

## Глава 2

# Радикальные методы коррекции жировых отложений

Хирургия не является зоной ответственности косметолога, но коротко упомянуть о радикальных методах борьбы с жировыми отложениями следует.

**Липосакция (липоаспирация)** — одна из самых распространенных операций в пластической хирургии (Shridharani S.M., et al., 2014). Ее смысл заключается в механическом удалении жировой ткани с помощью специальных приспособлений и аспиратора, создающего отрицательное давление. К сожалению, несмотря на популярность и массовость, а также значительные технологические усовершенствования, липосакция все еще относится к серьезным операциям и связана с болью, побочными эффектами и осложнениями.

### 2.1. Стандартная липосакция под разрежением

Стандартная липосакция под разрежением основана на отсасывании подкожного жира при помощи специального оборудования, создающего достаточное разрежение. Для этого в области проблемной зоны выполняются маленькие разрезы, через которые под кожу вводят специальный раствор, разрыхляющий и расщепляющий жировые отложения. Это снижает травматические риски, однако процедура все равно травмоопасна и приводит к механическим разрывам жировой ткани, кровеносных сосудов, нервов и соединительной ткани, из-за чего пациент испытывает болевые ощущения, а на коже остаются следы припухлости, для исчезновения которых требуется длительное время.

**Туминесцентная техника** заключается в предварительной инфильтрации оперируемой зоны специальным раствором в объеме, в 2–3 раза превышающем планируемый объем удаления жировой клетчатки.

В настоящее время активное распространение получили варианты липосакции, использующих дополнительное воздействие какого-либо физического фактора. О механизмах действия этих физических факторов, на основе которых работает и большинство консервативных методов коррекции фигуры,

имеющихся в распоряжении косметологов, мы поговорим ниже. Сейчас же лишь обозначим варианты современных техник липосакции.

## 2.2. Бустерная липосакция

В бустерной липосакции применяют вибрационные катетеры, позволяющие сократить время операции и усилия, прилагаемые хирургом, однако травматичность этого способа еще выше, чем у липосакции под разрежением.

## 2.3. Ультразвуковая липосакция

Более мягкое удаление жировых отложений обеспечивает ультразвуковая липосакция. Этот метод дает предварительную эмульгацию жира преимущественно за счет кавитации (что это такое, а также в целом действие ультразвука и других физических факторов мы обсудим подробнее далее) с помощью воздействия ультразвуковых колебаний с частотой в области 20–36 кГц, испускаемых введенным в жировой слой зондом.

Соседние ткани (связки, фасции) и нервы не подвергаются кавитации из-за своей плотной структуры, поэтому не повреждаются. После обработки ультразвуковыми волнами подкожный жир превращается в эмульсию, которая легко удаляется через тонкие титановые канюли диаметром всего 2–3 мм при помощи вакуумного отсоса. При этом используется низкое давление, которое позволяет избежать нежелательной травматизации кожи и повреждения окружающих сосудов и нервов.

Преимуществами ультразвуковой липосакции являются: малые кровопотери, возможность удаления за одну процедуру большого количества жира, равномерное удаление жира, позволяющее избежать деформаций, более быстрая и легкая реабилитация пациентов.

Но и при этом методе могут возникать серьезные повреждения кожи. Важно отметить, что при ультразвуковой липосакции не происходит коагуляции сосудов, а подтяжка кожи если и наблюдается, то минимально.

## 2.4. Лазерная липосакция

Лазерная липосакция аналогичным образом включает применение дополнительного физического фактора для воздействия на жировые отложения — лазерного излучения инфракрасного диапазона, которое осуществляется путем введения световода непосредственно в ткани. Преимуществом

данного метода является то, что при этом происходит коагуляция жировых тканей и сосудов, разогрев внутренней части кожного покрова, подтяжка кожи и стимулирование выработки коллагена.

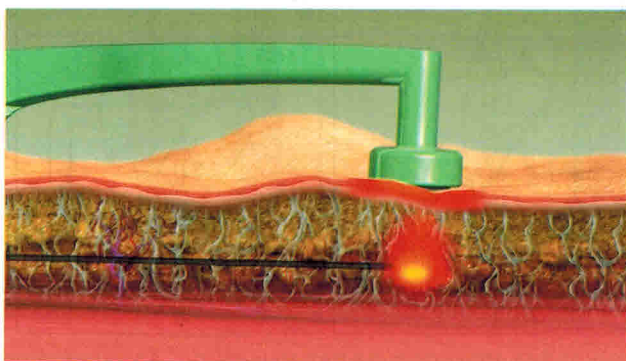
Внедрение технологии лазерной липосакции вызвало фурор — она позиционировалась как «мягкая, малотравматичная процедура», но ее недостатком была низкая скорость обработки. Слишком малые зоны коагуляции вблизи концов соединительнотканых волокон и отсутствие датчиков температуры кожи повышали риск местного ожога, а зачастую некоторые области оставались и вовсе незатронутыми.

Сегодня лазер применяется в сочетании с туминесцентной техникой проведения процедуры. Эмульгированный жир удаляют аспиратором с легким вакуумом (лазерная липосакция), или же он элиминируется естественным образом (лазерная липоскульптура).

В последнем случае применяемое устройство, называемое холодным лазером, не создает высокую температуру, поэтому нет риска ожога или раны. С помощью этой технологии обрабатывают области, труднодоступные для традиционной липосакции: лицо, предплечья, колени, верхнюю часть живота. Процедура дает возможность равномерно разглаживать кожу и может повторяться в течение небольшого временного интервала.

## 2.5. Радиочастотная липосакция

К радикальным методам относят и радиочастотную липосакцию (Radiofrequency-assisted liposuction, RFAL), осуществляемую с помощью устройств, имеющих наружный и внутренний электрод (**рис. II-2-1**). Между наконечником внутреннего электрода, имеющего форму полой иглы и погружаемого в жировой слой на заданную глубину, и внешним электродом, расположенным на коже сверху, начинается идти переменный электрический ток радиочастотного (RF) диапазона, нагревая и разжижая подкожный жир (Theodorou S.J., et al., 2018). Липоаспира́т удаляется через внутренний электрод. Важно отметить, что в данном случае нагрев происходит локально в объеме ткани



**Рис. II-2-1.** Радиочастотная липосакция, технология BodyTite (InMode, Израиль)



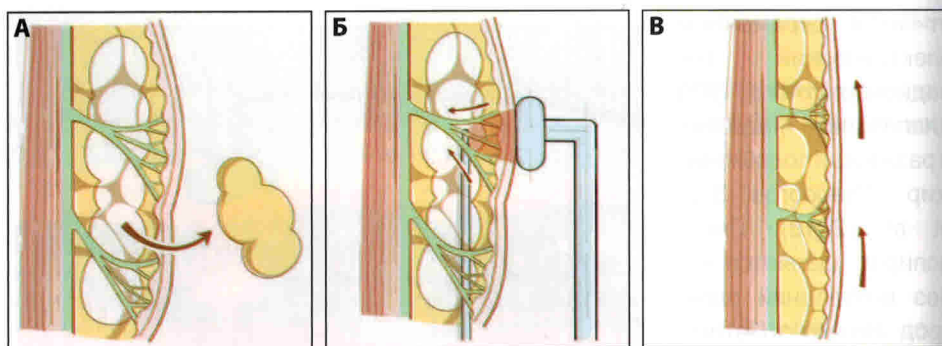
между двумя электродами и практически не распространяется в стороны. Это снижает вероятность нежелательного коллатерального нагревания, что отмечается при применении других технологий, а конкретно при нагревании изнутри, когда лазеры распространяют энергию в разных направлениях, в результате чего структуры, располагающиеся по соседству, также нагреваются, что не всегда желательно.

Радиочастотные параметры подбирают таким образом, чтобы вызвать одновременную коагуляцию кровеносных сосудов (что приводит к уменьшению кровоточивости и кровоподтеков по сравнению с традиционной липосакцией) и разрушение клеток жировой ткани. По сравнению с другими методами радиочастотная липосакция обладает следующими преимуществами:

- минимальной инвазивностью;
- возможностью проведения процедуры под местной анестезией;
- уменьшением количества гематом;
- уменьшением болезненности и отечности;
- значительным уплотнением кожи;
- быстротой проведения процедуры;
- более коротким по сравнению с другими методами реабилитационным периодом.

Данный метод позволяет выполнение процедур также и на лице. Как мы уже говорили выше, благодаря тому, что электрический ток течет между внутренним и внешним электродом, не нагревая ткани, расположенные под внутренним электродом, это позволяет защитить лицевые нервы в зоне коррекции от термического повреждения.

Традиционно RF-воздействие осуществляется на подкожном уровне перед проведением липосакции. Однако существует и другой альтернативный подход, согласно которому умеренную липосакцию проводят перед RF-термостимуляцией (**рис. II-2-2**) (Han X., et al., 2020).



**Рис. II-2-2.** Двухэтапная радиочастотно-ассоциированная липосакция: А — удаление жировой ткани посредством липосакции; Б — RF-воздействие, В — лифтинг-эффект (Han X., et al., 2020)

### 3.3.3. Радиочастотная терапия (RF-терапия)

Радиочастотная терапия (Radiofrequency, RF) основана на использовании устройств, генерирующих высокоинтенсивный переменный электрический ток радиочастотного диапазона (от 30 кГц до 3000 ГГц), который обуславливает нагрев тканей и стимуляцию в них различных биологических эффектов. Для этого может использоваться как непосредственно RF-ток, так и ультравысокочастотное электромагнитное RF-поле, что обусловлено особенностями конструкции RF-аппаратов. При этом конкретные механизмы действия разных технологий будут отличаться, однако все они приводят к нагреву тканей, в том числе жировой, разной степени выраженности.

Механизмы реализации RF-эффектов основаны на разной электропроводности тканей организма. Как известно, электрический ток — это направленное движение заряженных частиц (электронов и ионов). Основное количество электронов и ионов сосредоточено в водных средах организма (крови, межклеточной среде) и представляет собой диссоциировавшие минеральные соли (электролиты).

Кроме того, в организме имеются диэлектрики — ткани, которые плохо проводят электрический ток вследствие присутствия в них малого количества заряженных частиц.

Выделяют 2 типа диэлектриков:

- **полярные (или дипольные) молекулы** (например, молекулы воды, белков) — в общем они нейтральны, но заряд в них распределен асимметрично: на одном конце молекулы «скапливается» положительный заряд, а на другом — отрицательный;
- **неполярные** (например, триглицериды) — это электрически нейтральные молекулы, которые не обладают асимметрией распределения заряда (дипольным моментом) и в обычных условиях не проводят электрический ток.

Ткани, которые содержат большое количество заряженных элементов, хорошо проводят ток. Если этот ток переменный, то его направление меняется, а если высокочастотный — это направление меняется очень часто. Так, основные RF-устройства, используемые в косметологии, генерируют RF-ток, имеющий частоту от одного до нескольких десятков мегагерц. И, соответственно, под его воздействием заряженные частицы меняют свое направление от одного до десятков миллионов раз в секунду — это число соответствует количеству Герц. Разумеется, такое интенсивное движение (или вращение дипольных молекул) не проходит бесследно, часть энергии теряется на сопротивление среды (столкновение с различными ее элементами) и рассеивается в виде тепла.

При этом чем хуже ткань проводит ток, т.е. чем больше ее электрическое сопротивление, тем больше электрической энергии переходит в тепло, и тем

сильнее она нагревается. Поэтому, например, роговой слой, содержащий очень малое количество воды с растворенными в ней электролитами, нагревается гораздо сильнее при прохождении RF-тока, чем содержащие большое количество воды живые слои эпидермиса.

Как известно, жировая ткань электрически неоднородна. Входящие в ее состав жировые клетки почти полностью состоят из липидов, которые не проводят электрический ток. Зато электрической проводимостью обладают окружающие жировые дольки соединительнотканые перегородки (септы), поскольку в них есть вода, ассоциированная с белковыми молекулами. Таким образом, непосредственно к жировым включениям RF-ток распространяется по соединительнотканым септам, которые, с одной стороны, способны проводить ток, а с другой стороны имеют достаточное сопротивление, чтобы нагреваться. Нагрев от них, в свою очередь, будет распространяться на адипоциты.

### Виды RF-технологий

Для коррекции фигуры могут использоваться различные виды RF-технологий. Они отличаются друг от друга частотными характеристиками и конструкцией электродов, которые могут быть резистивными (например, электрорадиохирургические приборы, аппараты для RF-лифтинга), емкостными или индуктивными (например, аппараты для УВЧ-терапии).

Первую, самую большую группу, составляют устройства, созданные на основе **резистивных** технологий. В резистивных технологиях воздействие на кожу производится с помощью двух и более электродов, которые находятся в непосредственном электрическом контакте с кожей. При подаче на электроды напряжения в тканях начинает протекать электрический ток. То есть кожа является обязательным элементом электрической цепи.

В целом их делят на монополярные, биполярные и мультиполярные. Недостаток **монополярной** системы в плане воздействия на подкожно-жировую клетчатку и кожу в целом заключается в меньшей возможности контролировать глубину воздействия: радиочастотный ток течет от активного электрода относительно небольшого размера к большой заземляющей пластине через тело. Под активным электродом концентрируется большое количество RF-энергии, и происходит нагревание области на поверхности эпидермиса, соприкасающейся с ним (и особенно рогового слоя), а далее энергия сильно рассеивается, кроме того, нагреваются в том числе нецелевые ткани.

В **биполярной** системе область воздействия главным образом ограничивается объемом ткани между положительным и отрицательным электродами (они все активные) — считается, что глубина воздействия равняется половине расстояния между электродами. Однако чем более глубокие слои нужно нагреть, тем большее количество энергии нужно использовать, даже если разнести электроды, что чревато ожогами. Поэтому биполярные накожные системы обычно обеспечивают незначительный нагрев глубоких тканей. **Мультиполярные**



технологии, по сути, являются биполярными, однако позволяют управлять параметрами процедур в более широких масштабах за счет переключения передачи тока между электродами, находящимися на разном расстоянии.

В то же время игольчатые RF-технологии (**RF-микронидлинг**), предполагающие введение электродов в виде микроигл непосредственно в кожу, позволяют избежать этих ограничений и нагревать ткани на глубине введения иглы до температур, обеспечивающих разрушение клеток и коагуляцию соединительнотканых структур.

Еще одна разновидность RF-технологий, так называемые **индуктивные** технологии, действие которых реализуется не за счет пропуска электрического тока через кожу при подведении к ней электродов, а путем воздействия электромагнитного поля RF-диапазона, которое уже в свою очередь будет формировать токи в тканях. Манипулы, генерирующие такое поле, называют **униполярными**, электродами они не являются. В индуктивных аппаратах энергия подводится с помощью катушек индуктивности (иногда говорят «катушечное поле») в виде переменного магнитного поля. При воздействии переменного магнитного поля в тканях с высокой электропроводимостью возникают вихревые токи Фуко, а основной нагрев происходит в тканях, богатых водой. Однако с помощью такого поля возможно более глубокое воздействие. Данный принцип реализован в аппаратах для магнитной миостимуляции (см. ч. II, п. 3.3.5).

О **емкостном** типе RF-технологий мы поговорим в разделе, посвященном УВЧ-воздействию (см. ч. II, п. 3.3.4).

### **Молекулярно-клеточные и тканевые эффекты резистивных RF-технологий**

Высокая чувствительность жировой ткани к температурным изменениям позволяет использовать радиочастотные методы для коррекции жировых отложений. В настоящее время известно, что повышение температуры жировой ткани приводит к активизации обменных процессов и стимуляции  $\beta$ -рецепторов адипоцитов (активация  $\beta$ -рецепторов запускает процесс липолиза и ингибирует адипогенез), однако это зависит от конкретных температур и времени воздействия (Брагина И.Ю., 2020):

- при нагреве до температуры 38–39 °С повышается активность фибробластов, однако этого еще недостаточно для активизации обмена веществ в жировой клетке;
- при нагреве до 43–45 °С, поддерживаемом в течение как минимум 10 мин, происходит необратимое повреждение адипоцитов с последующим запуском процесса апоптоза. Это время является пограничным, менее длительное воздействие при данных температурах может не вызвать необратимых повреждений.

Более высокие температуры могут вызвать некроз, ответные реакции на который протекают менее контролируемо.

При термическом воздействии жировые клетки освобождают триглицериды, которые под действием фермента липопротеинлипазы расщепляются на глицерин и жирные кислоты. Нерастворимые в воде свободные жирные кислоты связываются альбумином и медленно выводятся для дальнейшей метаболизации в печени. Одновременно происходит стимуляция ускоренной смены поколений адипоцитов с заменой гипертрофированных жировых клеток нормальными.

Важным преимуществом использования RF-технологий для коррекции фигуры является воздействие в том числе на соединительнотканые септы ПЖК, поскольку нагревание активирует работу фибробластов и обновление коллагеново-эластинового каркаса. Структурная реорганизация соединительной ткани при одновременном уменьшении объема жировой ткани в поверхностном слое приводит к снижению неравномерного давления отдельных участков жировой ткани на дерму, что в конечном итоге устраняет или уменьшает внешние проявления целлюлита. Большим преимуществом RF-липолиза является то, что он одновременно укрепляет дермальный каркас и предотвращает (или существенно уменьшает) провисание кожи на участке, из которого убрали некоторое количество жирового слоя (Rojo de la Torre J., et al., 2011; Otto M.J., 2016).

### **Примеры резистивных RF-технологий**

В зависимости от конфигурации устройства и параметров RF-воздействия можно нагревать кожу на довольно большой глубине. Важными показателями здесь будут являться частота и мощность.

В целом в аппаратах, основанных на резистивных технологиях (моно-, би-, мультиполярных), используют RF-ток с частотой 1–6 МГц. Степень нагрева тканей будет зависеть от мощности тока, однако нужно учитывать, что при поверхностном наложении электродов существует опасность ожога, поэтому значимого нагрева глубоких слоев кожи и, в частности, ПЖК с помощью таких технологий достичь обычно не удастся. Хотя, как мы писали выше и еще подробнее остановимся далее, даже относительно небольшое повышение температуры адипоцитов, но которое длится продолжительное время, способствует запуску процессов липолиза и повышению проницаемости клеточных мембран.

Более значимых температур без риска ожога поверхностных слоев кожи можно достичь с помощью **микроигльчатых RF-технологий**.

Большой вопрос в случае неинвазивного RF-воздействия вызывает температура, на которую данные устройства могут прогреть жировую ткань, поскольку это определяющий момент в эффективности процедуры. В недавнем крупномасштабном систематическом обзоре были проанализированы исследования, касающиеся возможностей RF-воздействия в коррекции фигуры (Vale A.L., et al., 2018). Авторы подтвердили, что максимальная температура нагрева ткани за время RF-экспозиции, вероятно, является определяющим



фактором, от которого зависит ответная реакция ткани на RF-воздействие. Однако в большинстве случаев измеряется только поверхностная температура, а о температуре в глубоких тканях можно судить лишь опосредованно. При этом в одном из исследований авторы сообщают о нагреве эпидермиса до 40–42 °С во время RF-липолиза, что при последующем гистологическом исследовании жировой ткани показало морфологические изменения 34% адипоцитов (потеря гомогенности, удлинение и частичное разрушение стенок адипоцитов), нарушение формы. Однако авторы не предоставили объяснение полученных результатов и не указали протокол RF-липолиза, что затрудняет установление взаимосвязи параметров процедуры и производимых ею эффектов (Goldberg D.J., et al., 2008).

Имеющиеся данные указывают на применение RF-энергии в терапевтическом диапазоне температур (нагревание эпидермиса до 42 °С), что позволяет предположить липолитический характер воздействия, связанный с гипотрофией адипоцитов (изменение метаболизма жировых включений) без повреждения мембраны адипоцитов или индукции воспаления.

В вышеприведенном исследовании усиление липолиза вполне объяснимо, так как, с одной стороны, повышение температуры тканей стимулирует высвобождение адреналина, который в свою очередь усиливает липолиз. С другой стороны, нагревание жировой ткани напрямую связано с явлением вазодилатации, вызывающей усиление кровоснабжения и оксигенации тканей. Таким образом, окисление и обмен липидов будут ускорены, что приводит к снижению объема адипоцитов (гипотрофии).

Принимая во внимание оба механизма, можно предположить, что повышение температуры ткани активирует симпатический отдел вегетативной нервной системы, вызывая выброс катехоламинов (адреналина и норадреналина). Катехоламины служат триггером для активации липолиза. При локальном усилении кровоснабжения в зону поступает большее количество катехоламинов, потенцирующих процесс липолиза. При этом нужно помнить, что при проведении RF-липолиза следует учитывать особенности анатомической зоны. У женщин могут возникнуть определенные трудности при проведении липолиза в области бедер, ягодиц, живота: женские половые гормоны — эстрогены — обуславливают более высокую концентрацию  $\alpha 2$ -адренорецепторов в указанных зонах, что осложняет процесс липолиза.

В другом исследовании во время процедуры RF-липолиза (0,6–2,4 МГц) удалось поддерживать температуру эпидермиса в диапазоне 42–44 °С на протяжении 12 мин. Выполненное непосредственно после процедуры гистологическое исследование выявило расширение сосудов и лизис мембран адипоцитов. Авторы связывают достигнутые изменения в жировой ткани непосредственно с использованными параметрами воздействия (температура и время экспозиции). Также они утверждают, что при температуре эпидермиса 42–44 °С нагрев ткани на глубине 20 мм составляет 45–48 °С. Различная

степень нагрева обусловлена более низким содержанием воды в жировой ткани, что повышает ее сопротивление RF-воздействию. Авторы отмечают, что при достигнутых температурных значениях происходит денатурация белка, что может служить объяснением лизиса мембран адипоцитов (van der Lugt C., et al., 2009).

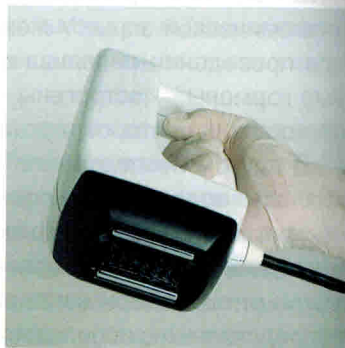
Под сомнением по-прежнему остается долговременность достигнутых результатов. Определяющими факторами в данном вопросе могут быть достигнутая температура и продолжительность ее поддержания. Франко (Franco) и другие сообщают об активизации клеточной гибели при повышении времени экспозиции температуры (повышении температуры и длительности ее поддержания): повышение температуры жировой ткани до 45 °С на протяжении 3 мин снижает жизнеспособность клеток до 40% (Franco W., et al., 2010).

Кроме того, как мы уже говорили, отдельным преимуществом RF-процедур является воздействие на соединительнотканый каркас дермы и ПЖК. Это позволяет подтянуть и уплотнить дряблую кожу и улучшить внешний вид тела.

Интересный вариант комбинированного воздействия представлен в технологии под названием **неинвазивная RF-диатермия и электропорация жировой ткани**. Она основана на сочетании радиочастотной диатермии и электропорации (разработка компании Invasix, Израиль). Процедура осуществляется с помощью одного аппликатора TiteFX (**рис. II-3-8, II-3-9**).

Аппликатор TiteFX вначале всасывает участок кожи благодаря разрежению, создаваемому вакуумом. Затем ткань внутри аппликатора нагревается до температуры 42–43 °С переменным электрическим током радиочастотного диапазона. После этого происходит подача высоковольтных импульсов напряжением 2 кВ и длительностью менее 1 нс, осуществляющих электропорацию мембран адипоцитов. Благодаря такому сочетанному воздействию в коже, с одной стороны, необратимо повреждаются жировые клетки (они впоследствии погибают путем апоптоза), а с другой, происходит стимуляция фибробластов и выработка коллагена, что необходимо для укрепления соединительной ткани на данном участке кожи.

Аппликатор TiteFX весьма эффективен при лечении целлюлита. Обычно используют 8 процедур из расчета 1 процедура в неделю. Предполагаемая схема процессов, происходящих после воздействия TiteFX, представлена на **рис. II-3-10**. Сразу после процедуры происходят нагревание дермы, запускающее перестройку коллагена, разрушение вертикальных фиброзных септ и повреждение адипоцитов в дольках. Далее происходит апоптоз адипоцитов в дольках и продолжается



**Рис. II-3-8.** Внешний вид насадки TiteFX