

Глава 3

Ультразвуковая эпиляция

Под термином «ультразвуковая эпиляция» обычно понимают комплексное вмешательство, первым этапом которого идет депиляция воском. Своим названием метод обязан второй части, когда после ваксинга поверхность кожи обрабатывается специальными составами, молекулы и ионы которых с помощью УЗ-воздействия доставляются в глубокие дермальные слои. Здесь они ингибируют (замедляют) процесс деления зародышевых клеток и даже частично разрушают волосяной фолликул за счет щелочного значения pH.

Ультразвуковой способ удаления нежелательных волос может быть весьма эффективным в тех случаях, когда конкретный волосяной аппарат обладает высокой чувствительностью к используемым ингибиторам.

3.1. Механизм действия

Для УЗ-воздействия могут использоваться любые аппараты, предназначенные для повышения проницаемости кожи, т.е. для сонофореза (ультрафонофореза).

Сонофорез (син.: фонофорез; от лат. *sonus* — звук, греч. *phōnē* — звук, голос, греч. *phoresis* — несение, перенос) — это метод трансдермальной доставки лекарств, основанный на использовании ультразвука для повышения проницаемости рогового слоя. В зависимости от частоты выделяют:

1. **Низкочастотный сонофорез (НЧС)** с частотой ультразвуковой волны 20–100 кГц.
2. **Высокочастотный сонофорез (ВЧС)** с частотой 0,7–16 МГц (диапазон, включающий как терапевтические, так и высокочастотные ультразвуковые волны), но используются, как правило, частоты в пределах 1–3 МГц.

Механизмы действия ультразвуковых волн средних частот, находящихся в диапазоне от ~100 до 700 кГц, для трансдермального транспорта лекарственных веществ изучены недостаточно, поэтому волны такой частоты не входят ни в одну из вышеперечисленных групп.

И ВЧС, и НЧС усиливают проникновение различных веществ через кожу, но механизмы их действия различны. Механизмы повышения проницаемости кожи под действием ультразвука делят на две основные группы:

1. Напрямую связанные с кавитацией.
2. Не связанные или косвенно связанные с кавитацией, а именно:
 - конвекция (возникновение акустических потоков, приводящих к сокращению пограничного слоя между кожей и контактной средой);
 - тепловые эффекты;
 - механические эффекты (воздействие давления излучения);
 - экстракция липидов из рогового слоя.

Ключевым моментом для понимания механизмов сонофореза стало открытие процесса кавитации — образование в жидкости полостей (кавитационных пузырьков), заполненных паром самой жидкости.

Хотя не все механизмы, определяющие увеличение проницаемости кожи при проведении сонофореза, до конца изучены, принято считать, что основная роль принадлежит акустической кавитации (особенно в случае НЧС). Акустическая кавитация — это процесс, в результате которого происходят следующие события:

1. Микроскопические пузырьки воздуха, присутствующие в жидкости, увеличиваются в размерах или начинают пульсировать (осциллировать, т.е. расширяться/сжиматься).
2. В объеме раствора или вокруг центров кристаллизации формируются новые газовые пузырьки.
3. Реализуется любой другой тип увеличения, расщепления или взаимодействия между пузырьками газа в результате акустических осцилляций в растворе.

В случае ВЧС с частотой в пределах 1–3 МГц кавитация является основным механизмом увеличения проницаемости кожи (Polat B.E. и соавт., 2011). Микроскопическое исследование показало, что кавитация возникает **внутри рогового слоя** в пространствах между роговыми чешуйками. Это обстоятельство дает все основания предполагать, что осциллирующие пузырьки напрямую воздействуют на липидный барьер и меняют его структуру, что приводит к повышению проницаемости рогового слоя (**рис. II-3-1**).

При воздействии НЧС формируются гораздо более крупные кавитационные пузырьки радиусом до 150 мкм, которые не могут в силу своего размера образовываться в роговом слое, поэтому они образуются **в контактной среде**. Но при схлопывании этих пузырьков возникают тонкие микроструи (**рис. II-3-2**) — они с такой силой «бьют» по роговому слою, что

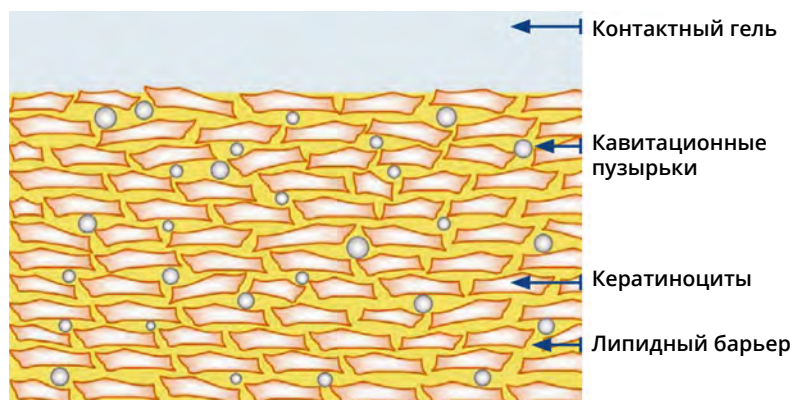


Рис. II-3-1. Нарушение организации рогового слоя кавитационными пузырьками, образующимися в роговом слое под действием высокочастотного ультразвука (Polat B.E. и соавт., 2011)

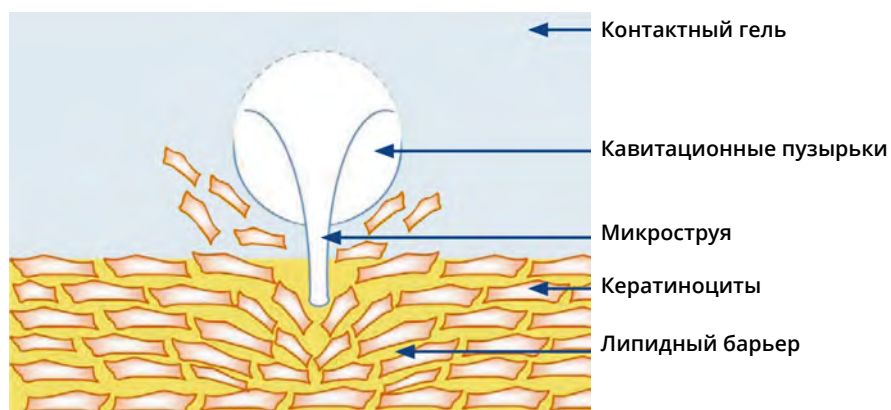


Рис. II-3-2. Асимметричное схлопывание кавитационного пузырька с формированием микроструи вблизи рогового слоя под действием низкочастотного ультразвука (Polat B.E. и соавт., 2011)

из его межклеточных пространств в буквальном смысле «выбиваются» липиды, и это приводит к повышению проницаемости барьера. Как было показано экспериментально, во время воздействия НЧС (20 кГц, 15 Вт/см²) до 30% липидов рогового слоя выходят в контактную среду.

Важным открытием в области изучения НЧС стало обнаружение неоднородных изменений в кожной ткани под действием ультразвука. А именно: если кожу «озвучить» НЧС (20 кГц, 15 Вт/см²), то во время воздействия образуется единственный локализованный участок переноса (ЛУП)

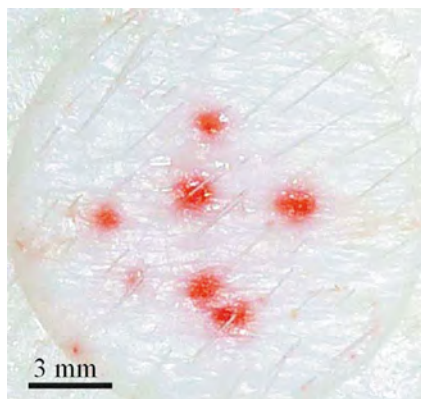


Рис. II-3-3. Формирование локализованных участков переноса (ЛУП) на поверхности кожи свиньи, обработанной низкочастотным ультразвуком (20 кГц) в присутствии ПАВ. ЛУП окрашены красным красителем (Polat B.E. и соавт., 2011)

непосредственно под ультразвуковым передатчиком (**рис. II-3-3**). В ЛУП сопротивление кожи падает в 5000 раз по сравнению с интактной кожей. Если же в контактную среду добавить поверхностно-активное вещество (ПАВ), например 1% лаурилсульфат натрия, то во время воздействия НЧС на поверхности кожи формируются множественные ЛУП, а их суммарная площадь может составлять от 5 до 25% поверхности кожи в месте воздействия. При высоких частотах ультразвука транспорт через кожу происходит более равномерно по всей поверхности без формирования ЛУП. Предполагается, что схлопывание кавитационных пузырьков с формированием сильных микроструй, «бьющих» по роговому слою, является наиболее вероятным механизмом формирования ЛУП и увеличения проницаемости кожи при НЧС.

3.2. Особенности проведения процедуры

Процедура ультразвуковой эпиляции проводится в два этапа. Сначала проводят ваксинг. Затем на кожу наносят специальный гель и выполняют ультразвуковую обработку. Гель — это не только звукопроводящая среда, но и носитель активных веществ, угнетающих жизнедеятельность клеток волосяного фолликула. В качестве активных ингредиентов используются протеолитические ферменты (см. ч. II, гл. 4), а также другие соединения, замедляющие рост волос (например, экстракты мирики, луковиц нарцисса букетного, ларреи трехзубчатой, экстракт листьев гимнемы лесной, синтетические олигопептиды, такие как Oligopeptide-53, Oligopeptide-33, CG-Apigmerin).

Первые качественные изменения наблюдаются обычно примерно через 12 месяцев после начала процедур.

Принцип	Действие ультразвука повышает проницаемость рогового слоя, и активным веществам через него становится легче пройти и достигнуть своей мишени. Процедуру нужно повторять несколько раз с интервалом 3–5 недель, по мере отрастания новых волос
Достоинства	• Относительная безболезненность (если не считать ваксинг) • Ультразвуковой способ удаления нежелательных волос может быть весьма эффективным в тех случаях, когда конкретный волосяной аппарат обладает высокой чувствительностью к ингибирующему действию активных веществ
Недостатки	Эффект уменьшения роста волос достигается медленно
Осложнения	Не отмечены
Результаты	Первые качественные изменения наблюдаются обычно примерно через 12 месяцев после начала процедур

Стоит упомянуть еще один метод, который позиционировался как «истинная» ультразвуковая эпиляция. Данная технология была разработана и запатентована компанией Applisonix (Израиль) и реализована в аппарате Selectif Pro. Аппарат оснащен пинцетом, который захватывает волос и передает ему ультразвуковые колебания. По сути, волосяное волокно служит проводником, передающим ультразвуковую энергию непосредственно к волосяному фолликулу, вызывая нагревание и коагуляцию дермального сосочка. Однако селективность проведения ультразвука волосом вызывает вопросы, так как проводимость ультразвука у кожи и волос примерно одинаковая. Это подтверждается и распространением технологии — несмотря на то что впервые о ней заговорили еще в конце 2000-х, она не получила широкого распространения, а вот претензий по эффективности от клиентов и салонов, в том числе закончившихся исками к компании, получила много. В настоящее время данная технология практически ушла с рынка.