

## 2.3. Взаимодействие красящего пигмента с кожей

Процесс установки красящего пигмента в коже можно разделить на несколько фаз.

### 2.3.1. Фаза воспаления

При введении пигмента в кожу игла повреждает эпидермис, базальную мембрану, кровеносные сосуды дермы, соединительную ткань. Частицы красящего пигмента, оставшиеся в эпидермисе, при его обновлении удаляются вместе с ороговевшими кератиноцитами. Другие, наиболее мелкие, частицы поглощаются фагоцитами и выводятся из организма посредством лимфатической системы. Более крупные частицы краски окружаются фагоцитами, реагирующими на них как на инородное тело.

Воспалительная реакция вокруг повреждения, вызванная действием иглы и частиц пигмента, состоит из нескольких этапов:

- **вазодилатация** — резкое расширение кровеносных сосудов и увеличение объема циркулирующей крови, в результате чего возрастает внутрисосудистое давление и повышается проницаемость сосудов;
- **экссудация** — через истонченную сосудистую стенку и расширенные поры начинает вытекать наиболее жидкий компонент крови — плазма, которая просачивается в близлежащие ткани. В результате увеличивается внутритканевое давление и развивается отек. Вокруг зоны введения пигмента образуется инфильтрационный лейкоцитарный вал;
- **фагоцитоз** разрушенных клеток завершается некролизом — очищением раневой зоны. На месте повреждения образуется корочка, или струп. Эта корочка на время заживления раны предохраняет место повреждения.

### 2.3.2. Фаза пролиферации

Начинается на 2–3-и сут после введения пигмента. По краям раны происходит усиленное деление клеток, из которых образуется новая капиллярная сеть. В зоне повреждения восстанавливается кровеносная система и начинает усиленно снабжать пораженное место кислородом и питательными веществами, стимулируя процессы заживления и регенерации. Примерно на 4-й день в прилегающих тканях усиливается миграция фибробластов. Они формируют грануляционную ткань, прикрывающую рану и служащую основой для последующей эпителизации раневой поверхности. Фибробласты участвуют также в синтезе коллагеновых волокон и в репродукции

протеогликанов, образующих желеобразное вещество внеклеточного пространства.

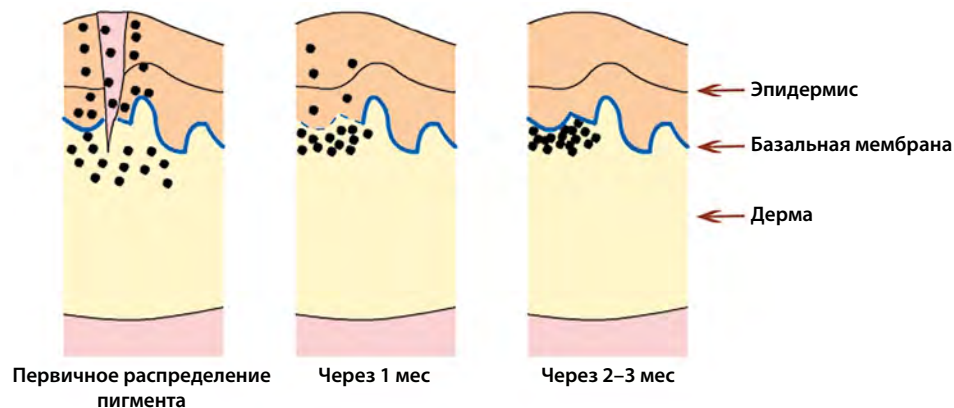
В процессе пролиферации увеличивается количество нуклеопротеидов, гликозаминогликанов, гиалуроновой кислоты. Растет число клеток соединительной ткани (тучных клеток), которые содержат в своей цитоплазме регулирующие вязкость крови гистамин и гепарин. Их количество максимально увеличивается на 5–7-е сут.

### 2.3.3. Фаза эпителизации

Пик этой фазы приходится на 4-е сут после процедуры. Одновременно с образованием соединительной ткани происходит пролиферация кератиноцитов. Клетки базального слоя эпидермиса начинают интенсивно делиться и «наползает» с краев раны к ее центру. Формируется базальная мембрана, и в последующем образованный в ней дефект заполняется регенерирующим эпителием.

Этот процесс продолжается до полного восстановления кожи. Ороговение в новых клетках сначала замедляется, но к концу заживления может стать даже избыточным. При завершении эпителизации грануляционная ткань постепенно превращается в соединительную. После отторжения струпа на 3–5-й день края раны начинают усиленно шелушиться, появляется большое количество роговых чешуек, потом этот процесс затухает. Заживление тканей под корочкой идет параллельно с затухающим процессом воспаления, который обычно заканчивается на 5–7-е сут.

Вскоре после восстановления тканей насыщенность татуировки снижается, так как происходит отшелушивание эпидермиса, в котором также закрепляется пигмент во время нанесения (**рис. 1-2-6**). Кроме того, в первое время



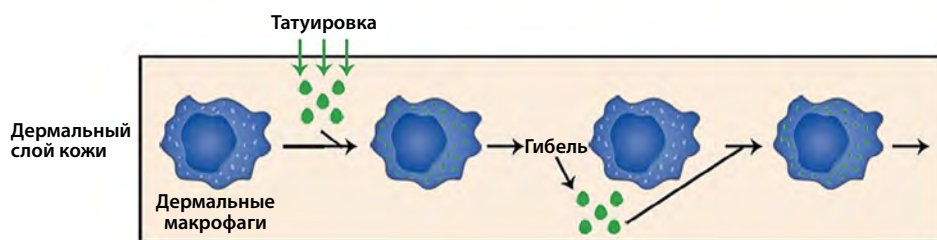
**Рис. 1-2-6.** Схема распределения татуировочного пигмента в коже

после нанесения татуировки пигмент может вытесняться из дермального слоя в эпидермис через повреждения базальной мембраны. В дермальном слое мелкие частицы красителя захватываются и элиминируются макрофагами, остаются относительно крупные, деградация которых может занимать годы — частицы красящего пигмента обрастают коллагеновыми волокнами и заключаются в капсулу, которая делает их недоступными для иммунной системы. Наличие такой капсулы изменяет светоотражающие способности пигмента.

Интересно, что и за длительное хранение пигмента отвечают также (и в первую очередь) макрофаги, а не дермальные фибробласты, как считалось ранее. Макрофаги — это специализированные иммунные клетки, которые поглощают инородные агенты и элиминируют их, если могут переварить. Если не могут, то, по сути, становятся стационарным изолятором, в котором содержится «нарушитель», не допуская его распространения.

Однако макрофаги живут относительно недолго. Но как же тогда сохраняется татуировка? Дело в том, что при их распаде татуировочный пигмент высвобождается во внеклеточный матрикс дермы, но одновременно с этим подаются сигналы, привлекающие новые макрофаги, и частицы красителя сразу подхватываются пришедшими на смену погибшим собратьям новыми «хранителями». Разумеется, что-то они подхватить не успевают, поэтому со временем татуировка осветляется за счет вымывания пигмента из матрикса в ходе работы лимфатической системы.

В недавнем эксперименте через несколько недель после нанесения татуировки на кожу хвоста мышей в область тату вводился специальный агент, который приводил к гибели всех макрофагов. Однако татуировка все равно оставалась на первоначальном месте — туда сразу же приходили новые макрофаги и подхватывали краску из внеклеточного матрикса дермы (рис. 1-2-7). Более того, при пересадке кусочка татуированной кожи от одной мыши к другой уже



**Рис. 1-2-7.** Цикл сохранения пигмента татуировок. Кожные макрофаги фагоцитируют частицы красителя, помещая их в вакуоли. После их смерти чернила высвобождаются, но затем снова улавливаются новыми поступающими макрофагами, происходящими из моноцитов костного мозга (Baranska A., et al., 2018)

спустя 6 нед практически весь пигмент находился в макрофагах мыши-реципиента (Baranska A., et al., 2018).

Рисунок, выполненный качественным пигментом с помощью правильной техники на необходимой глубине, имеет ровные четкие контуры, не приобретает синего оттенка, рубцы не образуются. Однако при неверном выборе оборудования, нарушении технологии закладки пигмента (глубины), использовании некачественного пигмента рисунок быстро меняет оттенки на более холодные, становится нечетким и неэстетичным. Также появлению синего оттенка черной татуировки способствует выгорание (расщепление молекул) пигмента под действием ультрафиолетовых лучей. Этот процесс происходит небыстро (и зависит от качества используемых пигментов), но через несколько лет регулярной инсоляции может оказать существенное влияние на цветность татуировки.

Цветовосприятие татуировки будет зависеть и от толщины эпидермиса (чем он толще, тем более бледный цвет) и естественной пигментации кожи (на смуглой коже цвет татуировки значительно теряет свою яркость в ближайшие месяцы после нанесения, а светлые пигменты могут вообще исчезнуть).

## **2.4. Татуировки и барьерные функции кожи: отдаленные эффекты**

Как и при любом типе травмы дермы, первая реакция организма — остановить возникшее кровотечение с образованием сгустка. Одновременно с этим начинает развиваться стандартная воспалительная реакция с миграцией клеток иммунной системы в область с целью фагоцитоза инородных веществ, клеточных остатков и микробов. В первые месяцы, пока не восстановилась базальная мембрана, пигмент обнаруживается как в эпидермисе, так и в дерме. Через 2-3 мес базальная мембрана полностью реформируется, предотвращая дальнейшую потерю чернил через эпидермис, стихает воспалительная реакция. Пигмент после этого обнаруживается только под базальной мембраной в дермальном слое, с годами опускаясь ниже.

Но поскольку инородное тело все же остается в коже, существуют определенные опасения, что это как-то может влиять на ее барьерные функции не только в ближайшее, но и в отдаленное время после нанесения, однако ранее этот вопрос не изучался. Исправить это решили специалисты из Дании и Голландии (интересно, что по данным на 2012 г. у 13% взрослых датчан имеются татуировки), изучив барьерные функции кожи с тату, выполненными как минимум за год до начала исследования (Nørreslet L.B., et al., 2019). При этом они анализировали как нормально прижившиеся татуировки, так и татуировки, сопровождающиеся хроническими воспалительными осложнениями. Хотя последние встречаются редко, всего в 2% случаев (чаще всего аллергические реакции на красный пигмент и папулонодулярные высыпания в случае