NOT” con el fin de optimizar los resultados y garantizar la relevancia de los artículos obtenidos. Estas estrategias permitieron identificar un total de 99 artículos científicos, de los cuales, tras el proceso de selección y aplicación de criterios metodológicos, se incluyeron finalmente 23 estudios para el análisis.

3.8 Criterios de inclusión y exclusión

3.8.1 Criterios de inclusión

- Artículos científicos que trataran sobre el uso del láser terapéutico en cicatrices patológicas.
- Investigaciones publicadas en español o inglés.
- Estudios publicados entre enero del 2015 hasta marzo del 2026.
- Artículos que permitieran revisar el contenido completo.
- Investigaciones que presentaran una calidad metodológica igual o mayor a 6 puntos en la escala PEDro.

3.8.2 Criterios de exclusión:

- Artículos que no tuvieran relación con el tema o con las variables de estudio.
- Estudios que se encontraban repetidos en la búsqueda.
- Artículos que no contaban con acceso al texto completo.

3.9 Población y muestra

La población de estudio estuvo conformada por artículos científicos encontrados en distintas bases de datos, los cuales trataban sobre el uso del láser terapéutico en cicatrices patológicas. En la búsqueda inicial se encontraron 99 artículos, pero después de revisarlos y aplicar los criterios establecidos para su selección, finalmente se eligieron 23 estudios, ya que fueron los que cumplían con lo requerido y brindaban información útil para el desarrollo de la investigación.

3.10 Método de análisis y procesamiento de datos

Para el desarrollo de la investigación se realizó un análisis detallado de los artículos seleccionados, con el objetivo de identificar patrones, tendencias y hallazgos significativos sobre los efectos del láser terapéutico en cicatrices patológicas; este análisis se centró en la calidad metodológica de los estudios y en la relevancia de las fuentes consultadas. }

El proceso de selección se estructuró en cuatro fases: identificación, en la cual se localizaron 99 artículos científicos; cribado, donde se excluyeron aquellos que no cumplían con los criterios iniciales tras la revisión de título y resumen; elegibilidad, en la que se evaluó la calidad metodológica mediante la escala PEDro; e inclusión, fase en la que se seleccionaron 23 artículos para el análisis final.

La revisión de estos estudios permitió realizar una síntesis organizada de la información, facilitando la comparación de resultados y la identificación de evidencia relevante sobre la efectividad del láser terapéutico en el tratamiento de cicatrices patológicas.

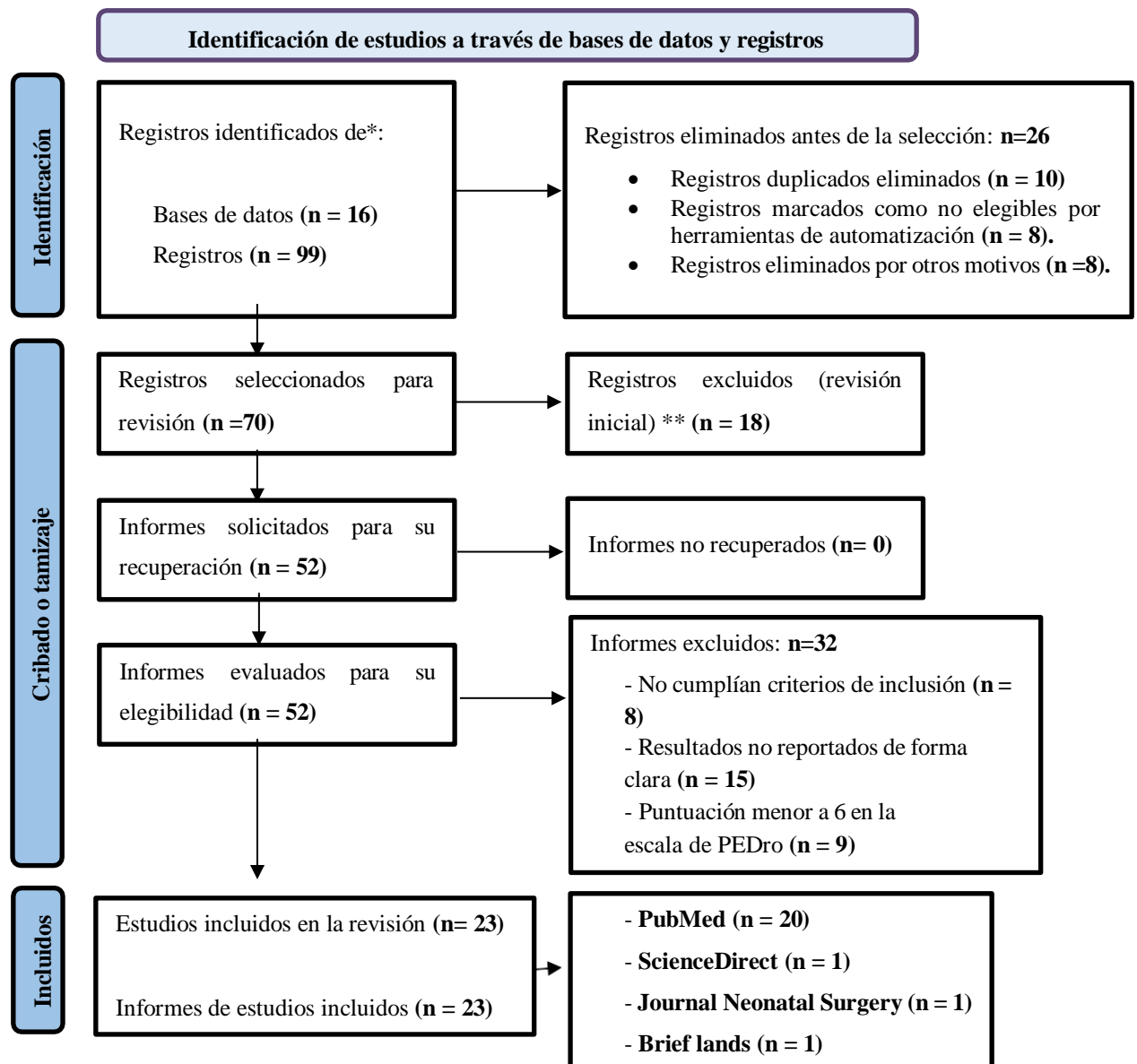


Figura 1. Diagrama de flujo para recolección de las fuentes bibliográficas*

*Diagrama de flujo del proceso adaptado de The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews (Page et al., 2021). Elaboración propia (2025).

Tabla 1*Valoración de la calidad metodológica de los estudios utilizados para la revisión bibliográfica*

No	AUTOR	Título original	Título traducido	Base científica	Escala PEDro
1	Fang X. (2025) (1)	Hypertrophic Scarring and Keloids: Epidemiology, Molecular Pathogenesis, and Therapeutic Interventions.	Cicatrización hipertrófica y queloides: epidemiología, patogénesis molecular e intervenciones terapéuticas	PubMed	9/10
2	Flagiello F. (2025) (2)	Preventing pathological scar formation: Treatment of surgical scars with mixed technology: Fractional CO2 laser plus Er:Glass laser.	Prevención de la formación de cicatrices patológicas: Tratamiento de cicatrices quirúrgicas con tecnología mixta: Láser de CO2 fraccionado más láser Er:Glass.	Mattioli 1885 / Mattioli Salud	8/10
3	Sayed Z. (2025) (3)	Fractional carbon dioxide laser treatment of hypertrophic scar clinical and histopathological evaluation.	Evaluación clínica e histopatológica del tratamiento con láser de dióxido de carbono fraccionado de cicatrices hipertróficas	PubMed	7/10
4	Brewin M. (2025) (4)	Early Laser for Burn Scars (ELABS) - Randomised controlled trial of pulsed dye laser treatment and standard care	Láser precoz para cicatrices por quemaduras (ELABS): ensayo controlado aleatorizado de tratamiento con láser de colorante	ScienceDirect	8/10

		versus standard care alone for the treatment of hypertrophic burn scars.	pulsado y atención estándar frente a atención estándar sola para el tratamiento de cicatrices hipertróficas por quemaduras.		
5	Hashad A. (2025) (5)	Effect of CO ₂ fractional laser intervention versus hyaluronidase injection in early scar treatment: a randomized controlled study.	Efecto de la intervención con láser fraccional de CO ₂ frente a la inyección de hialuronidasa en el tratamiento de cicatrices tempranas: un estudio controlado aleatorizado.	PubMed	7/10
6	Khalid S. (2025) (6)	Treatment of postburn hypertrophic scarring in skin of color with fractional CO ₂ laser - A prospective cohort study.	Tratamiento de cicatrices hipertróficas post-quemaduras en pieles de color con láser de CO ₂ fraccionado: un estudio de cohorte prospectivo.	PubMed	8/10
7	Kim Y. (2024) (7)	Very Early Pulsed Dye Laser Intervention for Optimal Cosmetic Outcome in Post-Thyroidectomy Scars.	Intervención muy temprana con láser de colorante pulsado para un resultado cosmético óptimo en cicatrices post-tiroidectomía.	PubMed	7/10

8	Tian Y. (2024) (8)	RETRACTED: Clinical efficacy of ablative laser combined with pulsed dye laser in the treatment of pathological scars: A systematic review and meta-analysis.	RETRACTARSE: Eficacia clínica del láser ablativo combinado con láser colorante pulsado en el tratamiento de cicatrices patológicas: una revisión sistemática y metaanálisis.	Wiley Online Library	7/10
9	Tjipta A. (2024) (9)	Photobiomodulation therapy in keloid management: a comprehensive review.	Terapia de fotobiomodulación en el manejo de queloides: una revisión exhaustiva.	PubMed	7/10
10	Kim H (2024) (10)	Comprehensive Insights into Keloid Pathogenesis and Advanced Therapeutic Strategies.	Conocimientos completos sobre la patogénesis de los queloides y estrategias terapéuticas avanzadas	PubMed	8/10
11	Zhang Y. (2023) (11)	Efficacy and safety of ablative CO2 fractional laser and narrowband intense pulsed light for the treatment of hypertrophic scars: a prospective, randomized controlled trial.	Eficacia y seguridad del láser fraccional de CO2 ablativo y la luz pulsada intensa de banda estrecha para el tratamiento de cicatrices hipertróficas: un ensayo prospectivo, aleatorizado y controlado.	PubMed	8/10
12	Riedemann D. (2023) (12)	Biological effect of laser-assisted scar healing (LASH) on standardized human three-dimensional wound healing skin	Efecto biológico de la cicatrización asistida por láser (LASH) en modelos de piel humana tridimensionales estandarizados	PubMed	8/10

		models using fractional non-ablative 1540 nm Er:Glass or 1550 nm diode lasers.	para la cicatrización de heridas, utilizando láseres fraccionales no ablativos de Er:Glass de 1540 nm o de diodo de 1550 nm		
13	Tawaranurak P. (2022) (13)	Combination of fractional carbon dioxide laser and topical triamcinolone vs intralesional triamcinolone for keloid treatment: A randomised clinical trial.	Combinación de láser de dióxido de carbono fraccionado y triamcinolona tópica frente a triamcinolona intralesional para el tratamiento de queloides: un ensayo clínico aleatorizado	PubMed	8/10
14	Leszczynski P. (2022) (14)	Laser therapy for treating hypertrophic and keloid scars (Review)	Terapia láser para el tratamiento de cicatrices hipertróficas y queloides (Revisión)	PubMed	8/10
15	Kim J. (2021) (15)	Efficacy of combined treatment with intense pulsed light and fractional erbium:YAG Laser in scar prevention: A randomized split wound trial.	Eficacia del tratamiento combinado con luz pulsada intensa y láser fraccional de erbio:YAG en la prevención de cicatrices: un ensayo aleatorizado de heridas divididas.	PubMed	7/10
16	Manuskiatti W. (2021) (16)	Hypertrophic Scar Outcomes in Fractional Laser Monotherapy Versus Fractional Laser-Assisted Topical	Resultados de cicatrices hipertróficas en monoterapia con láser fraccional versus administración tópica de corticosteroides	PubMed	7/10

		Corticosteroid Delivery: A Randomized Clinical Trial.	Asistida por láser fraccional: un ensayo clínico aleatorizado.		
17	Li K. (2020) (17)	Treatment of hypertrophic scars and keloids using an intralesional 1470 nm bare-fibre diode laser: a novel efficient minimally-invasive technique.	Tratamiento de cicatrices hipertróficas y queloides mediante láser de diodo de fibra desnuda intralesional de 1470 nm: una nueva técnica mínimamente invasiva y eficaz.	PubMed	6/10
18	Ekstein S (2021) (18)	Keloids: A Review of Therapeutic Management.	Queloides: una revisión del manejo terapéutico	PubMed	8/10
19	Barone N. (2021) (19)	Current Advances in Hypertrophic Scar and Keloid Management.	Avances actuales en el tratamiento de cicatrices hipertróficas y queloides	PubMed	8/10
20	Ogawa R. (2021) (20)	The Most Current Algorithms for the Treatment and Prevention of Hypertrophic Scars and Keloids: A 2020 Update of the Algorithms Published 10 Years Ago.	Los algoritmos más recientes para el tratamiento y la prevención de cicatrices hipertróficas y queloides: Actualización de los algoritmos en 2020. Publicado hace 10 años.	PubMed	9/10
21	Ogawa R. (2021) (21)	The Latest Strategy for Keloid and Hypertrophic Scar Prevention and	La estrategia más reciente para la prevención y el tratamiento de cicatrices	PubMed	7/10

		Treatment: The Nippon Medical School (NMS) Protocol.	queloides e hipertróficas: el protocolo de la Escuela de Medicina de Japón (NMS)		
22	Fu X. (2019) (22)	Advances in the treatment of traumatic scars with laser, intense pulsed light, radiofrequency, and ultrasound.	Avances en el tratamiento de cicatrices traumáticas con láser, luz pulsada intensa, radiofrecuencia y ultrasonido.	PubMed	7/10
23	Behrangi E. (2018) (23)	Comparative Effect of Ablative Fractional CO2 Laser Plus Triamcinolone Acetonide Cream Versus Intralesional Injection of Triamcinolone Acetonide in Keloid and Hypertrophic Scars: A Randomized Clinical Trial.	Efecto comparativo del láser de CO2 fraccionado ablativo más crema de acetónido de triamcinolona frente a la inyección intralesional de acetónido de triamcinolona en cicatrices queloides e hipertróficas: un ensayo clínico aleatorizado.	Briefland s	6/10

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados de la revisión bibliográfica

Tabla 2

Resultados de los artículos revisados

No	AUTOR	TIPO DE ESTUDIO	POBLACIÓN	INTERVENCIÓN	RESULTADOS
1	Fang X. (2025) (1)	Revisión narrativa	Es una revisión de estudios existentes	No aplica	El estudio analiza de manera integral los mecanismos fisiopatológicos, las opciones terapéuticas y los avances clínicos en el tratamiento de las cicatrices patológicas, donde mencionan estrategias basadas en tecnología láser. Además, evidencia que el láser terapéutico, especialmente el láser de colorante pulsado y los láseres fraccionados, constituye una de las estrategias más efectivas para el manejo de cicatrices hipertróficas y queloides, al reducir el eritema, la fibrosis y el grosor de la cicatriz, además de modular la angiogénesis y la actividad fibroblástica, lo que contribuye a una mejor remodelación tisular y resultados clínicos favorables.
2	Flagiello F. (2025) (2)	Estudio clínico no aleatorizado (original article) sobre tratamiento con	7 pacientes con 13 cicatrices quirúrgicas recientes (≤ 6 meses), edades 20–60 años, fototipos I–III.	Tratamiento combinado con láser fraccionado CO ₂ (10600 nm) y láser Er:Glass no ablativo (1540 nm).	El estudio analiza la utilización precoz de una tecnología laser combinada en cicatrices quirúrgicas recientes, el cual tiene como objetivo la prevención de su evolución hacia las cicatrices patológicas. Los resultados nos muestra una mejoría significativa en características como la textura, su pigmentación y espesor de las cicatrices después del tratamiento, evidenciada por la reducción de las puntuaciones POSAS desde valores próximos a 6 hasta niveles inferiores.

		tecnología mixta láser			
3	Saved Z. (2025) (3)	Estudio clínico prospectivo controlado intra-paciente	30 pacientes con cicatrices hipertróficas de distinta etiología y localización.	Tratamiento con láser fraccionado de dióxido de carbono (CO ₂) en la mitad de la cicatriz durante 5 sesiones mensuales; la otra mitad sirvió como control sin tratamiento	En el estudio se pudo evidenciar que la terapia con láser fraccionado CO ₂ generó mejoras clínicas e histopatológicas más significativas en las cicatrices tratadas en comparación con las áreas no intervenidas. Las valoraciones se realizaron mediante las escalas Vancouver Scar Scale (VSS) y Patient and Observer Scar Assessment Scale (POSAS) evidenciaron una disminución en la vascularización, su grosor y las irregularidades de la superficie, además de un aumento en la elasticidad de las zonas tratadas tras seis meses de seguimiento, también el análisis histológico indicó la reducción del espesor epidérmico, reorganización de las fibras de colágeno y mayor formación de elastina en los tejidos intervenidos. El tratamiento fue bien tolerado y no se presentó efectos adversos importantes, lo que respalda la seguridad y eficacia del láser fraccionado de CO ₂ en el tratamiento clínico y estructural de las cicatrices hipertróficas.
4	Brewin M. (2025) (4)	Ensayo clínico aleatorizado	138 pacientes con cicatrices hipertróficas post quemadura (curación ≤3 meses) divididos en grupo estándar y grupo estándar + láser; adultos ≥16 años sin antecedentes de queloides / cicatrización patológica.	Aplicación de láser de colorante pulsado (PDL) además del tratamiento estándar en comparación con solo tratamiento estándar	El estudio examinó la aplicación temprana del láser de colorante pulsado como parte del tratamiento inicial de las cicatrices, con el fin de valorar su seguridad y su efecto sobre la calidad cicatricial a mediano plazo, los hallazgos muestran que el tratamiento con PDL es seguro y está relacionado con una mejor percepción de la cicatriz por parte de los pacientes a los seis meses, según la escala POSAS. Los participantes del estudio mostraron mejoras en su apariencia y también en las características subjetivas de la cicatriz en comparación con el tratamiento convencional sin láser; no se observaron diferencias en las evaluaciones realizadas por los observadores ni en la calidad de vida durante el mismo periodo de seguimiento.

5	Hashad A. (2025) (5)	Estudio controlado aleatorizado	Pacientes con cicatrices en fase temprana (post-lesión o post-cirugía).	Comparación entre láser fraccionado de CO ₂ y inyección de hialuronidasa para tratamiento temprano de cicatrices.	Este estudio compara la eficacia del láser fraccionado de CO ₂ con la inyección de hialuronidasa en el tratamiento temprano de cicatrices patológicas, evaluando tanto cambios clínicos como histológicos. Los hallazgos indican que el láser fraccionado de CO ₂ logra una reducción más marcada del volumen cicatricial, junto con una mejoría evidente en la textura y en la apariencia global de la cicatriz. Además, la remodelación del tejido fue más eficiente en el grupo tratado con láser, observándose una mejor organización del colágeno y una menor expresión de marcadores fibróticos, con resultados clínicos favorables obtenidos en menos sesiones. Estos resultados respaldan al láser fraccionado de CO ₂ como una alternativa preferente para el manejo temprano de cicatrices patológicas.
6	Khalid S. (2025) (6)	Cohorte prospectiva (Original article)	25 pacientes con cicatrices hipertróficas post-quemadura (edad 12–80 años) evaluados antes y después de tratamiento con láser fraccionado CO ₂	Tratamiento de cicatrices hipertróficas maduras con láser fraccionado de CO ₂ , 4 sesiones aplicadas cada 4-6 semanas.	El estudio prospectivo evalúa el efecto del láser fraccionado de CO ₂ en pacientes con cicatrices hipertróficas secundarias a quemaduras, considerando tanto parámetros clínicos como la percepción del paciente. Tras el tratamiento, se evidenció una mejoría significativa en la apariencia y funcionalidad de las cicatrices, con una reducción estadísticamente significativa en las puntuaciones de la Vancouver Scar Scale, especialmente en vascularización, pigmentación y elasticidad. De forma complementaria, las puntuaciones de la Patient and Observer Scar Assessment Scale también disminuyeron, lo que refleja una mejoría objetiva y subjetiva, percibida tanto por los evaluadores como por los propios pacientes, en aspectos relacionados con apariencia, flexibilidad y síntomas asociados a la cicatriz.
7	Kim Y. (2024) (7)	Estudio retrospectivo	91 pacientes sometidos a tiroidectomía tratados con	Tratamiento con láser de colorante pulsado (595 nm) aplicado a	El estudio analiza el momento más adecuado para iniciar el tratamiento con láser de colorante pulsado en cicatrices posteriores a tiroidectomía, ya que el tiempo de inicio puede influir en el resultado estético. Los resultados muestran que

		observacion al	láser de colorante pulsado (Pulsed Dye Laser, PDL) para manejo de cicatrices postquirúrgicas.	de intervalos de 3-4 semanas, con menos de cinco sesiones.	comenzar el PDL de forma muy temprana, dentro de las primeras tres semanas tras la cirugía, permite una mayor reducción del puntaje total de la Vancouver Scar Scale y mejores resultados en eritema y pigmentación evaluados con Antera 3D, en comparación con iniciar el tratamiento entre la cuarta y sexta semana, lo que sugiere que el uso temprano del láser puede limitar el desarrollo de cicatrices patológicas y mejorar la apariencia final.
8	Tian Y. (2024) (8)	Revisión sistemática con metaanálisis	189 pacientes con cicatrices patológicas incluidos en siete ensayos clínicos aleatorizados.	Comparación de terapia combinada de láser ablativo + láser de colorante pulsado (PDL) frente a láser ablativo solo o controles.	Este estudio revisa y cuantifica la eficacia del tratamiento con láser en cicatrices patológicas mediante el análisis de distintos ensayos clínicos que utilizan escalas estandarizadas como POSAS y VSS. El metaanálisis evidencia que la combinación de láser ablativo con láser de colorante pulsado logra mejoras clínicamente relevantes en la apariencia y características de las cicatrices, ya que presenta diferencias estadísticamente significativas frente al uso de un solo tipo de láser o la ausencia de tratamiento, lo que respalda que la terapia combinada es más eficaz y segura para reducir la severidad de cicatrices hipertróficas y queloides.
9	Tjipta A. (2024) (9)	Revisión narrativa	No aplica	No aplica	El estudio sintetiza de forma integral la evidencia disponible sobre la fotobiomodulación, como la terapia con láser de bajo nivel, y otros enfoques utilizados en el manejo de queloides desde una perspectiva fisiopatológica y clínica. Dentro de las terapias láser analizadas, la fotobiomodulación mostró efectos favorables en la reducción del tamaño, la altura y la dureza de los queloides, además de mejorar la elasticidad del tejido y disminuir síntomas como dolor y prurito, presentando menores tasas de recurrencia y menos efectos adversos en comparación con tratamientos convencionales.

10	Kim H (2024) (10)	Revisión narrativa	No aplica	No aplica	El estudio aborda la fisiopatología de los queloides y las opciones terapéuticas actuales, poniendo énfasis en los mecanismos moleculares implicados, los factores de riesgo y las alternativas de tratamiento disponibles. Dentro de este contexto, se describe el uso clínico de las terapias con láser como una herramienta útil para el manejo de cicatrices patológicas, ya que los láseres ablativos y de colorante pulsado, especialmente cuando se combinan con otras intervenciones, pueden contribuir a mejorar la apariencia de la cicatriz y disminuir la recurrencia. No obstante, los autores señalan que la respuesta clínica no es uniforme y que aún se requieren estudios controlados adicionales para establecer conclusiones definitivas.
11	Zhang Y. (2023) (11)	Ensayo clínico prospectivo, aleatorizado y controlado	138 pacientes con cicatrices hipertróficas de diferentes orígenes incluidos en el estudio; 101 completaron el seguimiento.	Comparación entre tratamiento con láser fraccionado de CO ₂ combinado con luz pulsada intensa (narrowband IPL) frente a IPL sola, aplicado en tres sesiones espaciadas cada 10–14 semanas.	Este estudio evalúa si la combinación de láser fraccionado de CO ₂ con luz pulsada intensa ofrece beneficios adicionales frente al uso exclusivo de IPL en el tratamiento de cicatrices hipertróficas. Los resultados evidencian que los pacientes tratados con la terapia combinada presentaron mejoras más marcadas en distintos parámetros clínicos valorados mediante la escala POSAS, como disminución del prurito, mejoría del color, reducción de la rigidez y del grosor, así como una superficie más regular de la cicatriz. De la misma manera, la satisfacción general fue mayor en el grupo tratado con ambas tecnologías, ya que prácticamente la totalidad de los pacientes manifestó conformidad con los resultados obtenidos, a diferencia del grupo tratado solo con IPL.
12	Riedemann D. (2023) (12)	Estudio experimental in vitro de efecto biológico	No aplica	Exposición de modelos de piel a láseres fraccionados no ablativos de 1540	El estudio analiza el efecto de distintos láseres fraccionados no ablativos sobre el proceso de cicatrización en un modelo experimental de piel, con el objetivo de comprender mejor las respuestas celulares y tisulares asociadas a la formación de cicatrices. Los hallazgos muestran que la aplicación de este tipo

		del láser sobre modelos de piel tridimensional		nm (Er:Glass) y 1550 nm (diodo) para evaluar su impacto en procesos de cicatrización y remodelación	de láser induce cambios favorables en los modelos de cicatrización, relacionados con un control más adecuado del tejido cicatricial. Esto sugiere que los láseres fraccionados no ablativos pueden favorecer procesos de reparación más organizados y, potencialmente, reducir el desarrollo de cicatrices hipertróficas o anómalas, respaldando su posible utilidad clínica en el manejo de cicatrices patológicas.
13	Tawaran urak P. (2022) (13)	Ensayo clínico aleatorizado y controlado.	22 pacientes con cicatrices queloides asignados aleatoriamente a dos grupos de tratamiento.	Comparación del uso de láser de CO ₂ fraccionado combinado con triamcinolona tópica frente a la aplicación intralesional de triamcinolona cada 4 semanas durante un año.	El estudio compara dos estrategias terapéuticas para el manejo de cicatrices queloides: el uso de láser fraccionado de CO ₂ con aplicación tópica de triamcinolona frente a la inyección intralesional convencional del mismo fármaco. Tras un año de seguimiento, en ambos grupos se observó una disminución evidente del volumen de la cicatriz y una mejoría en los puntajes de la Escala de Cicatriz de Vancouver, lo que refleja una reducción del grosor y una textura más favorable. En el grupo tratado con láser más triamcinolona tópica, la disminución de los puntajes fue sostenida desde el inicio hasta el final del estudio, lo que sugiere que esta modalidad combinada constituye una alternativa terapéutica válida para el tratamiento de queloides, con resultados clínicos y tasas de recurrencia comparables al abordaje intralesional tradicional.
14	Leszczynski P. (2022) (14)	Revisión sistemática	Más de 600 pacientes con cicatrices hipertróficas y queloides incluidos en 15 ensayos clínicos aleatorizados de diferentes	Comparación de terapia con láser (PDL, láser fraccionado no ablativo, láser CO ₂) frente a ningún tratamiento u otros tratamientos como esteroides	La revisión sistemática Cochrane analiza la efectividad de la terapia con láser en el tratamiento de cicatrices hipertróficas y queloides, en comparación con la ausencia de tratamiento o con otras opciones terapéuticas. En general, la evidencia disponible es limitada y de muy baja calidad, con estudios pequeños y resultados poco consistentes, lo que dificulta establecer conclusiones firmes. Se identificó evidencia de baja certeza que sugiere que el láser de colorante pulsado de 585 nm podría generar una leve mejoría en la severidad de las cicatrices frente

			diseños y tipos de láser, con edades variadas desde niños hasta adultos	intralesionales, fluorouracilo u otras combinaciones.	a no intervenir, mientras que para otros tipos de láser, como el fraccionado no ablativo o el láser de CO ₂ , no fue posible demostrar beneficios claros. De la misma manera, la información sobre efectos adversos y sobre la superioridad de terapias combinadas es insuficiente, por lo que actualmente no se puede afirmar con certeza que el tratamiento con láser sea más eficaz o más seguro que las alternativas convencionales.
15	Kim J. (2021) (15)	Ensayo clínico prospectivo aleatorizado con diseño de Split wound.	Pacientes adultos con heridas quirúrgicas divididas en tres sitios de cicatriz para comparar tratamientos en etapas tempranas de cicatrización.	Evaluación comparativa entre tratamiento combinado de luz pulsada intensa (IPL) + láser fraccionado Erbiun:YAG, láser Erbiun:YAG solo, y sin tratamiento en diferentes zonas de la misma cicatriz.	Este estudio evalúa el efecto de la combinación de luz pulsada intensa con láser Erbiun:YAG sobre la calidad de la cicatriz durante el proceso de cicatrización. Los resultados muestran que las áreas tratadas con el enfoque combinado presentaron una mejor evolución clínica en las puntuaciones de la escala POSAS y de la Vancouver Scar Scale a lo largo del seguimiento, en comparación con las zonas tratadas únicamente con láser o sin intervención. Las principales mejoras se observaron en la reducción del eritema, el grosor de la cicatriz y la textura cutánea, manteniéndose estos cambios hasta el final del periodo de observación. Estos hallazgos sugieren que la terapia combinada puede ofrecer una ventaja clínica en la prevención de cicatrices más evidentes cuando se aplica en etapas tempranas de la cicatrización.
16	Manuskiatti W. (2021) (16)	Ensayo clínico prospectivo, aleatorizado, doble ciego, con diseño split scar	24 mujeres con cicatrices hipertróficas abdominales secundarias a cesárea o apendicectomía, con una evolución	Comparación entre láser fraccionado Er:YAG asistido con aplicación tópica de corticosteroide (clobetasol propionato 0,05%) versus láser	El estudio evalúa la eficacia y seguridad del láser fraccionado Er:YAG como monoterapia y como método de asistencia para la administración tópica de corticosteroides en cicatrices hipertróficas. Los resultados muestran que ambos tratamientos lograron una reducción significativa del grosor de la cicatriz y una mejoría sostenida en las puntuaciones clínicas y subjetivas (POSAS) en comparación con la línea basal, sin diferencias significativas entre los grupos en el seguimiento a largo plazo. Aunque el grupo tratado con láser más corticosteroide presentó

			mínima de 6 meses y fototipos III–IV. cutáneos III–IV.	fraccionado Er:YAG solo, aplicado en 4 sesiones a intervalos de 2 semanas.	una mejoría ligeramente mayor en el aplanamiento de la cicatriz a los 3 meses, esta diferencia no se mantuvo en evaluaciones posteriores, lo que sugiere que el láser fraccionado por sí solo es eficaz en el manejo de cicatrices hipertróficas, mientras que la adición del corticosteroide tópico puede aportar un beneficio transitorio sin ventajas clínicas claras a largo plazo.
17	Li K. (2020) (17)	Cohorte prospectiva (estudio clínico sin grupo control).	21 pacientes con cicatrices hipertróficas y queloides resistentes a tratamientos previos por más de un año, de diversas etiologías (trauma, quemaduras, cirugía, acné) tratados entre 2017 y 2019 en un centro clínico en Shanghái, China.	Uso de un láser de diodo de 1470 nm con fibra óptica intralesional, aplicado en 1–3 sesiones hasta lograr resultados clínicos satisfactorios.	El estudio se enfoca en evaluar si el láser de 1470 nm administrado con una fibra intralesional puede ser una alternativa eficaz y segura para reducir volumen y mejorar las características de cicatrices hipertróficas y queloides que no respondieron a tratamientos previos. Después de las sesiones de láser se observó una reducción significativa del grosor de las cicatrices en promedio, con disminución tanto en cicatrices hipertróficas como en queloides alrededor de un 27–28 % en su espesor medido por ultrasonido. También mejoraron parámetros como la elasticidad del tejido, la vascularización y la percepción subjetiva del aspecto de la cicatriz mediante la Escala de Vancouver, sin efectos adversos relevantes reportados durante el seguimiento, lo que sugiere que esta técnica con láser intralesional es una opción prometedora y bien tolerada para el manejo de cicatrices patológicas.
18	Ekstein S (2021) (18)	Ensayo clínico prospectivo, comparativo	30 pacientes con cicatrices hipertróficas post-traumáticas o post-quirúrgicas, con	Comparación entre láser fraccionado ablativo (CO ₂) y láser no ablativo (Er:Glass), aplicado en 4–6 sesiones	Este estudio se plantea comparar dos modalidades de láser para entender cuál aporta mejores resultados clínicos en cicatrices hipertróficas. En general, ambos tipos de láser mejoraron de manera significativa varios parámetros clínicos y estéticos de las cicatrices, incluyendo reducción de grosor, mejor textura, tono más uniforme y mayor elasticidad de la piel tratada en

			evolución mayor a 6 meses y sin tratamiento reciente previo al estudio.	espaciadas cada 3–4 semanas según el tipo de cicatriz.	comparación con la línea basal. Sin embargo, el grupo tratado con láser fraccionado ablativo de CO ₂ mostró una tendencia más marcada hacia la mejora en grosor y relieve de la cicatriz, con una reducción más consistente en las puntuaciones de la Escala de Vancouver (VSS) que los pacientes tratados con láser no ablativo. En términos prácticos, esto sugiere que el uso del láser CO ₂ fraccionado puede ofrecer mejores resultados clínicos en el tratamiento de cicatrices hipertróficas, aunque ambos láseres continúan siendo opciones válidas y seguras.
19	Barone N. (2021) (19)	Revisión narrativa	No aplica	No aplica	Este artículo revisa de manera amplia el conocimiento actual sobre la fisiopatología y opciones de tratamiento disponibles para cicatrices hipertróficas y queloides, con énfasis en cómo las diferentes terapias pueden influir en la remodelación cutánea y en los resultados clínicos. Dentro de los tratamientos discutidos, la terapia con láser se señala como una opción utilizada en la práctica clínica para mejorar severidad y apariencia de cicatrices patológicas, especialmente con dispositivos como láser pulsado de colorante (PDL), láser fraccionado CO ₂ o láser Nd:YAG, los cuales pueden reducir vascularización, reorganizar fibras de colágeno y disminuir la severidad de cicatrices comparado con no tratamiento, aunque la evidencia es todavía de certeza baja y con variabilidad metodológica entre estudios.
20	Ogawa R. (2021) (20)	Revisión narrativa	No aplica	No aplica	El artículo explora de forma amplia las distintas estrategias terapéuticas utilizadas para prevenir y tratar cicatrices patológicas como cicatrices hipertróficas y queloides, abarcando desde intervenciones farmacológicas hasta tecnologías basadas en energía. Dentro de las opciones discutidas, se destaca el uso de láseres como parte del manejo clínico de estas cicatrices, señalando que dispositivos como láser de colorante pulsado (PDL) y láseres fraccionados (CO ₂ o Er:YAG) han mostrado en

					<p>varios estudios la capacidad de modificar características de cicatrices, reducir eritema y grosor, y mejorar la textura de la piel, lo que sugiere que el láser puede ser una herramienta útil y segura para promover resultados clínicos más favorables en el tratamiento de cicatrices patológicas, aunque los autores también señalan la necesidad de más ensayos controlados y protocolizados para fortalecer esta evidencia.</p>
21	Ogawa R. (2021) (21)	Revisión narrativa	No aplica	No aplica	<p>El estudio describe el protocolo NMS para la prevención y tratamiento de cicatrices hipertróficas y queloides, basado en la amplia experiencia clínica acumulada en un centro especializado, combinando enfoques de manejo, estabilización mecánica, terapias farmacológicas y tecnologías como la terapia láser para modular la remodelación de tejido cicatricial. Dentro de las opciones terapéuticas se destaca que los láseres fraccionados y otros dispositivos energéticos pueden contribuir a mejorar la apariencia y ciertas características de cicatrices patológicas, principalmente a través de la inducción de microlesiones que promueven remodelación tisular y reducción de fibrosis; sin embargo, los autores subrayan que la evidencia clínica aún necesita protocolos más estandarizados y estudios comparativos para definir con precisión cuándo y cómo el láser debe integrarse de forma óptima en los algoritmos de tratamiento de cicatrices patológicas.</p>
22	Fu X. (2019) (22)	Revisión narrativa	No aplica	No aplica	<p>Este artículo revisa las opciones más recientes y avanzadas para tratar cicatrices traumáticas, destacando cómo las tecnologías basadas en luz y energía han mejorado los resultados con menor invasión y tiempo de recuperación. En particular, los láseres pulsados y los láseres fraccionados se describen como herramientas útiles para mejorar la apariencia y las características de cicatrices patológicas, porque pueden reducir</p>

				la vascularización, mejorar la textura y pliability de la piel y facilitar la remodelación del colágeno; además, los láseres fraccionados facilitan la entrega de medicamentos tópicos a través de microcanales generados en la epidermis, lo que puede reforzar la eficacia del tratamiento en algunos casos.	
23	Behrangi E. (2018) (23)	Ensayo clínico aleatorizado, con diseño split-scar, comparando dos métodos de tratamiento para cicatrices.	3 pacientes con cicatrices hipertróficas y queloides divididas en dos segmentos para comparar tratamientos dentro de la misma lesión.	Tratamiento con láser fraccionado ablativo de CO ₂ (Unixel, Corea) seguido de aplicación tópica de triamcinolona acetona al 0,1 % versus inyección intralesional de triamcinolona acetona en segmentos opuestos de la misma cicatriz.	El estudio compara la eficacia de láser fraccionado de CO ₂ combinado con corticosteroide tópico frente a la inyección intralesional de corticosteroide para el manejo de cicatrices hipertróficas y queloides. En términos generales, ambos enfoques lograron mejoras clínicas, pero con diferencias según el parámetro evaluado. El tratamiento con láser más triamcinolona mostró mejoría más marcada de la textura y la discromía de la cicatriz, lo que indica que este enfoque puede favorecer la homogeneidad del color y calidad superficial del tejido. En cambio, la inyección intralesional de triamcinolona obtuvo mejores resultados en la reducción de la hipertrofia y la apariencia global de la cicatriz. Estos hallazgos sugieren que la combinación de láser ablativo con corticosteroide tópico puede ser especialmente útil para mejorar textura y color en cicatrices patológicas, mientras que la inyección directa puede ser más eficaz para reducir volumen y grosor en determinados casos.

Fuente: Elaboración propia

4.2 Discusión

Al analizar los diferentes estudios incluidos en esta revisión se pudo observar que varios autores consideran que la terapia láser ha llegado a tener una participación importante dentro del manejo de cicatrices hipertróficas y queloides, debido a que actúa sobre distintos procesos relacionados con la formación del tejido cicatricial. Con este precedente autores como Fang (2025), Kim H. (2024), Barone (2021), Ogawa (2021) y Fu (2019) coinciden en que el láser produce efectos sobre procesos como la fibrosis, la angiogénesis y la reorganización del colágeno, aunque cada investigación explica estos mecanismos desde diferentes puntos de vista. Fang (2025) menciona que la regulación de la actividad fibroblástica ayuda a disminuir el exceso de tejido cicatricial, mientras que Kim H. (2024) señala que la respuesta del tratamiento también depende de factores celulares, genéticos y ambientales presentes en cada paciente, siendo esta una de las razones por las que no todos presentan la misma evolución clínica.

Otro aporte de relevancia es el de Barone (2021), quien explica que los láseres ablativos y el láser de colorante pulsado ayudan a mejorar la apariencia de la cicatriz y disminuir su severidad, aunque también menciona que los resultados pueden variar dependiendo del protocolo aplicado y del tipo de lesión tratada. De forma parecida, Ogawa (2021) considera que el láser no debería manejarse como una terapia aislada, sino que debe formar parte de un tratamiento más amplio. A esto se suma Fu (2019), el cual relaciona los avances tecnológicos con tratamientos menos invasivos y mejor tolerados por los pacientes. Por lo mencionado, se puede destacar que varios autores mantienen una postura favorable sobre el uso del láser, aunque no todos explican su eficacia desde el mismo enfoque.

Entre todos los artículos analizados se encontró algunos que también hacen menciones críticas sobre la falta de estudios sobre el tema tratado, donde especialmente se encuentran limitaciones y decadentes metodologías para analizar e interpretar este fenómeno. Dentro de estas falencias está como los estudios lo hacen con muestras pequeñas las cuales no permiten obtener resultados de forma confiable y contrastable con la realidad de una población;

además del uso de diferentes protocolos para sus análisis y a la par de la insuficiente estandarización en los pasos o parámetros durante su aplicación.

Todo lo mencionado permite determinar la existente dificultad que hay para comparar los resultados entre los estudios y cómo esto provoca de alguna manera generalizar los mismos resultados y no poder especificarlo según su condición real. Esta perspectiva e idea es contrastada por autores como Leszczynski (2022), Hashad et al., (2025) y Barone N. (2021) los cuales también agregan que a pesar de identificar resultados positivos en las investigaciones es necesario y urgente elaborar y publicar estudios más homogéneos que sean desarrollados con metodologías aptas a cada contexto y con parámetros adecuados, que proporción de resultados más viables para conocer las condiciones tal cual como se presenta el fenómeno.

En relación con los estudios clínicos controlados, Sayed (2025) y Hashad (2025) reportan resultados favorables para el láser fraccionado de CO₂ frente a terapias convencionales o zonas no tratadas. Sayed (2025) encontró disminución de la vascularización, del grosor y de las irregularidades de la cicatriz, además de cambios relacionados con una mejor organización del colágeno y aumento de elastina. Por otro lado, Hashad (2025) menciona que el láser presentó mejores resultados que la hialuronidasa en la reducción del volumen cicatricial y en la apariencia general de la lesión. Estos resultados también coinciden con Khalid (2025), quien reporta mejorías en pigmentación, elasticidad y vascularización. De igual manera, Ekstein (2021) encontró mejores resultados con el láser fraccionado ablativo en comparación con láseres no ablativos, principalmente en la reducción del grosor cicatricial. Ante esta situación, se puede observar que varios estudios clínicos mantienen resultados repetitivos a favor del láser fraccionado de CO₂, siendo una de las terapias más utilizadas actualmente.

Ogawa (2021), mediante el protocolo NMS, plantea un enfoque más integral donde se combina estabilización mecánica, tratamiento farmacológico y terapia láser. Este aporte resulta importante debido a que varios estudios coinciden en que las cicatrices patológicas no responden de igual manera en todos los pacientes y por esta razón algunos autores consideran que el tratamiento combinado puede ayudar a obtener mejores resultados clínicos.

Otro aspecto importante encontrado en varios estudios es el momento en el que se inicia el tratamiento. Flagiello (2025) y Kim Y. (2024) señalan que la aplicación temprana del láser genera mejores resultados en comparación con tratamientos tardíos. Flagiello (2025) encontró mejorías en textura, color y grosor en cicatrices quirúrgicas recientes, evitando en algunos casos que evolucionen hacia cicatrices más severas. De forma similar, Kim Y. (2024) reporta mejores cambios en eritema y pigmentación cuando el tratamiento inicia pocas semanas después de la cirugía. Esto podría relacionarse con la mayor capacidad de respuesta que presenta el tejido durante las primeras fases del proceso de cicatrización. A su vez, Brewin (2025) menciona que el uso temprano del láser de colorante pulsado también mejora la percepción estética y satisfacción del paciente, siendo importante destacar que el beneficio no solamente sería clínico, sino también relacionado con el aspecto emocional y psicológico.

Diversos autores como Tian (2024), Zhang (2023) y Kim J. (2021) coinciden en que las terapias combinadas producen mejores resultados que utilizar una sola modalidad terapéutica. Tian (2024), mediante un metaanálisis, encontró que la combinación entre láser ablativo y láser de colorante pulsado genera mayores mejorías clínicas, debido a que ambos actúan sobre componentes diferentes del tejido cicatricial. Por otro lado, Zhang (2023) señala que la combinación con luz pulsada intensa mejora parámetros como prurito, color y grosor, además de incrementar la satisfacción de los pacientes. Kim J. (2021) también reporta que estos beneficios pueden mantenerse durante el seguimiento clínico, principalmente cuando el tratamiento se aplica en etapas tempranas.

No obstante, Manuskiatti (2021) menciona que algunas combinaciones terapéuticas, especialmente aquellas junto con corticosteroides tópicos, presentan mejores resultados iniciales, aunque estos no siempre se mantienen a largo plazo. Esto permite observar que no todas las terapias combinadas generan beneficios permanentes y que en algunos casos el láser por sí solo podría mantener resultados clínicos estables dependiendo del tipo de paciente y de la cicatriz tratada.

Li (2020) y Behrangi (2018) presentaron información sobre otras formas de aplicar el tratamiento con láser en cicatrices patológicas, donde Li observó que el láser intralesional ayudó a disminuir el grosor de la cicatriz y también mejoró características específicas como la elasticidad y la vascularización, especialmente en cicatrices que no habían tenido unos buenos resultados con otros tratamientos, dando a entender que este tipo de láser actúa de manera más profunda sobre el tejido cicatricial.

Por su parte, Behrangi encontró que al combinar el láser con corticosteroides se observaron mejores cambios en el color y la textura de la cicatriz. Sin embargo, también señaló que la disminución del volumen fue mayor cuando se usaron corticosteroides intralesionales. Ambos estudios coinciden en que las cicatrices más antiguas suelen responder menos al tratamiento, posiblemente porque el tejido ya presenta mayor endurecimiento y fibrosis.

Desde el ámbito experimental, Riedemann (2023) encontró que los láseres fraccionados no ablativos producen cambios celulares favorables en modelos tridimensionales de piel, observándose una mejor organización del colágeno y regulación de la proliferación celular. Estos resultados coinciden con varios estudios clínicos revisados, los cuales explican que el láser produce cambios sobre el tejido cicatricial y por esta razón se observa una mejor respuesta clínica en varios pacientes tratados.

En relación con la fotobiomodulación, Tjipta (2024) menciona que el láser de bajo nivel ayuda a disminuir tamaño, dureza, dolor y prurito en queloides, además de presentar mínimos efectos adversos y bajas tasas de recurrencia. El autor explica que este tipo de terapia actúa estimulando procesos celulares relacionados con la regeneración tisular sin producir daño importante sobre el tejido. Por esta razón, se puede considerar como una alternativa menos invasiva en determinados pacientes y lesiones específicas.

De forma general, los estudios revisados permiten observar que la terapia láser representa una alternativa útil para el manejo de cicatrices patológicas, aunque sus resultados continúan dependiendo de factores como el tipo de láser utilizado, los parámetros de aplicación, el momento de intervención y las características propias de cada paciente. A su vez, el análisis

de los 23 artículos incluidos permitió observar una considerable diversidad metodológica, debido a que se incorporaron ensayos clínicos, cohortes, estudios experimentales y revisiones de diferente tipo, lo cual ayuda a tener una visión más amplia del tema, aunque también provoca variabilidad entre los resultados encontrados.

Es importante recalcar que durante la revisión se encontraron varios autores que han estudiado con frecuencia el uso del láser para tratar cicatrices patológicas, siendo autores como Fang (2025), Ogawa (2021) y Kim (2021-2024), quienes han aportado información desde diferentes puntos de vista, por ejemplo, analizando distintos tipos de láser, técnicas de tratamiento o resultados en pacientes. Además de que, investigaciones más recientes realizadas por Brewin (2025), Hashad (2025) y Manuskiatti (2021) siguen aportando datos clínicos, es decir, resultados obtenidos directamente en pacientes, lo que ayuda a comprobar si el tratamiento con láser realmente funciona y sus posibles beneficios. Con relación a los años de publicación, varios de los artículos analizados pertenecen a los últimos cinco años, lo que muestra que este tema sigue siendo de interés dentro de la investigación científica. Además, para la búsqueda y selección de información se utilizaron bases de datos reconocidas como PubMed, Wiley, Frontiers, Elsevier y Cochrane, lo que permitió trabajar con información actualizada y de uso frecuente dentro del área de estudio.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- La evidencia científica analizada demuestra que la terapia con láser, especialmente el láser fraccionado de CO₂ y el láser de colorante pulsado, es una alternativa eficaz en el tratamiento de cicatrices patológicas, al mejorar parámetros clínicos como el grosor, la vascularización, la elasticidad y la apariencia general del tejido cicatricial.
- La efectividad del tratamiento con láser depende de factores como el tipo de tecnología utilizada, el momento de intervención y las características de la cicatriz, siendo más favorable su aplicación en etapas tempranas y en combinación con otras terapias en determinados casos.
- A pesar de los resultados favorables, la evidencia presenta limitaciones metodológicas relacionadas con la heterogeneidad de los estudios y la falta de estandarización de los protocolos, lo que evidencia la necesidad de investigaciones más rigurosas que permitan establecer guías clínicas más precisas.

5.2 Recomendaciones

- Es recomendable el uso del láser terapéutico dentro del manejo clínico de cicatrices patológicas, principalmente el láser fraccionado de CO₂ y el láser de colorante pulsado, debido a que varios estudios revisados reportan mejorías en características como grosor, color, elasticidad y apariencia del tejido cicatricial, siendo una alternativa que ha mostrado resultados favorables en distintos tipos de pacientes.
- Se sugiere realizar la aplicación del tratamiento láser en etapas tempranas del proceso de cicatrización, debido a que diferentes autores encontraron mejores resultados cuando la intervención se realizó poco tiempo después de la formación de la cicatriz. Además, es importante seleccionar el tipo de láser y los parámetros de aplicación según las características propias de cada paciente y del tipo de lesión, ya que no todas las cicatrices presentan la misma respuesta terapéutica.

- Se recomienda que futuras investigaciones desarrollen metodologías más homogéneas y con protocolos mejor establecidos, debido a que varios estudios revisados presentan diferencias en parámetros de aplicación, tamaño de muestra y seguimiento clínico. Por esta razón, resulta importante generar evidencia más uniforme que permita comparar resultados de manera más precisa y contribuir al desarrollo de guías clínicas con mayor respaldo científico.

BIBLIOGRAFÍA

1. Fang X, Wang Y, Chen H, Yan Z, Jin S, Wu Y, et al. Hypertrophic scarring and keloids: epidemiology, molecular pathogenesis, and therapeutic interventions. *MedComm*. 2025 Oct 4;6(10): e70381. doi:10.1002/mco2.70381. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC12495451/>
2. Flagiello F, Antoniadou K, Centofanti D, Bartoletti E, Cavalieri L. Preventing pathological scar formation: treatment of surgical scars with mixed technology: fractional CO₂ laser plus Er:Glass laser. *Aesthetic Medicine*. 2025;11(1):16569. doi:10.57662/am.v11i1.16569. Available from: <https://www.mattioli1885journals.com/index.php/aestheticmedicine/article/view/16569>
3. Sayed ZS, Salah MM, Samy NA. Fractional carbon dioxide laser treatment of hypertrophic scar: clinical and histopathological evaluation. *Lasers Med Sci*. 2025;40(1):137. doi:10.1007/s10103-025-04371-5. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40069407/>
4. Brewin MP, Docherty S, Heaslip V, Rhodes S, Ukoumunne OC, Burnett-Fry NC, Breheny K, Pleat JM, Attrill KM, Shokrollahi K, Frew Q, Lewis CJ. Early Laser for Burn Scars (ELABS): randomised controlled trial of pulsed dye laser treatment and standard care versus standard care alone for the treatment of hypertrophic burn scars. *Burns*. 2025;51(5):107500. doi: 10.1016/j.burns.2025.107500. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40319828/>
5. Hashad A, ElSheshtawy Y, et al. Effect of CO₂ fractional laser intervention versus hyaluronidase injection in early scar treatment: a randomized controlled study. *Lasers in Medical Science*. 2025; 40:289. doi:10.1007/s10103-025-04538-0. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10103-025-04538-0>
6. Khalid S, Sanabria B, Tan I, Khan S, Khan H, Rao B. Treatment of postburn hypertrophic scarring in skin of color with fractional CO₂ laser: a prospective cohort study. *JAAD Int*. 2025; 19:35–42. doi: 10.1016/j.jdin.2025.01.001. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39967763/>
7. Kim YH, Kim HS, Kim HK, Kim SY, Lee J, Kim YC, Park YJ. Very Early Pulsed Dye Laser Intervention for Optimal Cosmetic Outcome in Post-Thyroidectomy Scars. *Clin Cosmet Investig Dermatol*. 2024; 17:877–884. doi:10.2147/CCID.S444885.

Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38644991/>.

8. Tian Y, Li M, Cheng R, Yuan J, Hao L. Clinical efficacy of ablative laser combined with pulsed dye laser in the treatment of pathological scars: a systematic review and meta-analysis. *Int Wound J*. 2024;21(2): e14567. doi:10.1111/iwj.14567. (Retracted) Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/iwj.14567>
9. Prananda AT, Syahputra RA. Photobiomodulation therapy in keloid management: a comprehensive review. *Front Med (Lausanne)*. 2025; 12:1550662. doi:10.3389/fmed.2025.1550662. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40703263/>
10. Kim HJ, Kim YH. Comprehensive insights into keloid pathogenesis and advanced therapeutic strategies. *Int J Mol Sci*. 2024;25(16):8776. doi:10.3390/ijms25168776. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39201463/>
11. Zhang Y, Ye R, Bai Y, He Y, Ni W, Yao M, et al. Efficacy and safety of ablative CO₂ fractional laser and narrowband intense pulsed light for the treatment of hypertrophic scars: a prospective, randomized controlled trial. *J Dermatolog Treat*. 2023;34(3):2202287. doi:10.1080/09546634.2023.2202287. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37070799/>
12. Riedemann D, Scherer K, Müller S, Hessem S, Gauglitz GG. Biological effect of laser-assisted scar healing (LASH) on standardized human three-dimensional wound healing skin models using fractional non-ablative 1540 nm Er:Glass or 1550 nm diode lasers. *Lasers Surg Med*. 2023;55(7):100-106. doi:10.1002/lsm.23731. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37855626/>
13. Tawaranurak P, Ungaree N, Jiamton S, Chakkavazhi L, Asawanonda P. Combination of fractional carbon dioxide laser and topical triamcinolone vs intralesional triamcinolone for keloid treatment: a randomised clinical trial. *Lasers Med Sci*. 2022;37(1):323–332. doi:10.1007/s10103-021-03353-2. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35166029/>
14. Leszczynski P, Appelt J, Wawrzuta D, Klimowicz A, Łuba M. Laser therapy for treating hypertrophic and keloid scars: a systematic review. *J Cosmet Dermatol*. 2022;21(5):1929–1943. doi:10.1111/jocd.14506. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36161591/>

15. Kim JH, Han YS, Kim SH, Lee WJ, Lee JH, Lee JH. Efficacy of combined treatment with intense pulsed light and fractional erbium:YAG laser in scar prevention: a randomized split-wound trial. *Dermatol Surg.* 2021;47(4):567–575. doi:10.1097/DSS.0000000000002917. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34250712/>
16. Manuskiatti W, Kaewkes A, Yan C, Ng JN, Glahn JZ, Wanitphakdeedecha R. Hypertrophic scar outcomes in fractional laser monotherapy versus fractional laser-assisted topical corticosteroid delivery: a randomized clinical trial. *Acta Derm Venereol.* 2021;101(3): adv00416. doi:10.2340/00015555-3781. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33686446/>
17. Li K, Nicoli F, Cui C, Xi WJ, Al-Mousawi A, Zhang Z, et al. Treatment of hypertrophic scars and keloids using an intralesional 1470 nm bare-fibre diode laser: a novel efficient minimally-invasive technique. *Sci Rep.* 2020; 10:21694. doi:10.1038/s41598-020-78738-9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33303965/>
18. Ekstein SF, Wyles SP, Moran SL, Meves A. Keloids: a review of therapeutic management. *Int J Dermatol.* 2020;60(6):661–671. doi:10.1111/ijd.15159. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32905614/>
19. Barone N, Safran T, Vorstenbosch J, Davison PG, Cugno S, Murphy AM. Current advances in hypertrophic scar and keloid management. *Semin Plast Surg.* 2021;35(3):145–152. doi:10.1055/s-0041-1731461. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34526861/>
20. Ogawa R. The most current algorithms for the treatment and prevention of hypertrophic scars and keloids: a 2020 update of the algorithms published 10 years ago. *Plast Reconstr Surg.* 2022;149(1):79e–94e. doi:10.1097/PRS.00000000000008667. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34813576/>
21. Ogawa R, Dohi T, Tosa M, Aoki M, Akaishi S. The latest strategy for keloid and hypertrophic scar prevention and treatment: the Nippon Medical School (NMS) protocol. *J Nippon Med Sch.* 2021;88(1):2–9. doi: 10.1272/jnms.JNMS.2021_88-106. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32741903/>
22. Fu X, Dong J, Wang S, Yan M, Yao M. Advances in the treatment of traumatic scars with laser, intense pulsed light, radiofrequency, and ultrasound. *Burns Trauma.* 2019;

7:1. doi:10.1186/s41038-018-0141-0. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30723753/>

23. Behrangi E, Jalilifar M, Lajevardi V, Razavi S, Azizian Z. Comparative effect of ablative fractional CO₂ laser plus triamcinolone acetonide cream versus intralesional injection of triamcinolone acetonide in keloid and hypertrophic scars: a randomized clinical trial. *J Skin Stem Cell*. 2018;5(1–2): e69394. doi:10.5812/jssc.69394. Available from: <https://brieflands.com/journals/jssc/articles/69394>
24. Waibel JS, Beer K. Ablative fractional laser resurfacing for the treatment of a third-degree burn. *J Drugs Dermatol*. 2008;7(3):294–297.
25. Waibel JS, Wulkan AJ, Rudnick A. Treatment of hypertrophic scars using laser and laser assisted corticosteroid delivery. *Lasers Surg Med*. 2013;45(3):135–140. doi:10.1002/lsm.22113.
26. Hultman CS, Edkins RE, Wu C, Calvert CT, Cairns BA. Prospective, before-after cohort study to assess the efficacy of laser therapy on hypertrophic burn scars. *Ann Plast Surg*. 2013;70(5):521–526. doi:10.1097/SAP.0b013e31827102df.
27. Issler-Fisher AC, Fisher OM, Smialkowski AO, Li F, van Schalkwyk CP. Laser modulation of hypertrophic scars: technique and practice. *Clin Plast Surg*. 2017;44(4):757–766. doi: 10.1016/j.cps.2017.05.010.
28. Anderson RR, Donelan MB, Hivnor C, Greeson E, Ross EV, Shumaker PR, et al. Laser treatment of traumatic scars with an emphasis on ablative fractional laser resurfacing: consensus report. *JAMA Dermatol*. 2014;150(2):187–193. doi:10.1001/jamadermatol.2013.7762.
29. El-Hoshy K, Abdel Hay R, Allam R, Mahmoud S, Moawad O. Pulsed dye laser versus combined pulsed dye laser and fractional CO₂ laser in the treatment of hypertrophic scars and keloids: a comparative study. *Dermatol Surg*. 2015;41(4):450–457. doi:10.1097/DSS.0000000000000292.
30. Cavalie M, Sillard L, Montaudié H, Bahadoran P, Lacour JP, Passeron T. Treatment of keloids with laser-assisted topical steroid delivery: retrospective study. *Eur J Dermatol*. 2015;25(1):74–78. doi:10.1684/ejd.2014.2453.

31. Donelan MB, Parrett BM, Sheridan RL. Pulsed dye laser therapy and z-plasty for facial burn scars: the alternative to excision. *Ann Plast Surg.* 2008;60(5):480–486. doi: 10.1097/SAP.0b013e31816d1f4e.
32. Waibel JS, Rudnick A, Shagalov DR, Nicolazzo DM. Update of ablative fractional laser technology and clinical applications. *Lasers Surg Med.* 2017;49(3):279–288. doi:10.1002/lsm.22632.
33. Cho SB, Lee SJ, Kang JM, Kim YK, Oh SH. The efficacy of 1550-nm fractional erbium-glass laser for surgical scars. *Dermatol Surg.* 2010;36(6):863–868. doi:10.1111/j.1524-4725.2010.01552. x.
34. Tierney EP, Hanke CW. Ablative fractionated CO₂ laser treatment of photoaging: a clinical and histologic study. *Dermatol Surg.* 2011;37(6):865–874.
35. Shin JU, Roh MR, Lee JH. Treatment of traumatic scars using a fractional carbon dioxide laser. *Dermatol Surg.* 2012;38(9):1464–1471. doi:10.1111/j.1524-4725.2012.02485. x.
36. Sobanko JF, Alster TS. Efficacy of fractional laser resurfacing in postoperative scars. *J Cosmet Laser Ther.* 2012;14(6):266–272. doi:10.3109/14764172.2012.733395.
37. Karmisholt KE, Haerskjold A, Karlsmark T, Haedersdal M. Early laser intervention to reduce scar formation—a systematic review. *J Eur Acad Dermatol Venereol.* 2018;32(7):1099–1110. doi:10.1111/jdv.14858.
38. Jfri A, Alajmi A, Newbury A, O’Brien E, Litvinov IV, Netchiporouk E. Laser therapy for the treatment of keloids: a systematic review and meta-analysis. *J Cutan Med Surg.* 2020;24(3):270–280. doi:10.1177/1203475419892995.
39. Berman B, Perez OA, Konda S, Kohut BE, Viera MH, Delgado S, et al. A review of the biologic effects, clinical efficacy, and safety of silicone elastomer sheeting for hypertrophic and keloid scar treatment and management. *Dermatol Surg.* 2007;33(11):1291–1302.
40. Seago M, Mehta K, Lim HW. Role of lasers in the treatment of scars and keloids. *Clin Dermatol.* 2022;40(2):190–197. doi: 10.1016/j.clindermatol.2021.10.010.
41. Ogawa R. Keloid and hypertrophic scars are the result of chronic inflammation in the reticular dermis. *Int J Mol Sci.* 2017;18(3):606. doi:10.3390/ijms18030606.

42. Berman B, Maderal A, Raphael B. Keloids and hypertrophic scars: pathophysiology, classification, and treatment. *Dermatol Surg.* 2017;43(Suppl 1): S3–S18. doi:10.1097/DSS.0000000000000819.
43. Tanaydin V, Beugels J, Piatkowski de Grzymala A, van der Hulst R. Randomized controlled trial comparing the efficacy of topical silicone gel and pressure garment therapy for burn scar prevention. *Burns.* 2019;45(5):1172–1181. doi: 10.1016/j.burns.2018.11.014.
44. Poetschke J, Gauglitz GG. Current options for the treatment of pathological scarring. *J Dtsch Dermatol Ges.* 2016;14(5):467–477. doi:10.1111/ddg.12966.
45. Finnerty CC, Jeschke MG, Branski LK, Barret JP, Dziewulski P, Herndon DN. Hypertrophic scarring: the greatest unmet challenge after burn injury. *Lancet.* 2016;388(10052):1427–1436. doi:10.1016/S0140-6736(16)31406-4.
46. Sidgwick GP, McGeorge D, Bayat A. A comprehensive evidence-based review on the role of topicals and dressings in the management of skin scarring. *Arch Dermatol Res.* 2015;307(6):461–477. doi:10.1007/s00403-015-1572-0.
47. Waibel JS, Mi QS, Ozog DM. Evaluation and management of laser treatments in hypertrophic scars. *Facial Plast Surg.* 2019;35(2):152–159. doi:10.1055/s-0039-1683405.
48. Karmisholt KE, Haedersdal M. Fractional laser treatment for traumatic scars: a systematic review. *Lasers Med Sci.* 2017;32(2):345–357. doi:10.1007/s10103-016-2125-3.
49. Anderson RR, Donelan MB, Hivnor C, Greeson E, Ross EV, Shumaker PR, et al. Laser treatment of traumatic scars with an emphasis on ablative fractional laser resurfacing: consensus report. *JAMA Dermatol.* 2016;152(2):187–193. doi:10.1001/jamadermatol.2015.4036.
50. Issler-Fisher AC, Waibel JS, Donelan MB. Laser modulation of hypertrophic burn scars: technique and practice. *Burns Trauma.* 2017; 5:11. doi:10.1186/s41038-017-0078-7.
51. Waibel JS, Rudnick A. Update on laser treatment of hypertrophic scars. *Clin Cosmet Investig Dermatol.* 2017; 10:1–9. doi:10.2147/CCID.S104154.

52. El-Hoshy K, Abdel Hay R, Mahmoud S, Moawad O. Comparative study between pulsed dye laser and fractional CO₂ laser in hypertrophic scars. *Dermatol Ther.* 2016;29(4):281–286. doi:10.1111/dth.12345.
53. Seago M, Lim HW. Lasers and energy-based devices for scars and keloids. *Clin Dermatol.* 2019;37(6):688–695. doi: 10.1016/j.clindermatol.2019.07.012.
54. Waibel JS, Beer KR. Combination laser therapy for burn scars. *Clin Plast Surg.* 2017;44(4):697–706. doi: 10.1016/j.cps.2017.05.004.
55. Jfri A, Alajmi A, Netchiporouk E, Litvinov IV. Laser treatment for keloids and hypertrophic scars: a review. *Dermatol Surg.* 2020;46(1):1–12. doi:10.1097/DSS.0000000000002175.
56. Poetschke J, Gauglitz GG. Current options for the treatment of pathological scarring. *J Dtsch Dermatol Ges.* 2018;16(5):467–477. doi:10.1111/ddg.13502.
57. Tan J, Zhou F, Peng W, Li H. Clinical efficacy of fractional CO₂ laser combined with corticosteroid in hypertrophic scars: a meta-analysis. *Aesthetic Plast Surg.* 2021;45(5):2345–2356. doi:10.1007/s00266-021-02211-9.
58. Kim JH, Lee HJ, Lee WJ. Early intervention using pulsed dye laser for postoperative scars: randomized controlled trial. *Lasers Surg Med.* 2019;51(1):2–8. doi:10.1002/lsm.23012.
59. Li-Tsang CWP, Feng B, Huang L, Liu X, Shu B. A review of scar management and laser therapy in burn patients. *Burns Trauma.* 2020;8: tkaa040. doi:10.1093/burnst/tkaa040.
60. Gauglitz GG, Korting HC, Pavicic T, Ruzicka T, Jeschke MG. Hypertrophic scarring and keloids: pathomechanisms and current treatment strategies. *Mol Med.* 2011;17(1-2):113–125. doi:10.2119/molmed.2009.00153.