

Capítulo 5

El sistema tegumentario



El sistema tegumentario y la homeostasis

El sistema tegumentario contribuye a la homeostasis, protege al cuerpo y ayuda a regular la temperatura corporal. También capta sensaciones de placer, dolor y otros estímulos provenientes del ambiente externo.





La piel y sus estructuras anexas –pelos, uñas, diversas glándulas, músculos y nervios– forman el **sistema tegumentario** (tegumento, de *tegumentum*, cubierta corporal). Éste protege al cuerpo, ayuda a mantener la temperatura corporal y provee información sensorial del medio que nos rodea. De todos los órganos del cuerpo, ninguno se inspecciona con mayor facilidad o está más expuesto a infecciones, enfermedades y heridas que la piel. A pesar de que su localización la hace vulnerable a lesiones por traumatismos, luz solar, microorganismos y contaminación ambiental, las características protectoras de la piel previenen el daño. Como es un órgano visible, la piel refleja nuestras emociones (p. ej., al fruncir el ceño o ruborizarse) y algunos aspectos de la fisiología normal (como el sudor). Los cambios en el color de la piel

pueden indicar, también, desequilibrios homeostáticos. Por ejemplo, el color azulado que acompaña a la hipoxia (falta de oxígeno a nivel tisular) es un signo, entre otros, de insuficiencia cardíaca. Las erupciones anormales de la piel o sarpullidos, como en la varicela, el herpes labial o el sarampión, pueden revelar infecciones sistémicas o enfermedades de órganos internos, mientras que otras afecciones, como verrugas, manchas seniles o granos, pueden comprometer solo a la piel. Tan importante es la piel en la imagen corporal que muchas personas emplean mucho tiempo y dinero para otorgarle un aspecto más normal o más juvenil. La **dermatología** (derma-, de *dérmatos*, piel, y -logía, de *lógos*, estudio) es la especialidad médica dedicada al diagnóstico y tratamiento de los trastornos del sistema tegumentario.

ESTRUCTURA DE LA PIEL

▶ OBJETIVOS

- Describir las capas de la epidermis y las células que la componen.
- Comparar la composición de las regiones reticular y papilar de la dermis.
- Explicar los fundamentos de los diferentes colores de la piel.

La **piel** o **membrana cutánea**, que cubre la superficie externa del cuerpo, es el órgano más importante tanto en superficie como en peso. En los adultos, la piel abarca una superficie de alrededor de 2 m² y pesa 4,5-5 kg, aproximadamente el 16% del peso corporal total. Su espesor varía entre 0,5 mm en los párpados hasta 4 mm en el talón. Sin embargo, en gran parte del cuerpo mide 1-2 mm. Desde el punto de vista estructural, la piel consta de dos partes principales (fig. 5-1). La superficial, porción más fina compuesta por **tejido epitelial**, es la **epidermis** (epi-, de *epí*, por encima). La parte profunda y más gruesa de **tejido conectivo** es la **dermis**.

Debajo de la dermis, pero sin formar parte de la piel, está el **tejido subcutáneo**. También llamada **hipodermis** (hipo-, de *hypó*, debajo), esta capa se halla constituida por los tejidos areolar y adiposo. Las fibras que se extienden desde la dermis fijan la piel al tejido subcutáneo, el cual a su vez se adhiere a tejidos y órganos subyacentes. El tejido subcutáneo sirve como depósito de reserva de grasas y contiene numerosos vasos sanguíneos que irrigan la piel. Esta región (y en ocasiones la dermis) también presenta terminaciones nerviosas llamados **corpúsculos de Pacini** que son sensibles a la presión (fig. 5-1).

Epidermis

La **epidermis** está compuesta por un epitelio pavimentoso o plano estratificado queratinizado. Contiene cuatro tipos principales de células: queratinocitos, melanocitos, células de Langerhans y células de Merkel (fig. 5-2). Aproximadamente el 90% de las células epidérmicas son **queratinocitos** (querat-, de *kéras*, y -cito, de *kytos*, célula), los cuales están distribuidos en cinco capas y producen la proteína **queratina** (fig. 5-2a). En el capítulo 4 se mencionó que la queratina es una proteína fibrosa y resistente que protege a la piel y los tejidos subyacentes del calor, microorganismos y agentes químicos. También producen **gránulos lamelares**, los cuales liberan un se-

llador que repele el agua y disminuye la entrada y la pérdida de agua e inhibe la entrada de materiales extraños.

Alrededor del 8% de las células epidérmicas son **melanocitos** (melano-, de *mélanos*, negro), que derivan del **ectodermo embrionario** y producen el pigmento melanina (fig. 5-2b). Sus largas y delgadas proyecciones se extienden entre los queratinocitos y les transfieren gránulos de melanina. La **melanina** es un pigmento de color amarillo-rojizo o pardo-negruzco que le otorga color a la piel y absorbe los rayos ultravioletas (UV) nocivos. Una vez dentro de los queratinocitos, los gránulos de melanina se agrupan formando un velo protector sobre el núcleo, hacia la superficie de la piel. De este modo, protegen el ADN nuclear del daño de la luz UV. A pesar de que los gránulos de melanina preservan efectivamente a los queratinocitos, los melanocitos en sí son muy susceptibles al daño por radiación UV.

Las **células de Langerhans** derivan de la médula ósea y migran a la epidermis (fig. 5-2c), donde constituyen una pequeña fracción de las células epidérmicas. Participan en la respuesta inmunitaria desencadenada contra los microorganismos que invaden la piel y son muy sensibles a la luz UV.

Las **células de Merkel** son las menos numerosas de la epidermis. Están localizadas en la capa más profunda de la epidermis, donde toman contacto con prolongaciones aplanadas de neuronas sensitivas (células nerviosas), una estructura llamada **discos táctiles (de Merkel)** (fig. 5-2d). Las células y los discos de Merkel discriminan diferentes aspectos de las sensaciones táctiles.

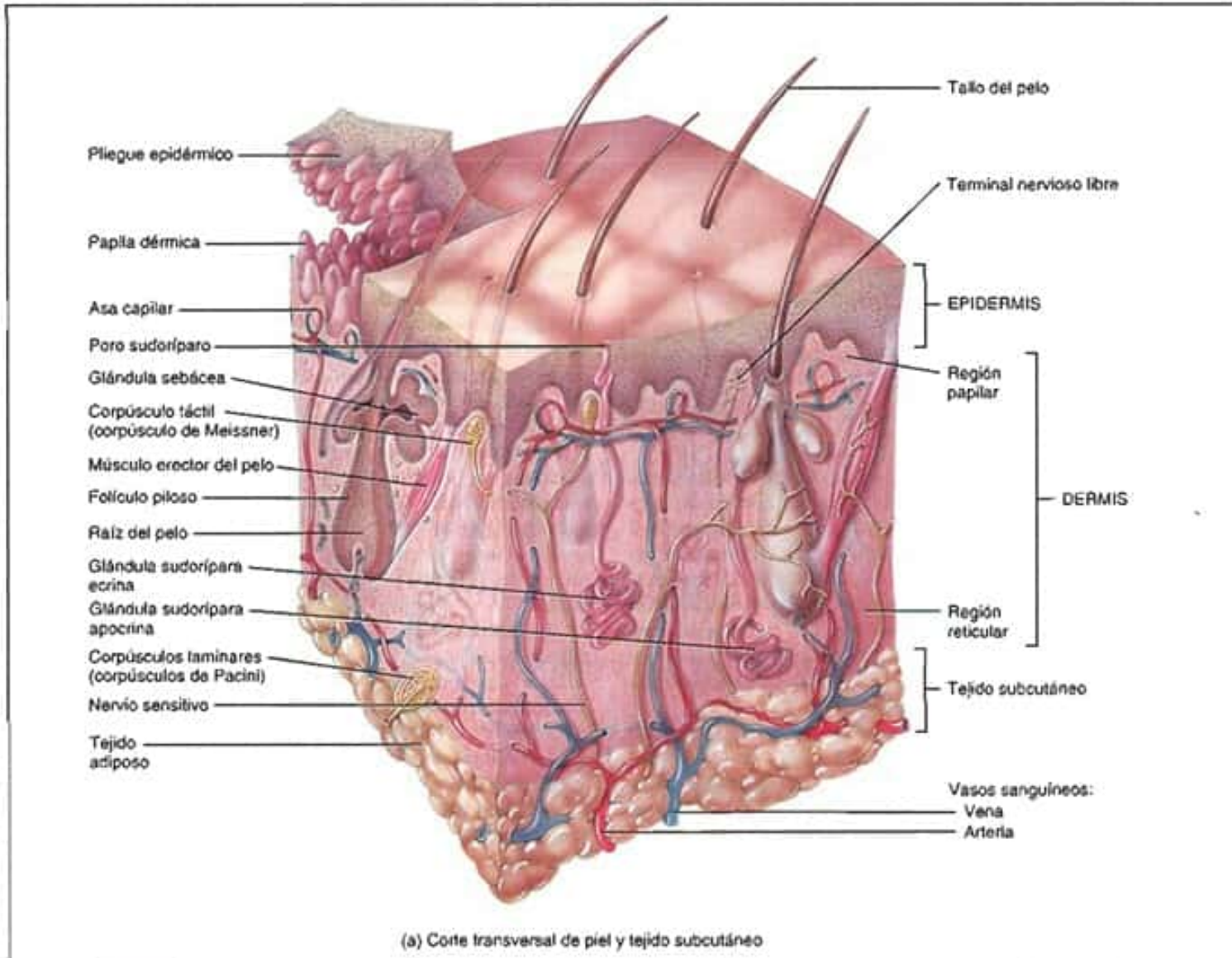
Varias capas de queratinocitos en distintos estadios del desarrollo forman la epidermis (fig. 5-3). En casi todo el cuerpo la epidermis tiene cuatro capas o estratos: basal, espinoso, granuloso y un estrato córneo fino. Ésta es la llamada **piel delgada**. Donde la fricción es mayor, como en la yema de los dedos, las palmas de las manos y las plantas de los pies, la epidermis tiene cinco estratos: basal, espinoso, granuloso, estrato lúcido y una capa córnea gruesa. Ésta es la llamada **piel gruesa**. Los detalles de la piel gruesa y de la piel fina se describen más adelante en este capítulo.

Estrato basal

La capa más profunda de la epidermis es el **estrato basal** (*basal* = relativo a la base), compuesto por una sola hilera de queratinocitos cuboidales o cilíndricos. Algunas células de esta capa son **células madre** que entran en división celular para producir

Fig. 5-1 Componentes del sistema tegumentario. La piel está constituida por una epidermis superficial fina y una dermis profunda gruesa. Por debajo de la piel está el tejido subcutáneo, que fija la dermis a los órganos y tejidos subyacentes.

El sistema tegumentario comprende la piel y sus estructuras anexas –pelos, uñas y glándulas– junto con músculos delgados y nervios asociados.

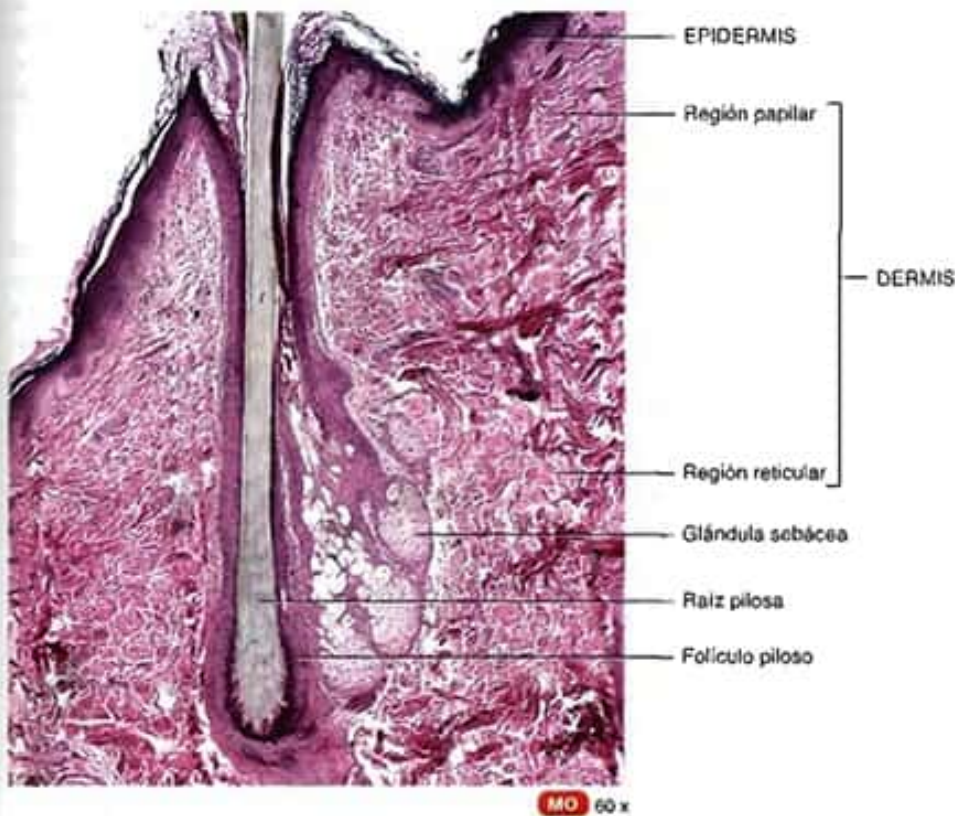


nuevos queratinocitos en forma continua. Los núcleos de los queratinocitos en el estrato basal son grandes y sus citoplasmas contienen muchos ribosomas, un pequeño complejo de Golgi, escasas mitocondrias y algo de retículo endoplasmático rugoso. El citoesqueleto de los queratinocitos del estrato basal consta de filamentos intermedios dispersos, llamados *tonofilamentos*. Éstos están compuestos por una proteína que forma la queratina en las capas epidérmicas más superficiales, y convergen hacia los desmosomas, que unen las células del estrato basal entre sí y a las células del estrato espinoso adyacente, y los hemidesmosomas, que unen los queratinocitos a la membrana basal dispuesta entre la dermis y

la epidermis. Los melanocitos, las células de Langerhans y las células de Merkel con sus discos táctiles están dispersos entre los queratinocitos de la capa basal. El estrato basal también se conoce como **estrato germinativo** (de *germen*, brote, retoño) para indicar su papel en la formación de células nuevas.

Injertos de piel

La piel no se puede regenerar si una lesión destruye una gran superficie del estrato basal con sus células madre. Las heridas de esta magnitud requieren injertos cutáneos para su curación. Un in-



(b) Corte transversal de piel

Funciones

1. Regula la temperatura corporal
2. Almacena sangre
3. Protege al organismo del medio externo
4. Detecta las sensaciones cutáneas
5. Excreta y absorbe sustancias
6. Sintetiza vitamina D

¿Qué tipos de tejido forman la epidermis y la dermis?

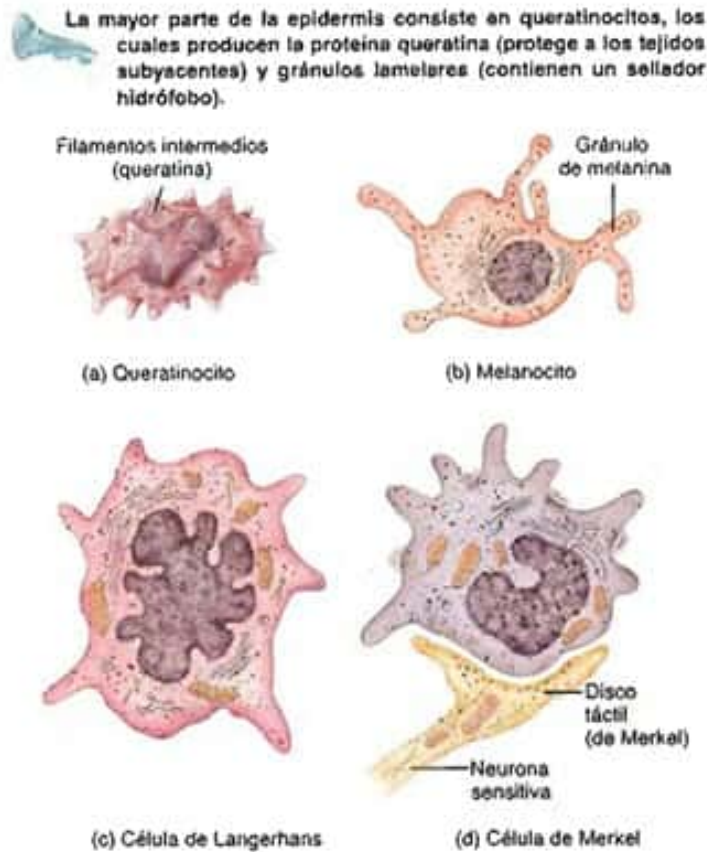
Jerto de piel implica cubrir la herida con un parche de piel sana obtenida de un sitio dador. Para evitar el rechazo tisular, la piel transplantada pertenece al mismo paciente (autoinjerto) o de un gemelo idéntico (isoinjerto). Si la porción de piel dañada es muy extensa, se puede usar un procedimiento de autodonación llamado *transplante autólogo*. En este procedimiento, muy frecuente en el caso de quemaduras graves, se extrae una pequeña cantidad de epidermis del paciente y se cultivan los queratinocitos en el laboratorio para producir láminas delgadas de piel. La piel nueva se transplanta al paciente de forma que cubra la quemadura y genere una piel permanente. También hay productos disponibles como injertos

de piel para la cobertura de heridas (Apligraf® y Transite®) cultivados en el laboratorio a partir de prepucios de lactantes circuncidados. ■

Estrato espinoso

Por encima del estrato basal está el **estrato espinoso**, donde se encuentran de ocho a diez capas de queratinocitos, dispuestos en estrecha proximidad. Estos queratinocitos tienen los mismos orgánulos que las células del estrato basal. Cuando se preparan las células del estrato espinoso para su observación microscópica, se re-

Fig. 5-2 Tipos de células de la epidermis. Además de los queratinocitos, la epidermis contiene melanocitos, que producen el pigmento melanina; células de Langerhans, que participan en la respuesta inmune, y células de Merkel, que cumplen funciones táctiles.



¿Cuál es la función de la melanina?

traen y se separan de manera que parecen estar cubiertas por espinas (fig. 5-2a); sin embargo, son grandes y redondeadas en el tejido vivo. Cada proyección espinosa en el corte tisular es un punto donde el haz de tonofilamentos se inserta en un desmosoma y une estrechamente una célula con otra. Esta disposición aporta al mismo tiempo fuerza y flexibilidad a la piel. Las proyecciones tanto de las células de Langerhans como las de los melanocitos se observan en esta capa.

Estrato granuloso

El estrato granuloso (de *gránulo*, diminutivo de grano), situado en el medio de la epidermis, consta de tres a cinco capas de queratinocitos aplanados que sufren apoptosis (en el capítulo 3 se expresó que la apoptosis es una muerte ordenada, genéticamente programada, en la cual el núcleo se fragmenta antes que la célula muera). El núcleo y otros orgánulos de estas células comienzan a degenerarse y los tonofilamentos se hacen más evidentes. Una característica distintiva de las células de esta capa es la presencia de

gránulos oscuros de una proteína llamada **queratohialina**, que convierte los tonofilamentos en queratina. También están presentes en los queratinocitos los **gránulos lamelares** rodeados de membrana, que liberan una secreción rica en lípidos. Esta secreción ocupa los espacios entre las células del estrato granuloso, el estrato lúcido y el estrato córneo, es rica en lípidos y actúa como un sellador hidrófobo, que evita la entrada y la pérdida de agua, y la entrada de materiales extraños. Como sus núcleos se fragmentan durante la apoptosis, los queratinocitos del estrato basal no pueden llevar adelante reacciones metabólicas vitales, por lo cual mueren. De allí que el estrato granuloso marque la transición entre la capa profunda, metabólicamente activa, y las capas más superficiales de células muertas.

Estrato lúcido

El estrato lúcido (de *lucidus*, claro) está presente solo en la piel gruesa de la yema de los dedos, las palmas de las manos y las plantas de los pies. Consiste en tres a cinco capas de queratinocitos muertos, transparentes y aplanados, que contienen grandes cantidades de queratina y membranas plasmáticas engrosadas.

Estrato córneo

El estrato córneo (de *corneus*, en forma de cuerno) está constituido por 25 a 30 capas de queratinocitos muertos aplanados. Estas células se descaman continuamente y son reemplazadas por las células de los estratos más profundos. El interior de las células contiene sobre todo queratina. Entre las células hay lípidos provenientes de los gránulos que contribuyen a la impermeabilidad de este estrato. Sus múltiples capas de células muertas también ayudan a proteger a las capas más profundas de las lesiones y de la invasión microbiana. La exposición constante de la piel a la fricción estimula la formación de un *callo*, engrosamiento normal del estrato córneo.

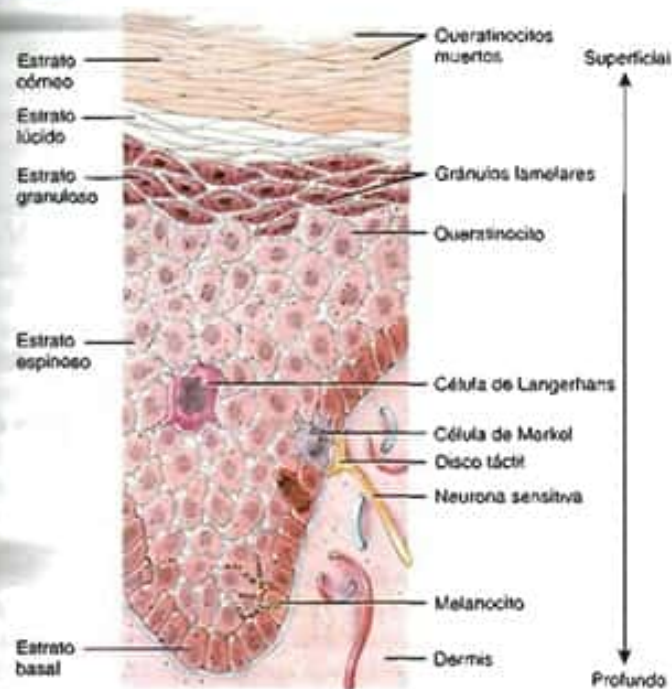
Queratinización y crecimiento de la epidermis

Las células recientemente formadas del estrato basal se desplazan lentamente hacia la superficie. A medida que pasan de una capa epidérmica hacia la siguiente acumulan más queratina, proceso llamado **queratinización**. Luego experimentan apoptosis. Por último, las células queratinizadas se desprenden y se reemplazan por células subyacentes, que a su vez se convierten en queratinizadas. El proceso completo por el cual las células del estrato basal ascienden hacia la superficie, se queratinizan y se desprenden lleva aproximadamente 4 semanas en una epidermis de 0,1 mm de espesor. El índice de células en división del estrato basal se incrementa cuando la epidermis pierde sus capas más externas, como ocurre en abrasiones y quemaduras. El mecanismo que regula este crecimiento no se conoce bien, pero proteínas de tipo hormonal como el **factor de crecimiento epidérmico (EGF)** desempeñan un papel importante. La **caspa** es el desprendimiento de una cantidad excesiva de células queratinizadas de la piel del cuero cabelludo.

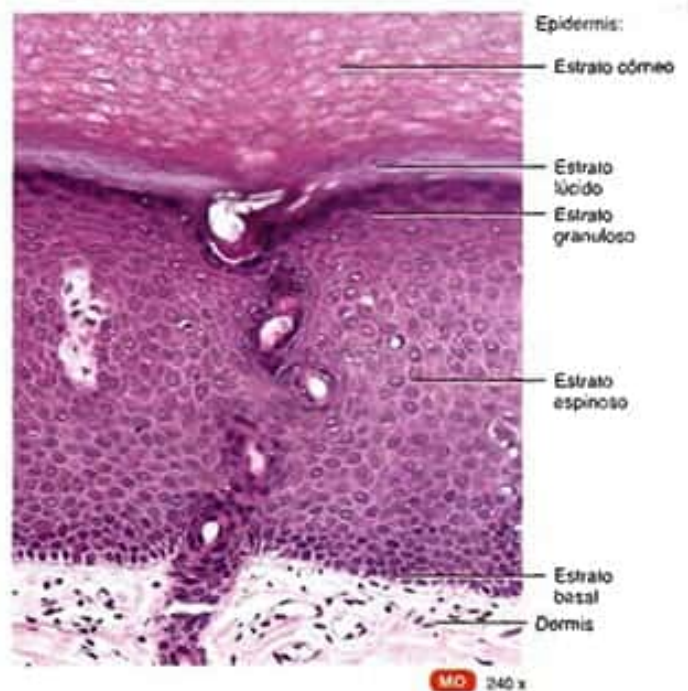
En el **cuadro 5-1** se resumen las características distintivas de los diferentes estratos epidérmicos.

Fig. 5-3 Capas de la epidermis.

La epidermis consiste de un epitelio escamoso estratificado queratinizado.



(a) Cuatro tipos principales de células epidérmicas



(b) Microfotografía de una porción de la piel

¿Qué capa de la epidermis contiene células madre que están continuamente en división celular?

CUADRO 5-1 Resumen de los estratos epidérmicos

Estrato	Descripción
Basal	Es la capa más profunda y está compuesta por una sola hilera de queratinocitos cuboides o cilíndricos que contienen tonofilamentos (filamentos intermedios) dispersos; las células madre entran en división para producir nuevos queratinocitos; los melanocitos, las células de Langerhans y las células de Merkel asociadas a los discos táctiles están dispersos entre los queratinocitos.
Espinoso	Tiene ocho a diez capas de queratinocitos multifacetados con haces de tonofilamentos; incluye las proyecciones de los melanocitos y células de Langerhans.
Granuloso	Presenta tres a cinco capas de queratinocitos aplanados, en los cuales los orgánulos comienzan a degenerarse; las células contienen la proteína queratohialina, que convierte los tonofilamentos en queratina, y gránulos lamelares, que liberan una secreción rica en lípidos repelente del agua.
Lúcido	Está presente solo en la piel del extremo de los dedos, palmas y plantas; consta de tres a cinco capas de queratinocitos muertos, claros y aplanados, que contiene grandes cantidades de queratina.
Córneo	Contiene de veinticinco a treinta hileras de queratinocitos muertos y aplanados que contienen sobre todo queratina.

Psoriasis

La **psoriasis** es una enfermedad común y crónica en la cual los queratinocitos se dividen y se desplazan con mayor rapidez que lo habitual del estrato basal al córneo. Se descaman prematuramente en 7 a 10 días. Los queratinocitos inmaduros producen una queratina anormal, que forma escamas plateadas en la superficie de la piel, con mayor frecuencia en la rodilla, codos y cuero cabelludo. Los tratamientos efectivos —algunas cremas de uso tópico y fototerapia con rayos UV— inhiben la división celular, disminuyen la tasa de crecimiento celular e inhiben la queratinización. ■

Dermis

La región más profunda de la piel, la **dermis**, está formada principalmente por tejido conectivo. Los vasos sanguíneos, nervios, glándulas y folículos pilosos se encuentran en esta capa. Por su estructura tisular, la dermis puede dividirse en una región reticular y una región papilar.

La **región papilar** representa alrededor de la quinta parte del grosor total de la capa (fig. 5-1). Consiste en tejido conectivo areolar que contiene fibras elásticas finas. Su superficie se incrementa

mucho por pequeñas estructuras digitiformes llamadas **papilas dérmicas** (de *papilla*, mamila). Estas estructuras mamilares se proyectan hacia la epidermis y algunas contienen **asas capilares** (capilares sanguíneos). Algunas papilas dérmicas presentan receptores táctiles llamados **corpúsculos del tacto** o **corpúsculos de Meissner**, terminales nerviosos sensibles al tacto y terminales nerviosos libres, que son dendritas sin ninguna especialización estructural aparente. Los distintos terminales nerviosos libres inician señales que dan origen a sensaciones como calor, frío, dolor, cosquilleo y comezón.

La **región reticular** (de *reticulum*, red pequeña), que está adosada al tejido subcutáneo, se compone de tejido conectivo denso irregular, que contiene fibroblastos, haces de colágeno y algunas fibras elásticas dispersas. Las fibras colágenas de la región reticular se entrelazan formando una estructura similar a una red. El espacio entre las fibras es ocupado por células adiposas, folículos pilosos, nervios, glándulas sebáceas y glándulas sudoríparas.

La combinación de fibras colágenas y elásticas en la región reticular otorga a la piel resistencia, **extensibilidad** (capacidad de estirarse) y **elasticidad** (propiedad de volver a la forma original después del estiramiento).

La extensibilidad de la piel puede observarse fácilmente alrededor de las articulaciones, durante el embarazo y en la obesidad. El estiramiento extremo puede producir pequeños desgarros en la dermis, que causan las **estrías** o marcas de estiramiento, visibles como líneas rojizas o de color blanco nacarado en la superficie cutánea.



Líneas de división y cirugía

En determinadas regiones del cuerpo las fibras colágenas tienden a orientarse más en una dirección que en otra. Las **líneas de división** (líneas de tensión) de la piel indican la dirección predominante de las fibras colágenas subyacentes. Estas líneas se manifiestan sobre todo en la superficie palmar de los dedos, donde están alineadas con su eje longitudinal. El conocimiento de las líneas es particularmente importante para los cirujanos plásticos. Por ejemplo, una incisión quirúrgica que corre paralela a las fibras colágenas cura dejando solo una fina cicatriz. Una incisión quirúrgica perpendicular a los haces de fibras causa una ruptura en el colágeno y la herida tiende a abrirse y a curar con una cicatriz ancha y gruesa. ■

La superficie de las palmas y dedos de las manos, y de las plantas y dedos de los pies tienen una serie de pliegues y surcos. Pueden aparecer como líneas rectas o con un patrón de asas y espirales como en el extremo de los dedos. Estos **pliegues epidérmicos** se desarrollan durante el tercer mes de vida intrauterina como proyecciones descendentes de la epidermis hacia la dermis, entre las papilas dérmicas de la región papilar (fig. 5-1). Los pliegues incrementan la superficie de la epidermis y, de esta forma, aumentan la presión palmar y plantar al incrementar la fricción. Puesto que los conductos de las glándulas sudoríparas desembocan en el extremo superficial de los pliegues epidérmicos como poros sudoríparos, el sudor y los pliegues forman las **huellas digitales** (o las **huellas plantares**) al tocar un objeto liso. El patrón de pliegues epidérmicos está determinado genéticamente y es único para cada individuo. Normalmente, no cambia durante la vida, excepto para ensancharse, por lo que puede servir como base para la identificación de las personas. El es-

CUADRO 5-2 Resumen de las regiones papilar y reticular de la dermis

Región	Descripción
Papilar	Porción superficial de la dermis (alrededor de una quinta parte), constituida por tejido conectivo areolar con fibras elásticas; contiene papilas dérmicas que albergan capilares, corpúsculos del tacto y terminales nerviosos libres.
Reticular	Porción más profunda de la dermis (alrededor de cuatro quintas partes), formada por tejido conectivo irregular denso con haces de colágeno y algunas fibras elásticas gruesas. Los espacios entre las fibras presentan células adiposas, folículos pilosos, nervios, glándulas sebáceas y glándulas sudoríparas.

tudio del patrón de pliegues epidérmicos se llama **dermatoglifia** (-glifía, de *glyphéē*, pieza tallada).

En el **cuadro 5-2** se resumen las características estructurales de las regiones reticular y papilar de la dermis.

Bases estructurales del color de la piel

La melanina, la hemoglobina y los carotenos son tres pigmentos que imparten a la piel una amplia variedad de colores. La cantidad de **melanina** determina que el color de la piel varíe de amarillo pálido a rojo y de pardo a negro. La diferencia entre las dos formas de melanina, *feomelanina* (de amarillo a rojo) y *eumelanina* (de castaño a negro), es más evidente en el pelo. Los melanocitos, células productoras de melanina, son más abundantes en la epidermis del pene, los pezones, y la areola mamaria, la cara y los miembros. También están presentes en las mucosas. Como el número de melanocitos es aproximadamente el mismo en todos los individuos, los diferentes colores de la piel son consecuencia de la **cantidad de pigmento** producido y transferido por los melanocitos a los queratinocitos. En algunas personas, la melanina se acumula en parches llamados **pecas**. Con la edad pueden desarrollarse **manchas** (léntigo senil). Estas manchas aplanadas se parecen a las pecas y varían en color del pardo al negro. Al igual que las pecas, las manchas seniles se deben a la acumulación de melanina. Los llamados **lunares** o **nevus** se desarrollan normalmente en la niñez o la adolescencia y son áreas circulares, planas o elevadas, que representan un sobrecrecimiento benigno y localizado de melanocitos.

Los melanocitos sintetizan la melanina a partir del aminoácido **tirosina** en presencia de la enzima **tirosinasa**. La síntesis se produce en un orgánulo llamado **melanosoma**. La exposición a la luz UV incrementa la actividad enzimática dentro de los melanosomas y por ende, la formación de melanina. Tanto la cantidad como el tono oscuro de la melanina aumentan por la exposición a los rayos UV, lo cual le da a la piel un aspecto bronceado que ayuda a proteger al organismo de las exposiciones posteriores a la radiación UV. La melanina absorbe la radiación UV, previene el daño del ADN de las células epidérmicas y neutraliza radicales libres generados en la piel por los rayos UV. En consecuencia, dentro de ciertos límites, la melanina desempeña una función protectora. Sin embargo, como se verá más adelante, la exposición repetida a la luz UV puede causar cáncer de piel. El bronceado se pierde cuando los queratinocitos que contenían la melanina se desprenden del estrato córneo.

Las personas de piel oscura tienen grandes cantidades de melamina en su epidermis. En consecuencia, la epidermis presenta una pigmentación oscura y el color de la piel varía de amarillo a rojo y de pardo a negro. Los individuos de piel blanca tienen poca melamina en su epidermis. Por lo tanto, ésta es translúcida y el color de la piel varía de rosado a rojo según la cantidad y la oxigenación de la sangre que circula a través de los capilares de la dermis. El color rojo proviene de la **hemoglobina**, el pigmento transportador de oxígeno de los glóbulos rojos.

Los **carotenos** (de *carota*, zanahoria) son pigmentos de color amarillo-anaranjado que le dan a la yema de huevo y a las zanahorias su color. Estos precursores de la vitamina A, que participan en la síntesis de los pigmentos necesarios para la visión, se acumulan en el estrato córneo, en las áreas adiposas de la dermis y en el tejido subcutáneo en respuesta a una ingesta excesiva. En efecto, se pueden depositar en la piel después de ingerir grandes cantidades de alimentos ricos en ellos, otorgándole un color anaranjado, lo cual es más evidente en las personas de piel blanca.

El **albinismo** (de *albus*, blanco) es la incapacidad hereditaria de producir melamina. La mayoría de los **albinos**, personas afectadas por albinismo, tienen melanocitos incapaces de sintetizar tirosinasa. La melamina está ausente en su pelo, ojos y piel.

En otra enfermedad cutánea llamada **vitiligo**, la pérdida parcial o completa en parches de los melanocitos da lugar a manchas irregulares en la piel. Esta pérdida de melanocitos puede estar relacionada con el mal funcionamiento del sistema inmunitario en el cual los anticuerpos atacan a los melanocitos.

El color de la piel como orientación diagnóstica

El color de la piel y las mucosas puede dar indicios para el diagnóstico de determinados trastornos. Cuando la sangre no se oxigena en forma adecuada en los pulmones, como sucede en alguien que no respira, las mucosas, los lechos ungulares y la piel se vuelven azules o **cianóticos** (ciano-, de *kyanos*, azul). La **ictericia** (ictero-, de *icterus*, amarillento) es consecuencia de un aumento del pigmento amarillo bilirrubina en la piel, que le confiere a éste y a la esclerótica un aspecto amarillento y suele indicar una enfermedad del hígado. El **eritema** (de *erythema*, rubicundez), enrojecimiento de la piel, es causado por la ingurgitación de los capilares de la dermis con sangre por una lesión, exposición al calor, infecciones, inflamación o reacciones alérgicas. La **palidez** de la piel puede aparecer en estados como el shock o la anemia. Todos los cambios de color se observan más fácilmente en las personas de piel blanca y suelen ser más difíciles de apreciar en las de piel oscura. Sin embargo, el examen de los lechos ungulares y las encías puede aportar información acerca de la circulación en estas personas. ■

Tatuaje y body piercing

El **tatuaje** es la coloración permanente de la piel por un pigmento exógeno depositado con una aguja dentro de la dermis. Se cree que la práctica se originó en Egipto entre los años 4 000 y 2 000 a.C. Hoy en día muchas personas en el mundo tienen tatuajes

y se estima que uno de cada cinco estudiantes universitarios en los Estados Unidos tiene uno o más. Los tatuajes pueden borrarse con láser, que utiliza haces concentrados de luz. Durante este procedimiento, que requiere varias sesiones, la tinta de tatuaje y los pigmentos absorben en forma selectiva la luz láser de alta intensidad, sin destruir el tejido normal que lo rodea. El láser disuelve el tatuaje en pequeñas partículas de tinta que se eliminan finalmente por el sistema inmunitario. La remoción láser de un tatuaje implica una considerable inversión de tiempo y dinero y puede resultar bastante dolorosa.

El **body piercing** (perforación ornamental) es la inserción de un aro a través de un orificio artificial. Es también una práctica antigua empleada por los faraones egipcios y los soldados romanos y es común entre muchos estadounidenses hoy en día. Se estima que alrededor de uno de cada tres estudiantes norteamericanos ha tenido un **body piercing**. Para colocarlo se desinfecta la piel con un antiséptico, se la toma con una pinza y se introduce una aguja. Luego se conecta la pieza a la aguja y se atraviesa la piel. La curación total puede demorar hasta un año. Los sitios donde se los suele colocar son las orejas, nariz, cejas, labios, lengua, pezones, ombligo y genitales. Entre las complicaciones potenciales del **body piercing** se encuentran las infecciones, las reacciones alérgicas y el daño anatómico (como la lesión de nervios o la deformación de cartilagos). Además, las piezas del **body piercing** pueden interferir con ciertos procedimientos médicos como el uso de máscaras para reanimación, el manejo de la vía aérea, el cateterismo urinario, las radiografías y el parto.

► PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. ¿Qué estructuras están comprendidas en el sistema tegumentario?
2. ¿Cómo ocurre el proceso de queratinización?
3. ¿Cuáles son las diferencias estructurales entre la dermis y la epidermis?
4. ¿Cómo se forman los pliegues epidérmicos?
5. ¿Cuáles son los tres pigmentos de la piel y cómo contribuyen a su color?
6. ¿Qué es un tatuaje? ¿Cuáles son algunos de los problemas potenciales asociados con el **body piercing**?

ESTRUCTURAS ANEXAS DE LA PIEL

► OBJETIVO

Comparar la estructura, distribución y funciones del pelo, glándulas cutáneas y uñas.

Las **estructuras anexas o accesorias de la piel**—pelo, glándulas cutáneas y uñas— se desarrollan a partir de la epidermis del embrión. Tienen muchas funciones importantes. Por ejemplo, el pelo y las uñas protegen al cuerpo, y las glándulas sudoríparas ayudan a regular la temperatura corporal.

El pelo

El pelo está presente en la mayor parte de la superficie corporal, excepto las palmas, la superficie palmar de los dedos, los talones y las plantas. En los adultos, se distribuye con mayor densidad en el cuero cabelludo, cejas, axilas (hueco axilar) y alrededor de los genitales externos. El grosor y el patrón de distribución están determinados en su mayor parte por influencias genéticas y hormonales.

A pesar de que la protección que ofrece es limitada, el cabello resguarda al cuero cabelludo de sufrir heridas y de los rayos solares y disminuye la pérdida de calor. Las pestañas y las cejas protegen a los ojos del ingreso de partículas extrañas, al igual que el pelo de las fosas nasales y el conducto auditivo externo. Los receptores del tacto (plexos de la raíz pilosa) asociados a los folículos pilosos se activan cada vez que un pelo se mueve, por más leve que sea este movimiento. Por lo tanto, el pelo también actúa captando el tacto suave.

Anatomía del pelo

Cada pelo está compuesto por columnas de células queratinizadas muertas que se mantienen juntas gracias a proteínas extracelulares. El **tallo piloso** es la porción del pelo que se proyecta sobre la superficie de la piel (fig. 5-4a). La **raíz** es la parte profunda del pelo, que penetra dentro de la dermis y algunas veces hasta el tejido subcutáneo. Tanto el tallo como la raíz constan de tres capas de células concéntricas: médula, corteza y cutícula (fig. 5-4c, d). La médula, interna, que puede faltar en el pelo fino, está compuesta por dos o tres filas de células de forma irregular. La corteza, intermedia, forma la mayor parte del tallo piloso y está constituida por células alargadas. La cutícula del pelo, la capa más externa, presenta una capa única de células delgadas y aplanadas muy queratinizadas. Las células cuticulares sobre el tallo del pelo se disponen como las tejas de un techo con sus extremos libres dirigidos hacia la punta del cabello.

Rodeando a la raíz del pelo está el **folículo piloso**, formado por la vaina radicular externa y la vaina radicular interna, llamadas en conjunto **vaina radicular epitelial** (fig. 5-4c, d). La vaina radicular externa es una continuación hacia abajo de la epidermis. La vaina radicular interna se origina en la matriz (que se describirá en breve) y forma una vaina tubular de células epiteliales entre la vaina radicular externa y el pelo. La dermis densa que rodea al folículo piloso es la **vaina radicular dérmica**.

La base de cada folículo piloso es una estructura con aspecto de cántala de cebolla llamada **bulbo piloso**. Alberga una indentación mamilar, la **papila pilosa**, en la cual se observa tejido conectivo areolar y gran cantidad de vasos sanguíneos que irrigan el folículo piloso. El bulbo también contiene una capa de células germinativas llamada **matriz**. Las células de la matriz son responsables del crecimiento del pelo existente y de la producción de pelos nuevos cuando se desprenden los viejos. Este proceso de reemplazo ocurre dentro del mismo folículo. Las células de la matriz dan origen asimismo a las células de la vaina radicular interna.

Eliminación del pelo

La sustancia que produce la caída del pelo se llama **depilatoria**. Ésta disuelve las proteínas del tallo piloso transformándolo en una

masa gelatinosa que puede ser eliminada con facilidad. Como la raíz del pelo no es afectada, éste vuelve a crecer. En la **electrólisis**, se utiliza una corriente eléctrica para destruir la matriz del pelo de modo que no pueda crecer de nuevo. Se utiliza también el **tratamiento con láser** para remover el pelo. ■

Asociados con el pelo se hallan las glándulas sebáceas (que se tratarán en breve) y un fino haz de células musculares lisas (fig. 5-4a), que constituyen el **músculo erector del pelo**. Se extiende desde la dermis superficial hasta la vaina radicular dérmica alrededor del folículo piloso. En su posición normal, el pelo emerge en un ángulo agudo sobre la superficie de la piel. Durante el estrés fisiológico o emocional, como el frío o el miedo, los terminales nerviosos autónomos estimulan el músculo erector del pelo y determinan su contracción, lo cual lleva al tallo piloso a una posición perpendicular a la superficie cutánea. Esto provoca la "piel de gallina", denominada así porque forma pequeñas elevaciones en torno del tallo piloso.

Alrededor de cada folículo piloso hay dendritas de neuronas sensibles al tacto y constituyen lo que se llama **plexo de la raíz pilosa** (fig. 5-4a). Este plexo genera impulsos nerviosos si el tallo piloso se mueve.

Crecimiento del pelo

Cada folículo piloso atraviesa un ciclo que consiste en un período de crecimiento y un período de reposo. Durante el **período de crecimiento**, las células de la matriz se diferencian, se queratinizan y mueren. A medida que se agregan células a la base de la raíz del pelo, éste crece en longitud. En determinado momento, el crecimiento del pelo se detiene y comienza el **período de reposo**. Después del período de reposo se inicia un nuevo ciclo de crecimiento. La raíz del pelo viejo cae o es llevada hacia fuera del folículo piloso, y un nuevo pelo comienza a crecer en su lugar. El pelo del cuero cabelludo crece durante 2 a 6 años y reposa alrededor de 3 meses. En un momento dado, alrededor del 85% del cabello se encuentra en período de crecimiento. El pelo visible está muerto, pero las porciones de la raíz que se encuentran dentro del cuero cabelludo permanecen vivas hasta que ésta es desplazada hacia afuera del folículo por un pelo nuevo.

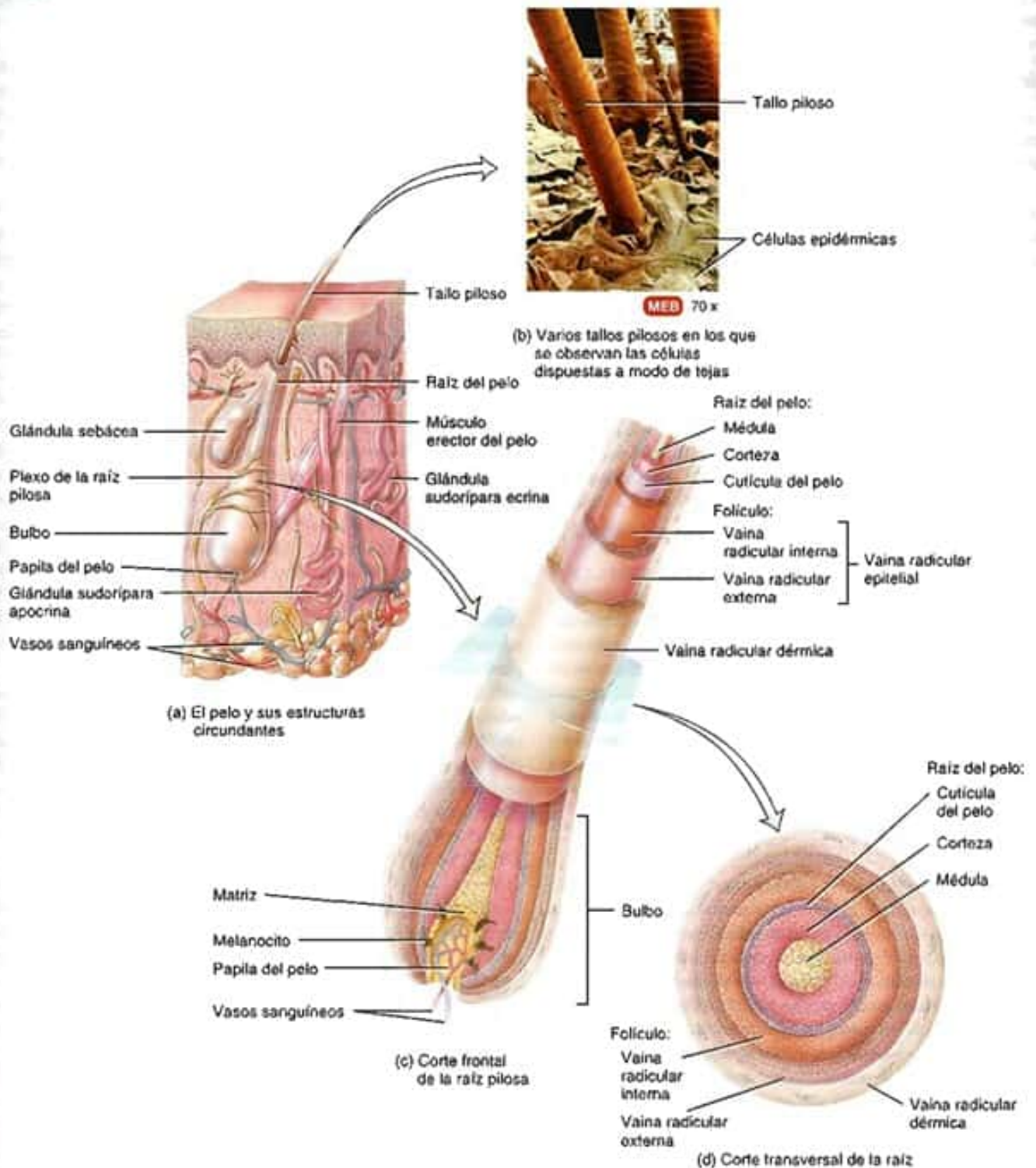
La pérdida normal de cabello en el adulto normal es de alrededor de 70 a 100 por día. Tanto la tasa de crecimiento como el ciclo de reemplazo pueden alterarse por factores como la edad, enfermedades, radioterapia, quimioterapia, herencia, sexo y estrés emocional intenso. Las dietas que llevan a una pérdida acelerada de peso por la restricción importante de calorías o proteínas incrementan la pérdida de cabello. La tasa de recambio también aumenta durante los 3 a 4 meses que siguen al parto. La **alopecia**, que es la falta parcial o total del pelo, puede producirse por factores genéticos, el envejecimiento, trastornos endocrinos, quimioterapia o enfermedades de la piel.

Quimioterapia y pérdida del cabello

La **quimioterapia** es el tratamiento de enfermedades, por lo general el cáncer, mediante sustancias químicas o fármacos. Los agentes quimioterápicos interrumpen el ciclo vital de las células cancerosas de división rápida. Infortunadamente, también afectan a otras células de división rápida del organismo, como las de la matriz pilosa. Por tal razón, los pacientes bajo tratamiento quimioterápico su-

Fig. 5-4 El pelo.

El pelo es un proyección de la epidermis compuesto por células queratinizadas muertas.



¿Por qué causa dolor arrancarse un pelo y no cortarse el cabello?

fren pérdida de cabello. Como el 15% de las células de la matriz del cuero cabelludo están en estado de reposo, no son afectadas por la quimioterapia. Una vez que la quimioterapia concluye, las células de la matriz pilosa reemplazan a los folículos perdidos y se reanuda el crecimiento del cabello. ■

Tipos de pelo

Los folículos pilosos se desarrollan entre las 9 y las 12 semanas de gestación. Alrededor del quinto mes de desarrollo los folículos suelen producir pelos muy finos, no pigmentados, a los que se denomina **lanugo** (similar a la lana), que cubren el cuerpo del feto. Este pelo se desprende antes del nacimiento, excepto en el cuero cabelludo, cejas y pestañas. Unos meses después del nacimiento, un pelo más grueso reemplaza lentamente a ese pelo caduco. Sobre el resto del cuerpo del lactante crece nuevo pelo corto y fino, conocido como **vello** y al que se llama comúnmente "piel de durazno". En respuesta a hormonas (andrógenos) secretadas durante la pubertad, se desarrolla pelo grueso y pigmentado, comúnmente enrulado, en la axila (hueco axilar) y en la región pubiana. En los varones este pelo también aparece en la cara y en otras partes del cuerpo. Esos pelos gruesos que se desarrollan en la pubertad, al igual que los de la cabeza, cejas y pestañas son muy pigmentados y se llaman **pelos terminales**. Alrededor del 95% del pelo corporal de un varón es pelo terminal (5% vello), mientras que en la mujer sólo el 35% del pelo corporal es terminal (65% vello).

Color del pelo

El color del pelo se debe principalmente a la cantidad y el tipo de melanina presente en sus células queratinizadas. La melanina se sintetiza en los melanocitos dispersos en la matriz del bulbo piloso y pasa a las células de la corteza y de la médula del pelo (fig. 5-4c). El pelo de color oscuro contiene principalmente eumelanina; el pelo rubio y rojizo contiene variantes de la feomelanina. El pelo se torna gris por una declinación progresiva en la producción de melanina. El pelo blanco es el resultado de la ausencia total de melanina y la acumulación de burbujas de aire en el tallo.

El pelo y las hormonas

En la pubertad, cuando los testículos comienzan a secretar cantidades significativas de andrógenos (hormonas sexuales masculinas), los varones desarrollan el típico patrón de crecimiento del pelo, como la barba y el vello en el pecho. En las mujeres, durante la pubertad los ovarios y las glándulas suprarrenales elaboran pequeñas cantidades de andrógenos, los cuales promueven el crecimiento del vello en las axilas y la región pubiana. En ocasiones, los tumores de las glándulas suprarrenales, los testículos o los ovarios generan cantidades excesivas de andrógenos, lo cual da lugar, tanto en niñas como en varones prepúberes, a **hirsutismo** (*hirsuto* = cubierto de vello abundante), estado en el cual hay un exceso de pelo corporal.

Llamativamente, los andrógenos también deben estar presentes para que se desarrollen la mayoría de las formas de calvicie, **alopecia androgénica** o **calvicie de patrón masculino**. En individuos genéticamente predispuestos, los andrógenos pueden inhibir el crecimiento del cabello. En los hombres, la pérdida de cabello generalmente co-

mienza con un retroceso de la línea de inserción, seguido de su caída en la región temporal y en la coronilla. Las mujeres son más proclives al debilitamiento del pelo en la coronilla. El primer fármaco aprobado para estimular el crecimiento del cabello fue el minoxidil (Rogaine®). Causa vasodilatación (expansión de los vasos sanguíneos), e incrementa por lo tanto la circulación. Aproximadamente en un tercio de las personas que lo usan, el minoxidil mejora el crecimiento del cabello por el agrandamiento de los folículos y la prolongación del ciclo de crecimiento. Sin embargo, para muchos el crecimiento del cabello es escaso. El minoxidil no ayuda a quienes ya tienen calvicie. ■

Glándulas de la piel

Las glándulas son agrupaciones de células epiteliales que secretan una sustancia (cap. 4). Hay distintos tipos de glándulas exocrinas asociadas con la piel: glándulas sebáceas (aceite), glándulas sudoríparas (sudor) y glándulas ceruminosas. Las glándulas mamarias, glándulas sudoríparas especializadas que secretan leche, se describen en el capítulo 28 junto con el aparato reproductor femenino.

Glándulas sebáceas

Las glándulas sebáceas son glándulas acinosas ramificadas simples. La mayoría se conectan a los folículos pilosos (figs. 5-1 y 5-4a). La porción secretora se encuentra en la dermis y generalmente se abre en el cuello de un folículo. En algunas localizaciones, como los labios, el glande, los labios menores y las glándulas tarsales de los párpados, se abren directamente en la superficie de la piel. Ausentes en las palmas de las manos y en las plantas de los pies, las glándulas sebáceas son pequeñas en la mayor parte del tronco y los miembros, pero son grandes en la piel de las mamas, cara, cuello y parte superior del tórax.

Las glándulas sebáceas secretan una sustancia oleosa llamada **sebo**, mezcla de triglicéridos, colesterol, proteínas y sales inorgánicas. El sebo reviste la superficie del pelo y previene su deshidratación y que se vuelva quebradizo. Impide también la evaporación excesiva de agua de la piel, mantiene la piel suave y flexible, e inhibe el crecimiento de determinadas bacterias.

Acné

El acné es una inflamación de las glándulas sebáceas que normalmente comienza en la pubertad cuando éstas aumentan de tamaño y empieza la producción de sebo. Los andrógenos de los testículos, los ovarios y las glándulas suprarrenales desempeñan el papel más importante en la estimulación de las glándulas sebáceas. El acné se produce predominantemente en folículos sebáceos colonizados por bacterias, algunas de las cuales crecen bien en el sebo rico en lípidos. La infección puede provocar un quiste o saco de células conectivas, que pueden destruir o desplazar a las células epidérmicas. Este estado de **acné quístico** puede dejar una cicatriz permanente en la epidermis. El tratamiento consiste en el lavado cuidadoso de las partes afectadas una o dos veces al día con un jabón suave, antibióticos tópicos (como clindamicina o eritromicina), fármacos tópicos como el peróxido de benzoyl o tretinoína y antibióticos orales (como tetraciclinas, minociclina, eritromicina e isotretinoína). Contraria-

mente a la creencia popular, los alimentos como el chocolate y las frituras no causan ni empeoran el acné. ■

Glándulas sudoríparas

Hay de tres a cuatro millones de **glándulas sudoríparas** (de sudor + *parere*, producir). Las células de estas glándulas liberan sudor o perspiración hacia los folículos pilosos o sobre la superficie de la piel a través de poros. Las glándulas sudoríparas se dividen en dos tipos principales, ecrinas y apocrinas, sobre la base de su estructura, localización y tipo de secreción.

Las **glándulas sudoríparas ecrinas** (ec-, de *ek*, fuera, y -crino, de *krinein*, separar), también conocidas como **glándulas sudoríparas merocrinas**, son glándulas tubulares simples enrolladas, mucho más comunes que las glándulas sudoríparas apocrinas (figs. 5-1 y 5-4a). Están distribuidas en la piel de casi todo el cuerpo, especialmente en la frente, palmas y plantas. Sin embargo, no se las halla en los bordes de los labios, los lechos ungueales de los dedos de las manos y los pies, el glande y el clítoris, los labios menores y el tímpano. La porción secretora de las glándulas sudoríparas ecrinas se localiza casi siempre en la dermis profunda (en ocasiones en la región externa del tejido subcutáneo). El conducto excretor se proyecta a través de la dermis y la epidermis y terminan como un poro en la superficie de la piel (fig. 5-1).

El sudor producido en las glándulas sudoríparas ecrinas (alrededor de 600 ml diarios) consiste en agua, iones (en su mayoría sodio y cloro), urea, ácido úrico, amoníaco, aminoácidos, glucosa y ácido láctico. La función principal de estas glándulas es la de contribuir a la regulación de la temperatura corporal a través de la evaporación del sudor. A medida que el sudor se evapora, grandes cantidades de energía calórica dejan la superficie corporal. Las glándulas sudoríparas ecrinas también tienen un pequeño papel en la eliminación de desechos como la urea, el ácido úrico y el amoníaco. El sudor que se evapora de la piel antes de percibirse como humedad se define como **transpiración (perspiración) insensible**. El sudor que se secreta en grandes cantidades y es visible en la piel como humedad se llama **transpiración (perspiración) sensible**.

Las **glándulas sudoríparas apocrinas** son también glándulas tubulares ramificadas simples (figs. 5-1 y 5-4a). Se localizan sobre todo en la piel de la axila, ingle, aréola (área pigmentada que rodea el pezón) y regiones con barba de la cara de los hombres adultos. Se pensaba en un principio que liberaban sus secreciones de manera apocrina (véase p. 120 y fig. 4-5a en p. 121), perdiendo una porción de la célula. Sin embargo, ahora se sabe que su secreción es por medio de la exocitosis, característica de las glándulas merocrinas (véase fig. 4-5a). No obstante, el término apocrino se sigue utilizando. La porción secretora de estas glándulas se localiza casi siempre en el tejido subcutáneo, y el conducto excretor se abre en los folículos pilosos (fig. 5-1). Su producto de secreción es ligeramente viscoso en comparación con las secreciones de las glándulas ecrinas y contiene los mismos componentes que el sudor junto con lípidos y proteínas. Las glándulas sudoríparas ecrinas comienzan a funcionar después del nacimiento, pero las apocrinas no lo hacen hasta la pubertad. Las glándulas sudoríparas apocrinas son estimuladas durante el estrés emocional y la excitación sexual; a estas secreciones se las conoce comúnmente como "sudor frío".

En el **cuadro 5-3** se presenta una comparación entre las glándulas sudoríparas apocrinas y ecrinas.

CUADRO 5-3 Comparación entre las glándulas sudoríparas ecrinas y apocrinas

Características	Glándulas sudoríparas ecrinas	Glándulas sudoríparas apocrinas
Distribución	En la piel de casi todo el cuerpo, sobre todo de la frente, palmas y plantas.	Piel de la axila, ingle, aréola, regiones de la cara con barba, clítoris y labios menores.
Localización de la porción secretora	Especialmente en la dermis profunda.	Especialmente en el tejido subcutáneo.
Terminación del conducto excretor	Superficie de la epidermis.	Folículo piloso.
Secreción	Menos viscosa; consiste en agua, iones (Na ⁺ y Cl ⁻), urea, ácido úrico, amoníaco, aminoácidos, glucosa y ácido láctico.	Más viscosa; presenta los mismos componentes que las glándulas sudoríparas ecrinas más lípidos y proteínas.
Funciones	Regulación de la temperatura corporal y eliminación de productos metabólicos.	Estimuladas durante el estrés emocional y la excitación sexual.
Comienzo de su funcionamiento	Poco después del nacimiento.	Pubertad.

Glándulas ceruminosas

Las glándulas sudoríparas modificadas del oído externo, llamadas **glándulas ceruminosas**, secretan cera. Su porción secretora se encuentra en el tejido subcutáneo, por debajo de las glándulas sebáceas. Su conducto excretor se abre directamente sobre la superficie del conducto auditivo externo o en los conductos de las glándulas sebáceas. La secreción combinada de las glándulas ceruminosas y las glándulas sebáceas se llama **cerumen** o cera del oído. El cerumen junto con el pelo del conducto auditivo externo, constituyen una barrera que impide la entrada de cuerpos extraños.



Cerumen impactado

Algunas personas producen una cantidad anormalmente elevada de cerumen en el conducto auditivo externo. Si éste se acumula hasta volverse compacto, el paso de las ondas sonoras hacia el tímpano puede verse dificultado. Los tratamientos para el **cerumen impactado** (tapón de cera) consisten en el lavado periódico del oído con enzimas que disuelven la cera y la eliminación de ésta con un instrumento romo (*sin filo*) utilizado por personal médico especializado. El uso de hisopos u objetos agudos no se recomienda para este propósito ya que puede empujar el cerumen aún más adentro del conducto auditivo externo y dañar el tímpano. ■

Uñas

Las uñas son placas de células epidérmicas queratinizadas muertas, densamente agrupadas, que forman una cubierta sólida y transparente sobre la superficie dorsal de las porciones distales de los dedos. Cada uña consiste en un cuerpo, un extremo libre y una

raíz (fig. 5-5). El **cuerpo de la uña** es la porción visible de ésta; el **extremo libre** es la parte que puede extenderse más allá de los dedos, y la **raíz de la uña** es la porción que está oculta en el pliegue de la piel. Por debajo del cuerpo de la uña hay un epitelio y, más profundamente, una capa dérmica. La mayor parte del cuerpo de la uña aparece rosado por el flujo sanguíneo que atraviesa los capilares de la dermis subyacente. El extremo libre es blanco puesto que no hay capilares subyacentes. La parte blanca en forma de media luna en el extremo proximal del cuerpo de la uña se llama **lúnula** (*lúnula*, diminutivo de luna). Aparece de color blanco porque el tejido vascular subyacente no es visible a través de una región epitelial espesa en ese sitio. Debajo del extremo libre hay un engrosamiento del estrato córneo llamado **hiponiquio** (hipo-, de *hypó*, debajo de, y -ónico, de *onykhos*, uña) el cual une la uña al extremo de los dedos. El **eponiquio** (epi-, de *epý*, sobre) o **cutícula** es una banda angosta de epidermis que se extiende desde los márgenes (bordes laterales) de la uña y se une a éstos. Ocupa el borde proximal de la uña y está formado por estrato córneo.

La porción proximal de epitelio profundo de la raíz de la uña es la **matriz ungueal** donde las células se dividen por mitosis para producir su crecimiento. El crecimiento de la uña tiene lugar por transformación de las células superficiales de la matriz en células ungueales. La velocidad de crecimiento de las uñas está determinada por el índice de mitosis en las células de la matriz, la cual es influida por factores como la edad, el estado de salud y el estado nutricional. El crecimiento de la uña también varía de acuerdo con la estación, el momento del día y la temperatura ambiental. El promedio de crecimiento en longitud de las uñas de los dedos de las manos osci-

la alrededor de 1 mm por semana. El de las uñas de los dedos de los pies es un tanto menor.

Funcionalmente, las uñas ayudan a asir y manipular objetos pequeños de diferentes maneras, protege al extremo de los dedos de traumatismos y permite rascarnos distintas partes del cuerpo.

► PREGUNTAS DE REVISIÓN

7. Describa la estructura del pelo ¿Qué causa la "piel de gallina"?
8. Compare la localización y la función de las glándulas sebáceas, las glándulas sudoríparas y las glándulas ceruminosas.
9. Describa las partes de las uñas.

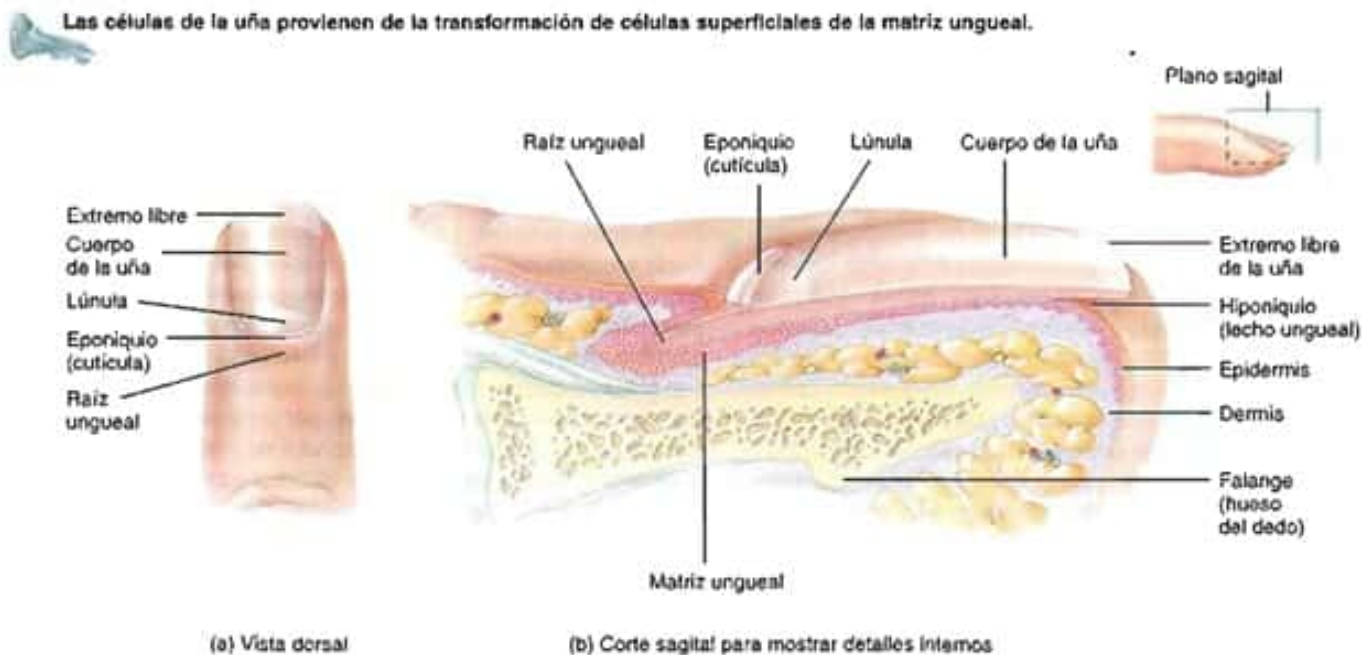
TIPOS DE PIEL

► OBJETIVO

Comparar diferencias estructurales y funcionales de la piel delgada y la piel gruesa.

A pesar de que la piel de todo el cuerpo es similar en su estructura, hay algunas variaciones locales relacionadas con el grosor de la epidermis, la resistencia, la flexibilidad, el grado de queratinización, el tipo y distribución del pelo, el tipo y la densidad de glándulas, la pigmentación, la vascularización (suministro de sangre) y la innervación. Se reconocen dos tipos principales de piel sobre la base

Fig. 5-5 Uñas. Se ilustra una uña de un dedo de la mano.



¿Por qué son tan duras las uñas?

CUADRO 5-4 Comparación entre la piel fina y la piel gruesa

Características	Piel fina	Piel gruesa
Distribución	Todas las partes del cuerpo excepto palmas, superficies palmares de los dedos y plantas.	Palmas, superficie palmar de los dedos y plantas
Espesor epidérmico	0,10-0,15 mm	0,6-4,5 mm
Estrato epidérmico	Estrato lúcido faltante; estrato espinoso y córneo más fino.	Estratos lúcido, espinoso y córneo gruesos
Plegues epidérmicos	Faltantes a causa del número y del desarrollo menores de las papilas dérmicas.	Presentes a causa del número y del desarrollo mayores de las papilas dérmicas
Folículos pilosos y músculo erector del pelo	Presentes	Ausentes
Glándulas sebáceas	Presentes	Ausentes
Glándulas sudoríparas	Menos abundantes	Más abundantes
Receptores sensoriales	Dispersos	Densos

de determinadas propiedades estructurales y funcionales: **piel fina (con pelo)** y **piel gruesa (sin pelo)**.

El **cuadro 5-4** presenta una comparación de las características de la piel fina y la piel gruesa.

► PREGUNTAS DE REVISIÓN

10. ¿Qué criterios se utilizan para distinguir la piel fina y la piel gruesa?

FUNCIONES DE LA PIEL

► OBJETIVO

Describir cómo contribuye la piel a la regulación de la temperatura corporal, el almacenamiento de sangre, la protección, las sensaciones, la excreción y absorción, y la síntesis de vitamina D.

Ahora que el lector tiene conocimientos básicos acerca de la estructura de la piel, puede apreciar mejor sus múltiples funciones, las cuales fueron anticipadas al comienzo de este capítulo. Las funciones del sistema tegumentario (principalmente la piel), son: termorregulación, almacenamiento de sangre, protección, sensibilidad cutánea, excreción y absorción y síntesis de vitamina D.

Termorregulación

La piel contribuye a la **termorregulación**, regulación homeostática de la temperatura corporal, mediante dos mecanismos: por liberación de sudor en su superficie y por regulación del flujo sanguíneo en

la dermis. En respuesta a altas temperaturas ambientales o al calor producido por el ejercicio, aumenta la producción de sudor y su evaporación desde la superficie de la piel, ayuda de esta forma a disminuir la temperatura corporal. Además, los vasos sanguíneos de la dermis se dilatan; en consecuencia, más sangre fluye por la dermis, lo cual incrementa la pérdida de calor del organismo. En respuesta a temperaturas ambientales bajas, la producción de sudor disminuye y esto ayuda a conservar el calor. Además, se contraen los vasos sanguíneos de la dermis (disminuyen de calibre), el flujo sanguíneo que atraviesa la piel se reduce y la pérdida de calor del organismo se atenúa.

Reservorio de sangre

La dermis alberga una extensa red de vasos sanguíneos que transportan del 8 al 10% del total del flujo sanguíneo de un adulto en reposo. Por tal razón, la piel actúa como un **reservorio de sangre**.

Protección

La piel provee **protección** al cuerpo de muchas maneras. La queratina protege a los tejidos subyacentes de gérmenes, abrasiones, calor y agentes químicos, y los queratinocitos estrechamente unidos resisten la invasión de microorganismos. Los lípidos liberados por los gránulos laminares retardan la evaporación de agua desde la superficie de la piel y, por lo tanto, evitan de la deshidratación; también disminuyen la entrada de agua a través de la superficie de la piel durante las duchas y la natación. El sebo oleoso de las glándulas sebáceas evita la deshidratación de la piel y el pelo y contiene agentes químicos bactericidas que eliminan las bacterias de la superficie. El pH ácido de la transpiración retarda el crecimiento de algunas bacterias. El pigmento melanina ayuda a proteger al organismo de los efectos nocivos de la luz UV. Dos tipos de células llevan a cabo funciones protectoras de naturaleza inmunológica. Las células epidérmicas de Langerhans alertan al sistema inmunitario de la presencia de invasores microbianos potencialmente dañinos, reconociéndolos y procesándolos; los macrófagos de la dermis fagocitan virus y bacterias que se las ingieren para evitar a las células de Langerhans de la epidermis.

Sensibilidad cutánea

La **sensibilidad cutánea** se origina en la piel y comprende sensaciones de tacto, presión, vibración y cosquilleo, así como también sensaciones térmicas como calor y frío. Otra **sensación cutánea**, el dolor, es generalmente un indicador de daño tisular inminente o actual. Hay una amplia variedad de terminales nerviosos y receptores distribuidos en la piel, como los discos táctiles de la epidermis, los corpúsculos del tacto en la dermis y los plexos de la raíz pilosa alrededor de cada folículo piloso. En el capítulo 16 se suministran más detalles acerca del tema de la sensibilidad cutánea.

Excreción y absorción

La piel normalmente cumple cierto papel en la excreción, eliminación de sustancias del organismo, y la **absorción**, el paso de sustancias del medio externo a las células. A pesar de la impermeabilidad al agua del estrato córneo, alrededor de 400 ml de agua se eva-

poran a través de ella diariamente. Una persona sedentaria pierde 200 ml adicionales por día como sudor; una persona físicamente activa pierde mucho más. Además de eliminar agua y calor del organismo, el sudor también es vehículo de excreción de pequeñas cantidades de sales, de dióxido de carbono y de dos moléculas orgánicas que resultan del metabolismo de las proteínas, el amoníaco y la urea.

La absorción de sustancias solubles en agua a través de la piel es insignificante, pero ciertas sustancias liposolubles atraviesan la piel, como las vitaminas A, D, E y K, ciertos fármacos y los gases oxígeno y dióxido de carbono. Las sustancias tóxicas que pueden absorberse a través de la piel son los solventes orgánicos como la acetona (presente en quitasmaltes para uñas) y el tetracloruro de carbono (producto para limpieza en seco), las sales de metales pesados como el plomo, el mercurio y el arsénico, y los principios tóxicos de la hiedra venenosa y el roble venenoso. Dado que los esteroides tópicos (aplicados sobre la piel) como la cortisona son liposolubles, se desplazan con facilidad hasta la región papilar de la dermis. Allí ejercen sus propiedades antiinflamatorias mediante la inhibición de la producción de histamina por los mastocitos (recuérdese que la histamina contribuye a la inflamación).



Aplicación transdérmica de fármacos

El organismo absorbe la mayoría de los fármacos a través del aparato digestivo, aunque también pueden inyectarse en el tejido subcutáneo o en un músculo. Una vía alternativa, la **administración transdérmica (transcutánea)**, permite que un fármaco contenido en un parche adhesivo aplicado en la piel atraviese la epidermis hasta los vasos sanguíneos de la dermis. La sustancia se libera en forma continua a una velocidad determinada por un período de uno o varios días. Este método es sobre todo útil en el caso de fármacos que se eliminan rápidamente, ya que de administrarse por otra vía, los intervalos entre las dosis deberían ser muy cortos. Ya que la principal barrera para la penetración de los fármacos es el estrato córneo, la absorción transdérmica es más acelerada en regiones de la piel donde esa capa es más fina, como el escroto, la cara y el cuero cabelludo. Un número cada vez mayor de fármacos está disponible para la administración transdérmica, como la nitroglicerina para la prevención de la angina de pecho (dolor en el pecho asociado a enfermedades cardíacas); la escopolamina para la cinetosis; el estradiol utilizado en la terapia de reposición hormonal durante la menopausia; la nicotina, usada como coadyuvante para erradicar el hábito de fumar; y el fentanilo, que se emplea para mitigar el dolor intenso en pacientes con cáncer. ■

Síntesis de vitamina D

La síntesis de vitamina D requiere la activación de un precursor en la piel por los rayos UV de la luz solar. La molécula activa luego se modifica por la acción de enzimas en el hígado y los riñones y se produce finalmente calcitriol, una forma más activa de la vitamina D. El calcitriol es una hormona que participa en la absorción del calcio de los alimentos en el tubo digestivo.

► PREGUNTAS DE REVISIÓN

11. ¿Cuáles son las dos maneras en que la piel ayuda a controlar la temperatura corporal?

12. ¿Cómo hace la piel para funcionar como barrera protectora?

13. ¿Qué sensaciones se originan por la estimulación de neuronas en la piel?

14. ¿Qué tipos de moléculas pueden atravesar el estrato córneo?

HOMEOSTASIS: CURACIÓN DE LAS HERIDAS CUTÁNEAS

► OBJETIVOS

Explicar cómo curan las heridas epidérmicas y las heridas profundas.

El daño de la piel activa una secuencia de procesos de reparación que la llevan a recuperar su estructura y su función normales (o cercanas a la normalidad). Se pueden verificar dos tipos de procesos de curación de las heridas, lo cual depende de la profundidad de éstas. La curación de las heridas epidérmicas se produce cuando las lesiones afectan solamente a la epidermis; la curación de las heridas profundas se produce cuando las heridas penetran la dermis.

Curación de las heridas epidérmicas

Aun cuando la porción central de una herida epidérmica pueda extenderse hasta la dermis, los bordes de la herida suelen entrañar un pequeño daño a las células epidérmicas superficiales. Los tipos comunes de heridas epidérmicas son las abrasiones, en las que una porción de la piel se elimina por fricción, y las quemaduras menores.

En respuesta a una lesión epidérmica, las células basales de la epidermis que rodean a la herida pierden contacto con la membrana basal. Las células luego se agrandan y migran a través de la herida (fig. 5-6a). Estas células parecen migrar como una lámina hasta que se encuentran con las células que avanzan desde el lado opuesto de la herida. Cuando las células epidérmicas se reúnen, detienen su migración como consecuencia de una respuesta celular llamada **inhibición por contacto**. La migración de las células epidérmicas se detiene por completo cuando cada célula finalmente queda en contacto con otras células epidérmicas en todo su alrededor.

Mientras las células basales epidérmicas migran, una hormona llamada **factor de crecimiento epidérmico** estimula a las células madre basales a dividirse y reemplazar a aquellas que migraron hacia el centro de la herida. Las células basales epidérmicas recubiertas se dividen para construir estratos nuevos y engrosan la epidermis nueva (fig. 5-6b).

Curación de heridas profundas

La curación de heridas profundas se produce cuando la lesión se extiende hasta la dermis y el tejido subcutáneo. Puesto que se deben reparar múltiples capas de tejido, el proceso de curación es más complejo que el de la curación de las heridas epidérmicas. Además, como se forma tejido cicatricial, el tejido curado pierde algunas de sus funciones normales. La curación de heridas profundas tiene cuatro fases: inflamatoria, migratoria, proliferativa y madurativa.