

Los tatuajes existen gracias a nuestro sistema inmunitario



RAFAEL SIRERA

Catedrático de Biología Celular, Universitat Politècnica de València

¿Cómo se produce el proceso de fijación de la tinta de un tatuaje en la piel? ¿Qué papel tienen las células del sistema inmunitario en este proceso?

A mucha gente le gusta decorar su cuerpo con tatuajes permanentes. Los tatuajes están de moda, y los que los llevan los suelen lucir con gusto y orgullo, pues muchos de ellos son auténticas piezas de arte o mensajes muy relevantes para los portadores. Los tatuajes existen gracias a que tenemos artistas y a que se ha desarrollado la técnica de introducir tinta de colores dentro de la piel. Pero a las células del sistema inmunitario les corresponde el rol de hacer que los tatuajes no sean efímeros y perduren en el tiempo, conservando tanto su tonalidad como la integridad de sus trazos, sin permitir que apenas se difuminen o dispersen por la piel. El ser humano se tatúa desde hace más de 5000 años y, a aunque parezca mentira, hasta hace apenas tres años nadie se había parado a estudiarlo científicamente. En este artículo os voy a contar como es la participación precisa del sistema inmunitario en la fijación de los tatuajes.

La piel

Anatómicamente, la piel consiste en tres capas de tejido apiladas. La capa más externa es la **epidermis**, que es un estrato córneo que nos aísla y nos protege del medio externo. A continuación tenemos la **dermis**, una capa fibrosa y elástica que soporta y refuerza la epidermis. Y para terminar tenemos la **hipodermis** que es un tejido más grueso que nutre a las otras dos capas, a la vez que es un buen aislante mecánico y térmico. Vamos a ver con un poco más de detalle las dos capas más externas.

La **epidermis** no es una monocapa, sino más bien muchas capas apiladas de células haciendo estratos. Las células que más abundan son los queratinocitos que se caracterizan por estar tan firmemente unidos entre sí que hacen que la piel sea impermeable. En verano podemos ver fácilmente esta fuerza de unión pues cuando nos quemamos por el sol, nos podemos arrancar grandes parches de las células muertas que se mantienen juntas por estas uniones. Los que están en la parte más externa producen tanta queratina (proteína fibrilar dura que forma pelos, uñas, pezuñas o cuernos en los animales) que al final mueren

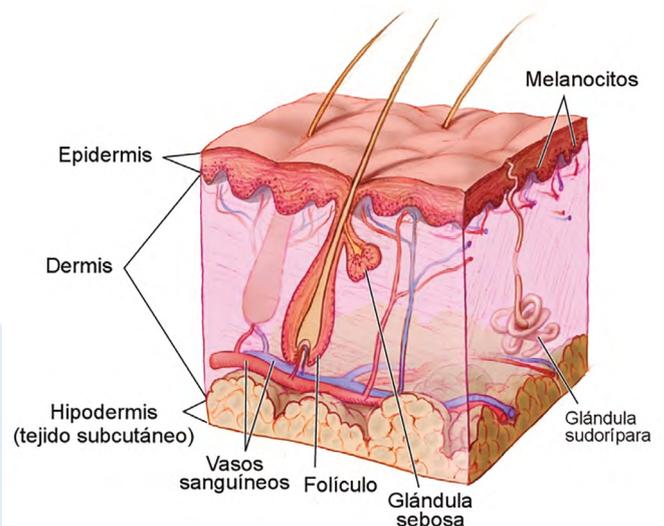


Imagen. Wikipedia.

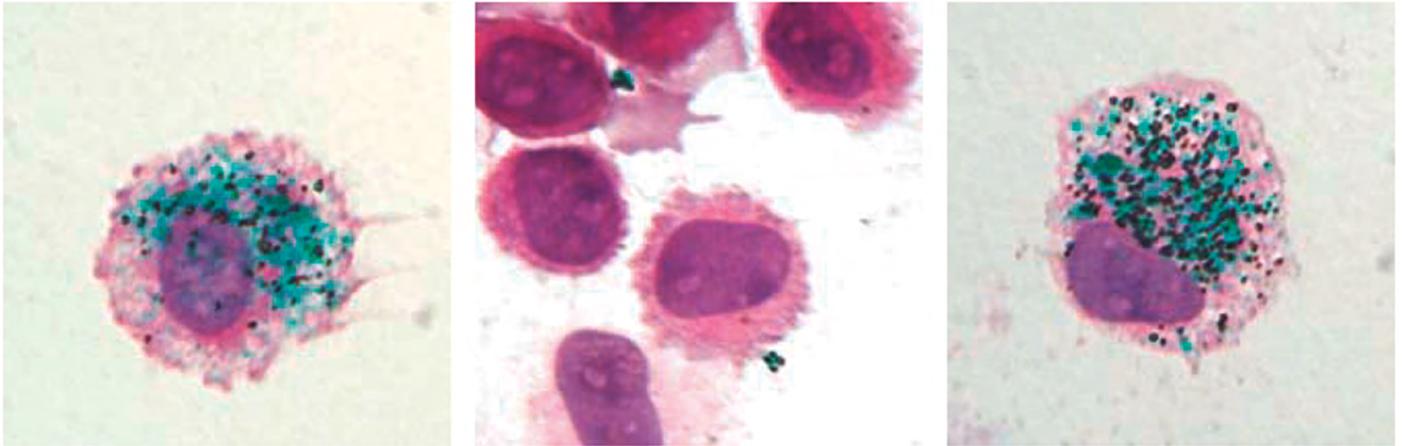


Imagen. Baranska, A., et al.

y pierden hasta el núcleo celular, pero se mantienen en la piel formando ese aislante córneo. Embebidas entre los queratinocitos tenemos a los **melanocitos** que nos protegen de la radiación ultravioleta y pigmentan la piel y a las **células de Langerhans**, que son un tipo de células dendríticas (del sistema inmunitario) con la importante característica, por su ubicación, de ser muy resistentes a las radiaciones. Dependiendo de la localización, la epidermis tiene más o menos capas (por ejemplo la planta de los pies tiene muchas frente a la piel en el antebrazo, que es más fina y sensible). Mientras que los **queratinocitos** se intercambian cada dos o tres semanas, los melanocitos y células de Langerhans viven años en la epidermis. Y viven tanto que hasta la exposición ambiental las pueden convertir en células malignas provocando melanomas o histiocitosis respectivamente.

La **dermis** es la segunda capa compuesta por una matriz de tejido conectivo muy elástico gracias al colágeno y a los glicosaminoglicanos, que están muy hidratados. Embebida en la matriz tenemos tanto a los folículos pilosos como a las glándulas sebáceas y las sudoríparas junto con terminaciones nerviosas y vasos sanguíneos y linfáticos. Además hay **fibroblastos** que son las células que producen esta matriz, y como no podía ser de otra forma, en la dermis tenemos otros componentes inmunitario como **macrófagos**, otras células dendríticas y linfocitos. Las células de Langerhans, las dendríticas y los macrófagos son células presentadoras de antígenos pues fagocitan a los invasores y además, gracias a ello se los muestran a los linfocitos, que son las células de la inmunidad adaptativa. Hay una diferencia muy importante entre las células de Langerhans y el resto. Mientras que los macrófagos y dendríticas se van repoblando constantemente a partir de células precursoras de la sangre, las de Langerhans se situaron en la piel durante el desarrollo embrionario y solo se regeneran a partir de ellas mismas.

El tatuaje

Los tintas de los tatuajes está basada en pigmentos insolubles, principalmente basados en la química del carbono o metálicos, que forman una dispersión coloidal en un líquido contenedor. Las agujas que usa el tatuador se meten entre 50 y 3000 veces por minuto a distintas profundidades, dejando su carga de tinta dentro de la piel tanto en la epidermis como en la dermis, donde se asienta por capilaridad. Solo una fracción de la tinta que coloca un artista llega a la dermis, y esta es también la razón por la que los nuevos tatuajes tienden a perder tinta a medida que se curan. Durante muchos años se pensó que los fibroblastos eran los que mantenían la tinta inyectada en su sitio. Pero hoy en día sabemos que esto no es así. Veamos.

Este proceso de inyección tiene dos consecuencias sobre nuestra piel. La primera es que estas punciones crean lesiones en la piel y desencadenan el proceso de reparación tisular. La segunda es que la tinta es un agente extraño y por consiguiente se debe actuar contra ella e intentar destruirla y eliminarla. Justamente ambas actividades son inducidas y realizadas por nuestro sistema inmunitario. Además, la piel recién tatuada se hincha, de la misma manera que respondería a cualquier otra herida, y la sangre y la linfa se llevan hasta los más pequeños trozos de tinta. Y ahora llegan los grandes protagonistas de nuestra historia. Los macrófagos y las células dendríticas de la piel. Con el objetivo de protegernos de estas microlesiones, van a migrar (moverse) hacia esa zona del tejido lesionado y una vez allí secretarán proteínas reparadoras y activarán a los fibroblastos para que colaboren en la reversión del daño tisular. Pero al llegar allí también se van a encontrar con esas partículas extrañas de la tinta, mejor dicho, con las partículas insolubles de la tinta que no se drenaron por la circulación y las van a fagocitar (meter dentro de la célula). Los macrófagos al fagocitar realizan tres funciones, por un lado eliminan de la matriz la amenaza

y por otro lado ya dentro de la célula dirige lo engullido a los lisosomas que son auténticas máquinas de destrucción. Así los macrófagos harían desaparecer la tinta y repararían las lesiones ocasionadas. La tercera función sería esa que hemos comentado de presentación antigénica a los linfocitos.

Pero a estas alturas ya sabemos que este proceso fagocítico no es lo eficiente que debería ser pues los tatuajes no desaparecen y perduran. Ello se debe a dos causas. En primer lugar, ese carbono mineral o metales de la tinta no son biodegradables por lo que el macrófago a pesar de poner todo su empeño y generar enzimas y ácidos, no es capaz de destruirlos y lo único que consigue es almacenarlo en vesículas (vacuolas) en su interior celular. En segundo lugar, y debido a que la cantidad de tinta que penetra es muy elevada en el contexto del tamaño de una célula, esta fagocitosis se da de forma tan masiva que los macrófagos engordan tanto que son incapaces de desplazarse a través de los espacios que genera la matriz extracelular de la dermis. Es por ello que se fijan con mucha precisión en el lugar de la punción y la acumulación de muchos macrófagos por milímetro cuadrado hace que la tinta del tatuaje sea visible y permanente.

El secreto de la permanencia del tatuaje

En biopsias ya se habían visto que la captación de tinta era mayor en los macrófagos que en los fibroblastos. Pero aunque ambos tipos celulares viven muchos años, acaban muriéndose. Entonces, ¿qué es lo que hace que la tinta siga quedándose en el mismo sitio? Gracias a los experimentos de Baranska y colaboradores ahora sabemos lo que sucede. Cuando un macrófago muere, simplemente libera las partículas de tinta que había estado almacenando y que quedan atascadas momentáneamente entre la matriz y los fibroblastos. Rápidamente aparece otro macrófago, limpia los restos celulares y engulle las partículas y las vuelve a fijar precisamente en el mismo sitio. Además, las partículas de pigmento presentes en la tinta del tatuaje son bastante grandes y, debido a su tamaño, no se drenan a los ganglios linfáticos a través de los vasos linfáticos. Así que tan pronto como son liberados por macrófagos moribundos, permanecen atascados hasta que otro macrófago los ingiera. Las células de Langerhans también incrementan

su número en las zonas tatuadas y participan de manera análoga en el mantenimiento de los tatuajes.

Pero la trascendencia de un tatuaje va más allá de quedarse en la piel. Además de los macrófagos, en la piel tenemos células dendríticas y células de Langerhans que aunque son estáticas como los macrófagos, tienen la peculiaridad de que cuando fagocitan se transforman en células móviles. Su objetivo es migrar desde la piel hasta los ganglios más próximos para intentar generar una respuesta inmunitaria adaptativa contra el invasor, en este caso la tinta. Pues bien estas cargas de tinta que llevan a los ganglios, cuando las células dendríticas mueran con el tiempo, los macrófagos del ganglio la fagocitaran también cerrando el círculo y haciendo que la tinta perdure en los ganglios también (Schreiber et al. 2017). Una anotación antes dije que la tinta no drena a través de la linfa, y así es; si aparece en los ganglios es por el transporte de la misma por células dendríticas. Esta tinción de tejidos y ganglios se puede hacer bajo otras circunstancias como la exposición a partículas de polvo contaminante, por ejemplo en trabajar en una mina, fumar o por la misma contaminación ambiental de las ciudades tiñendo de negro los pulmones y la llamamos antracosis. Afortunadamente este transporte de la tinta se da en mucha menor magnitud y los que se tatúan no tienen teñidos los ganglios con la misma intensidad que la piel.

En definitiva esta forma de expresión humana tiene mucho de arte, mucho simbolismo y mucha fisiología de la respuesta inmunitaria. A la precisión del artista se le alía la precisión del sistema inmunitario y gracias a ambos logran lo que tanto desea el portador de los tatuajes, su inmutabilidad a pesar del paso del tiempo.

Rafael Sirera @rafaelsirera · 28 mar. 2021



El ser humano se tatúa desde hace más de 5000 años y, a aunque parezca mentira, hasta hace apenas tres años nadie se había parado a estudiar científicamente. En este hilo os voy a contar como es la participación precisa del sistema inmunitario en la fijación de los tatuajes...

[Mostrar este hilo](#)

6,77 mil

2,12 mil

67

Impresiones

756 mil

Interacciones

176 mil

Ampliaciones de detalles

96.400

Schreiber, I., et al. Synchrotron-based v-XRF mapping and μ -FTIR microscopy enable to look into the fate and effects of tattoo pigments in human skin. *Sci Rep* 2017; 7: 11395. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-11721-z>.

Baranska, A., et al. Unveiling skin macrophage dynamics explains both tattoo persistence and strenuous removal. *J Exp Med* 2018; 215: 1115–1133. doi: <https://doi.org/10.1084/jem.20171608>.

Este artículo fue publicado originalmente en “The Conversation” el 11 de abril de 2021 por Rafael Sirera, de la Universidad Politécnica de Valencia. (<https://theconversation.com/los-tatuajes-existen-gracias-a-nuestro-sistema-inmunitario-157379>)