



*Una visión desde la fisioterapia de las cicatrices y sus mecanismos
fisiopatológicos*

A view from physiotherapy of scars and their pathophysiological mechanisms

Uma visão fisioterapêutica das cicatrizes e dos seus mecanismos fisiopatológicos

Johannes Alejandro Hernández-Amaguaya ^I
Johannes.hernandez@unach.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-7016-8499>

Laura Lizbeth Gualli-Pomaquiza ^{II}
lauragualli1@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0005-3314-7687>

José Miguel Díaz-Vega ^{III}
josediaz1@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0005-8283-7940>

Lisbeth Alexandra Taco-De La Cruz ^{IV}
alexandrataco1@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0003-1710-8624>

Correspondencia: Johannes.hernandez@unach.edu.ec

Ciencias de la Salud
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 29 de octubre de 2024 * **Aceptado:** 01 de noviembre de 2024 * **Publicado:** 10 de diciembre de 2024

- I. Máster Universitario en Fisioterapia del Sistema Musculoesquelético, Especialidad Terapia Manual Ortopédica, Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador.
- II. Estudiante Fisioterapia, Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador.
- III. Estudiante Fisioterapia, Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador.
- IV. Estudiante Fisioterapia, Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador.

Resumen

Las cicatrices son el resultado del proceso de reparación tisular tras una lesión y pueden variar en características como forma, color, y síntomas asociados, dependiendo de factores individuales y ambientales. Este estudio tiene como objetivo explorar y describir las bases fisiopatológicas de la cicatrización y los factores que influyen en el desarrollo de cicatrices normales y patológicas, destacando la importancia de comprender estos procesos para mejorar los enfoques terapéuticos y la calidad de vida de los pacientes.

El proceso de cicatrización consta de cuatro fases: hemostasia, inflamación, proliferación y maduración, cada una regulada por células y mediadores específicos, como neutrófilos, fibroblastos y factores de crecimiento. En las cicatrices patológicas, desequilibrios en la síntesis y remodelación del colágeno, además de factores genéticos y ambientales, son determinantes clave. Las cicatrices hipertróficas y los queloides presentan una producción excesiva y desorganizada de colágeno, mientras que las cicatrices atróficas muestran una deficiencia de este componente.

Las contracturas por quemaduras representan un tipo particular de cicatriz patológica que afecta funcionalmente las articulaciones, siendo más comunes en quemaduras graves o en contextos donde los injertos de piel no se aplican a tiempo. El manejo clínico de estas cicatrices busca no solo mejorar la apariencia estética sino también recuperar la funcionalidad y calidad de vida del paciente.

En conclusión, la comprensión de los mecanismos involucrados en la cicatrización y sus alteraciones es esencial para aplicar enfoques terapéuticos eficaces y personalizados, como lo es la terapia manual, láser de baja potencia y otros medios físicos utilizados en el proceso de rehabilitación.

Palabras clave: Cicatriz; Mecanismos fisiopatológicos; fisioterapia.

Abstract

Scars are the result of the tissue repair process after an injury and can vary in characteristics such as shape, color, and associated symptoms, depending on individual and environmental factors. This study aims to explore and describe the pathophysiological bases of scarring and the factors that influence the development of normal and pathological scars, highlighting the importance of understanding these processes to improve therapeutic approaches and the quality of life of patients.

The scarring process consists of four phases: hemostasis, inflammation, proliferation and maturation, each regulated by specific cells and mediators, such as neutrophils, fibroblasts and growth factors. In pathological scars, imbalances in collagen synthesis and remodeling, in addition to genetic and environmental factors, are key determinants. Hypertrophic scars and keloids present an excessive and disorganized production of collagen, while atrophic scars show a deficiency of this component.

Burn contractures represent a particular type of pathological scar that functionally affects the joints, being more common in severe burns or in contexts where skin grafts are not applied in time. The clinical management of these scars seeks not only to improve the aesthetic appearance but also to recover the functionality and quality of life of the patient.

In conclusion, understanding the mechanisms involved in scarring and its alterations is essential to apply effective and personalized therapeutic approaches, such as manual therapy, low-power laser and other physical means used in the rehabilitation process.

Keywords: Scar; Pathophysiological mechanisms; physiotherapy.

Resumo

As cicatrizes são o resultado do processo de reparação tecidual após uma lesão e podem variar em características como a forma, a cor e os sintomas associados, dependendo de fatores individuais e ambientais. Este estudo tem como objetivo explorar e descrever as bases fisiopatológicas da cicatrização e os fatores que influenciam o desenvolvimento de cicatrizes normais e patológicas, destacando a importância da compreensão destes processos para melhorar as abordagens terapêuticas e a qualidade de vida dos doentes.

O processo de cicatrização é constituído por quatro fases: hemostasia, inflamação, proliferação e maturação, cada uma regulada por células e mediadores específicos, como neutrófilos, fibroblastos e fatores de crescimento. Nas cicatrizes patológicas, os desequilíbrios na síntese e remodelação do colagénio, para além dos fatores genéticos e ambientais, são determinantes fundamentais. As cicatrizes hipertróficas e os queloides apresentam uma produção excessiva e desorganizada de colagénio, enquanto as cicatrizes atróficas apresentam uma deficiência deste componente.

As contraturas por queimadura representam um tipo particular de cicatriz patológica que afeta funcionalmente as articulações, sendo mais comuns em queimaduras graves ou em contextos onde os enxertos de pele não são aplicados atempadamente. A gestão clínica destas cicatrizes procura

não só melhorar o aspeto estético, mas também recuperar a funcionalidade e a qualidade de vida do paciente.

Concluindo, compreender os mecanismos envolvidos na cura e as suas alterações é essencial para aplicar abordagens terapêuticas eficazes e personalizadas, como a terapia manual, o laser de baixa potência e outros meios físicos utilizados no processo de reabilitação.

Palavras-chave: Cicatriz; Mecanismos fisiopatológicos; fisioterapia.

Introducción

Las cicatrices son el resultado final del proceso de reparación de los tejidos tras una lesión por diversas causas. Este fenómeno, esencial para la supervivencia, presenta una compleja interacción de factores biológicos y mecánicos que determinan las características del tejido cicatricial. Una cicatriz ideal presenta varias características, sin embargo, pueden adoptar formas abultadas, hundidas o presentar alteraciones de color, acompañadas de síntomas como dolor o picor. Estas variaciones en el aspecto cicatricial están influenciadas por factores individuales como la localización de la herida, la edad, sexo, entre otros (Laseca, Sánchez, & Bermejo, 2021).

El proceso de cicatrización es multifásico y altamente regulado, comprendiendo las etapas de hemostasia, inflamación, proliferación y maduración. Cada una de estas fases desempeña un papel crucial en la reparación y reorganización del tejido dañado. Asimismo, la formación de cicatrices patológicas, como las hipertróficas y queloides, constituye un desafío clínico debido a su impacto estético, funcional y psicológico en los pacientes. Estos tipos de cicatrices resultan de desequilibrios en los mecanismos de síntesis y remodelación del colágeno, así como de factores genéticos y ambientales (Lee & Kerolus, 2019).

El objetivo de esta investigación es explorar y describir las bases fisiopatológicas de la cicatrización y los factores que influyen en el desarrollo de cicatrices normales y patológicas, destacando la importancia de comprender estos procesos para mejorar los enfoques terapéuticos y la calidad de vida de los pacientes.

Metodología

Esta investigación es de tipo documental bibliográfica correspondiente a una revisión bibliográfica. Se desarrolló en base a un enfoque cualitativo con criterios de selección de estudios para recopilar

y describir las bases de un proceso de cicatrización. Estos criterios fueron artículos publicados en bases de datos indexadas que presenten las siguientes temáticas: Cicatriz, fisiopatología, clasificación, proceso de cicatrización. Luego del análisis, se presenta la información respondiendo a las siguientes preguntas de investigación.

1. ¿Qué es una cicatriz y cuáles son sus características?
2. ¿Cuál es el proceso de cicatrización?
3. ¿Cuáles son los factores y células que están presentes en las fases de cicatrización?
4. ¿Cuáles son los tipos de cicatrices?

Resultados y discusión

Definición de cicatrices

La cicatriz es el estado final y definitivo de la reparación que el organismo efectúa en una herida accidental, quirúrgica o producida por alguna afección (Serrano, 2020).

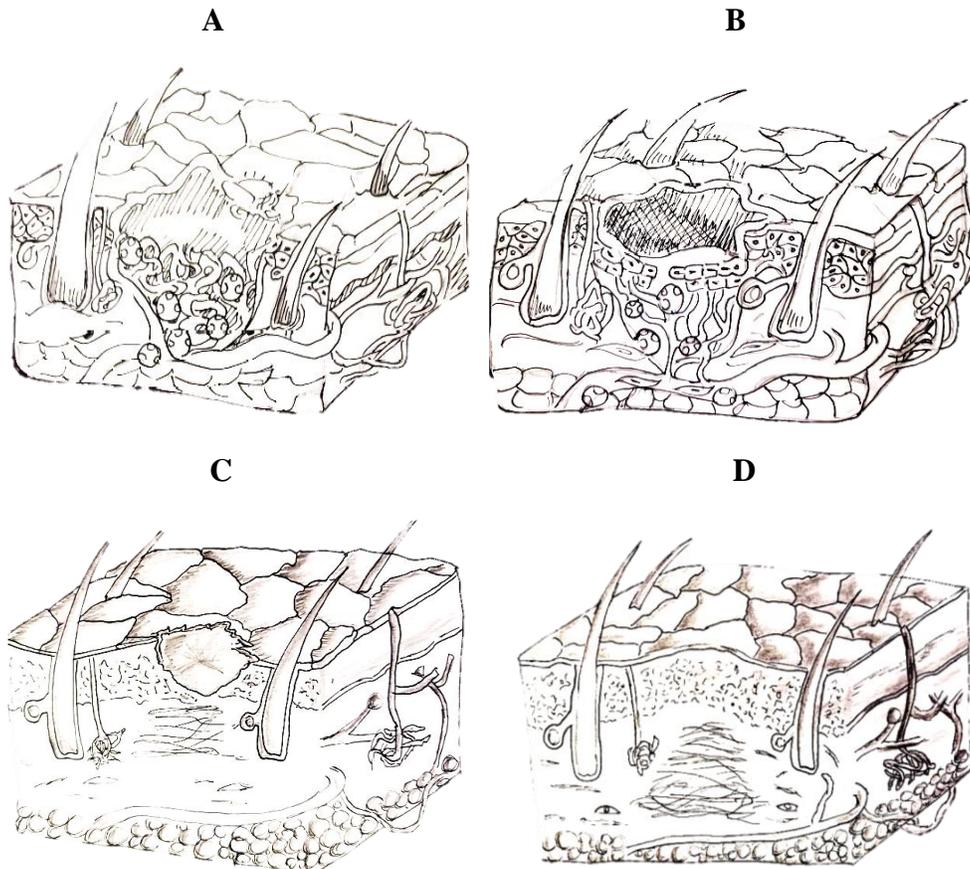
Características de las cicatrices

Una cicatriz ideal suele ser plana, delgada y presenta el mismo color que la piel que la rodea, están normalmente compuestas de tejido fibroso, pueden ser debido a infecciones, lesiones, cirugías o una tumefacción de cualquier tejido del cuerpo, que pueden surgir en cualquier lugar del cuerpo y su disposición puede ser variada (Fuentes & Romero, 2022). Al hablar del aspecto pueden ser abultadas, planas, hundidas o pueden presentar una coloración, a su vez algunas a ser dolorosas e incluso provocar comezón (Berman, Maderal, & Raphael, 2017).

Proceso de la cicatrización

El mecanismo de cicatrización de los tejidos dependerá del tipo de lesión y de los tejidos afectados. Respecto a la piel, podemos distinguir dos tipos: heridas superficiales y heridas profundas. Si sólo se afecta la epidermis se habla de herida superficial, mientras que en el caso de heridas profundas se afecta la dermis y tejidos subcutáneos (Laseca, Sánchez, & Bermejo, 2021). (Figura 1).

Figura 1: Proceso de cicatrización



Nota: A: fase 1: la piel tras la lesión empieza con la formación del coágulo (hemostasia). B: fase 2. C: Fase 3, proliferación de fibroblastos. D: Fase 4, remodelación o maduración. MEC inmadura.

Fase 1: Coagulación (hemostasia)

La primera fase comienza después de presentarse una lesión, el cuerpo activa su sistema de reparación de emergencia, el sistema de coagulación de la sangre, y forma una especie de dique para bloquear el drenaje del fluido sanguíneo y detener la hemorragia (Guarín, Quiroga, & Stella, 2013).

Fase 2: Inflamación (fase defensiva)

Se centra en la destrucción de bacterias y la eliminación de patógenos, esencialmente preparando el lecho de la herida para el crecimiento de tejido nuevo, los neutrófilos son las primeras células en aparecer y son atraídos por señales químicas de la cascada del complemento, las interleuquinas y el TGF- β , durante las primeras 24-48 horas (Guarín, Quiroga, & Stella, 2013).

Fase 3: Proliferación

El propósito es regenerar tejido y cubrir la herida. Hay tres etapas distintas en la fase proliferativa en la que encontramos: regeneración del tejido de la herida, contracción de los bordes de la herida y el cubrimiento de la herida (epitelización) la fase de proliferación suele durar de 4 a 24 días (Guarín, Quiroga, & Stella, 2013).

Fase 4: Maduración

En esta fase el nuevo tejido gana fuerza y flexibilidad lentamente. Aquí las fibras de colágeno se reorganizan, el tejido se regenera y madura por lo que la resistencia a la tracción aumenta, el periodo de maduración varía de una herida a otra generalmente dura de 21 días a 2 años (Laseca, Sánchez, & Bermejo, 2021).

Factores excitatorios e inhibitorios en el proceso de cicatrización

Factores excitatorios

Se ha comprobado que las plaquetas tienen un rol importante al momento de la cicatrización puesto que es fuente de factores de crecimiento para sintetizar nuevas proteínas es así que se mencionan: factores de crecimiento epidérmico (EGF) que promueven la proliferación y crecimiento de células y; factores de crecimiento transformante (TGF- α) los mismos que interactúan en el proceso de la diferenciación de células madre y células inmaduras a nivel tisular ocurriendo la señalización intercelular; las plaquetas tienen una acción microbicida alejando al proceso de cicatrización de algún tipo de infección cutánea, modula la inflamación y promueven la analgesia (Bauste, Alvarez, Labadie, & Vázquez, 2023) .

Factores inhibitorios

Los propios exudados de la herida tienen la presencia de enzimas que degradan la matriz extracelular de la piel (MEC) conformada de colagenasas elastasas mientras que; una minoración de los propios factores inhibitorios y de factores de crecimiento como es el TGF- α ; actúan a que se frene el proceso de cicatrización (Arroyo & Nazar, 2011).

Fibroblastos y matriz extracelular

La matriz extracelular es un componente de la dermis que está formada por una red compleja y dinámica de macromoléculas responsables de mantener la rigidez funcional y la resistencia del tejido (Torres J., et al, 2015).

Los fibroblastos son las principales células funcionales que van a generar colágeno tipo 1 por lo que estas células progenitoras se encuentran agrupadas en una posición adyacente a los vasos sanguíneos, presentan características citológicas similares a las de las células madre, con un tamaño pequeño con capacidad de respuesta a factores de estimulación y un tiempo lento de ciclo celular (Torres J., et al, 2015).

El fibroblasto es la célula predominante de los tejidos conectivos del cuerpo siendo una estructura que ejerce funciones tisulares a nivel local y del sistema inmune, no son homogéneas entre sí, sino que presentan diferencias en morfología y función de acuerdo con la ubicación en la que se encuentren dentro de sus principales funciones (Torres J., et al, 2015).

Durante la fase inflamatoria ciertos factores de crecimiento epidérmico preparan el ambiente para los fibroblastos, quienes durante la proliferación son activados por TGF- β para luego multiplicarse rápidamente y comenzar a sintetizar colágeno tipo III, que es fundamental para formar el tejido de granulación. Durante la fase de remodelación el colágeno tipo III de la MEC se transformará en colágeno tipo I, para darle la característica al tejido reparado similar al tejido sano. Este tejido es fundamental para poseer flexibilidad y elasticidad en la piel (Torres J., et al, 2015).

Clasificación de las cicatrices patológicas

Cicatrices atróficas

Las cicatrices atróficas se caracterizan por la falta de producción de tejido colágeno en la dermis cutánea, con una prevalencia mayor en el sexo femenino (Amador, 2019). Pueden presentarse como cicatrices distensibles y no distensibles; las cicatrices atróficas distensibles desaparecen al estirar la piel y las no distensibles llegan a visualizarse, aunque exista estímulo de estiramiento. Éstas últimas pueden ser producidas por marcas que deja el acné a consecuencia de la posición de las fibras de colágeno, que intentan reparar el tejido y cubrir las continuas lesiones inflamatorias (Steiner, 2012). La tendencia a aparecer este tipo de cicatrices puede ser hereditario.

Cicatrices hipertróficas

Las cicatrices hipertróficas son provocadas por una hiperproducción de tejido conectivo, se dan tras una lesión de tipo traumática, inflamatoria o quirúrgica o pueden ser secundarios a diversos procesos dermatológicos, como acné, foliculitis, técnicas de embellecimiento corporal o

quemaduras (Salem et al., 2002). Además, se proyectan por encima de la superficie de la piel circundante, son elevadas, están engrosadas, enrojecidas y en algunos casos presentan picor (Herranz & Santos, 2012). Esta cicatrización anormal es uno de los problemas clínicos más frustrantes en la curación de heridas y un gran desafío para los médicos y son motivo de consulta frecuentemente en la práctica dermatológica, tanto por los síntomas asociados como dolor, prurito o sensación de opresión, a su vez, por el compromiso estético que suponen y que puede asociarse a pérdida de autoestima, sintomatología depresiva y estigmatización (Guerrero, 2020). No existe el conocimiento exacto de todos los factores genéticos y epigenéticos que controlan el proceso de curación de las heridas (Morales & Aristizabàl, 2013).

La formación de cicatrices hipertróficas va precedida de una fase de cicatrización inflamatoria prolongada y excesiva, conduciendo así a un aumento de la síntesis de citoquinas fibrinógenas, que a su vez se traduce en un aumento de la presencia de matriz extracelular, que es la base fisiopatológica de estos trastornos (Salem, Vidal, Mariangel, & Concha, 2002). Este aumento de la matriz extracelular puede deberse a un aumento de la síntesis de colágeno, fibronectina y otros proteoglicanos, o a una remodelación alterada de la matriz que reduce la degradación de estas proteínas de la matriz (Wang et al., 2020). De hecho, ambos mecanismos parecen estar implicados cuando se producen estas alteraciones. Las cicatrices hipertróficas y los queloides se caracterizan por un marcado aumento de las fibras de colágeno, que además están organizadas de forma aleatoria, lo que indica un defecto en la remodelación (Cambronero, Cerdas & Chang, 2022).

Cicatrices queloides

La cicatriz que loide es definida como una neoplasia del tejido conectivo con una desorganización abrupta del colágeno de tipo benigno (Tamayo B, et al., 2020) (Serrano, 2020). La incidencia patológica se presenta con mayor frecuencia en mujeres de raza negra, en edades entre 10 a 30 años, en el periodo de pubertad y embarazo. Los factores que predisponen su aparición son: las infecciones, ambientes húmedos y otros motivos externos que retarden el proceso de curación (Serrano, 2020).

La etiología de la cicatriz que loide aún es desconocida, pero algunas de las causas que podrían provocar su formación son factores genéticos y factores de crecimiento, anoxia, infecciones, edad, tipo de piel, localización anatómica y antecedentes de cicatrices anormales. (Arantón, Rumbo, & Palomar, 2018) Los antecedentes familiares de cicatrización patológica registran que las cicatrices

queloides pueden originarse por factores genéticos. Por ejemplo, se ha logrado observar que las personas con ascendencia africana y asiática son más propensas a desarrollar queloides y algunos estudios han arrojado que un modo de herencia es autosómico dominante con penetrancia incompleta y expresión variable (Cambroner, Cerdas & Chang, 2022).

Diversos factores sistémicos influyen en el proceso de cicatrización patológica. Por un lado, los desequilibrios en los factores angiogénicos pueden desencadenar una angiogénesis excesiva. Por otro, los factores inflamatorios incrementan la producción de estrógenos y andrógenos, los cuales, debido a sus propiedades vasodilatadoras, intensifican la inflamación. Asimismo, los factores endocrinológicos estimulan la activación del sistema renina-angiotensina en la piel de las cicatrices patológicas, lo que contribuye a la aparición de fibrosis (Cambroner, Cerdas & Chang, 2022).

.Entre los factores de crecimiento relacionados con el desarrollo de cicatrices queloides destacan el factor de crecimiento transformante beta (con sus isoformas $\beta 1$, $\beta 2$ y $\beta 3$), el factor de crecimiento derivado de plaquetas (PDGF), que presenta combinaciones polipeptídicas como PDGF-AA, PDGF-BB y PDGF-CC, el factor de crecimiento del tejido conectivo (CTGF), el factor de crecimiento epidérmico (EGF) y el factor de crecimiento endotelial vascular (VEGF) (Lian & Li, 2016).

Contracturas - Quemaduras

La contractura en quemaduras se define como el proceso de cicatrización madura caracterizadas por marcas engrosadas de la piel al igual que la pérdida de estabilidad y sensibilidad, que se producen generalmente sobre las articulaciones por lo que se genera una restricción en la funcionalidad de la zona afectada (Téot, Mustoe, Middlkoop, & Gerd, 2021).

La prevalencia de las contracturas es alta, especialmente tras quemaduras que puede afectar, dependiendo de la edad, la profundidad de las quemaduras iniciales, así como el tiempo transcurrido entre las quemaduras y la aparición de las contracturas. Los pacientes jóvenes y los niños son más propensos a desarrollar contracturas, cuando el injerto de piel tras la quemadura se realiza a tiempo, la prevalencia es menor. Las contracturas son más probables en quemaduras más graves como las quemaduras de llama en niños, mujeres, en la columna cervical y en la extremidad superior. La ausencia de fisioterapia y un período anormalmente largo de espera de curación espontánea sin injerto cutáneo inducirán progresivamente contracturas graves. Esto todavía se observa con frecuencia en las extremidades superiores en pacientes quemados en países en vías de

desarrollo, la escisión e injerto cutáneo tempranos de escisión precoz y el injerto de piel es la mejor opción para reducir la incidencia de contracturas. Otras causas de contracturas menos frecuentes pueden observarse tras traumatismos o infección, ligadas al incumplimiento, a una inmovilización demasiado prolongada, a una destrucción articular, a una epifisiodesis en los niños (Téot, Mustoe, Middlkoop, & Gerd, 2021).

Las heridas grandes, especialmente las que resultan de quemaduras y escaldaduras, generalmente cicatrizan por contracción del tejido. Las contracturas/cicatrices dietéticas normales no solo son incómodas, sino que en muchos casos afectan la función de la parte del cuerpo afectada. Las lesiones, principalmente causadas por quemaduras, dejan cicatrices conocidas como contracturas o comúnmente cicatrices tróficas, debido a que las heridas se caracterizan por la contracción del tejido que deforma la zona afectada de la piel. En tales casos, cambia la forma en que funciona el cuerpo, ya que la piel, los músculos y los nervios se ven afectados, según la extensión de la quemadura (Herranz & Santos, 2012).

Quemaduras

Una quemadura se considera una lesión traumática que puede presentarse clínicamente en 3 grados de daño, según la profundidad y zonas de la piel comprometidas. Estas lesiones pueden ser provocadas por exposición a agentes físicos, térmicos, químicos y eléctricos. La exposición a llamas y la quemadura por escaldadura (líquidos calientes) son las más frecuentes y en algunos casos comprometen órganos importantes como corazón, pulmones, riñones y región genital. (Mofazzal et al., 2018).

La presentación clínica de una quemadura puede colocar en estado crítico a la persona afectada, por tal, la gravedad de las lesiones debe abordar 3 aspectos importantes para su manejo. 1: Quemaduras según su agente causal, 2: extensión de la quemadura, 3: según su profundidad (Moran et al., 2019).

Quemaduras según su agente causal

1. Térmicas causadas por fuego directo, líquidos o metales calientes que producen muerte celular, coagulación de las proteínas o calcinación. 2: Por radiación son habituales las quemaduras ocasionadas por la exposición prolongada a los rayos ultravioleta emitidas por el sol y otras fuentes artificiales como lámparas de bronceado, radiodermatitis debido a tratamientos radioterápicos, laser,

etc. 3: Contacto con sustancias químicas ya sean líquidas, sólidas o gaseosas de origen ácido o básico, producen necrosis tisular, llegando a extenderse su acción en profundidad durante un largo tiempo. 4: eléctricas son el resultado de la generación de calor llegando a alcanzar los 5000° C, aquí se incrementa la necrosis progresiva, formación de escaras y afecta a estructuras más profundas de lo que señala la lesión inicial (Figura 1.). El contacto con la corriente alterna puede generar de manera inmediata parálisis respiratoria, fibrilación ventricular o ambas (Hidalgo F. , 2018).

Figura 2: Signo del iceberg



Nota: Signo del iceberg tras quemadura eléctrica. Este signo, aparentemente induce a una lesión superficial, sin embargo, cursa con una lesión más grave de tejidos profundos.

Quemaduras según su profundidad

Las quemaduras de 1^{er} grado también llamada superficial: es eritematosa, dolorosa, se torna blanquecina con presión, no deja cicatriz y se maneja con cremas hidratantes y aloe vera. Las de 2^{do} Grado afectan la capa dérmica de la piel a su vez se subclasifican en: 1. Quemaduras dérmicas superficiales que causan daño a la dermis papilar, se caracterizan por presencia de flictenas, son

dolorosas, hay un despegamiento del cuerpo mucoso de Malpigio, además son exudativas y rojizas. Su proceso de reepitelización dura entre 8-10 días. 2. Quemaduras dérmicas profundas afectan a la dermis reticular, son dolorosas, hay una pérdida del folículo pilosebáceo, son exudativas y rojizas. Su proceso de reepitelización dura entre 10 a 15 días. Las quemaduras de 3^{er} Grado son aquellas que destruyen totalmente el estrato dérmico, epidérmico, daña grasa, tendones, músculo y hueso, son indoloras y se necesita de injertos para su tratamiento (Echeberría & Salas, 2020).

Quemaduras según su extensión

A excepción de las quemaduras de primer grado, la extensión va de la mano con la profundidad y localización para obtener un buen pronóstico. 1. La regla de Wallace o regla de los 9 valora grandes superficies en adultos donde cada región anatómica representa un 9% o múltiplo de 9 de la superficie corporal total. 2. La escala de Lund Browder es utilizada en niños debido a que tienen su perímetro cefálico mayor al de extremidades proporcionando un cálculo de la superficie quemada con mayor precisión. 3. Regla de la palma de la mano es muy útil en la evaluación de quemaduras poco extensas, consiste en que la palma de la mano representa el 1% de la superficie corporal (Fernández & Melé, 2019).

Perspectivas de la fisioterapia

En el proceso de cicatrización, los fenómenos moleculares y celulares descritos resaltan áreas clave donde la fisioterapia puede intervenir de manera estratégica para mejorar los resultados clínicos. La fisioterapia no solo se limita a la recuperación funcional del tejido, sino que también busca modulares respuestas biológicas que puedan estar alteradas en condiciones patológicas, como la fibrosis o la formación de cicatrices hipertróficas y queloides.

El TGF- β , al estar implicado tanto en la proliferación como en la fibrosis, representa un objetivo indirecto de las terapias físicas. La movilización temprana del tejido, por ejemplo, puede estimular una alineación más organizada del colágeno tipo I y evitar la desorganización que resulta en una cicatriz rígida y funcionalmente limitada. Asimismo, la terapia con láser de baja intensidad (LLLT) ha mostrado efectos positivos en la regulación de factores como el VEGF, que es clave en la angiogénesis, optimizando la revascularización y acelerando la maduración del tejido cicatricial (Khatib & Jeschke, 2021).

Por otro lado, la activación de los fibroblastos en la fase proliferativa y su papel en la síntesis de colágeno subraya la importancia de intervenciones que mantengan el equilibrio entre síntesis y degradación de la matriz extracelular. Técnicas de estiramiento suave, movilizaciones pasivas y ejercicios de carga progresiva pueden influir positivamente en la organización del colágeno, promoviendo una cicatriz funcional que soporte las demandas mecánicas del tejido (Kolle, 2020). Por otro lado, modalidades como la electroestimulación pueden ser consideradas para estimular procesos metabólicos y favorecer la actividad celular en pacientes con cicatrización retardada. (Wiseman et al., 2020).

En conclusión, comprender las bases fisiopatológicas de la cicatrización y los factores que influyen en la formación de cicatrices normales y patológicas es esencial para optimizar los abordajes terapéuticos en fisioterapia. Los procesos de cicatrización están determinados por la interacción de factores moleculares y celulares que regulan la inflamación, la proliferación celular y la remodelación tisular. Sin embargo, desequilibrios en estos mecanismos pueden conducir a la formación de cicatrices patológicas, como queloides o fibrosis, que afectan negativamente la funcionalidad y calidad de vida del paciente.

Desde la perspectiva fisioterapéutica, este conocimiento permite implementar estrategias específicas para modular los procesos de cicatrización mediante técnicas como terapia manual, electroterapia o intervenciones basadas en el movimiento. Asimismo, destaca la relevancia de una evaluación individualizada y un enfoque multidisciplinario que incorpore herramientas para manejar los factores sistémicos e inflamatorios que exacerban las complicaciones cicatriciales. De esta forma, la fisioterapia no solo contribuye a la mejora funcional, sino también a la prevención de secuelas asociadas a cicatrices patológicas, promoviendo una recuperación integral.

Referencias

1. Amador, M., Castillo, S., Caballero, S., Morales, E., Turusetta, A., Jordán, E.(2019). Comportamiento epidemiológico y clínico de las cicatrices atróficas de acné. *Acta médica*, 20(1).
2. Arantón, L., Rumbo, J., Palomar, F. (2018). Valoración, diferenciación, prevención y tratamiento de las cicatrices patológicas. *Enferm Dermatol*, 15(35), 10-16. doi:10.5281/zenodo.2542566

3. Arroyo, D., Nazar, S. (2011). Rol de TGF- β 1 en la fibrosis de la piel inducida por radioterapia en cáncer de cabeza y cuello. *Rev. Hosp. Clin. Univ. Chile*, 22, 114-119.
4. Bauste, J., Alvarez, R., Labadie, S., Vázquez, A. (2023). Utilización del plasma rico en plaquetas en la especialidad de Cirugía Plástica y Caumatología. *Hematología*, 3-4.
5. Berman, B., Maderal, A., Raphael, B. (2017). Keloids and Hypertrophic Scars: Pathophysiology, Classification, and Treatment. *Dermatologic Surgery*, 43(1), 3-18. Doi: 10.1097/DSS.0000000000000819
6. Cambroner, P., Cerdas, A., Chang, V. (2022). Fisiopatología de la cicatrización patológica. *Revista Médica Sinergia*, 7(5), 820-829. Doi: 10.31434/rms.v7i5.820
7. Echeverría, M., Salas, E. (2020). Manejo de quemaduras en la población pediátrica. *Revista Médica Sinergia*, 5(11), 602-610. Doi:10.31434/rms.v5i11.602
8. Fernández Y., Melé M., Fernández, F., Martínez A., Zúñiga, R., Fernández Y., De la Rosa D. (2019). En: *Protocolos Diagnósticos y Terapéuticos en Urgencias de Pediatría*. Tercera. España: Sociedad Española de Urgencias de Pediatría.
9. Fuentes, G., Romero, T. (2022). Fisioterapia en cicatrices: revisión del estado actual. *Cirugía Plástica Ibero-Lationamericana*, 48(1), 69-80. Doi: 10.4321/s0376-78922022000100009
10. Guarín, C., Quiroga, P., Stella, N. (2013). Proceso de Cicatrización de heridas de piel, campos endógenos y su relación con las heridas crónicas. *Revista de la Facultad de Medicina*, 61(4), 441-448. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfmun/v61n4/v61n4a14.pdf>
11. Herranz, P., Santos, X. (2012). *Cicatrices, guía de valoración y tratamiento*. SL Servicio de Dermatología del Hospital Universitario La Paz. Meda Pharma Edita. Madrid.
12. Hidalgo, F. (2018). *Tratamiento del paciente con quemaduras en urgencias y UCI*. Lulu.
13. Khatib, A., Jeschke, M. (2021). Contemporary aspects of burn care. *Medicina*, 57(4), 386.
14. Kolle, T. (2020). Mechanosensitive Aspects of Cell Biology in Manual Scar Therapy for Deep Dermal Defects. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(6), 1-14. Doi: 10.3390/ijms21062055
15. Arranz, A. L., Dengra, B. S., Sanz, M. D. V. B., Álvarez, I. G., & Álvarez, M. G. (2021). Formulaciones para la cicatrización de heridas, presente y futuro. *RESCIFAR Revista Española de Ciencias Farmacéuticas*, 2(1), 1-12. Disponible en: <https://www.researchgate.net/profile/Barbara-Sanchez->

- Dengra/publication/354474560_Formulaciones_para_la_cicatrizacion_de_heridas_presente_y_futuro_Formulations_for_wound_healing_present_and_future/links/613a342e35e5e822341920d0/Formulaciones-para-la-cicat
16. Lee, G., Kerolus, J. (2019). Management of Surgical Scars. *Facial plastic surgery clinics of North America*, 27(4), 513–517. Doi: 10.1016/j.fsc.2019.07.013
 17. Lian, N., Li, T. (2016). Growth factor pathways in hypertrophic scars: molecular pathogenesis and therapeutic implications. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 84, 42-50.
 18. Mofazzal, M., Sahandi, P., Moosavi, S., Keyvan, S., Ghamarypour, A., Amir, M., Hamblin, M. (2018). Nanomedicine and advanced technologies for burns: Preventing infection and facilitating wound healing. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 123(5), 33-64. Doi:10.1016/j.addr.2017.08.001
 19. Morales, N., Aristizabàl, A. (2013). Cicatrices de acné, un reto terapéutico. *Rev Asoc Colomb Dermatol* 21(4), 40-55. Doi: 10.29176/2590843X.252.
 20. Moran, A., Cerro, S., Tapia, Z., Castillo, O., Apolo, Y., Lema, R., Cristiam, H. (2019). Abordaje terapéutico del paciente quemado: importancia de la resucitación con flúidoterapia. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 38(1), 6-12. Disponible en:https://www.revistaavft.com/images/revistas/2019/avft_1_2019/2abordaje_terapeutico_paciente_quemado.pdf
 21. Serrano, L. G. (2020). Cicatriz Hipertrófica y queloide: rompiendo paradigmas con el uso de z-plastias. *Cirugía Plástica Ibero-Latinoamericana*, 46(2), 177-186. Doi: 10.4321/s0376-78922020000200007.
 22. Steiner, D. (2012). Manejo de las cicatrices. Buenos Aires: Editor Argentino, 275-85.
 23. Téot, L. (2020). Facial Scars Reconstruction. *Textbook on Scar Management: State of the Art Management and Emerging Technologies*, 325-331.
 24. Torres, J. S. S., Cerón, L. F. Z., López, J. A. V., Amézquita, C. A. N., Sánchez, L. P. M., & Bernal, S. I. F. (2015). La matriz extracelular: un ecosistema influyente en la forma y comportamiento de las células. *Morfología*, 7(1).
 25. Salem, Z., Vidal, V., Mariangel, P., Concha, M. (2002). Cicatrices hipertróficas y queloides. *Cuadernos de Cirugía*, 16(1), 77-86. Doi: 10.4206/cuad.cir.2002.v16n1-13.

26. Wiseman, J., Ware, R., Simons, M., McPhail, S., Kimble, R., Dotta, A., Tyack, Z. (2020). Effectiveness of topical silicone gel and pressure garment therapy for burn scar prevention and management in children: a randomized controlled trial. *Clinical rehabilitation*, 34(1), 120–131. Doi: 10.1177/0269215519877516
27. Wang, Z. C., Zhao, W. Y., Cao, Y., Liu, Y. Q., Sun, Q., Shi, P., Cai, J. Q., Shen, X. Z., & Tan, W. Q. (2020). The Roles of Inflammation in Keloid and Hypertrophic Scars. *Frontiers in immunology*, 11, 603187. Doi: 10.3389/fimmu.2020.603187.

© 2024 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).