

Gestión de la herida en Miembros Inferiores

Prevención y Tratamiento

Tema 2

Autor: Carmen Alba Moratilla

RECUERDO ANATOMOFISIOLÓGICO DE LA PIEL Y “PROCESO DE CICATRIZACIÓN”

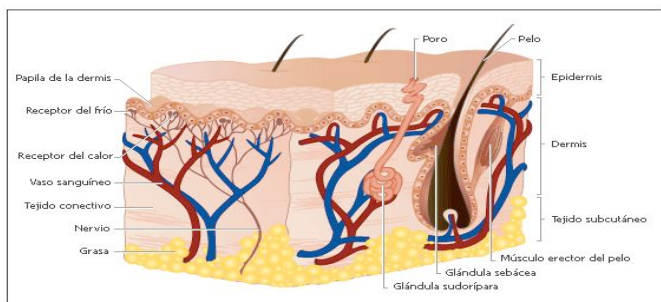


Gestión de la herida en Miembros Inferiores Prevención y Tratamiento (Recuerdo anatomofisiológico de la piel y “proceso de cicatrización”) by Carmen Alba Moratilla is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

INDICE

1. Anatomofisiología de la piel	3
1.1. Funciones cutáneas	3
1.2. Estructura de la piel	5
• Epidermis:	5
• Dermis:	7
• Anejos cutáneos o estructuras anexiales	9
• Hipodermis o tejido graso subcutáneo:	10
1.3. Circulación sanguínea y linfática de la piel	11
1.4. Inervación	13
1.5. Cambios en la piel relacionados con la edad o la humedad	14
2. Proceso de cicatrización	14
2.1. Fases de la cicatrización de las heridas	15
3. Alteraciones al proceso de cicatrización	17
3.1. Causas que alteran la cicatrización	17
4. Gestión del proceso de cicatrización	18
4.1. El acrónimo DOMINATE (DOMINAR)	19

1. Anatomofisiología de la piel



La piel se desarrolla a partir del ectodermo y del mesodermo, es el órgano más grande del cuerpo, en un adulto podríamos decir que pesa entre 2 y 4 Kg y cubre un área aproximada de unos 2 m².

Ilustración 1 Corte transversal de la piel

La piel se comporta como una barrera de defensa, protege al organismo de lesiones, infecciones, deshidratación y protege de los rayos ultravioleta.

1.1. Funciones cutáneas

La piel tiene tres funciones básicas:

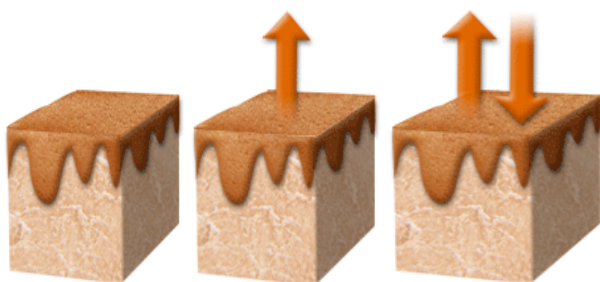


Ilustración 2 Funciones básicas de la piel

1. **Protección:** La piel protege al cuerpo de ataques mecánicos, físicos, químicos o microbianos desde el exterior. El estrato córneo, posee "capacidad tampón", es una "barrera a la penetración" de patógenos y sustancias nocivas. Cuando se produce una herida en la piel, se inicia una inflamación local.

Acciones protectoras

- Defensa frente a las lesiones. El tejido graso subcutáneo funciona como un colchón protector que distribuye la presión producida por un golpe y amortigua su efecto.
- Actúa como aislante térmico
- Protege de los rayos ultravioleta

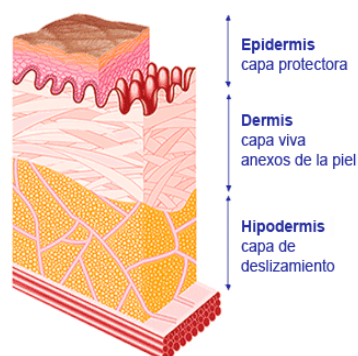


Ilustración 3 Funciones de la piel (esquema)

2. **Transmisión:** La piel se utiliza para transmitir información entre el cuerpo y el mundo exterior a través de sus múltiples terminaciones nerviosas que reciben estímulos táctiles, térmicos y dolorosos.

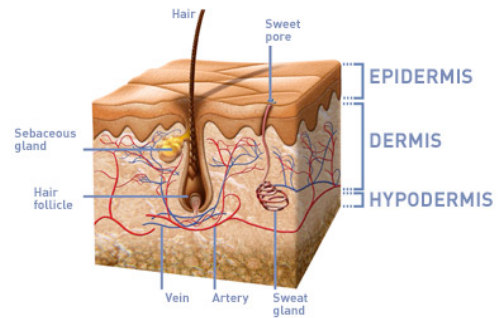
- Detecta estímulos del medio ambiente, relacionados con la temperatura, el tacto, la presión y el dolor (sentido alterado en pacientes con neuropatías)
 - Posee marcas identificativas (huellas dactilares)
 - Es el órgano principal de la atracción sexual
3. **Intercambio:** La piel es el lugar donde se llevan a cabo numerosos intercambios entre el organismo y el exterior.
- Regula la temperatura corporal (elimina calor, permite la evaporación del sudor secretado por las glándulas sudoríparas)
 - Interviene en la inmunidad del organismo (Elimina sustancias nocivas)
 - Realiza la síntesis de vitamina D (esencial para el crecimiento de los huesos)
 - Contiene los fluidos del cuerpo. Es reservorio de sangre (en reposo, los capilares transportan del 8-10% del flujo sanguíneo)

Tabla 1 Funciones cutáneas¹

Funciones cutáneas			
Función	Mecanismo	Acción	Situación de riesgo
Inmunes	Inmunidad natural, adaptada	Prevenir infecciones fúngicas, bacterianas, víricas, enfermedades autoinmunes, neoplasias	infecciones, enfermedades autoinmunes, neoplasias cutáneas
Barrera	Estrato córneo, epidermis, melanina	Prevenir la infección, absorción y deshidratación, filtrar la radiación ultravioleta	Infecciones bacterianas de repetición, absorción de sustancias químicas, deshidratación, cáncer cutáneo.
Reparadora	Fibroblastos	Curación de heridas y úlceras cutáneas, reparar el daño celular por ultravioleta	Úlceras cutáneas, queloide, neoplasias cutáneas
Vasculares	Circulación hemática y linfática	Nutritiva y regulación de la temperatura, drenaje linfático	Infarto, insuficiencia venosa, vasculítis, vasculopatía, linfedema
Comunicación	Fibras nerviosas aferentes y eferentes	Conducción de estímulos nerviosos, secreción de citoquinas	Híper e hiposensibilidad, prurito, hiperhidrosis, síndromes neurológicos, control de la temperatura
Atención	Visual, olfativa	Pigmentación, distribución del pelo, sudoración	Fotoenvejecimiento, vitíligo, alopecia, halitosis, bromhidrosis

La piel, tiene la capacidad para repararse así misma, se adapta y desarrolla su forma (Morfogénesis), en función de la localización como engrosamiento en zonas plantares, afinamiento en párpados o en función de otras necesidades, con estructuras especiales, como pelos y uñas.

Ilustración 4 Capas de la piel



La piel, esta considerado como un órgano complejo, interviene muy activamente en los procesos inmunológicos. Los queratinocitos, linfocitos, fibroblastos, melanocitos y células de Langerhans, sintetizan sustancias inmunológicamente activas, actúan como guardián inmunológico, participan activamente en el tráfico linfocitario, y es uno de los órganos principales en el proceso de la inflamación. Las sustancias inmunológicamente activas son: interleuquinas, factores de crecimiento, factores estimuladores de colonias, interferones y citolisinas.

1.2. Estructura de la piel

La piel, está formada por tres capas superpuestas separadas entre si: Epidermis, Dermis, Hipodermis Ilustración 4 Ilustración 4 Ilustración 9 y los anejos cutáneos

- **Epidermis:**

Es el estrato superior de la piel o epitelio de superficie, es un tejido plano poliestratificado queratinizado. No tiene vasos sanguíneos, se nutre por difusión a partir de los capilares existentes en el tejido conjuntivo de la dermis. El espesor de la epidermis (incluida la capa córnea), varía según la región cutánea entre 0,04 y 0,4 mm.

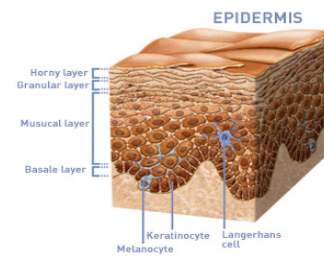
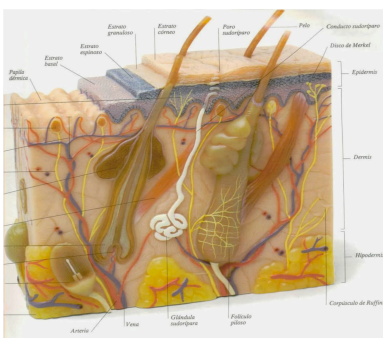


Ilustración 5 Epidermis

La epidermis está organizada en cuatro estratos o capas de células

Ilustración 6 Corte transversal de la pielⁱⁱ



1. Capa córnea (stratum corneum), constituida por células muertas
 - Capa lúcida (stratum lucidum) existe solo en manos y pies. Es una zona donde la piel es más gruesa, no existe en la piel delgada.
2. Capa granular (stratum granulosum): Sintetizan la queratohialina (sustancia precursora de la queratina)

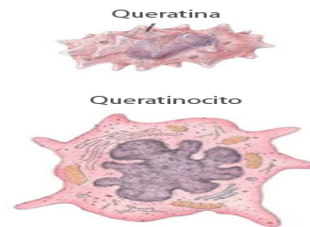
3. Capa de células espinosas (stratum spinosum): formadas por células en continua reproducción.
4. Capa basal (stratum basale): es la zona más profunda, considerada la unión dermoepidérmica. Las células epidérmicas están unidas a la dermis por medio de la membrana basal.

Existen varios grupos de enfermedades autoinmunes (penfigoide, epidermolisis ampollosa adquirida) y congénitas (Epidermolisis ampollosas), que se caracterizan por la alteración de la función de las proteínas que conforman la unión dermo-epidérmica produciéndose la formación de ampollas a nivel de la membrana basal.

La epidermis está constituida (a nivel celular)

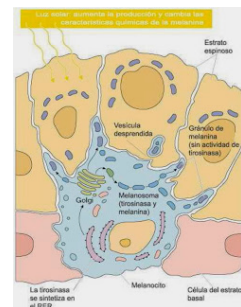
- Queratinocitos, (90% de las células epidérmicas) las células que, a medida que envejecen, se cargan de una sustancia impermeable, la queratina (función protectora de la piel).

Ilustración 7 Célula Queratinocito ⁱⁱⁱ



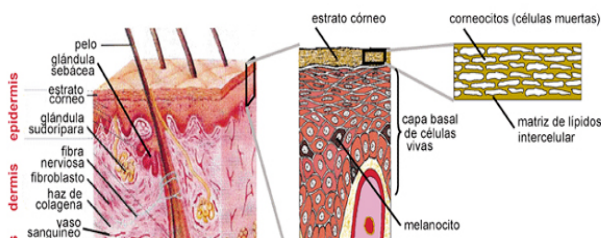
- Células de Langerhans, (3-5% de las células epidérmicas) que forman parte del sistema inmunológico, derivan de la médula ósea y emigran a la epidermis, son macrófagos que se dañan fácilmente por la luz ultravioleta
- Melanocitos, **Ilustración 8** (5 a 8% de las células epidérmicas) células que proporcionan protección natural contra los rayos del sol y son responsables de la pigmentación de la piel (sistema pigmentario)
- Células de Merkel (sistema nervioso) (<0,1% de las células epidérmicas). Se encuentran en la capa más profunda de la epidermis, están ligadas a los queratinocitos por desmosomas. Intervienen en la sensación de tacto al estar en contacto con la terminal de una neurona sensitiva

Ilustración 8 Melanocito ^{iv}



A nivel funcional la epidermis se renueva continuamente desde la base y se desprende continuamente. Para compensar la pérdida de células, la epidermis se renueva por medio de la queratogénesis.

Ilustración 9 Anatomía de la piel ^v



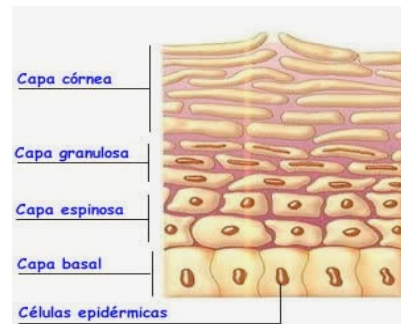
- Zona proliferativa (**estrato basal o germinativo**): Su función es la de renovación celular

(epidermopoyesis), produce la neoformación permanente y regulada de queratinocitos (1,200 células nuevas por milímetro cuadrado y día). Sólo una parte de las células son realmente proliferativas (aproximadamente el 60%), mientras que las restantes tienen una función de reserva (activación para la curación de las heridas o en las enfermedades cutáneas proliferativas).

- Zona de diferenciación (**estrato espinoso y granuloso**): Encargada de la diferenciación y maduración celular.
- Zona funcional (**estrato córneo**): Formado por una capa córnea protectora y donde produce la eliminación celular

El proceso de queratinización consiste en el proceso de diferenciación y maduración de los queratinocitos. El tiempo de tránsito, desde la formación hasta su eliminación, es de unas 4 semanas (estrato espinoso y granuloso, unas 2 semanas, y estrato córneo, otras 2 semanas). La cinética de proliferación es regulada por factores de crecimiento con actividad estimulante o inhibidora del mismo. Los factores reguladores del crecimiento derivan en parte de las propias células epidérmicas (liberación cuando se producen lesiones) y en parte de las células dérmicas.

Ilustración 10 Proceso de queratinización



La Epidermis debe ser estable y fijada a la dermis

por los desmosomas, son las uniones flexibles entre los queratinocitos y los hemidesmosomas (uniones entre las células basales y en la zona de unión).

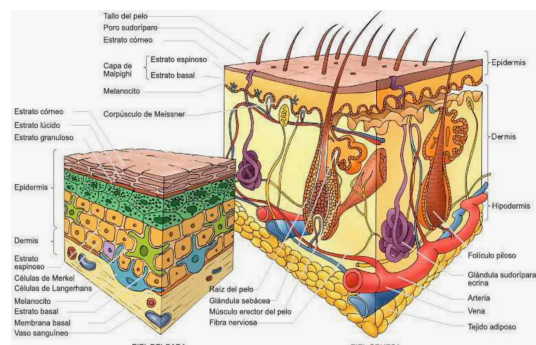
- **Dermis:**

Es el estrato medio de la piel. Su grosor es variable, delgada en los párpados (0.6 mm o menos) y unos 3 mm en las palmas de las manos y las plantas de los pies. Los principales componentes de la dermis es el tejido conjuntivo fibras de colágeno de tipo I y fibras elásticas (elastina). La matriz extracelular contiene fibras, no muy compactadas, de colágeno (>75%), elastina y reticulina.

Esta vascularizada y también contiene:

- vasos sanguíneos
- células inmunológicas
- glándulas sudoríparas
- glándulas sebáceas
- receptores sensoriales que reaccionan a la presión o la temperatura, el dolor

Ilustración 11 Anatomía de la piel^{vi}



y las terminaciones nerviosas sensibles.

La dermis está organizada en dos estratos o capas de células

- *Estrato papilar*: Es la capa más externa, es tejido conjuntivo superficial, delgado y rico en células y vasos. Constituida por unas papilas, o elevaciones que parecen dedos, sirven como unión mecánica entre la epidermis y la dermis. Esta conexión capilar contribuye a la nutrición de la epidermis carente de vasos. En esta zona se encuentra los receptores del tacto (corpúsculos de Meissner), del dolor, el picor y la temperatura. Las papilas dérmicas forman surcos en la epidermis, únicos para cada persona (huellas dactilares).

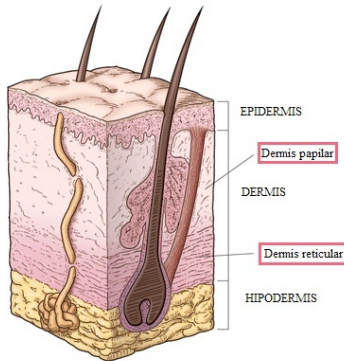


Ilustración 12 Capas de la dermis

- *Estrato reticular*: Es la capa más profunda, formada mayoritariamente por fibras, da firmeza al tejido conjuntivo cutáneo. Formada por un tejido conjuntivo denso formado por haces entrelazados de fibras de colágeno de tipo I y fibras elásticas que proporcionan a la piel fuerza, extensibilidad y elasticidad. Contiene entre sus fibras los adipocitos, folículos pilosos, nervios, glándulas sebáceas y glándulas sudoríparas, los anexos cutáneos, los vasos sanguíneos, linfáticos y los nervios.

La dermis está constituida (a nivel celular)

Células

- Fibroblastos: son células propias del tejido conjuntivo. Son los responsables de la producción de todos los componentes de la matriz extracelular (sintetizan y liberan los precursores del colágeno, elastina y proteoglicanos). Se enlazan mediante elongación y formando un entramado tridimensional
- Histiocitos o Macrófagos: Situados a lo largo de haces de fibras de colágeno Tienen una gran capacidad para la fagocitosis de bacterias, cuerpos extraños, eritrocitos, células muertas etc.

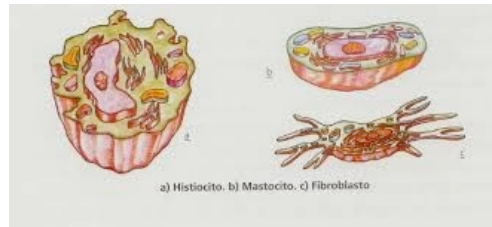


Ilustración 13 Histiocitos o Macrófagos y Fibroblastos

- Mastocitos o células cebadas: Son células móviles, originadas en la médula ósea, se diferencian totalmente cuando han alcanzado el tejido que va a ser su destino final. Son secretores cutáneos, mediadores de la inflamación

(histamina, heparina y serotonina), con importantes propiedades y funciones en el sistema defensivo.

Fibras reticulares

Sintetizadas por los fibroblastos, sirven como soporte de vasos sanguíneos y anejos cutáneos. Son el soporte estructural de la dermis

Matriz extracelular o sustancia fundamental

Se trata de una sustancia amorfa y gelatinosa, que se encuentra en el espacio libre entre los diferentes elementos celulares y las proteínas estructurales.

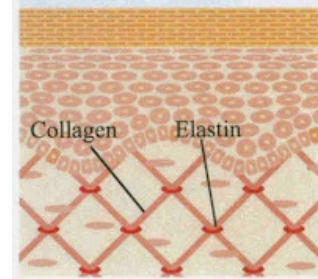


Ilustración 14 Matriz extracelular

Sirve como elemento de unión, entre elementos celulares y fibrosos, influencia en la migración, cementación y la diferenciación celular. Compuesta mayoritariamente por proteoglicanos (heteropolisacáridos y proteínas). Es la responsable de la turgencia de la piel, por su capacidad de absorción de agua.

- **Anejos cutáneos o estructuras anexiales**

- **Folículos Pilosos:** Producen las queratinas del cabello, se produce en una invaginación de la epidermis. Cada cabello descansa sobre un folículo piloso y en la base de éste, hay una estructura pequeña con forma de cono llamada papila dérmica (formada por células fibroelásticas) que controla el ciclo piloso. El cabello tiene función aislante y reguladora de la temperatura corporal. Cubren toda la superficie corporal excepto palmas de las manos, plantas de los pies y mucosas. El cabello está constituido por queratina dura y el color lo determina los melanocitos foliculares.

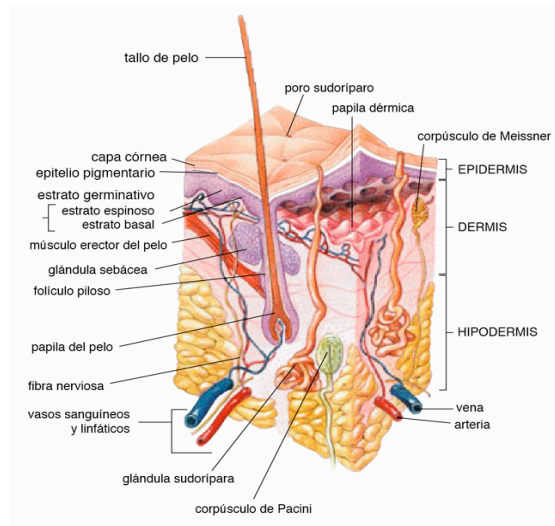


Ilustración 15 Estructuras anéxales de la dermis

- **Glándulas sebáceas,** son glándulas holocrinas, producen los lípidos, su conductor excretor desemboca en el folículo piloso, ayudan a mantener el manto hidrolipídico de la piel y lubrica la superficie del cabello. La producción de sebo depende del grado de humedad y el pH de la piel. Las glándulas sebáceas

se encuentran en todo el cuerpo, excepto en las palmas de las manos y las plantas de los pies

- **Glándulas sudoríparas**, es una glándula tubular enrollada, situada en la dermis reticular e hipodermis. En su base se apelotonan y adquieren la forma de un ovillo. Segregan el sudor que sale al exterior por los poros de la piel. El sudor se compone de agua, cloruro sódico, urea y lactato, es ácido (pH 4.5 a 5.5). La urea puede actuar como un humidificador de la epidermis, y el lactato controla la descamación del estrato córneo. La sudoración es uno de los mecanismos de refrigeración del cuerpo humano. El sudor junto al sebo, crean un “*manto ácido*” en la superficie de la piel (pH 4.5 a 6.5) que sirve como antimicrobiano (las bacterias tienden a multiplicarse en un medio ligeramente alcalino (pH > 7))
 - *Ecrinas*, son glándulas sudoríparas del ser humano, se encuentran en toda la superficie cutánea excepto el borde de los labios, genitales (clítoris, glande del pene), canal auditivo externo, y lecho ungueal. Son las productoras del sudor cuya composición es agua y sales.
 - *Apocrinas*, Tienen funciones odoríferas, su secreción se contamina con facilidad con bacterias y por eso son las causantes del olor corporal. Se encuentran localizadas en regiones genitales y axilas. No intervienen en la regulación del calor corporal.
- **Cuerpos sensoriales de la piel**, son terminaciones nerviosas especializadas. La piel es un órgano sensorial, que recoge información a través de los cuerpos sensoriales y terminaciones nerviosas. Captan estímulos internos o externos con el fin de dar respuestas, proporcionan la información relativa al tacto, presión, dolor, vibración y temperatura
- **Las uñas** es una estructura anexa, formadas por queratina dura (la matriz, la cutícula, la lúnula, la lámina ungueal y el hiponiquium). Se localiza en zonas distales de pies y manos. Su crecimiento es continuo (0,1 mm/día), la uña de las manos tarda unos 3 meses en restaurarse y la de los pies tarda unas 3 veces más. Su crecimiento se puede inhibir ante determinadas enfermedades y en la vejez. Su función principal es la de proteger la zona distal de los dedos.

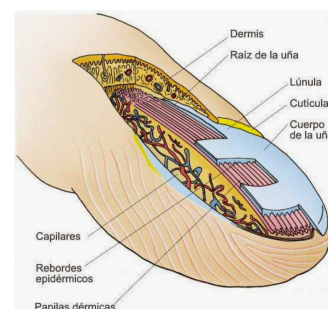


Ilustración 16 Uña^{vii}

- **Hipodermis o tejido graso subcutáneo:**

Es el estrato mas profundo de la piel, formado por tejido graso, embriológicamente, procede del mesénquima. La unión con la dermis no tiene un límite definido.

- La hipodermis está organizada:

Su espesor es muy variable dependiendo de la localización, el peso corporal, el sexo o la edad. Está formada por tejido adiposo (de ahí las denominaciones de grasa subcutánea o panículo adiposo). Se forman lobulillos separados por tabiques de tejido conectivo.

- *Capa areola:* En contacto con la dermis, está formado por adipocitos.
- *Capa lamelar:* Es la más profunda, las células son fusiformes distribuidas horizontalmente. Si la persona gana peso, esta capa aumenta su tamaño (aumento de volumen de los adipocitos)

Por el estrato subcutáneo discurren numerosos vasos sanguíneos y troncos nerviosos; contiene muchas terminaciones nerviosas.

- La hipodermis está constituida

- Células: Adipocitos, fibroblastos y macrófagos
- Fibras: Formada de tejido conectivo laxo (colágeno y elásticas) que se fijan a la dermis, fijando así la piel a las estructuras subyacentes (fascia, periostio o pericondrio). Si estas franjas de retención están poco desarrolladas, la piel se mueve en su sustrato formando plegamientos. Si están muy desarrolladas o son muy numerosas, como es el caso de la planta de los pies o del cuero cabelludo, la piel es casi inamovible.

A nivel funcional

- Reservorio energético
- Manteniendo el calor corporal (actúa de aislante)
- Protegiendo estructuras vitales
- Permite el desplazamiento y movilidad de la piel sobre los planos

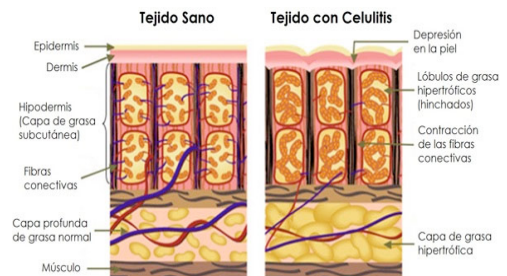


Ilustración 17 Tejido graso subcutáneo

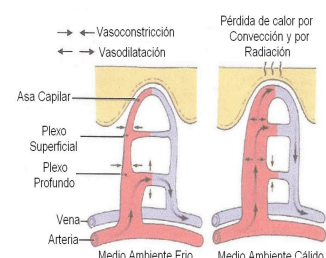
- El sistema linfático cumple una función importante en la autolimpieza de la piel. Sus vasos articulados corren paralelos a los sanguíneos, circulando la linfa entre la piel y los músculos.

1.3. Circulación sanguínea y linfática de la piel

La piel es un órgano muy vascularizado por la que circula entre un 10% - 20% del total de la sangre.

El flujo sanguíneo cutáneo es de gran importancia en:

- *La termorregulación:* Los capilares sanguíneos se encuentran anastomosados (anastomosis arteriovenosa), forman una unión de vasos a modo de canales, que se



cierran durante la vasoconstricción, para retener calor, y se abren con la vasodilatación, para aumentar el flujo sanguíneo y así desprender calor.

Ilustración 18 Regulación de la temperatura corporal.

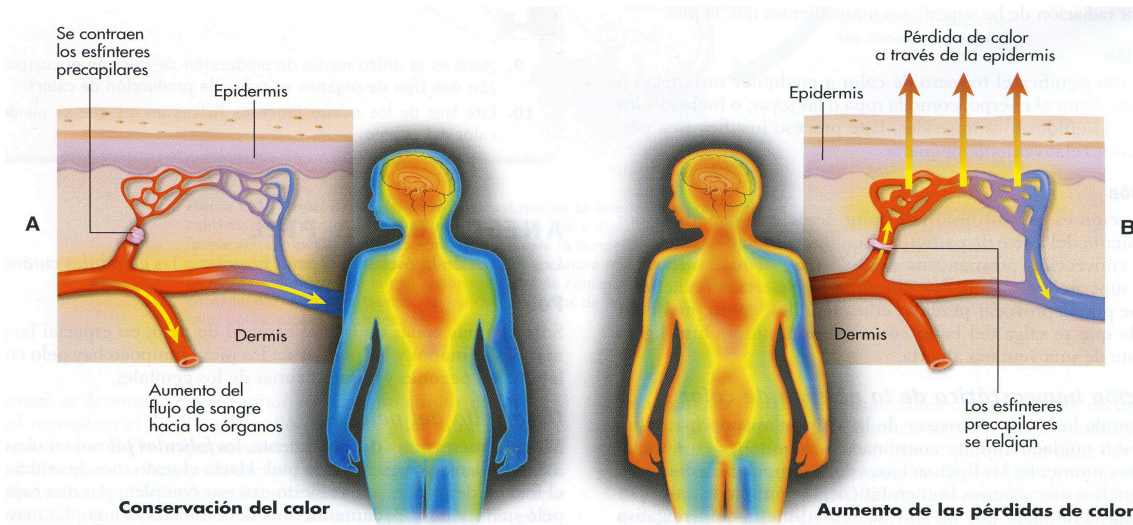


Ilustración 19 Temperatura corporal.

• *El color de la piel* refleja el contenido y el grado de oxigenación de la sangre. En la vascularización de la piel, hay que distinguir vasos arteriales, venosos y linfáticos, es el medio de transporte de nutrientes y oxígeno de todas las células del organismo.

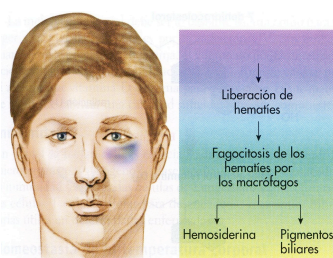
- El color lo determina la cantidad de melanina depositada en las células de la epidermis
- Las variaciones del color cutáneo se determina por la cantidad y el tipo de melanina que producen (eumelanina para razas oscuras o feomelanina para razas claras)

El color básico de la piel puede variar de forma temporal cuando aumenta o disminuye el flujo de sangre por los capilares cutáneos (hemoglobina (Hb) que transporta oxígeno o dióxido de carbono, vasos dilatados o contraídos)

En razas claras:

- Piel rosada: vasos dilatados
- Piel pálida: vasos contraídos
- Piel cianótica: hemoglobina desoxigenada.
- Piel en los hematomas:

Ilustración 20 Cambios de color en la piel (hematoma)

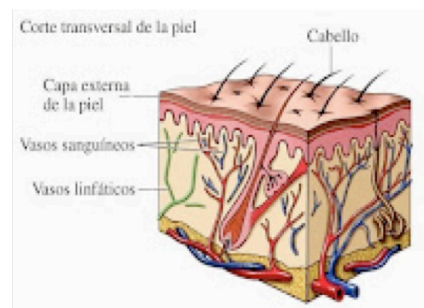


- Tono rosado: liberación de los hematíes
- Tono azulado: la hemoglobina pierde oxígeno y gana dióxido de carbono.

- Tono negro: Los macrófagos eliminan la hemoglobina y la rompen en hemosiderina que contiene hierro (pigmento pardo)
- Tono verde/amarillo: liberación de pigmentos biliares sin hierro
 - *Vasos Arteriales*: se disponen como pequeñas redes formando los plexos arteriales.
 - Plexo Subpapilar: situado entre la dermis papilar y la dermis reticular
 - Plexos Subdérmicos: situado por debajo de la capa dérmica procede del tejido subcutáneo (hipodermis)
 - *Vasos Venosos*: se sitúan siempre paralelos a las arteriales

Ilustración 21 Vasos sanguíneos y linfáticos ^{viii}

- *Vasos Linfáticos*: los capilares linfáticos comienzan en fondos ciegos, en el ámbito de las papilas dérmicas, se unen en una extensa red por debajo de la unión dermoepidérmica, emitiendo ramas que se distribuyen por toda la superficie cutánea. Tienen un flujo unidireccional, centrípeto.

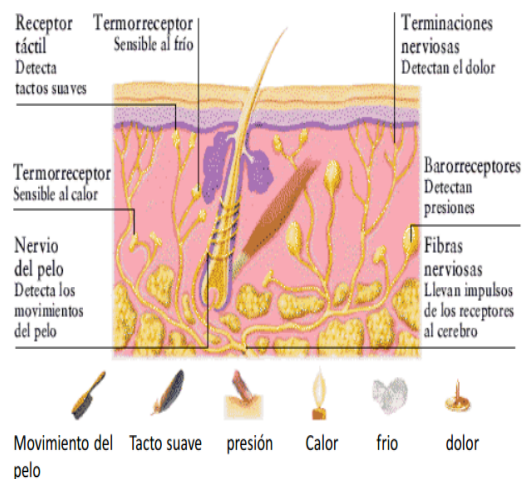


Sus funciones son drenar el agua, proteínas, células y mediadores de la inflamación

1.4. Inervación

La piel contiene una extensa red neural constituida por nervios colinérgicos y no colinérgicos, así como fibras sensoriales mielinizadas y no mielinizadas. Los receptores sensoriales se encuentran en la dermis, son células nerviosas especializadas. Hay un tipo diferente de receptor para cada estímulo. Sin los receptores en nuestra piel, no podríamos sentir calor, frío u otras sensaciones

Ilustración 22 Receptores sensoriales



Los receptores sensoriales se clasifican en libres y encapsulados:

- *Receptores libres*: No especializados, recogen sensaciones de temperatura (frío, calor) y otras de dolor y prurito (células de Merkel).

- *Receptores encapsulados*: Especializados en detectan la presión y la intensidad (corpúsculos de Pacini, de Ruffini de Meissner, de Krau)

1.5. Cambios en la piel relacionados con la edad o la humedad

La piel cambia a lo largo de la vida: la piel del niño es muy fina, aumenta de grosor en la madurez y se debilita en la ancianidad. Al envejecer, disminuye la producción celular en todas las capas de la piel, esto hace que los procesos de reparación celular sean más lento y complicados en los ancianos.

- En la **Epidermis**, disminuye la queratinización, la producción de melanocitos y las células de Langerhans, esto hace que la piel este menos protegida a la entrada de patógenos, radiaciones. En la capa basal disminuye la fijación entre estas dos capas y hay mayor riesgo de desgarros.
- En la **Dermis pasa algo similar, existe menos** sustancia fundamental, colágeno y fibras elásticas, y pierde elasticidad, esta menos nutrida por que también disminuye la vascularización.
- En el **Tejido Subcutáneo**, disminuye en grosor, como consecuencia está menos protegida a los golpes.

Otros cambios importantes se producen en los cabellos y glándulas sebáceas, se producen menos lípidos y la piel se seca, pierde su manto ácido. Con la edad, también disminuyen los cuerpos sensoriales; estos cambios hacen que la piel sea mucho más susceptible de sufrir daños y su reparación sea más compleja.

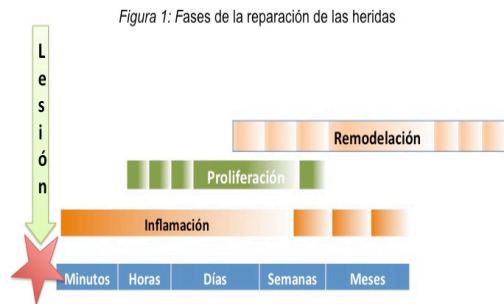
En el adulto sano, el tiempo de regeneración celular se considera que es de unos 35 días (desde el estrato basal hasta la superficie de la epidermis)

2. Proceso de cicatrización

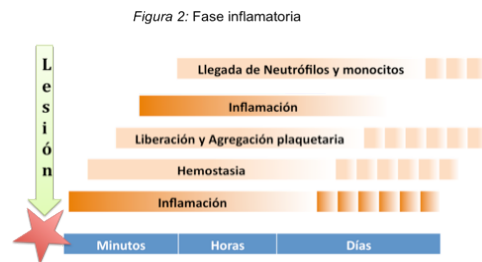
La cicatrización empieza en el mismo momento en el que se produce la lesión, con la pérdida de la primera capa de la piel, comienza la regeneración de los tejidos para sustituirla. Es un proceso continuo que se puede considerar consecutivo pero, en realidad, es simultáneo. Las diferentes fases se solapan para conseguir el reemplazo de la piel por un tejido sustituto, de consistencia fibrosa, formado por colágeno. Este tejido nunca será igual al que sustituye, será menos fuerte.

2.1. Fases de la cicatrización de las heridas:

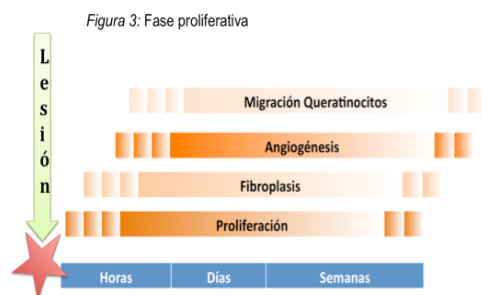
- Hemostasia:** es la primera reacción del organismo ante una herida, es el mecanismo mediante el cual se detienen los procesos hemorrágicos. Se inicia con la vasoconstricción disminuyendo el flujo vascular (Hemostasia primaria), posteriormente se agregan las plaquetas y forman el tapón plaquetario con fibrina que estabiliza el tapón plaquetario y se produce la coagulación de la sangre (Hemostasia secundaria).



- Inflamación:** Casi simultáneamente (10/15 minutos), tras la vasoconstricción se produce una reacción contraria (vasodilatación) mediada por la catecolaminas y aparece en la zona circundante signos inflamatorios (eritema, calor.....). En esta fase se inicia la matriz provisional, formada por leucocitos que se juntan con albúmina y globulinas, aumenta la permeabilidad y se favorece la migración de neutrófilos y monocitos al sitio de la lesión para limpiarla de cuerpos extraños (fagocitosis), que a su vez son fagocitados por macrófagos (fagocitan bacterias y tejido muerto). Esta fase es dolorosa por la disminución de oxígeno y el edema. Este proceso debería estar presente sólo de 5 a 7 días, cuando esta fase se alarga en el tiempo aumenta el riesgo de colonización/infección de la herida, y como consecuencia de su cronificación.



- Proliferación:** Cuando el número de macrófagos comienza a descender, entre el 2º al 4 día, comienza la liberación del factor angiogénico (*Angiogénesis*). Por parte de los macrófagos, se inicia con la formación de cúmulos de células endoteliales, que se van uniendo entre sí, y con células mesoteliales que forman nuevos capilares, oxigenan los bordes de la lesión y permiten la llegada de los nutrientes. Este proceso se puede entretener o interrumpir si existe colonización, infección, isquemia, o se administran fármacos que dificultan la cicatrización (quimioterapia, corticoides....). En esta fase, los fibroblastos junto a las células endoteliales y queratinocitos, comienzan a sintetizar factores de



crecimiento, para la síntesis de proteínas de la matriz extracelular (fibrina, fibronectina y proteoglicanos) y la angiogénesis. Cuando esta matriz inicial se degrada, se sustituye por una matriz formada por colágeno (*Fibroplasia*).

En la cicatrización^{ix} normal existe equilibrio entre la producción de colágeno y su degradación. La colagenasa producida por leucocitos y macrófagos se encarga de la destrucción del colágeno.

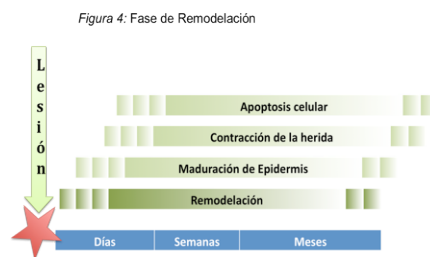
- **Contracción:** La contracción de la herida se debe a los miofibroblastos (fibroblasto especializado) que en su citoplasma contiene proteínas contráctiles (actina y miosina). Al igual que las otras fases del proceso de cicatrización, la contracción también se superpone a las otras fases, se produce entre el tercer y quinto día después la lesión cuando esta cierra por segunda intención. Se produce cuando no existe tejido necrótico o infección local. .
- **Epitelización:** Comienza desde el inicio de la lesión, las células basales (queratinocitos) empiezan su diferenciación y migración, proliferan restaurando así el epitelio. Las mitosis celulares comienzan entre el primer y segundo día tras la agresión, inicialmente se forman una sola capa. La migración de las células endoteliales, se lleva a cabo mediante colagenasa específicas que abren camino a través del tejidos, es un proceso de 3 a 5 días en lesiones superficiales, y de meses o años si existe destrucción de los queratinocitos (por una excesiva liberación de las proteasas de los neutrófilos en infección local) o por otras circunstancias que perpetúan el proceso inflamatorio.

- **Remodelación/maduración:** Sucede durante todo el proceso de cicatrización, consiste en el depósito de matriz permanente, los cambios que se suceden con el tiempo. Primero se forma el coágulo de fibrina, posteriormente se reemplaza por tejido de granulación rico en colágeno tipo III y después por colágeno tipo I.

El colágeno tipo III, aparece entre las 48 a 72 horas del inicio de la lesión, y aproximadamente al año predomina el colágeno tipo I. La degradación del colágeno tipo III, comienza con el cierre de la herida, en su degradación intervienen las MMP.

El balance entre las MMP y sus inhibidores es fundamental para el proceso de remodelación.

Los fibroblastos que inicialmente formaron la matriz extracelular, son también los responsables de su degradación (síntesis de colagenasa) y también secretan sustancias que inactivan la colagenasa para controlar su acción.



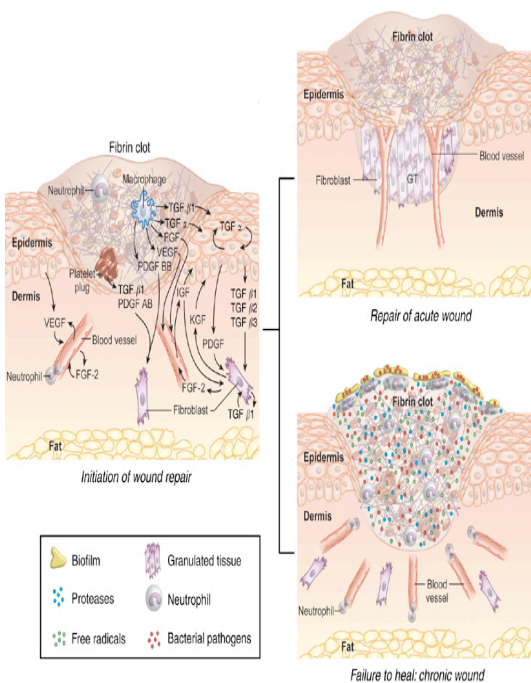
Al año de la cicatrización, la fuerza de tensión pasa de 40% (primer mes) al 70%. Las uniones entre las fibras de colágeno son las responsables de este cambio morfológico.

La cicatriz resultante carece de folículos pilosos, glándulas sudoríparas y sebáceas por ser relativamente acelular. La cicatriz formada nunca es igual a la previa.

3. Alteraciones al proceso de cicatrización

El proceso de cicatrización puede ser infructuoso y cronificarse durante meses o años si no se trata adecuadamente. La cicatrización es un proceso biológico que ha de completar en unas 4 semanas, si las condiciones fisiológicas del paciente están normales. Este proceso fisiológico, puede verse alterado si hay patobiología subyacente o invasión microbiana.

Ilustración 23 cicatrización normal y patológica^x



- *Panel izquierdo:* La lesión tisular precipita la coagulación de la sangre (agregación plaquetaria, migración de leucocitos, neutrófilos y macrófagos). Comienza la liberación de factores de crecimiento en el tejido circundante.
- *Panel superior derecho:* En condiciones fisiológicas normales, la herida continúa sanando (5 días), con un crecimiento de tejido de granulación (fibroblastos, macrófagos adicionales) y la neovascularización.
- *Panel inferior derecho:* Cuando subyace una patobiología o infección por microorganismo se interrumpe el proceso de cicatrización y se cronifica la lesión.

3.1. Causas que alteran la cicatrización

El oxígeno es fundamental en este proceso, en la lesión crónica existe hipoxia e isquemia¹. El déficit de O₂ (hipoxia), altera la proliferación de fibroblastos, disminuye la producción de las citoquinas y no se estimula el crecimiento celular. Los fibroblastos son los encargados de la producción del colágeno, si los niveles

¹ En medicina, se denomina isquemia al estrés celular causado por la disminución transitoria o permanente del riego sanguíneo y consecuente disminución del aporte de oxígeno (hipoxia), de nutrientes y la eliminación de productos del metabolismo de un tejido biológico. Este sufrimiento celular puede ser suficientemente intenso como para causar la muerte celular y del tejido al que pertenece (necrosis). Una de las funciones principales de la sangre es hacer que el oxígeno tomado por los pulmones y nutrientes circulen por el organismo y lleguen a todos los tejidos del cuerpo (Wikipedia).

de oxigenación de los tejidos están disminuidos no se realizan las reacciones químicas, como la hidroxilación², y no se produce la incorporación del colágeno a la cicatrización.

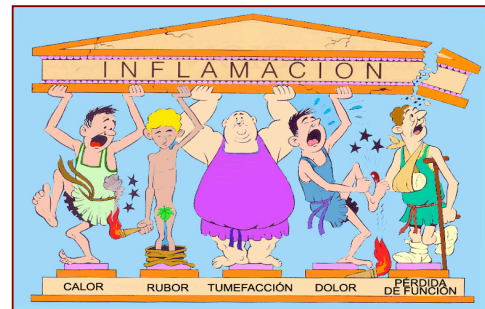
El oxígeno es bactericida o bacteriostático para los microorganismos que carecen de defensas contra los oxidantes^{xi}.

La tensión de oxígeno ha de ser superior a 30 mmHg, para que no se vea alterado el proceso de migración de los fibroblastos.

Ilustración 24 Signos clínicos de la infección

Esta tensión de O₂ se ve alterada si hay:

- a. Presión (UPP)^{3; xii}
- b. Arteriopatía periférica (úlceras arteriales)
- c. Fibrina pericapilar (úlceras venosas)
- d. Aumento de hemoglobina glicosilada (pie diabético)
- e. Procesos donde se ven aumentados los requerimientos de O₂ como la infección
- f. Tejidos que se han tratado con radioterapia



4. Gestión del proceso de cicatrización

En definitiva cuando nos referimos al término de la gestión de la herida, lo que hacemos es intentar “Dominar la herida” (DOMINATE Wounds), bajo este acrónimo describiremos de forma sencilla todos los parámetros que hay que considerar en el proceso de cicatrización para conseguir el éxito.

Es el Checklist (lista de verificación) de las heridas que garantiza que se están utilizando pautas basadas en la evidencia para estimular la cicatrización ordenada a través de 4 fases: la hemostasia, inflamación, proliferación (reparación), y la maduración (remodelación).

² La hidroxilación es una reacción química en la que se introduce un grupo hidroxilo (OH) en un compuesto reemplazando un átomo de hidrógeno, oxidando al compuesto. En bioquímica, las reacciones de hidroxilación son facilitadas por enzimas llamadas hidroxilasas, tal como la tirosina hidroxilasa.

³ Seiler y col. observaron que una presión de 15 kPa en la piel, produce anoxia y lesión en 2 horas

4.1. El acrónimo DOMINATE (DOMINAR)

D – Debridement (Desbridamiento):

- *Objetivo:* Se trata de conseguir retirar todo el tejido no viable y transformar una herida crónica en una aguda que inicie el proceso de cicatrización. El concepto de “desbridar” debe contemplar la posibilidad de eliminar las células senescentes que no responden a factor de crecimiento y citoquinas.

- *Acción*:* Realizar desbridamiento quirúrgico, Enzimático, mecánico (ultrasonidos), autolítico (espuma, hidrogel) Osmótico (miel medicinal), y biológica (terapia larval).

* *Precaución:* No realizar en pioderma gangrenoso o si existe isquemia

O – Offloading (Obstáculos, descargas)

- *Objetivo:* eliminar los obstáculos que impidan que una herida cierre, retirar todos los factores externos que interfieren la fase de proliferación y que impiden la formación de a matriz extracelular

- *Acción:* Realizar medidas que impidan o disminuyan los efectos de la presión, fricción (realizar cambios posturales, utilizar descargas en lesiones de pie diabético, etc)

M – Moisture (Humedad)

- *Objetivo:* Corregir el desequilibrio de humedad en la herida y zona circundante (por exceso o por defecto)

- *Acción:* hidrocoloide, hidrogel, espuma, alginatos, y colágeno.

M –Malignant (Malignidad)^{15,16}

- *Objetivo:* Detección temprana de la malignización de la herida

- *Acción:* Realización de biopsia a las lesiones que en tres meses no han evolucionado favorablemente

M –Medications (Medicación)

- *Objetivo:* tales como esteroides (por ejemplo, prednisona), inmunosupresores (por ejemplo, metotrexato) y agentes quimioterapéuticos, pueden interferir con la cicatrización de heridas.

- *Acción:* Analizar en cada caso los beneficios o riesgos del fármaco y determinar si es o no viable su supresión o ajuste en la dosis

M -Mental health (Salud mental)

- *Objetivo:* Detectar estados depresivos, Trastornos mentales o situaciones que impidan el cumplimiento terapéutico

- *Acción:* Ajustar los objetivos a las posibilidades de cumplimentación y dar todas las instrucciones detalladas

I-Infection (infección)

- *Objetivo:* Detección e intervención temprana de la infección

- *Acción:* Terapia antimicrobiana, combinada con el desbridamiento y si fuera necesario derivar a especialista en enfermedades infecciosas

I-Inflammation (inflamación)

- *Objetivo:* En las lesiones de las piernas, detectar la causa que cronifica el proceso inflamatorio (exceso de MMP, patógenos multirresistentes....)
- *Acción:* Pautas específicas descontaminantes, para inhibir las MMP, así como cubrir la metilina-resistente *Staphylococcus aureus* (patógeno con alta prevalencia)

N-Nutrition (Nutrición)

- *Objetivo:* Detectar y corregir la desnutrición/deshidratación especialmente en heridas crónicas, úlceras por presión, y úlceras diabéticas
- *Acción:* *derivación temprana a un dietista para la administración de suplementación nutricional.* Compensar las pérdidas de fluidos que ocasionan las heridas con exudación abundante. Todas las intervenciones deben individualizarse en base a la condición actual del paciente.

A-Arterial insufficiency (Insuficiencia Arterial)

- *Objetivo:* Identificar y tratar la etiología y la gravedad enfermedad arterial periférica (EAP)
- *Acción:* Realizar exploraciones diagnósticas (palpación de pulsos, ITB, Doppler o la realización de la Po2....). Aportar O2 en la medida de lo posible, evitar la presión que aumenta el déficit, valorar la revascularización si es viable o técnicas avanzadas como la cámara hiperbárica.

T-Technical advances (Técnicas avanzadas)

- *Objetivo:* Seleccionar el procedimiento más adecuado al problema que presente la lesión
- *Acción:* Empleo de técnicas que van desde el control del edema y la humedad hasta el uso de terapias más avanzadas como la Presión negativa, la cámara hiperbárica, sustitutos de la piel, etc.

E-Edema (Edema)

- *Objetivo:* Identificar y tratar la etiología y composición del edema (venoso, cardiaco, déficit de albúmina.....) y la gravedad del mismo.
- *Acción:* Realizar exploraciones diagnósticas (palpación de pulsos, ITB, Doppler, Bioquímica, etc.). Reducir el edema con método adecuado a cada patología (Compresión terapéutica, ejercicio, control de la patología subyacente)

E-education (educación)

- *Objetivo:* Que entienda los objetivos y cumpla las pautas
- *Acción:* Realizar instrucciones concretas, con objetivos alcanzables y reiterar constantemente las pautas a seguir.

Tabla 2 Checklist del proceso de cicatrización

Checklist del proceso de cicatrización; Acrónimo: DOMINATE-wounds (Dominar la herida)						
	Objetivo	Acción	Si	No	Sin tratar	Observación
D	Debridement (Desbridamiento) Retirar el tejido no viable, células senescentes	<input type="checkbox"/> Quirúrgico				No realizar en: - Pioderma gangrenoso - Isquemia
		<input type="checkbox"/> Mecánico				
		<input type="checkbox"/> Enzimático				
		<input type="checkbox"/> Autolítico				
		<input type="checkbox"/> Osmótico				
		<input type="checkbox"/> Biológica				
O	Offloading (Obstáculos, descargas) Eliminar los obstáculos que impidan que una herida cierre	<input type="checkbox"/> Extirpar cuerpo extraño				Se considera descarga todo lo que disminuya presión: colchones o cojines, fieltros o plantillas
		<input type="checkbox"/> Tratar osteomielitis				
		<input type="checkbox"/> Cambios posturales				
		<input type="checkbox"/> Evitar la fricción				
		<input type="checkbox"/> Descarga de presión				
M	Moisture (Humedad) Corregir el desequilibrio de humedad en la herida	<input type="checkbox"/> Hidrocoloide				Abordar la humedad por exceso o por defecto
		<input type="checkbox"/> Hidrogel				
		<input type="checkbox"/> Espuma				
		<input type="checkbox"/> Alginatos				
		<input type="checkbox"/> Colágeno				
		<input type="checkbox"/> Zinc				
	Malignant (Malignidad) Detectar malignización de la herida	<input type="checkbox"/> Derivar a especialista				Considerar el riesgo si no hay progreso de Epitelización en tres meses
		<input type="checkbox"/> Biopsia				
	Medications (Medicación) Conocer los fármacos que pueden interferir con la cicatrización de heridas.	<input type="checkbox"/> Historia clínica				Fármacos como Esteroides, Inmunosupresores, Químio-terapéuticos...
		<input type="checkbox"/> Supresión de fármaco				
		<input type="checkbox"/> Ajuste en la dosis				
	Mental health (Salud mental))Detectar déficit cognitivo, trastorno mental, exclusión social	<input type="checkbox"/> No se retira fármaco				Supervisar continuamente las instrucciones
<input type="checkbox"/> Objetivos alcanzables						
<input type="checkbox"/> Instrucción detallada						
I	Infection (infección) Detección/intervención temprana de la infección	<input type="checkbox"/> Derivar servicios sociales				Combinar acción descontaminante y en caso de duda actuar como infectada
		<input type="checkbox"/> Terapia antimicrobiana				
		<input type="checkbox"/> Apósito descontaminante				
		<input type="checkbox"/> Desbridamiento				

		<input type="checkbox"/> Derivar a especialista				
	Inflammation (inflamación) Detectar y tratar la causa que cronifica el proceso inflamatorio (exceso de MMP, patógenos multirresistentes...)	<input type="checkbox"/> Apósito descontaminante <input type="checkbox"/> Inhibidores MMP <input type="checkbox"/> Tratar patógenos multirresistentes				Derivar a especialista si no se soluciona y descartar malignidad
N	Nutrition (Nutrición) Detectar y corregir la desnutrición, /deshidratación	<input type="checkbox"/> Test nutricional <input type="checkbox"/> Control bioquímico <input type="checkbox"/> Control de dieta <input type="checkbox"/> Ajustar dieta <input type="checkbox"/> Derivación especialista <input type="checkbox"/> Compensar perdidas fluidos				intervenciones individualizadas en función de las carencias o excesos detectados
A	Arterial insufficiency (Insuficiencia Arterial) Identificar y tratar la etiología y la gravedad enfermedad arterial periférica (EAP)	<input type="checkbox"/> Palpación pulso <input type="checkbox"/> I.T.B. <input type="checkbox"/> Doppler <input type="checkbox"/> Po2				En la cicatrización es imprescindible la aportación de O2 (evitar presión, valorar revascularización, cámara hiperbárica
T	Technical advances (Técnicas avanzadas) Seleccionar el procedimiento mas adecuado al problema que presente la lesión	<input type="checkbox"/> Compresión Terapéutica <input type="checkbox"/> Control a humedad <input type="checkbox"/> Terapia de Presión negativa <input type="checkbox"/> Cámara hiperbárica <input type="checkbox"/> Sustitutos de la piel <input type="checkbox"/> Otro				Empleo de técnicas especiales
E	Edema (Edema) Identificar y tratar la etiología y composición del edema (venoso, cardiaco, déficit de albúmina.....) y la gravedad del mismo.	<input type="checkbox"/> Contención terapéutica <input type="checkbox"/> Descanso terapéutico <input type="checkbox"/> Ejercicio <input type="checkbox"/> Control patología subyacente <input type="checkbox"/> Otro				Imprescindible conocer la etiología del edema (cardiaco estasis, hipertensión venosa, hipoproteinemia...)
	Education (Educación) Que el cumpla las pautas y entienda los objetivos	<input type="checkbox"/> Instrucciones concretas <input type="checkbox"/> Objetivos alcanzables <input type="checkbox"/> Revisar objetivos				Realizar instrucciones concretas, con objetivos alcanzables y reiterar constantemente las pautas a seguir

i Dr Victor Alegre Clase de anatomía

<http://www.uv.es/derma/CLindex/CLdermatopat/CLdermatopatologia.html>

ii Imagen: Ciencias de la Salud i Profesor: Gerardo Santana Estrada et al.

<http://grupoamedia.blogspot.com.es/2013/10/ciencias-de-la-salud-i-profesor-gerardo.html>

iii Imagen: <http://tuxchi.iztacala.unam.mx/disweb/piel-asignatura/uma4.html>

iv Imágenes: Ciencias de la Salud i Profesor: Gerardo Santana Estrada et

al. <http://grupoamedia.blogspot.com.es/2013/10/ciencias-de-la-salud-i-profesor-gerardo.html>

v Imágenes: <http://elmercaderdelasalud.blogspot.com.es/2011/01/el-sistema-tegumentario.html>

vi Imágenes: Ciencias de la Salud i Profesor: Gerardo Santana Estrada et al.

<http://grupoamedia.blogspot.com.es/2013/10/ciencias-de-la-salud-i-profesor-gerardo.html>

vii Imágen: Ciencias de la Salud i Profesor: Gerardo Santana Estrada et al.

<http://grupoamedia.blogspot.com.es/2013/10/ciencias-de-la-salud-i-profesor-gerardo.html>

viii Dra. Mirtha Villar Portafolio La piel (anatomía, embriología y fisiología) Equipo 2 grupo 006

<http://dermatologia005.blogspot.com.es/2013/10/portafolio-equipo-2.html>

ix Manual de Cirugía Plástica. Tema 2. La piel. Cicatrización cutánea. S. López Fernández; J. Masià Ayala; P; Serret Estalella. Hospital de la Santa Creu i Sant Pau. (Barcelona)

<http://drestechegluteos.blogspot.com.es/2011/10/region-glutea-parte-6-vascularizacion.html>

x Tissue Engineering for Cutaneous Wounds Richard A F Clark, Kaustabh Ghosh and Marcia

G Tonnesen http://www.nature.com/jid/journal/v127/n5/fig_tab/5700715f1.html

xi Parque MK, Myers RA, Marzella L: tensiones de oxígeno e infecciones: la modulación del crecimiento microbiano, la actividad de los agentes antimicrobianos y las respuestas inmunológicas.

Clin Infect Dis 1992; 14: 720-740 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1562664?dopt=Abstract>

xii Seiler WO, Allen S, Stahelin HB. La prevención de úlceras de decúbito: un nuevo método de investigación mediante medición de la tensión de oxígeno transcutáneo. Am Soc Geriatr. 1983; 31 :.

786-789 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2141722/>