ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПОЛЯ И ТОКИ

Лекция 8

- *Порог ощутимого тока* — минимальная сила тока, раздражающее действие которого ощущает человек.
- *Порог неотпускающего тока* — минимальная сила тока, вызывающая такое сгибание сустава, при котором человек не может самостоятельно освободиться от проводника.

Диапазоны высокочастотных электрических колебаний и электромагнитных волн :

- высокой частоты (ВЧ) - от 0,2 МГц до 30 МГц;
- ультравысокой частоты - (УВЧ) - от 30 МГц до 300 МГц;
- сверхвысокой частоты (СВЧ) - свыше 300 МГц,

Действие высокочастотного тока

- Основным первичным эффектом высокочастотного тока является *тепловое воздействие*.

Преимущества лечебного прогревания ВЧ электромагнитными колебаниями

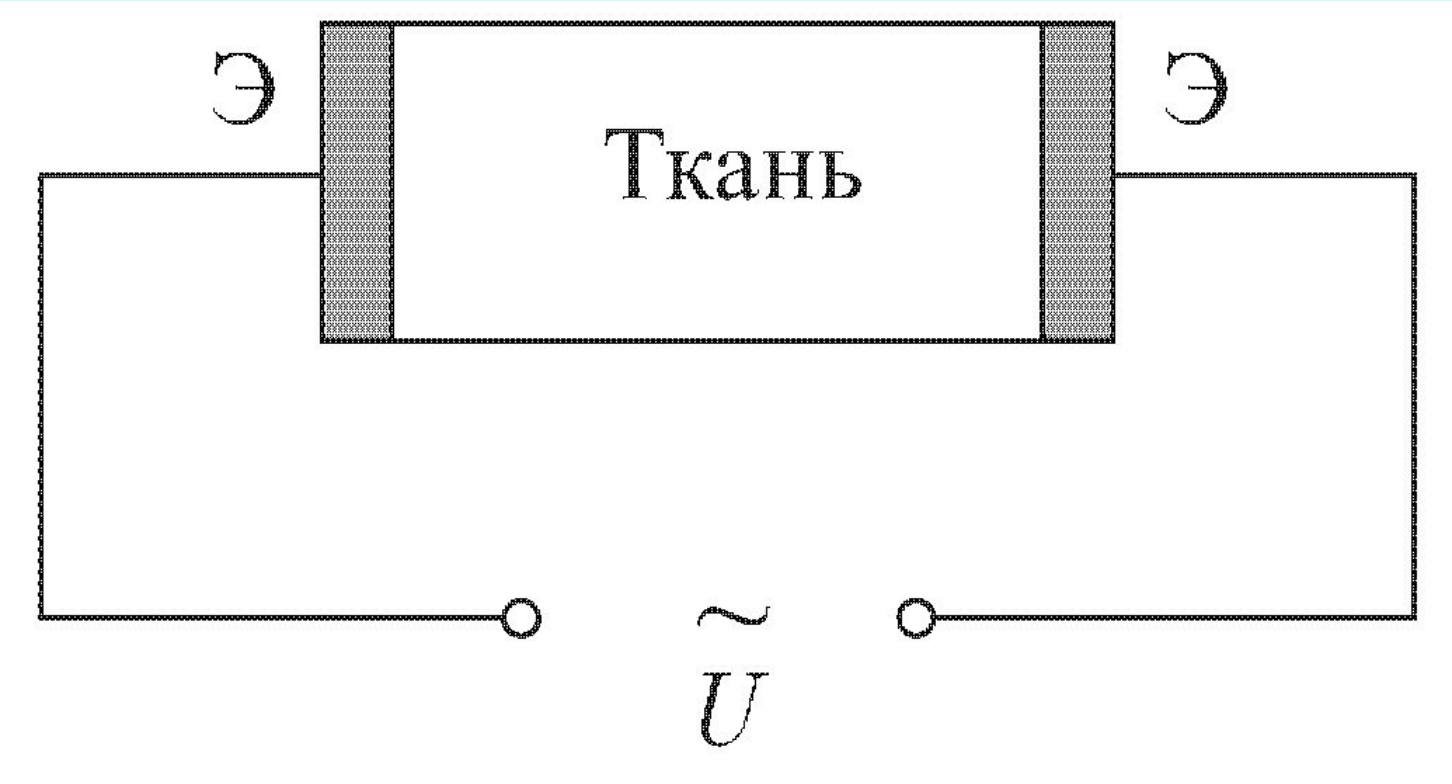
- образование теплоты во внутренних частях организма;
- подбирая соответствующую частоту, можно осуществлять термоселективное воздействие;
- можно дозировать нагревание, регулируя мощность генератора;
- возникновение внутримолекулярных процессов, которые приводят к специфическим эффектам.

- *Тепловая мощность* q, выделяющаяся в единице объема ткани при протекании тока, пропорциональна квадрату плотности тока j, умноженному на удельное электросопротивление ткани ρ.

$$q=j^2\rho$$

Действие высокочастотного тока

- *Диатермия* (сквозное прогревание) — получение теплового эффекта в глубоколежащих тканях. При диатермии применяют ток частотой 1-2 МГц, напряжением 100-150 В, сила тока 1-1,5 А.



- Рис. 1. Схема расположение биологической ткани между электродами

- При *диатермии* сильно нагреваются кожа, жир, кости, мышцы (так как у них наибольшее удельное сопротивление). Меньше нагреваются органы, богатые кровью или лимфой: легкие, печень, лимфоузлы.
- *Недостаток диатермии* — непродуктивное выделение теплоты в слое кожи и подкожной клетчатке.

- *Местная дарсонвализация* — лечебное воздействие на отдельные участки тела больного слабым импульсным переменным током высокого напряжения. При этом применяют ток частотой 100-400 кГц, силой I = 10-15 мА и напряжением — десятки кВ.

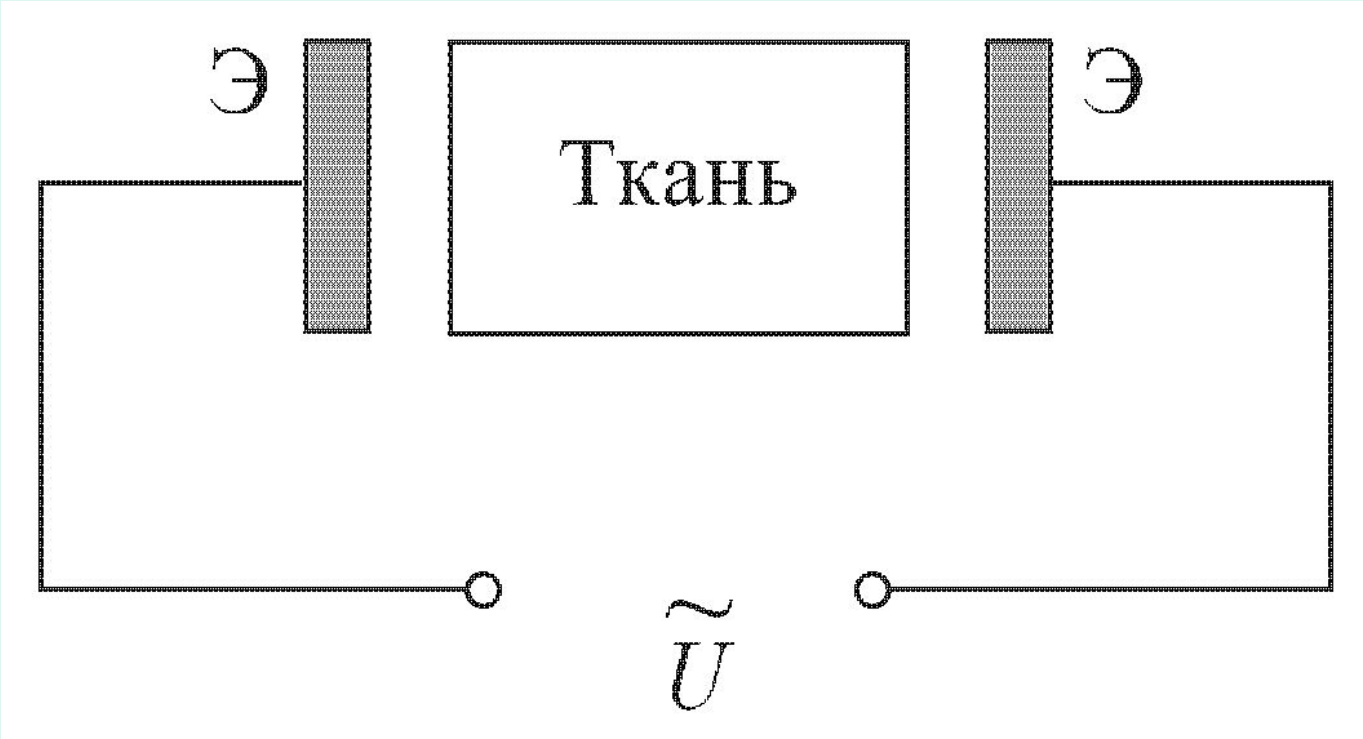
Использование ТВЧ для хирургических целей.

- *Диатермокоагуляция* — прижигание, «сваривание» ткани. При этом применяется плотность тока 6-10 мА/мм^2, в результате чего температура ткани повышается и ткань коагулирует.

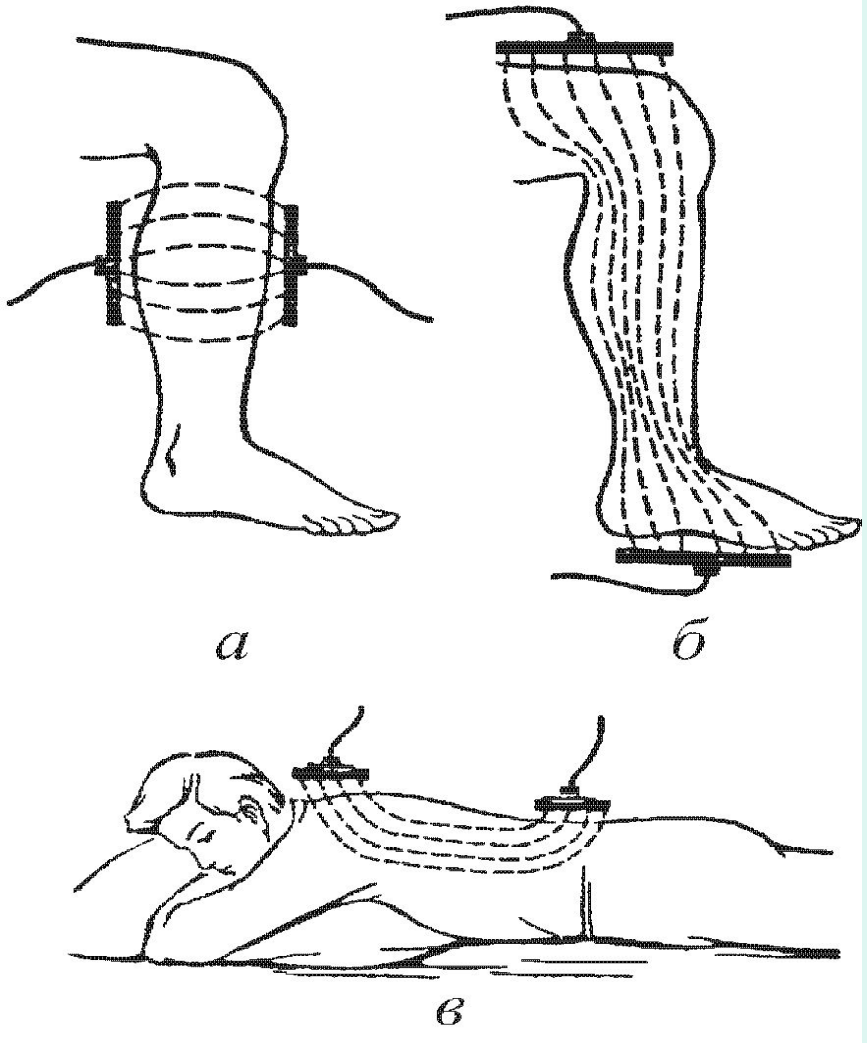
- *Диатермотомия* — рассечение тканей при помощи электрода в форме лезвия. При этом плотность тока составляет 40 мА/мм^2. Электрохирургическое воздействие сопровождается меньшими кровопотерями.

Действие переменного электрического поля (УВЧ)

- *Ультравысокочастотная (УВЧ) терапия* — лечебное использование электрической составляющей переменного электромагнитного поля ультравысокой частоты.
- При этом биологическая система помещается между плоскими электродами, которые не касаются тела.



- Рис. 2. Схема воздействия полем УВЧ



- Рис. 3. Способы наложения электродов: а — поперечное, б —продольное, в — тангенциальное

Воздействие поля УВЧ на проводник.

- *Тепловая мощность q,* выделяемая в единице объема проводника в электрическом поле УВЧ, прямо пропорциональна квадрату напряженности *E* электрического поля и обратно пропорциональна удельному электросопротивлению ρ.

$$q = \frac{P}{SL} = \frac{E^2}{\rho}, \qquad где \qquad E = \frac{E_{\max}}{\sqrt{2}}$$

Воздействие поля УВЧ на диэлектрик.

- *Тепловая мощность q,* выделяемая в единице объема диэлектрика в электрическом поле УВЧ, прямо пропорциональна относительной диэлектрической проницаемости ε, круговой частоте ω, квадрату напряженности электрического поля E и тангенсу угла диэлектрических потерь $tg\ \delta$.

$$q = \varepsilon_0 \varepsilon \omega E^2 tg\delta$$

- При УВЧ терапии диэлектрические ткани организма нагреваются интенсивнее проводящих (на частоте около 40 МГц, которая используется на практике).
- Тепловой эффект не всегда является главной целью УВЧ процедуры.

- Во многих случаях важным является действие на физиологическое состояние клетки, которое может изменяться под влиянием колебаний полярных молекул или отдельных частей органических молекул в переменном УВЧ электрическом поле.

Действие электромагнитных волн (СВЧ)

- Дециметровая терапия (ДЦВ-терапия) — лечебное использование электромагнитных волн дециметрового диапазона (частота — 460 МГц, длина волны — 65,2 см). Под действием таких волн в тканях организма возникают ориентационные колебания дипольных молекул связанной воды.

- Микроволновая (сантиметровая) терапия — лечебное использование электромагнитных волн сантиметрового диапазона (частота — 2375 МГц, длина волны — 12,6 см). В первичном действии дециметровых и сантиметровых волн принципиальных различий нет.

Электромагнитные волны СВЧ диапазона вызывают тепловой эффект вследствие реализации следующих механизмов.

1. Поляризация молекул вещества и ориентационные колебания дипольных молекул, в первую очередь дипольных молекул связанной воды.
2. Электромагнитная волна воздействует на ионы биологических тканей и вызывает переменный ток проводимости.

- *Тепловая мощность* q, выделяемая в единице объема ткани при микроволновой терапии, прямо пропорциональна относительной диэлектрической проницаемости ткани ε, квадрату частоты ν и квадрату интенсивности электромагнитной волны I.

$$q = k\varepsilon\nu^2 I^2$$

- Максимальное поглощение энергии СВЧ-волн, а следовательно и большее выделение тепла, происходит в органах и тканях, богатых водой (кровь, лимфа, мышечная ткань). В костной и жировой ткани воды меньше, они нагреваются меньше.

- *Дистанционная методика* — облучение электромагнитными волнами осуществляется дистанционно, при этом расстояние между излучателем и биологическим объектом не превышает 5 см. В этом случае от поверхности будет отражаться энергия волны (в некоторых случаях до 70-80%).
- *Контактная методика* — излучатель волн размещается непосредственно на теле больного или вводится внутрь.

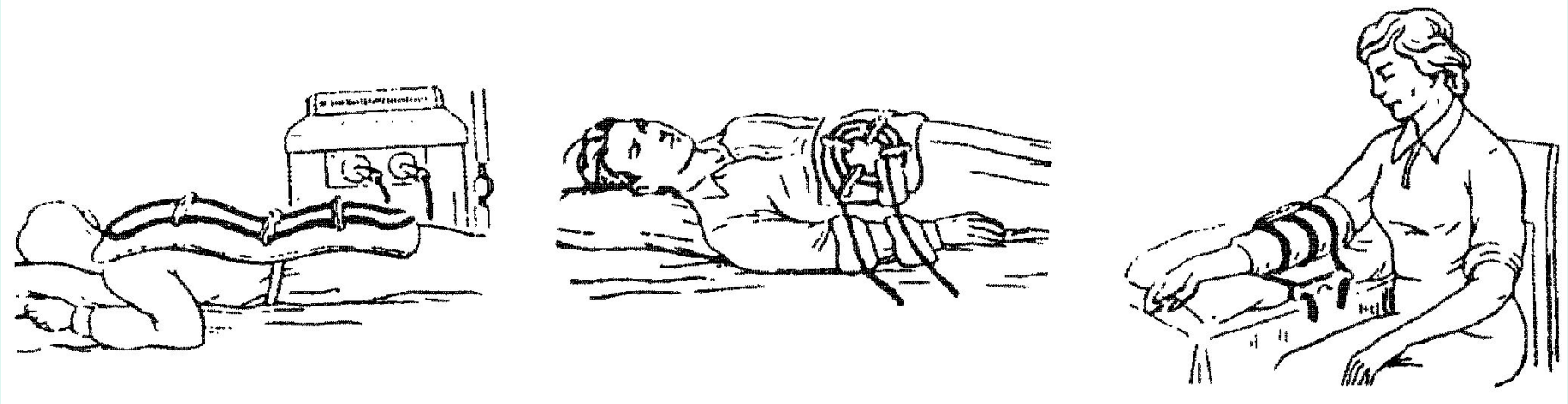
Гармоническое магнитное поле.

- Высокочастотная магнитотерапия — лечебное применение магнитной составляющей электромагнитного поля высокой частоты. Для формирования переменного магнитного поля в данном случае используют индукторы-соленоиды. В результате явления электромагнитной индукции в проводящих тканях образуются вихревые токи Фуко, нагревающие объект.

- *Тепловая мощность* q, выделяемая в единице объема ткани под воздействием переменного магнитного поля, прямо пропорциональна квадрату магнитной индукции B, квадрату частоты и обратно пропорциональна удельному электросопротивлению ρ.

$$q = \frac{k\omega^2 B^2}{\rho}$$

- При высокочастотной магнитотерапии больше теплоты выделяется в тканях с меньшим удельным сопротивлением. Поэтому сильнее нагреваются ткани, богатые сосудами, например мышцы. В меньшей степени нагреваются такие ткани, как жир.



- Рис. 4. Способы наложения индуктора кабеля при различных методиках высокочастотной магнитотерапии

- В результате выделения тепла происходит равномерный локальный нагрев облучаемой ткани на 2-4 градуса на глубину 8-12 см, а также повышение температуры тела пациента на 0,3-0,9 градуса. Для этого вида магнитотерапии используется старое название — индуктотермия — наведение тепла.