

разрушение вертикальных фиброзных септ. Окончательное ремоделирование тканей кожи проявляется в выравнивании текстуры эпидермиса, утолщении дермы, выравнивании распределения жировых клеток в дольках.

3.3.4. УВЧ-технологии

В емкостных и индуктивных RF-технологиях используется ток более высокой частоты, причем используется он, как мы говорили выше, для генерации электромагнитного поля и уже воздействия полем на ткани.

Если в электромагнитное поле между двумя разноименно заряженными пластинами поместить органический объект (человека или лабораторную мышь), то содержащиеся в нем заряженные частицы (электроны и ионы) будут перемещаться в направлении пластины, имеющей противоположный заряд. Основное количество ионов сосредоточено в жидких средах организма (крови, межклеточной среде) и представляет собой диссоциировавшие минеральные соли (электролиты).

Переменное электромагнитное поле — это поле, в котором заряд пластин меняется с плюса на минус и обратно (частота, с которой это происходит, называется частотой колебаний поля). Переменное электромагнитное поле с очень высокой частотой колебаний (т.е. УВЧ-поле) способно оказывать влияние не только на заряженные частицы, но и на т.н. диэлектрики — вещества, относительно плохо проводящие электрический ток. Причем не только на полярные (дипольные) молекулы, но и неполярные тоже — под действием переменного электромагнитного УВЧ-поля неполярные молекулы временно поляризуются и приобретают свойства проводников (**индуцированные диполи**). Электромагнитные поля наиболее сильны в непосредственной близости от их источника, а с увеличением расстояния от него — ослабевают.

Поскольку под действием переменного электромагнитного поля с ультравысокой частотой колебаний даже диэлектрики приобретают свойства заряженных частиц, то сопротивление биологических тканей значительно уменьшается, и они становятся легко проходимыми для энергии УВЧ-колебаний. Поэтому электромагнитное УВЧ-поле может легко проникать через эпидермис, дерму, подкожно-жировую клетчатку и даже более глубокие ткани, недоступные для остальных видов энергии. Однако максимум энергии будет поглощаться в гиподерме (Vecchia P., et al., 2009, Сахабиева Э.В., 2013).

Таким образом, **главной особенностью УВЧ-воздействия является возможность напрямую нагревать диэлектрики за счет вращательного движения молекул и действовать на глубоко расположенные структуры.**

В основе УВЧ-терапии лежит воздействие на организм переменным электромагнитным полем с частотой колебаний:

- 40,68 МГц (данную частоту генерирует большая часть УВЧ-аппаратов, произведенных в России и странах СНГ);
- 27,12 МГц (более характерна для УВЧ-аппаратов западного производства).

Выделяют 2 типа УВЧ-аппаратов, отличающихся по механизму генерирования переменного электромагнитного поля:

- **«конденсаторные»** — оснащены двумя конденсаторными пластинами, соединенными с генератором переменного УВЧ-поля. Конденсаторные пластины генерируют электромагнитное поле (**рис. II-3-11**). Такое конденсаторное поле воздействует преимущественно на ткани, плохо проводящие электрический ток. Величина воздушного зазора между конденсаторными пластинами и кожей определяет интенсивность воздействия (чем он больше, тем эффекты меньше) и глубину эффектов (чем пластина дальше, тем на большей глубине сосредоточены основные эффекты);
- **«катушечные»** — манипула устройства оснащена катушкой индуктивности (**рис. II-3-12**). При включении устройства вокруг катушки формируется электромагнитное поле, которое индуцирует циркуляцию вихревых токов в участках с высокой проводимостью.

Распространение УВЧ-колебаний электромагнитного поля зависит как от самого устройства (формы, величины и расположения конденсаторных пластин или катушек индуктивности), так и от биофизических свойств тканей, через которые они проходят.

Если используются конденсаторные устройства, человек размещается между двумя конденсаторными пластинами так, чтобы электромагнитное поле проходило через патологический очаг или желаемую область обработки. Если используется манипула с катушкой индуктивности, то электромагнитное УВЧ-поле подводится непосредственно к зоне воздействия (униполярные манипулы).

Таким образом, чтобы отличить УВЧ от радиочастотных технологий, нужно помнить, что в случае классических RF-устройств речь идет о контактном воздействии и разогревании глубоких слоев кожи с помощью электрического

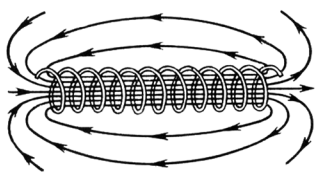


Рис. II-3-11. Катушечное электромагнитное поле

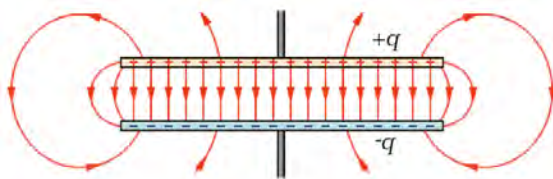


Рис. II-3-12. Электромагнитное поле между конденсаторными пластинами

тока с частотой в пределах 1–6 МГц (наиболее часто используемые значения). УВЧ-аппараты воздействуют бесконтактно с помощью переменного электромагнитного поля частотой свыше 25 МГц.

Молекулярно-клеточные и тканевые эффекты УВЧ-воздействия

Поскольку переменное электромагнитное УВЧ-поле постоянно меняет свое направление, то вместе с ним меняется направление движений заряженных частиц и ориентация дипольных молекул — десятки миллионов раз в секунду. Это сопровождается двумя типами эффектов (Деев А.И., 2019):

- **тепловыми** (при высокой мощности воздействия) — интенсивное вращение дипольных молекул сопровождается трением, вследствие чего часть электрической энергии поля, идущая на преодоление этого трения, превращается в тепло. Аналогично и для заряженных частиц — их активные колебательные движения обуславливают столкновение между собой и нейтральными молекулами, в результате чего избыток полученной электрической энергии выделяется в виде тепла;
- **нетепловыми** (осцилляторными) — воздействие электромагнитных УВЧ-полей низкой интенсивности приводит в первую очередь к конформационным изменениям молекул, а также физико-химических и структурных свойств тканей. К основным осцилляторным эффектам относят изменение коллоидного состояния цитоплазмы клеток, увеличение дисперсности белков (за счет «встряски» дефектных белковых агрегатов), уменьшение вязкости среды, нормализацию pH, повышение гидратации и активности отдельных молекул, а также транспортных систем — т.е. приобретение свойств, характерных для здоровых (или более молодых) тканей.

Разделить тепловое и осцилляторное действие УВЧ-поля практически невозможно, поэтому ответные реакции тканей обусловлены их суммарным эффектом. Но на выраженность проявления тех или иных реакций, а также их глубину можно влиять путем изменения технологии и параметров проведения процедур. В первую очередь речь идет о мощности (**рис. II-3-13**), а также изменении расстояния между пластинами и тканями в случае конденсаторных устройств.

Для классических физиотерапевтических процедур обычно используются т.н. атермические (наименьшая выходная мощность соответствующего аппарата) и олиготермические (слабое «приятное» ощущение тепла) дозы УВЧ-воздействия. Для аппаратной косметологии характерны высокие мощности, приводящие к существенному нагреванию тканей.

Нагревание тканей в свою очередь приводит к усилению кровообращения и лимфооттока, увеличению проницаемости сосудов и снижению их тонуса, стимуляции деятельности фибробластов, повышению активности ферментов и ускорению обмена веществ, модуляции чувствительности нервных воло-

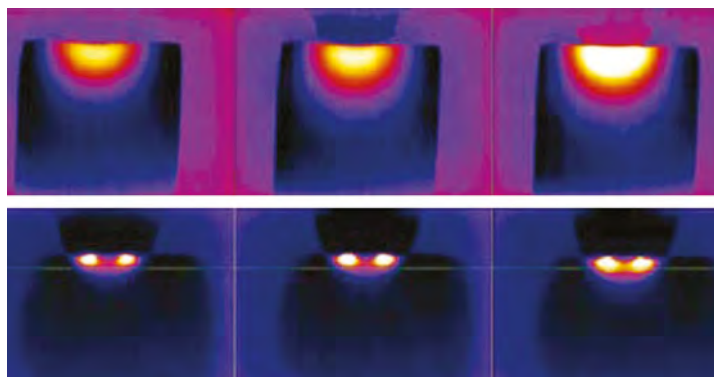


Рис. 11-3-13. Термограммы униполярной манипулы для глубокого (сверху) и коаксиальной для поверхностного (снизу) УВЧ-воздействия при низкой (слева), средней и высокой (справа) мощности (Пинсон И.Я., 2014)

кон. Кроме того, изменение pH тканей приводит к увеличению количества лимфоцитов в очаге и активации фагоцитоза в случае воспалительных реакций, что активно используется для лечения воспалительной патологии в физиотерапии.

УВЧ-технологии в косметологии основаны в первую очередь на термических эффектах и используются для лечения гипергидроза, лифтинга кожи и коррекции фигуры.

Примеры УВЧ-технологий

Показано, что УВЧ-воздействие с частотой колебаний 40,68 МГц уменьшает количество жировой ткани на глубине до 20 мм (при небольших жировых отложениях) и выравнивает кожу при целлюлите (Kim M., et al., 2016, Kim M., et al., 2017). УВЧ-поля позволяют нагревать и более выраженные жировые запасы. Как уже говорилось выше, конденсаторное УВЧ-поле способно проникать сквозь тело человека, однако изменяя расстояние между конденсаторными пластинами и поверхностью тела, а также регулируя подаваемую мощность, можно добиться целевого нагревания гиподермы [8].

Конденсаторные устройства для УВЧ-липолиза сконструированы таким образом, чтобы в первую очередь фокусироваться на слое жировой ткани, имеющей специфическое сопротивление. Этот принцип приводит к тому, что гиподерма нагревается быстрее, чем кожа и мышцы. Кроме того, дермальный слой и мышцы охлаждаются циркулирующей кровью намного быстрее, чем слой жировой ткани. А отсутствие контакта поверхности кожи с обрабатывающей манипулой позволяет дополнительно охлаждать кожу циркулирующим воздухом.