



Физические основы РЧА

ПОРТНЯГИН ИВАН ВЛАДИМИРОВИЧ

Воздействие на ткань
посредством
переменного тока
сверхвысокой частоты

РАДИОЧАСТОТНАЯ АБЛЯЦИЯ

Область применения РЧА

- ▶ Катетерная абляция при нарушениях ритма - середина 80– х
- ▶ Абляция новообразований – начало 90-х
- ▶ Катетерная абляция почечных артерий при рефрактерной артериальной гипертензии 10-е годы нашего века

РЧА в лечении боли

1950ые

- Выпуск первого коммерческого РЧ-генератора (1952)
- Первый РЧ-электрод, осуществляющий мониторинг температуры
- Первый прибор для мониторинга сопротивления

1960ые

- Первый электрод для фасеточной денервации, в сотрудничестве с Dr. Shealy
- Первый электрод для применения при тригеминальной невралгии, в сотрудничестве с Dr. Sweet
- Первый электрод для хордотомии, в сотрудничестве с Dr. Rosomoff

1970ые

- Первый электрод с термопарой для воздействия на срединный нерв, в сотрудничестве с Dr. Sluijter
- Первый изогнутый электрод для лечения тройничного нерва, в сотрудничестве с Dr. Tew
- Первый электрод с термопарой для хордотомии, в сотрудничестве с Dr. Levin
- Первый DREZ-электрод, в сотрудничестве с Dr. Nashold

1980ые

- Первая процедура внутрисклового РЧ нагрева, в сотрудничестве с Dr. Sluijter
- Первый электрод для хордотомии под контролем КТ, в сотрудничестве с Dr. Kanpolat

1990ые

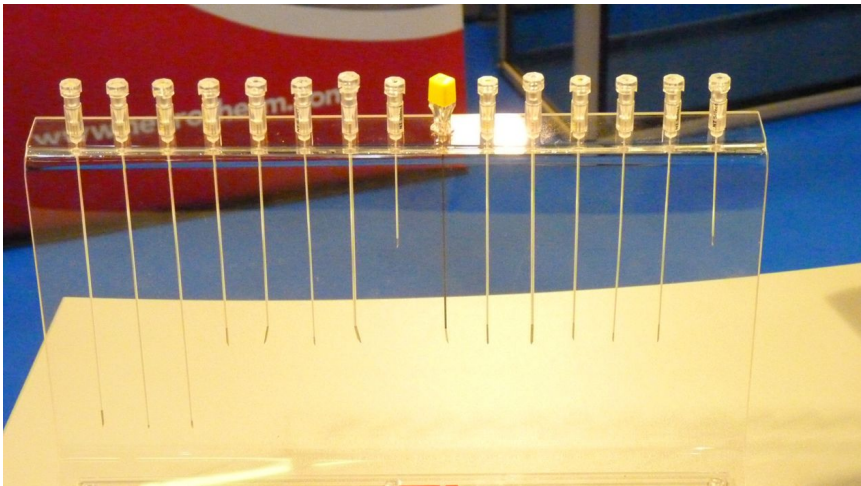
- Изобретение импульсного режима РЧ воздействия (ИРЧ), в сотрудничестве с Dr. Sluijter и др.
- Первый РЧ генератор с импульсным режимом, RFG-3C+
- Первый охлаждаемый РЧ электрод, в сотрудничестве с Dr. Goldberg



Требования к современным аппаратам

- Несколько рабочих каналов
- Суммарная мощность не менее 50 ватт
- Возможность одновременной работы нескольких биполярных электродов
- Наличие возможности проведения импульсной РЧА
- Возможность сенсорной и моторной стимуляции

Расходный материал

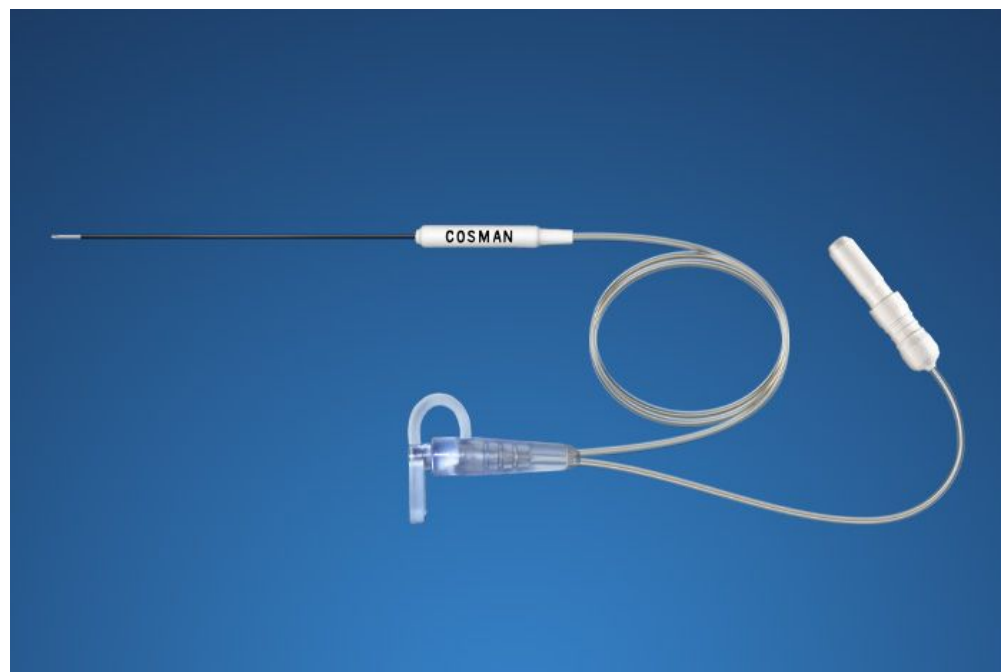
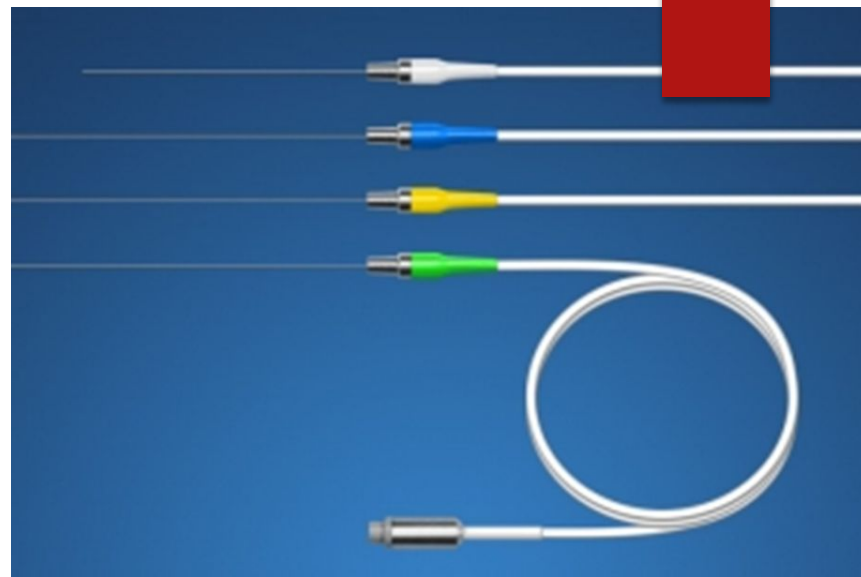


- ▶ Канюли:
- ▶ длина, диаметр,
- ▶ длина рабочего
- ▶ кончика,
- ▶ форма

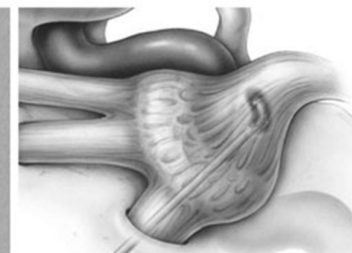
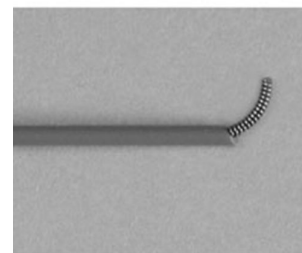
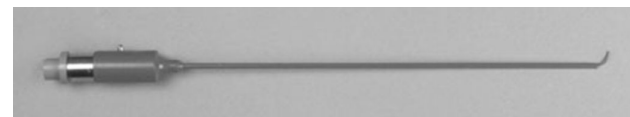
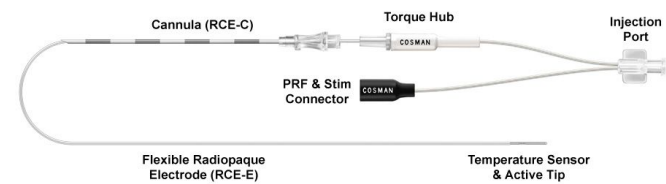
Расходный материал

Электроды:

- ▶ Материал
- ▶ Длина
- ▶ Многоразовые
- ▶ Одноразовые
- ▶ Инъекционные



Специальные электроды и наборы

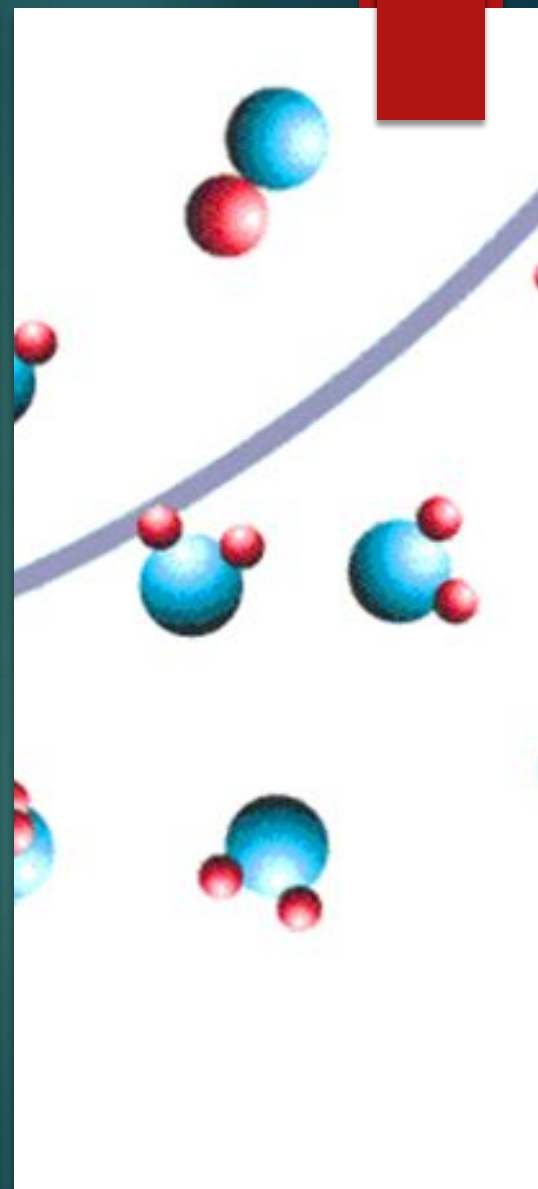


Режимы РЧА

- Стандартный (convenient) монополярный
- 1
- Стандартный (convenient) биполярный
- 2
- Импульсный (pulsed)
- 3
- Импульсный биполярный
- 4
- С охлаждением (cooled)
- 5

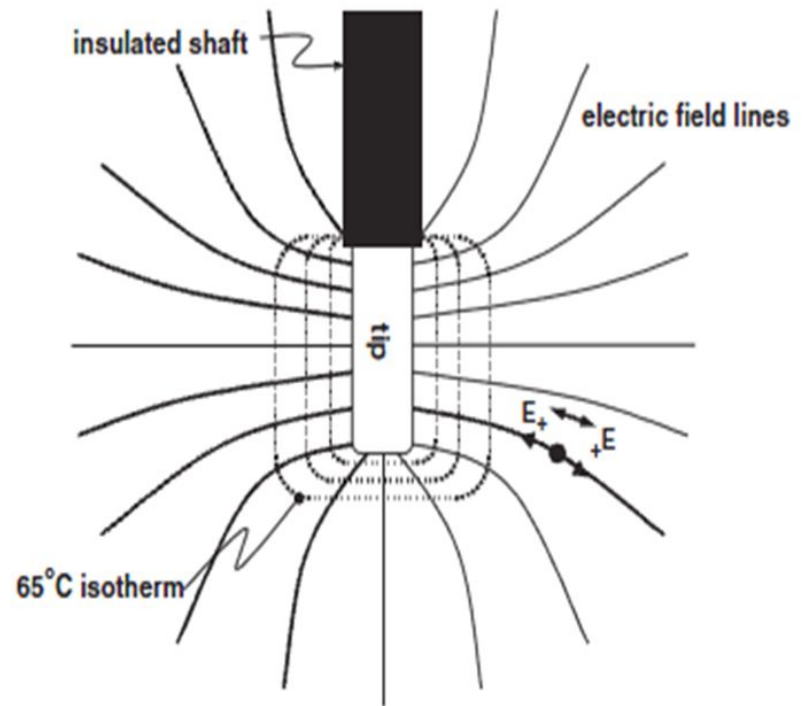
Механизм

- ▶ Генератор создает напряжение, изменяющееся с частотой 500 кГц
- ▶ Под действием электромагнитного поля ионы начинают осциллировать
- ▶ При движении ионов выделяется тепло, разогревающее ткани
- ▶ Тепло нагретой ткани разогревает электрод и расположенный в нем термодатчик



Неуправляемые факторы, влияющие на уровень нагрева ткани

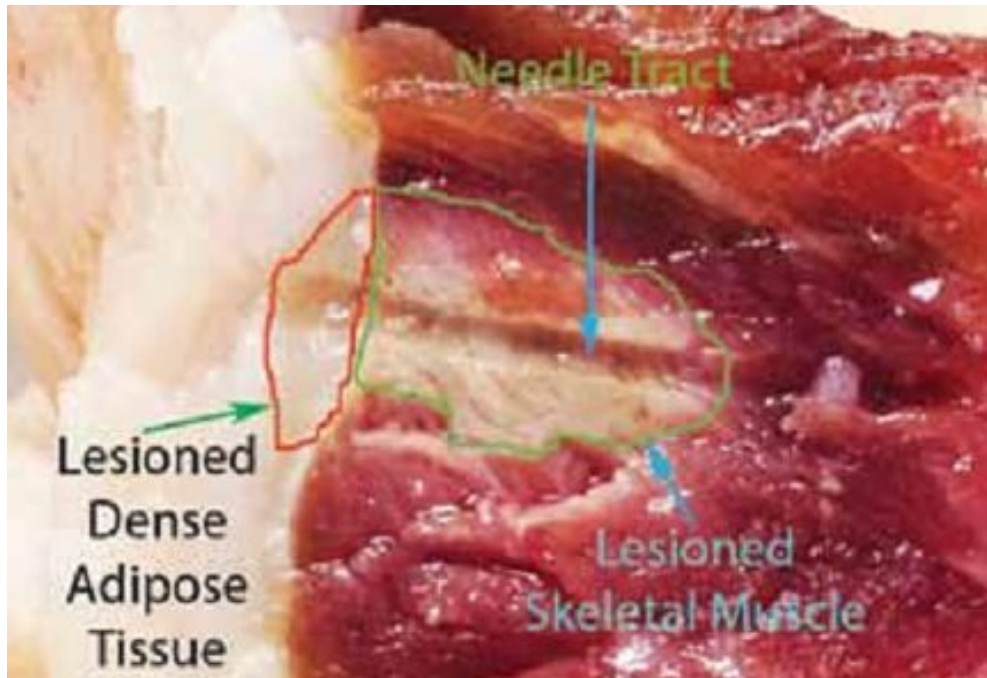
- ▶ Электрические свойства
 - ▶ Проводимость ткани (диэлектрический коэффициент)
 - ▶ Локальная плотность электрического поля
- ▶ Температурные свойства
 - ▶ Теплопроводность ткани
 - ▶ Характер кровоснабжения ткани



Электропроводность ткани

- ▶ Мышца
- ▶ Жир
- ▶ Кость

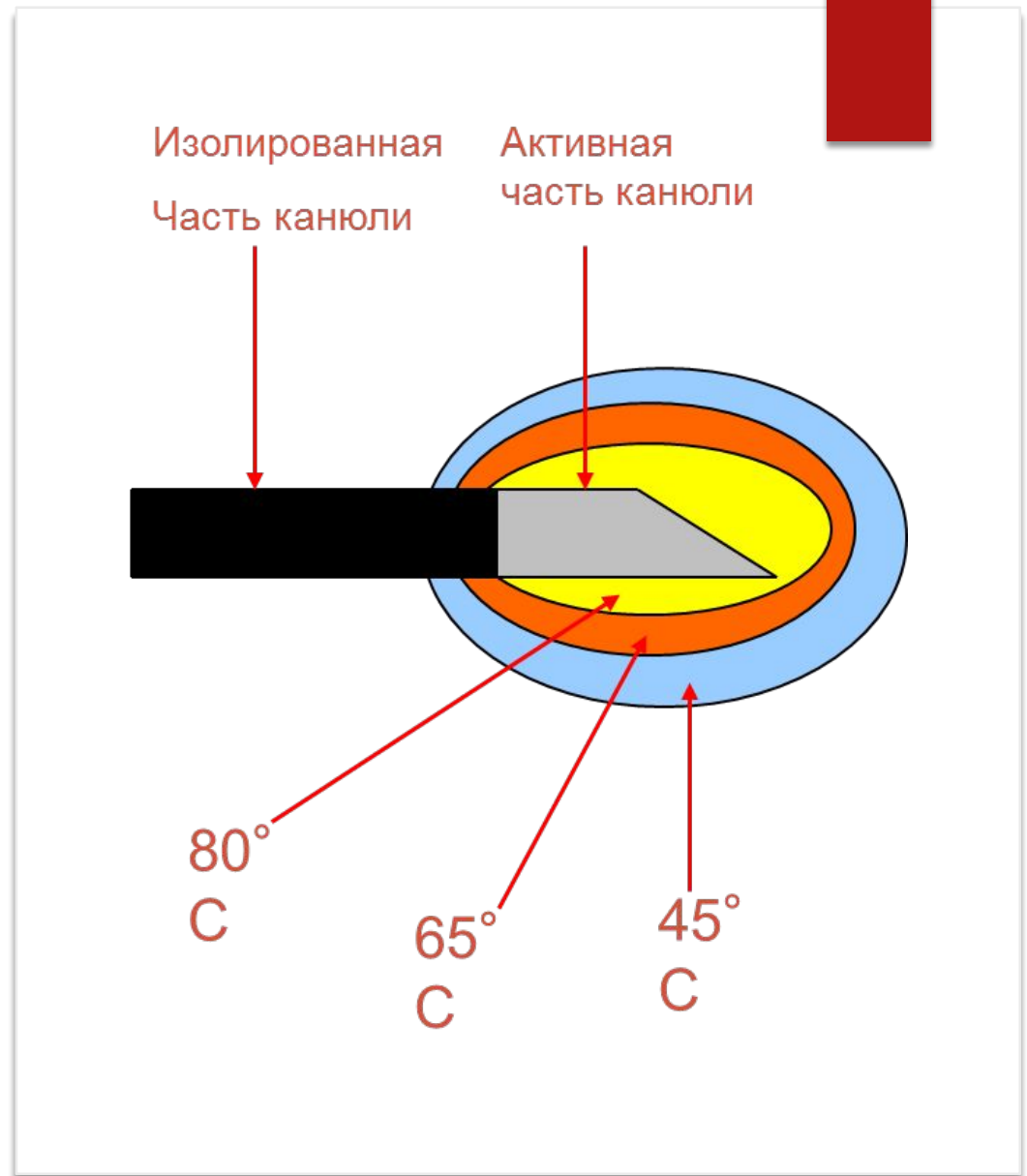
| Representative Tissue Conductivities | |
|--------------------------------------|-------------------------------|
| Tissue Type | Electrical conductivity (S/m) |
| Normal Liver | 0.36 |
| Liver Tumor | 0.45 |
| Myocardium | 0.54 |
| Fat | 0.10 |
| Bone | 0.03 |
| Blood | 0.70 |
| Vaporized Tissue | $\sim 1e-15$ |
| NaCl, 0.1% | 0.30 |
| NaCl, 0.2% | 1.00 |
| NaCl, 0.5% | 2.70 |
| NaCl, 1.0% | 4.50 |



При контакте с
несколькими
тканями
происходит
«шунтирование»
тока

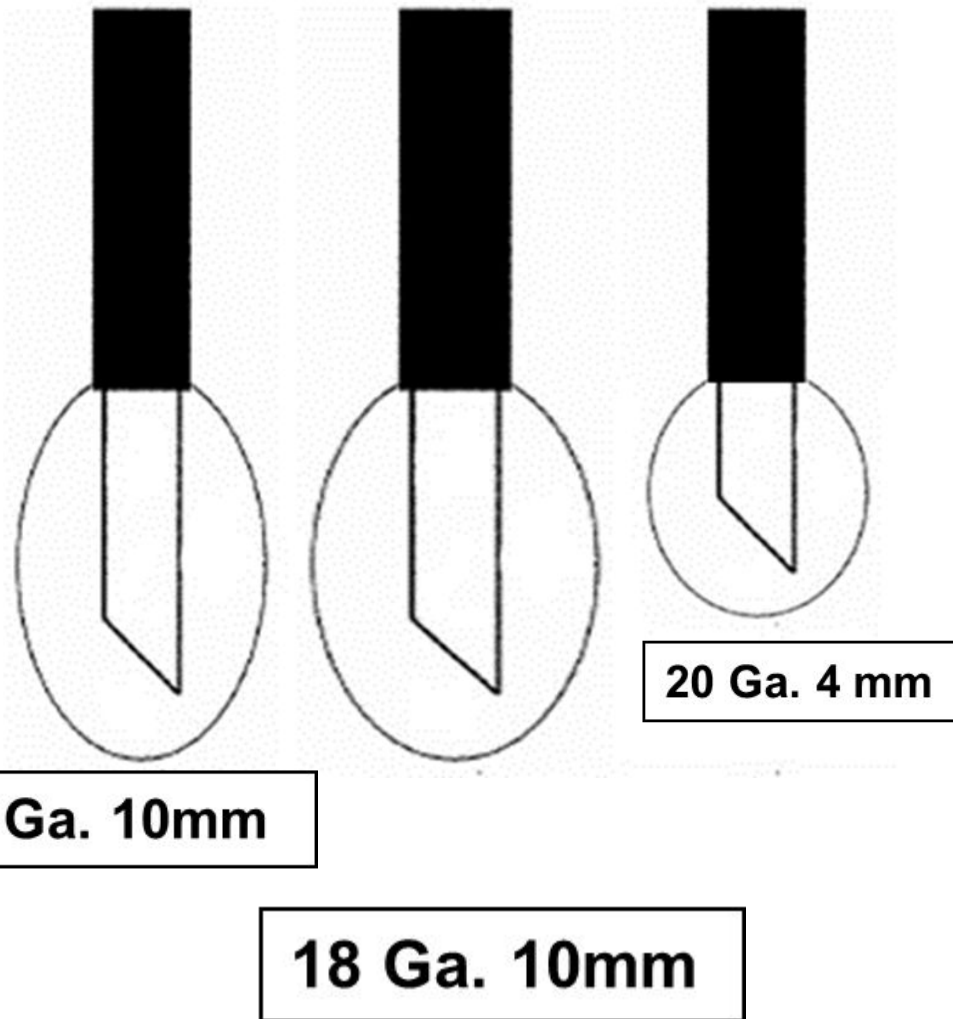
Распределение температуры ткани вокруг электрода

- ▶ Температура ткани снижается по мере увеличения радиуса
- ▶ Деструкция начинается при температуре от 45 градусов
- ▶ Зона повреждения окружена зоной пенумбры



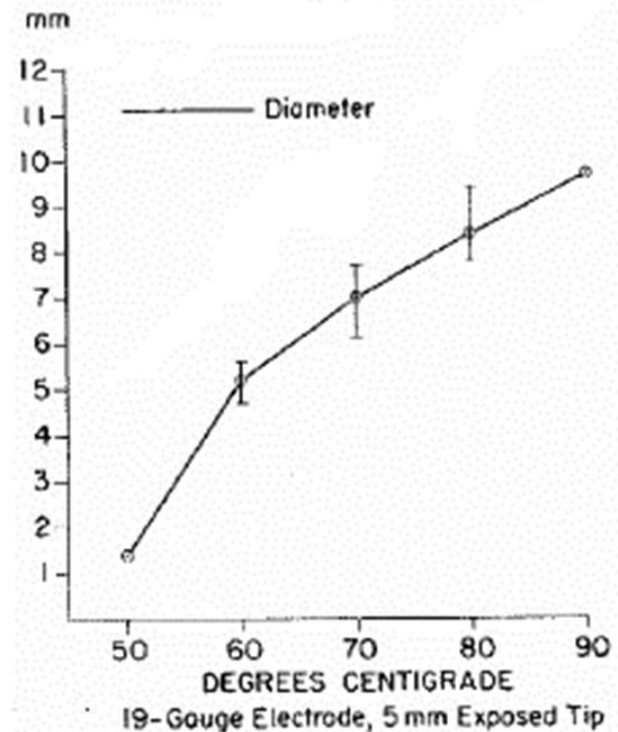
Управляемые факторы объема повреждения ткани

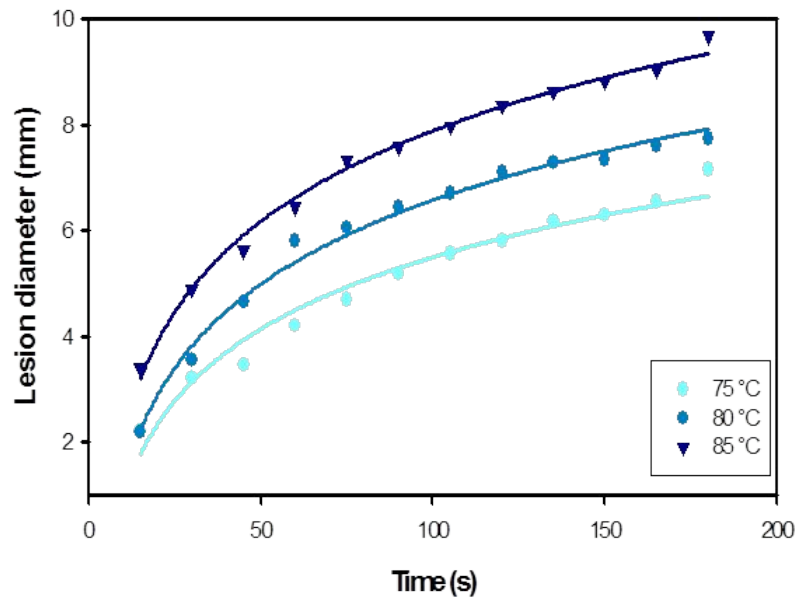
- ▶ Объем повреждения зависит от длины активной части электрода



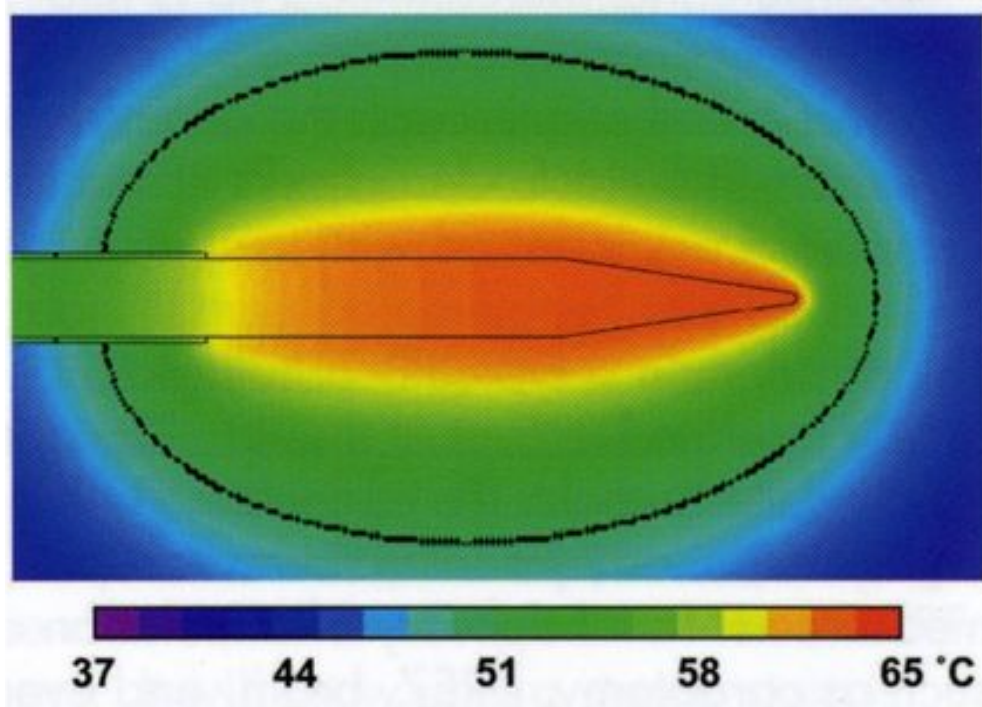
Управляемые факторы объема повреждения ткани

- ▶ Выбор целевой температуры:
- ▶ объем повреждения возрастает пропорционально установленной температуре в диапазоне от 50° до 90°





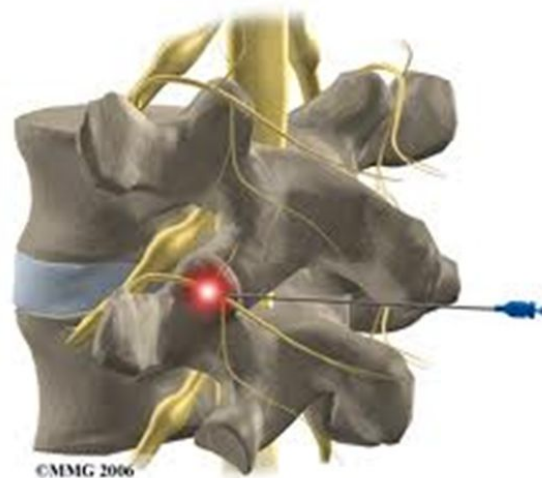
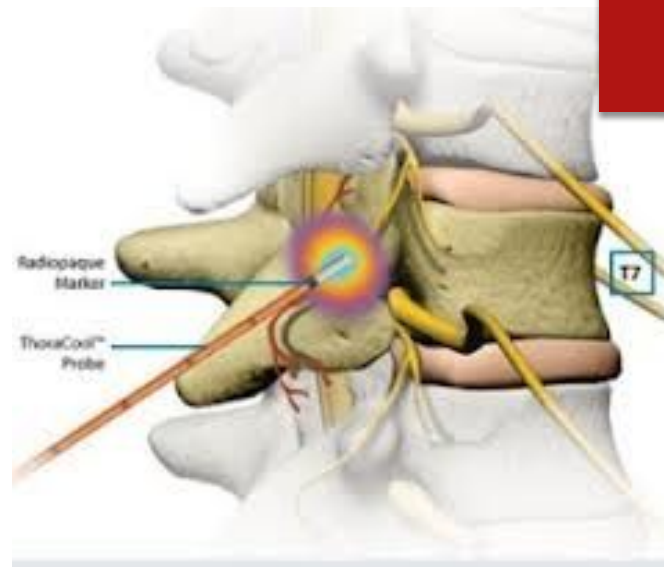
Управляемые
факторы
объема
повреждения
ткани
ЭКСПОЗИЦИЯ

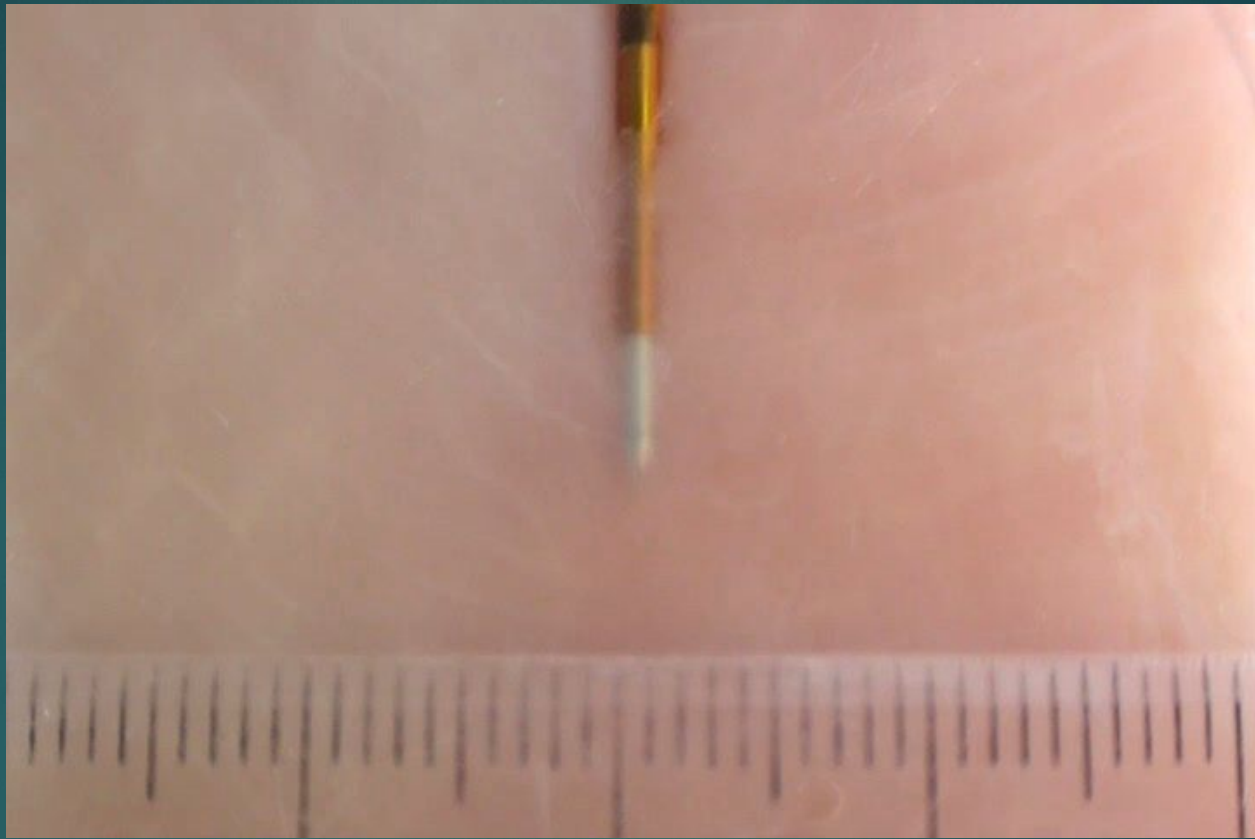


Управляемые
факторы
объема
повреждения
ТКАНИ

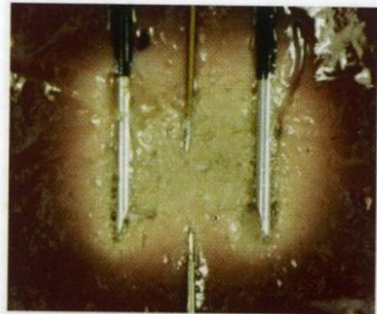
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ
ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА

- ▶ Важно
положение
иголки
относительно
цели

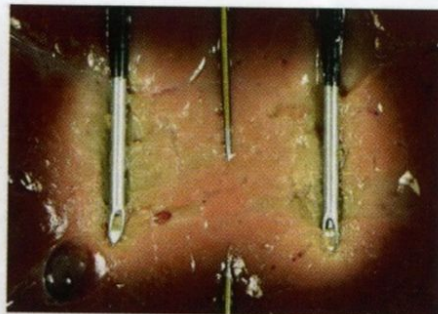




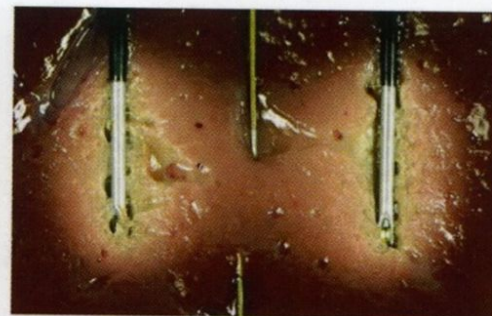
Spacing = 10 mm



12 mm

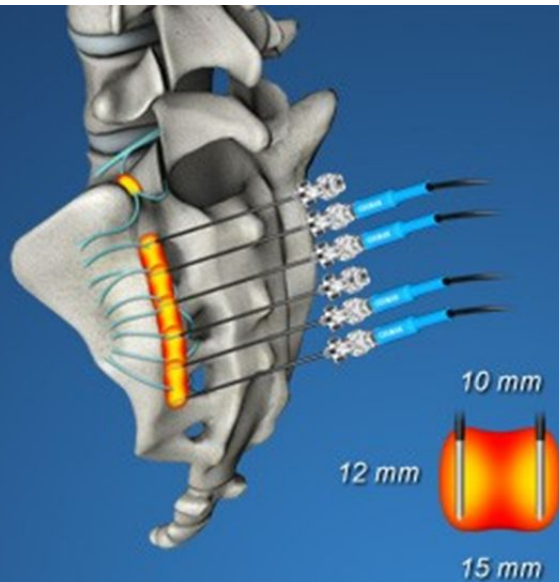


15 mm



10 mm

Биполярный режим



SIJ Pain Treatment: Faster,
Easier, More Complete

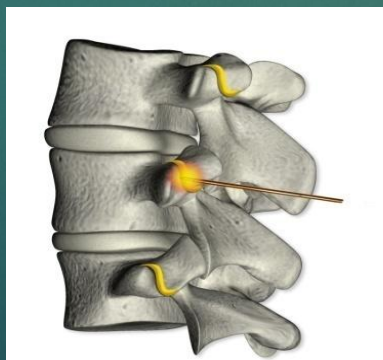
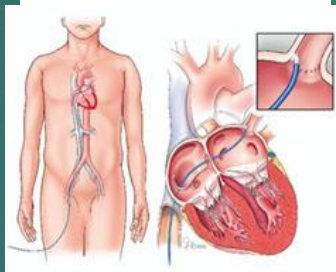
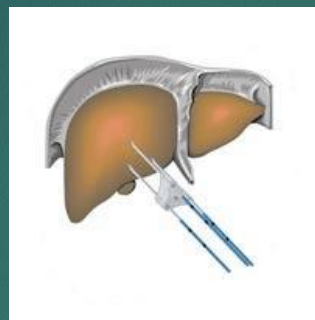
Palisade™ Kit

- Bipolar RF creates larger lesions than cooled RF*
- Create a more complete SIJ lesion zone*
- Smaller cannulae, Fewer placements, Lower Cost

* Cosman & Gonzalez. *Pain Practice* 2011; 11(1): 3-22.

Cosman: палисадная техника

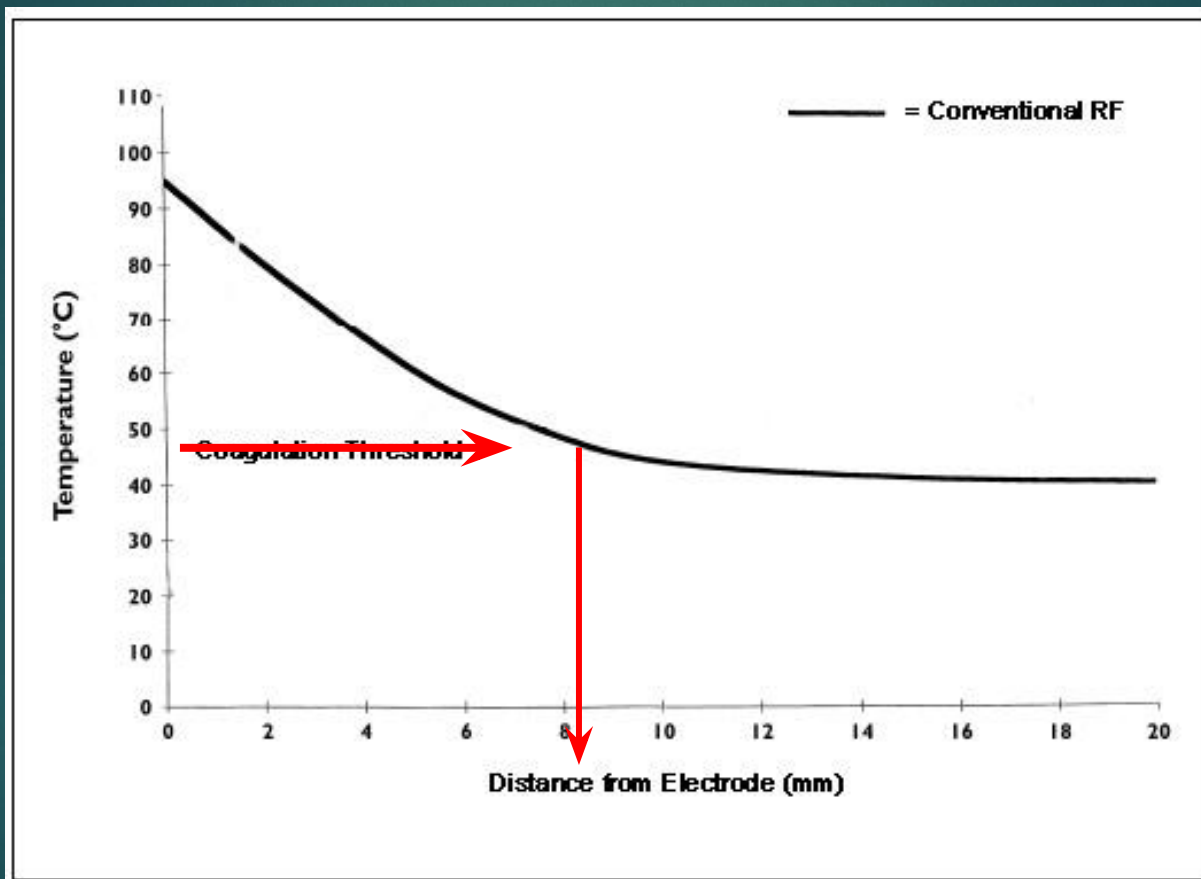
Охлаждаемые электроды

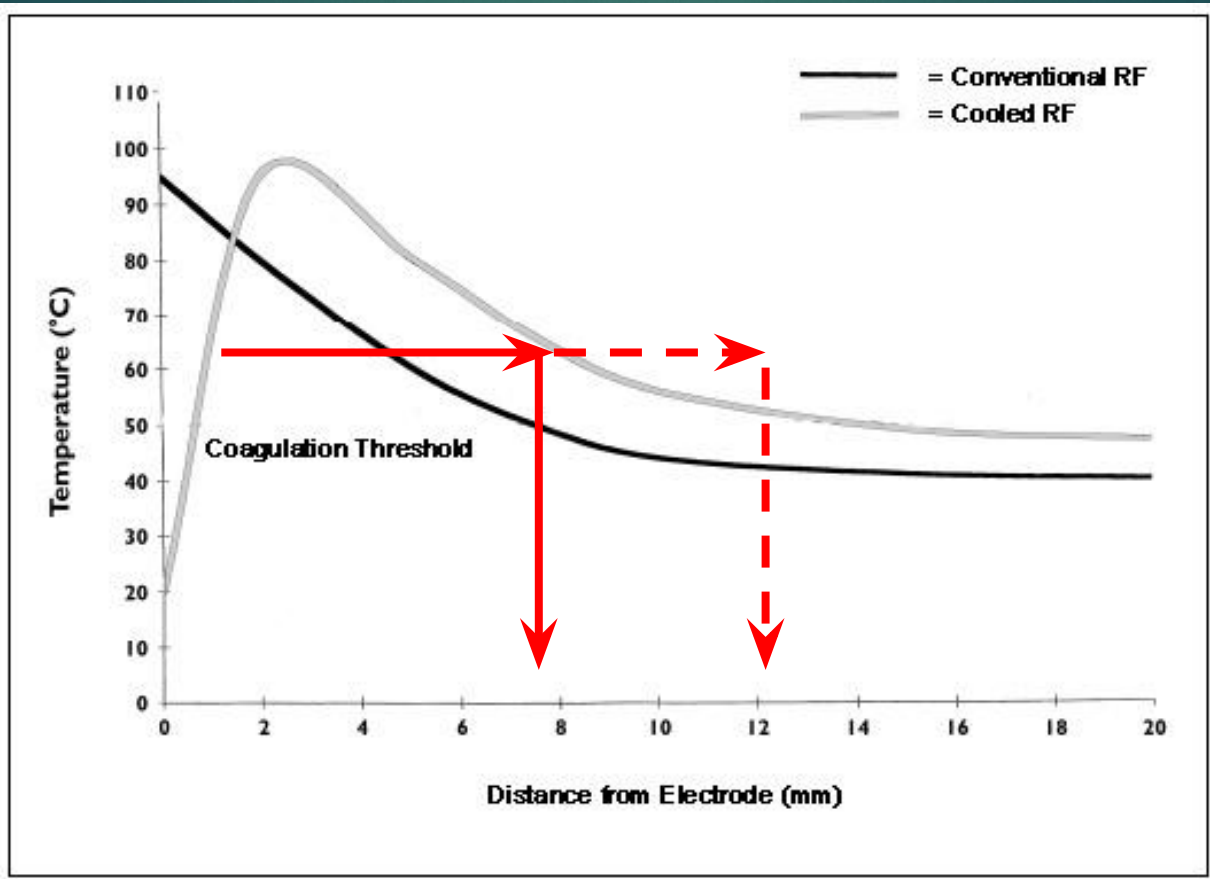


Охлаждаемые электроды

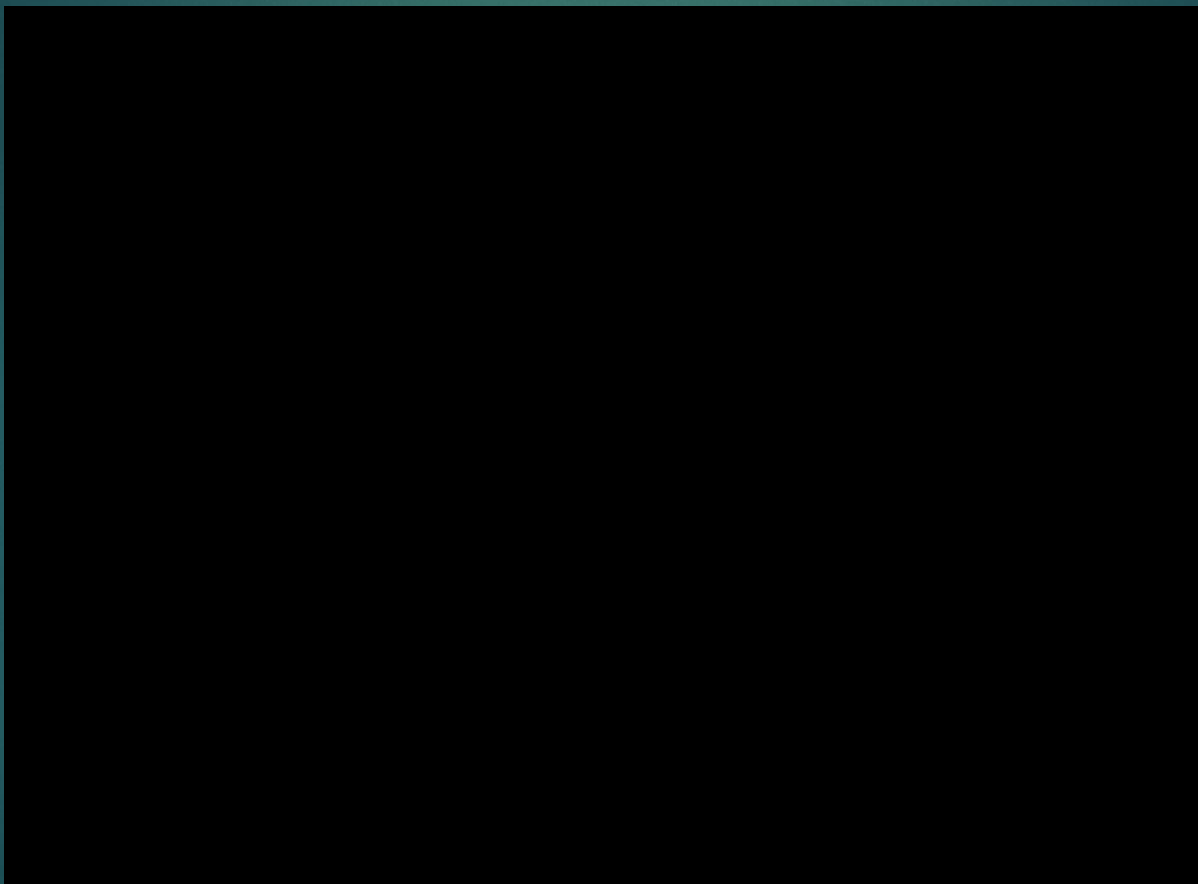


кривая распределения температуры вокруг стандартного электрода



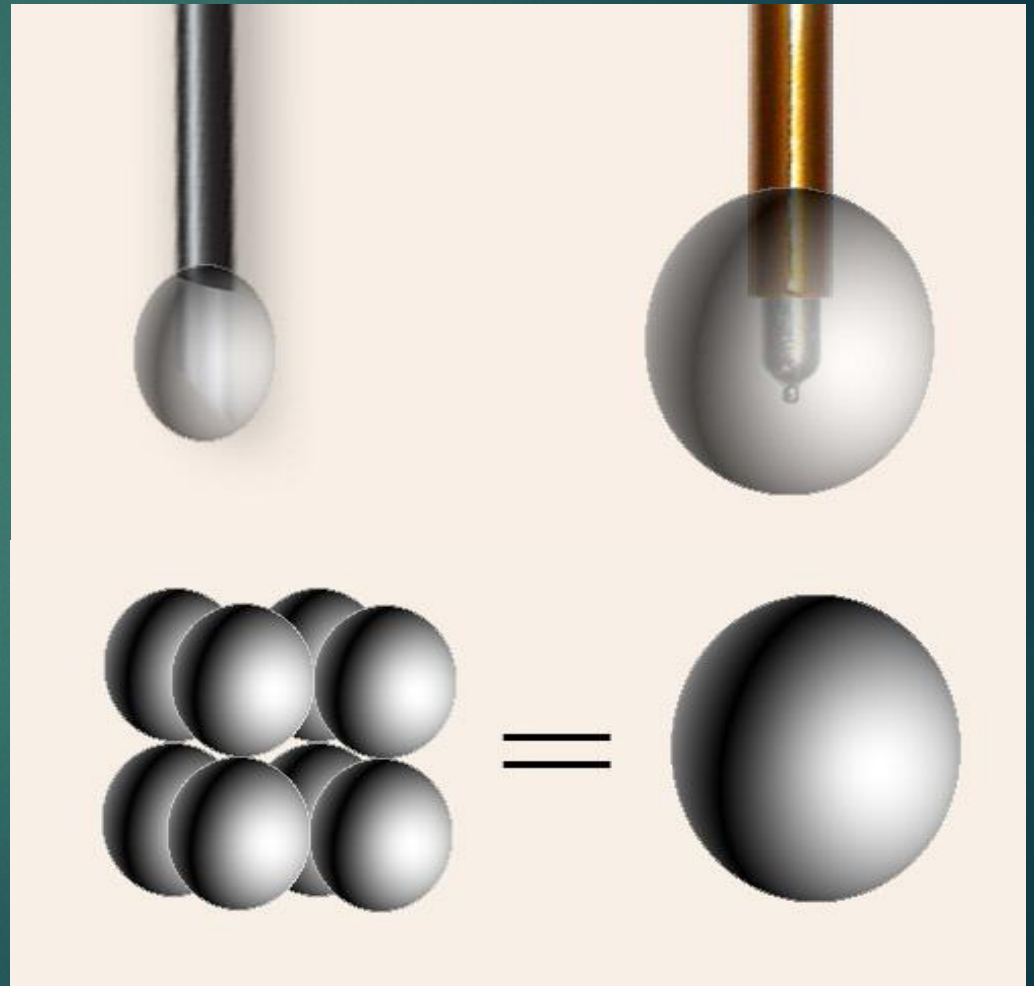


Охлаждение электрода

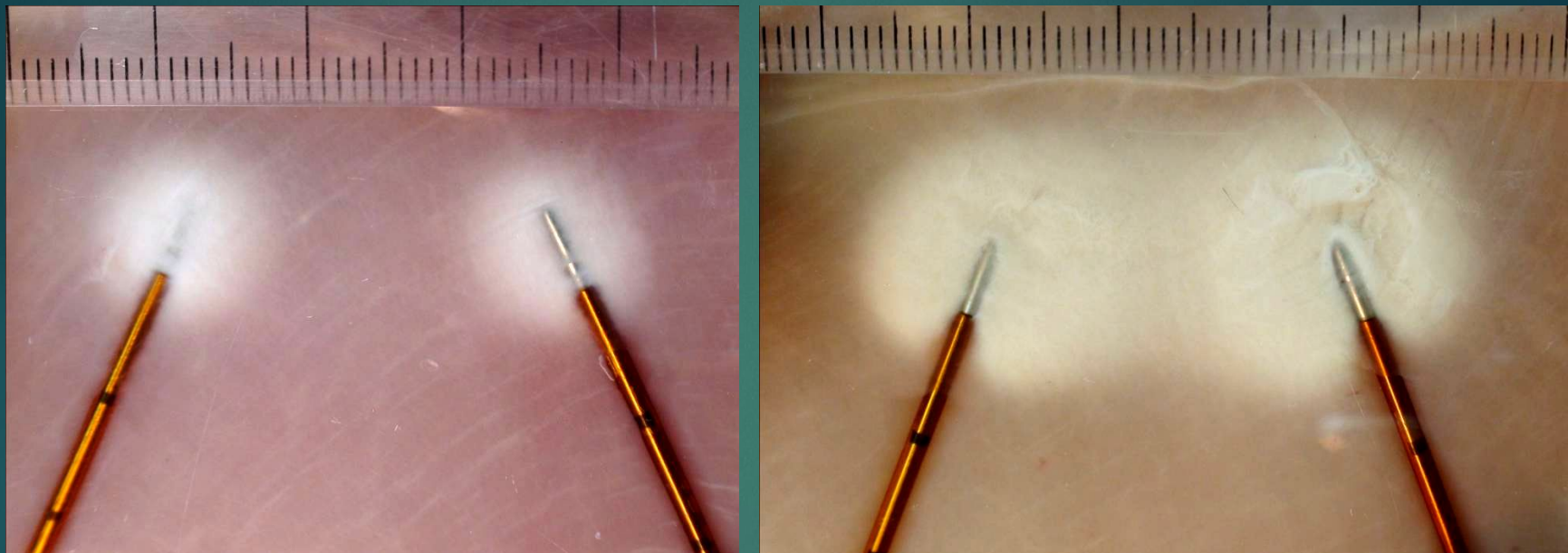


Чему равен объем шара?

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3$$



Биполярный режим, охлаждаемый электрод



Игла 22 G, активный кончик 6 мм, экспозиция 25 минут



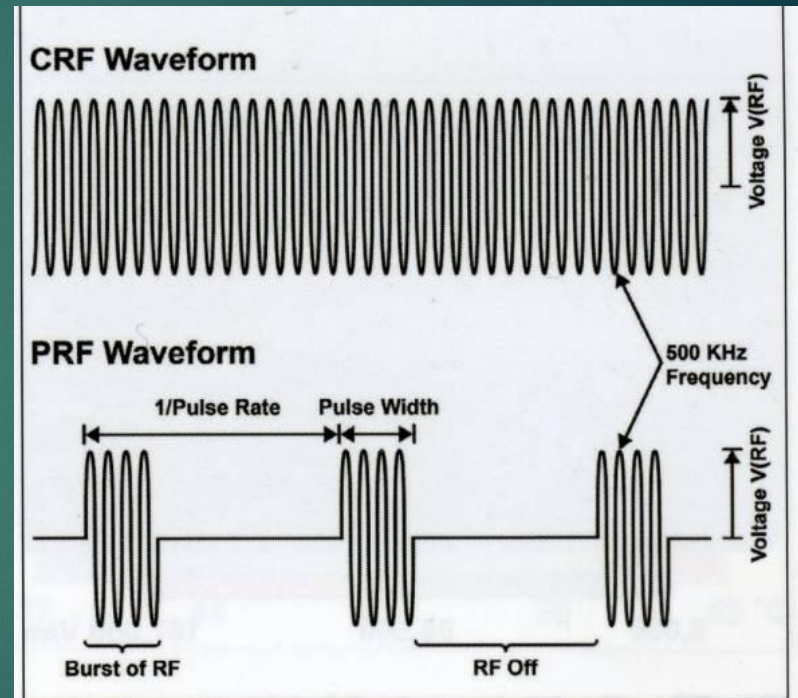
Стандартная



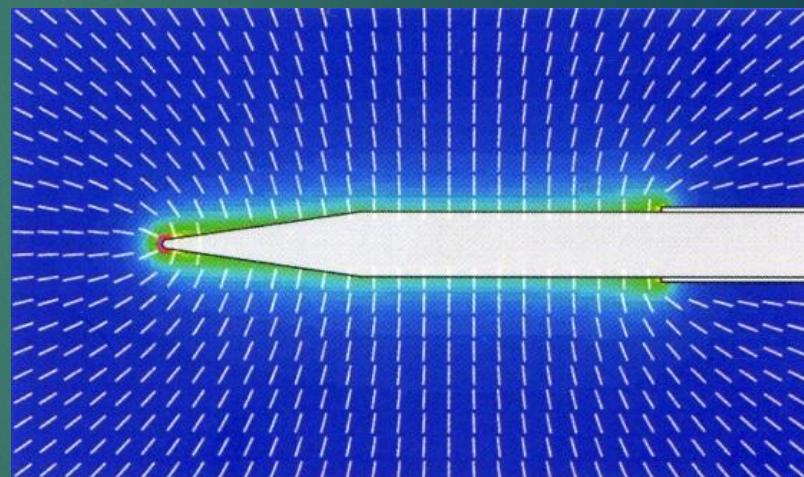
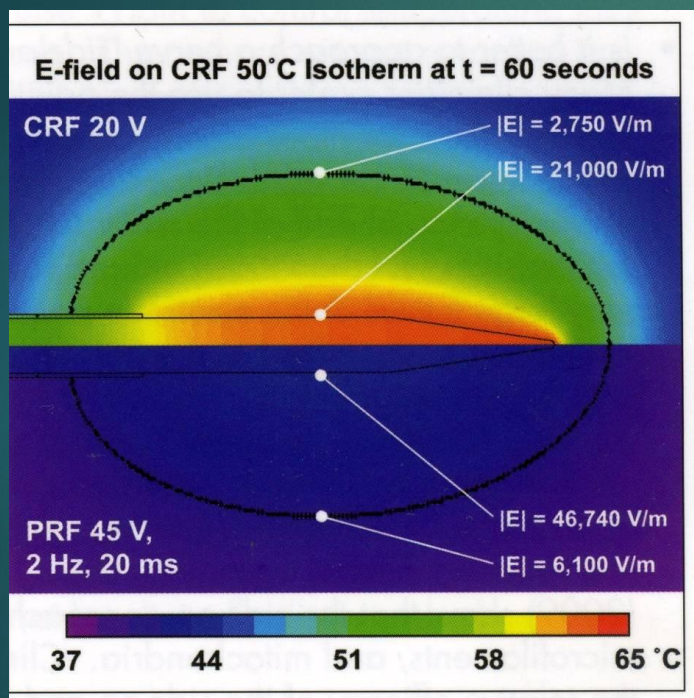
Импульсная

Импульсный (PULSED) РЕЖИМ

- ▶ Введен в практику в середине 90-х годов Косманом
- ▶ Генератор производит «пакеты» импульсов с частотой 500 кГц, длительностью 20 мсек и с интервалами 480 мсек
- ▶ Большие интервалы не позволяют ткани нагреваться выше 40-42 градусов



МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ ПРЧА ПОЛНОСТЬЮ НЕ ИЗВЕСТЕН



МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ импульсной РЧА ПОЛНОСТЬЮ НЕ ИЗВЕСТЕН

Эффект ИРЧА может быть
обусловлен

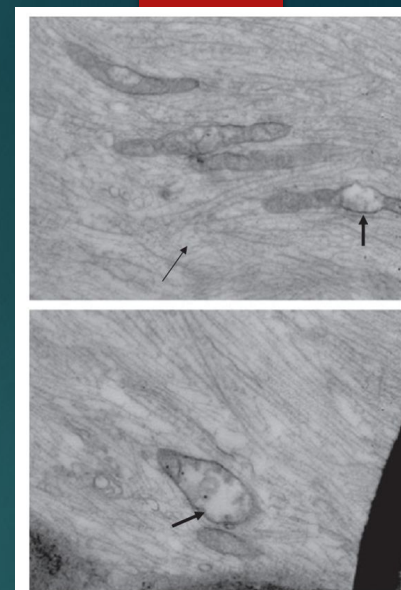
- ▶ действием сверхвысоких температур (hot flash) в районе острия электрода
- ▶ воздействием сверхнапряженных электрических полей на мембраны и ультраструктурные элементы клетки

ИРЧА вызывает повреждение клеточных микроструктур

ORIGINAL ARTICLE

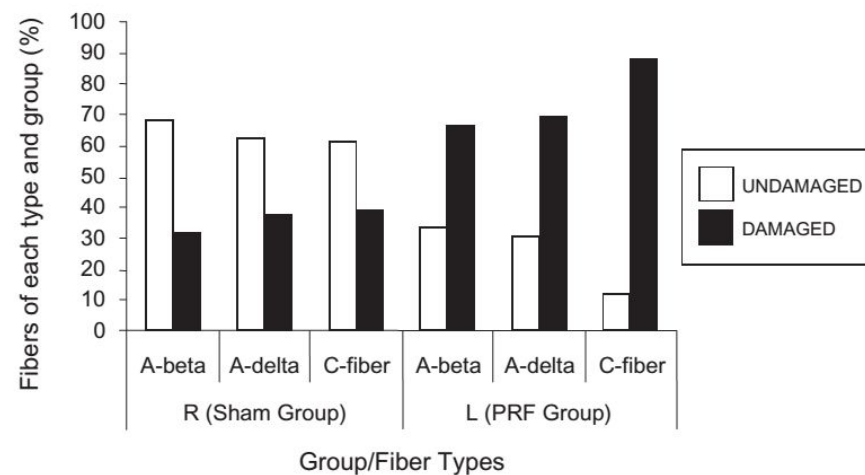
Ultrastructural Changes in Axons Following Exposure to Pulsed Radiofrequency Fields

Serdar Erdine, MD*; Ayhan Bilir, MD†; Eric R. Cosman Sr., PhD‡;
Eric R. Cosman Jr., PhD¶

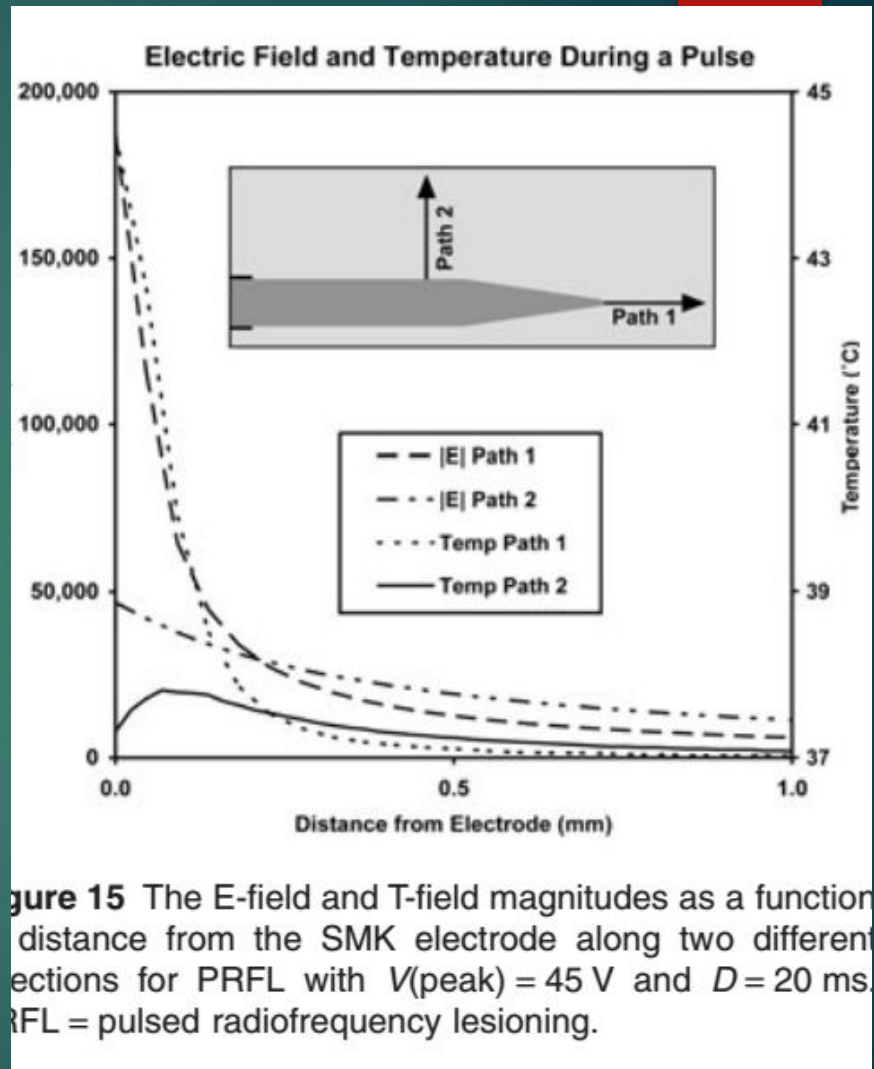


Pain Practice, Volume 9, Issue 6, 2009 407-417

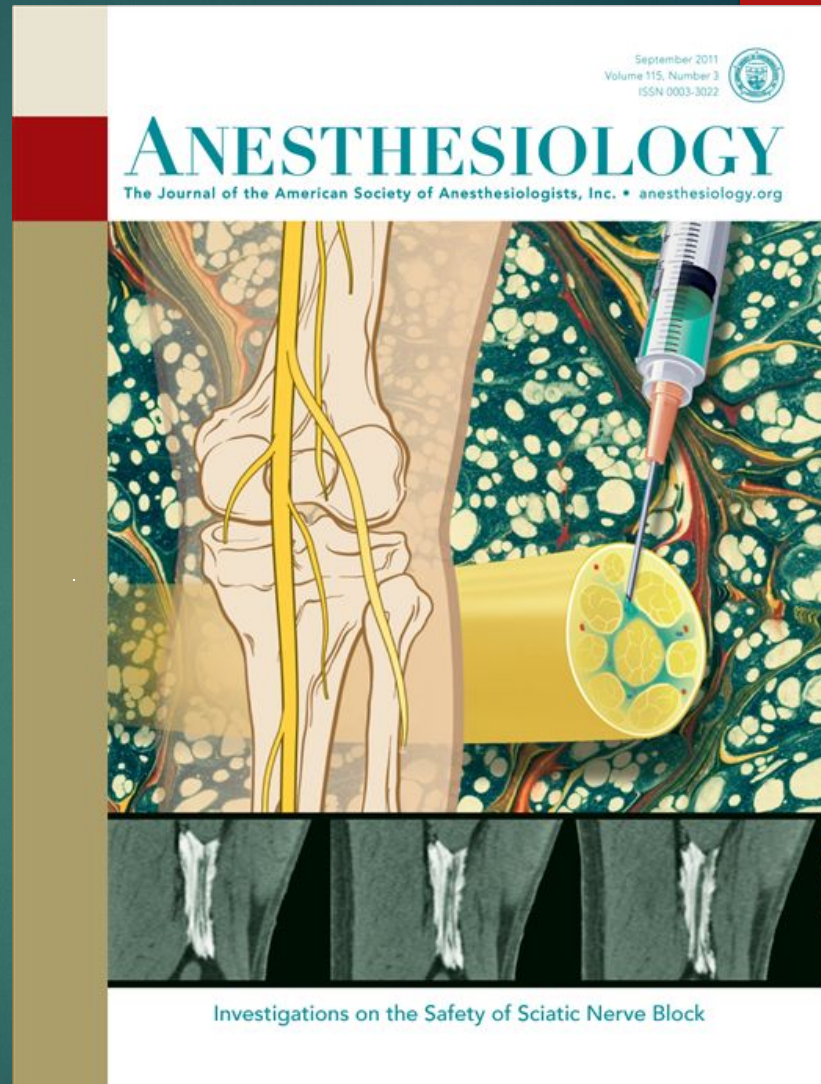
It is found that the internal ultrastructural components of the axons show microscopic damage after PRF exposure, including: **abnormal membranes and morphology of mitochondria, and disruption and disorganization of microfilaments and microtubules.** The damage appears to be more pronounced for C-fibers than for A-delta and A-beta fibers.



Напряженность
электрического
поля
драматически
падает в
зависимости от
расстояния от
электрода



Как
располагать
электрод
относительно
нерва?



Высоковольтная ИРЧ

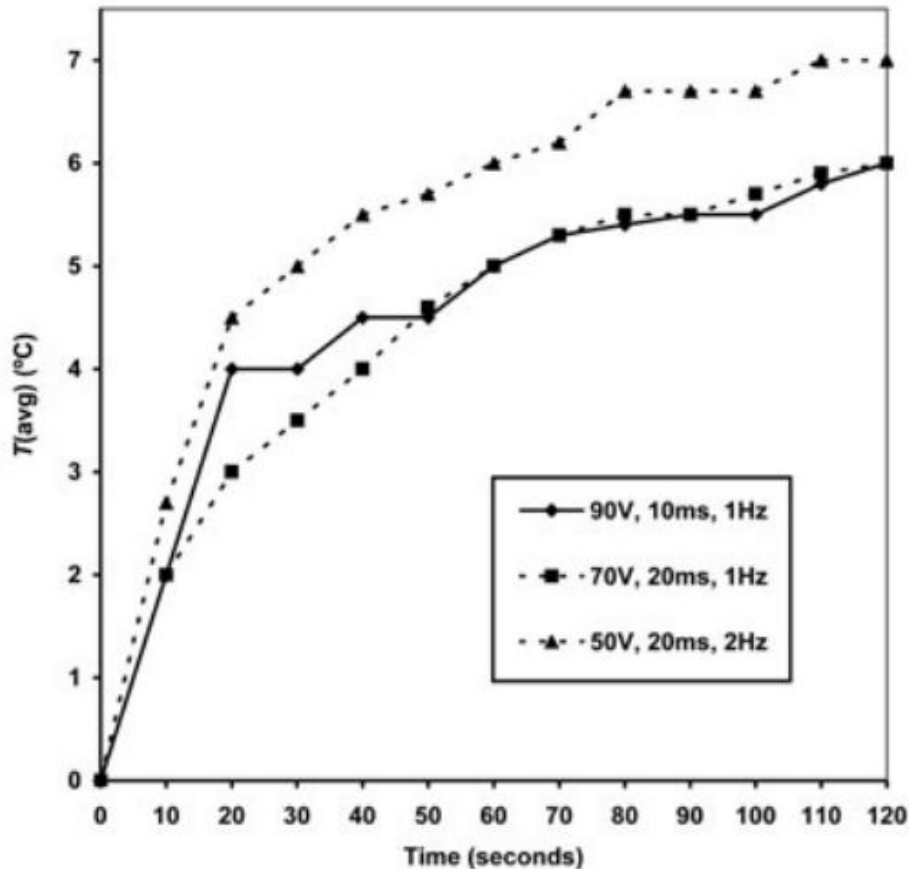
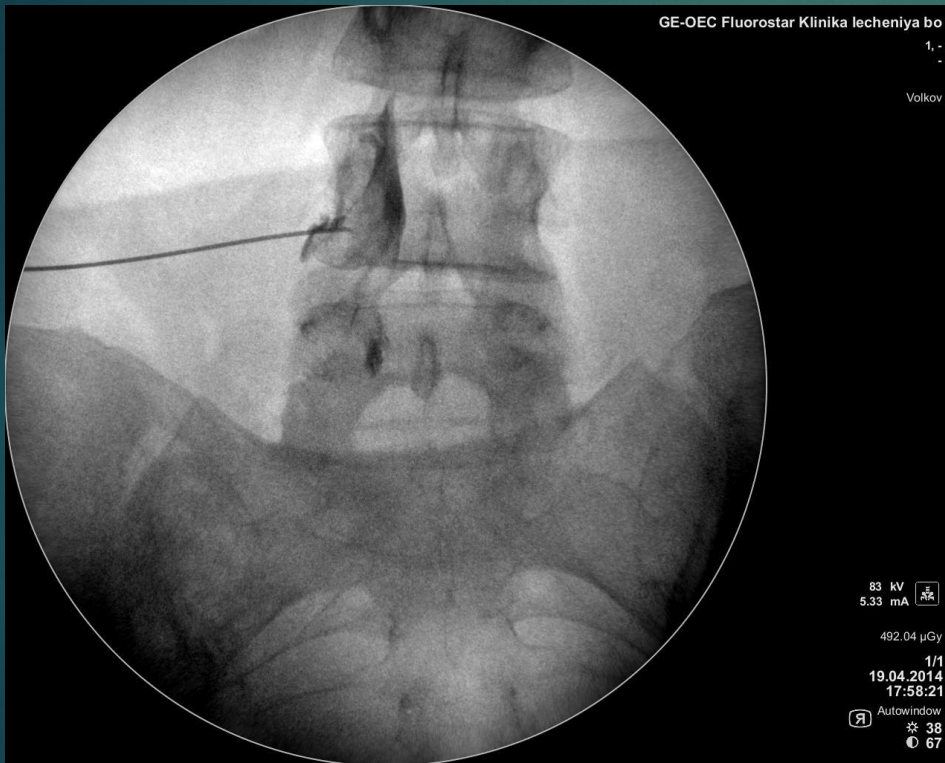


Figure 9 Average temperature versus time measurements for fixed PRFL $V(\text{peak})$ settings using the SMK-TC(10)-5 mm electrode in liver. PRFL = pulsed radiofrequency lesioning.

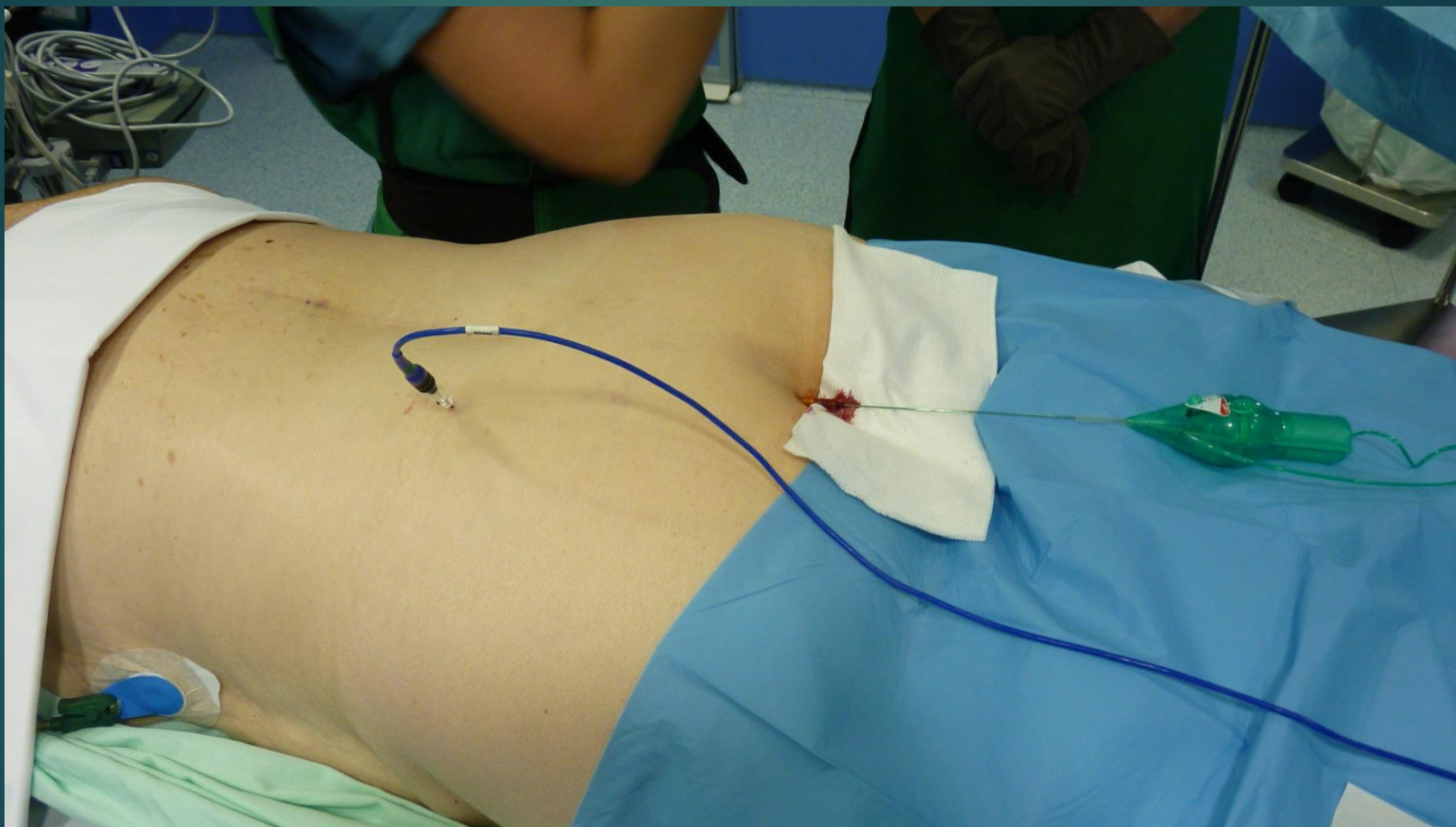


Интрафораминальное пространство: Дорзальный ганглий

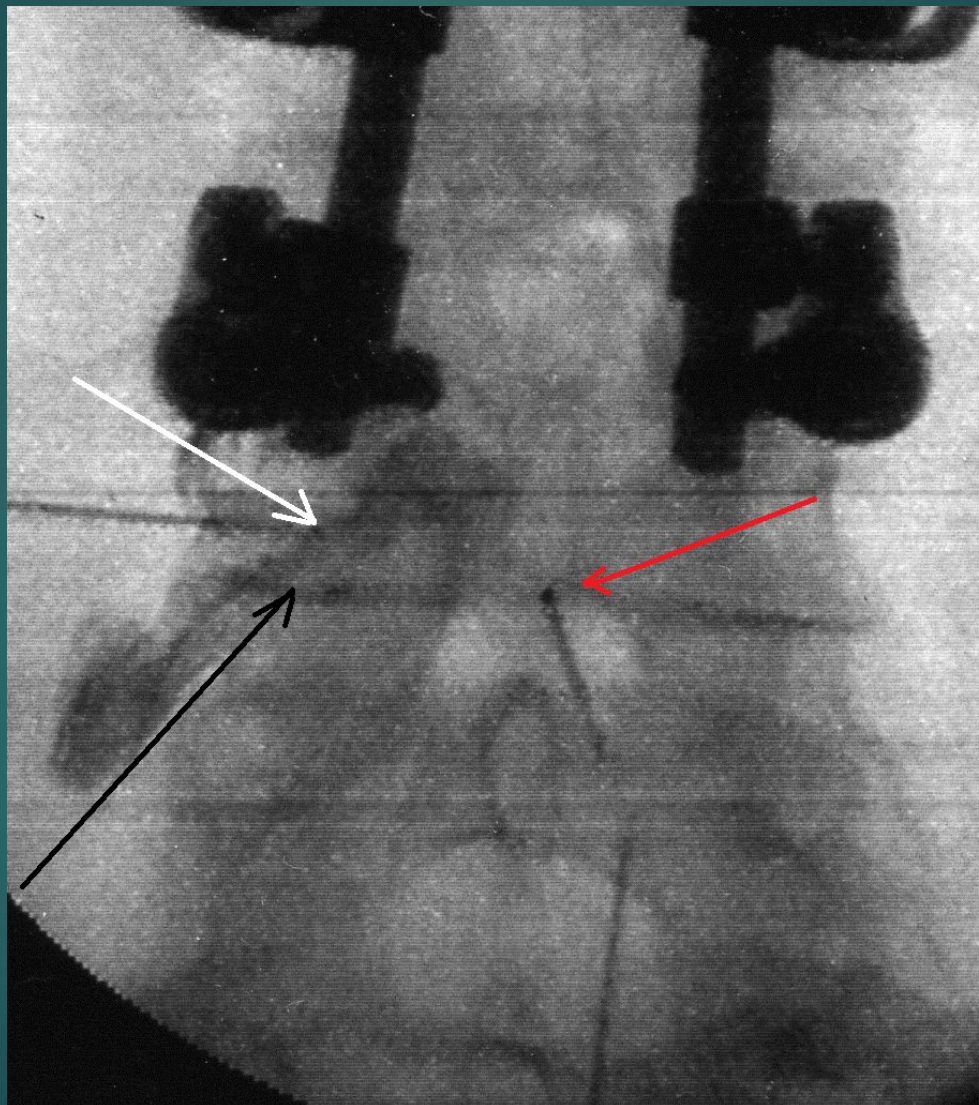


- ▶ Трансфораминальная лечебно-диагностическая блокада
- ▶ Трансфораминальная импульсная РЧ монополярная модуляция
- ▶ Биполярная импульсная РЧ модуляция

Биполярная импульсная ризотомия



Биполярная импульсная ризотомия

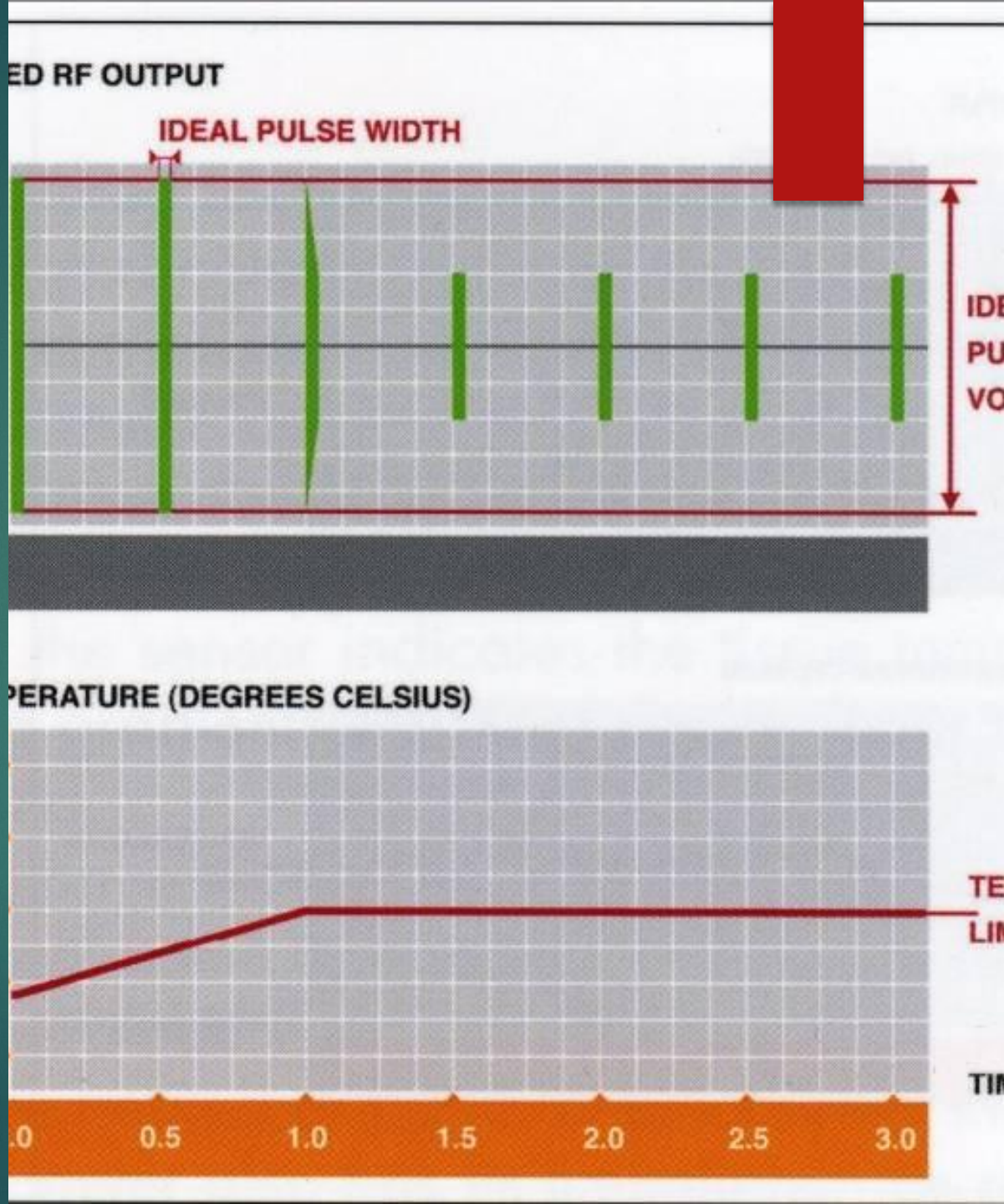


ИРЧА периферического нерва



АЛГОРИТМЫ КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ТКАНИ ПРИ ИМПУЛЬСНОЙ РЧА

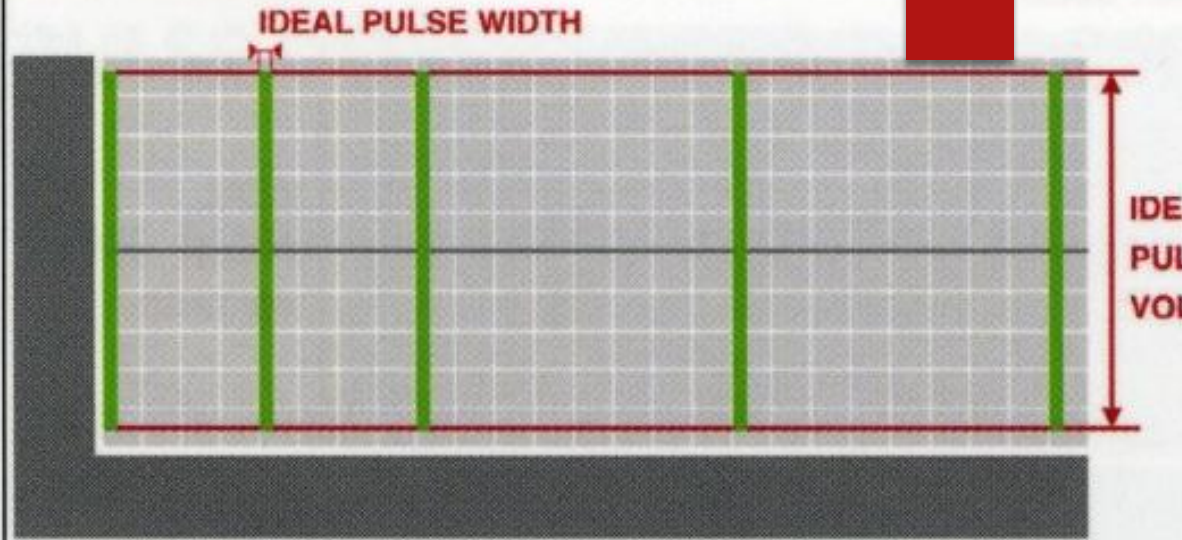
- ▶ Изменение напряжения при постоянной частоте и ширине импульса



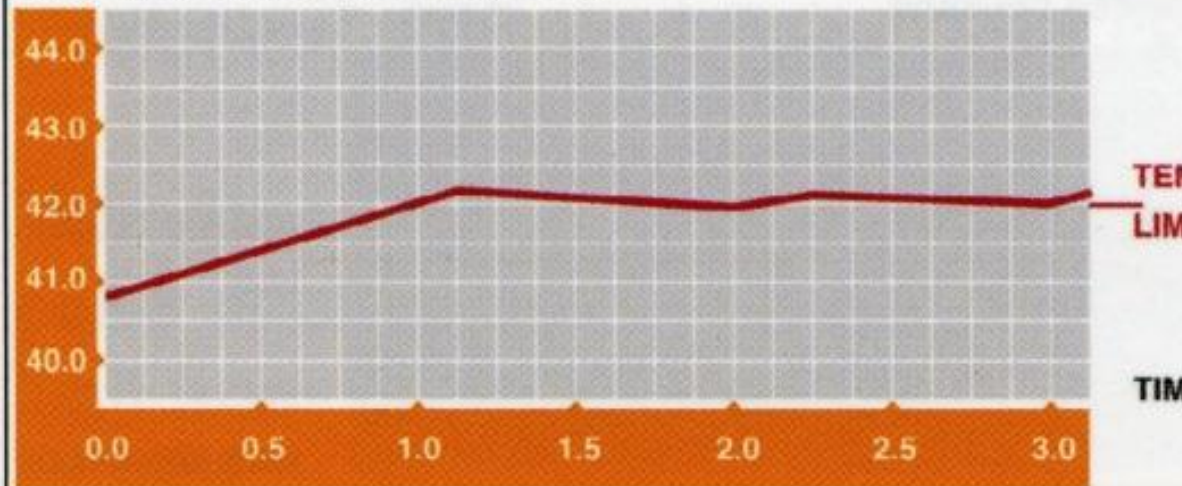
АЛГОРИТМЫ КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ТКАНИ ПРИ ИМПУЛЬСНОЙ РЧА

ПРОДОЛЖИТЕЛЬ
НОСТЬ И
НАПРЯЖЕНИЕ –
CONST,
ВАРЬИРУЕТ
ЧАСТОТА
ИМПУЛЬСА И
ВРЕМЯ
ПРОЦЕДУРЫ

PULSED RF OUTPUT



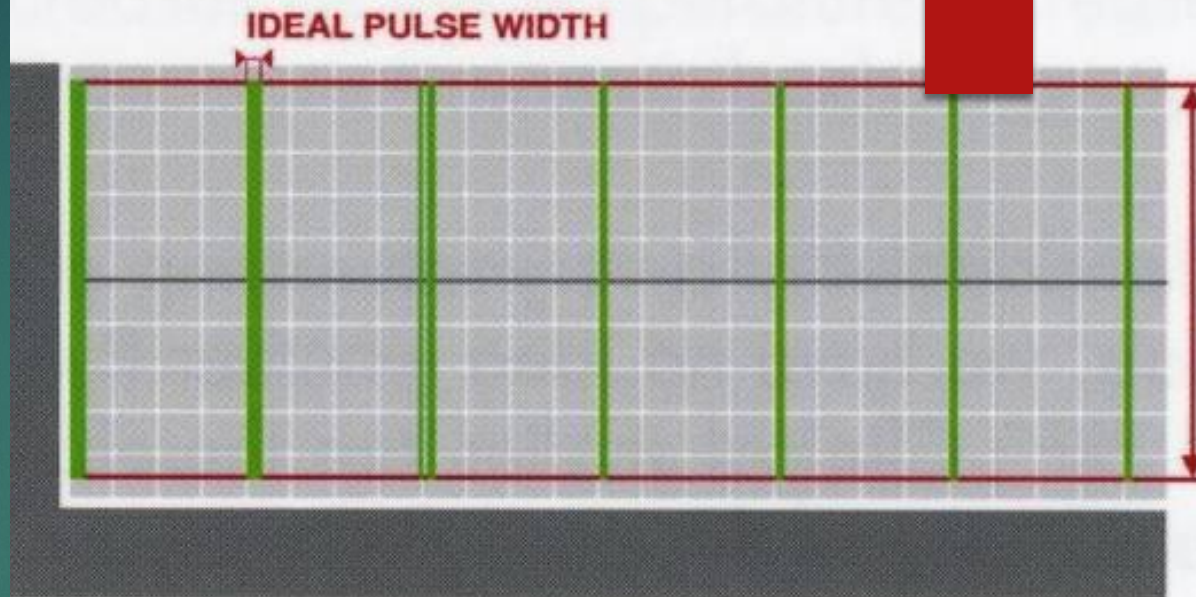
TEMPERATURE (DEGREES CELSIUS)



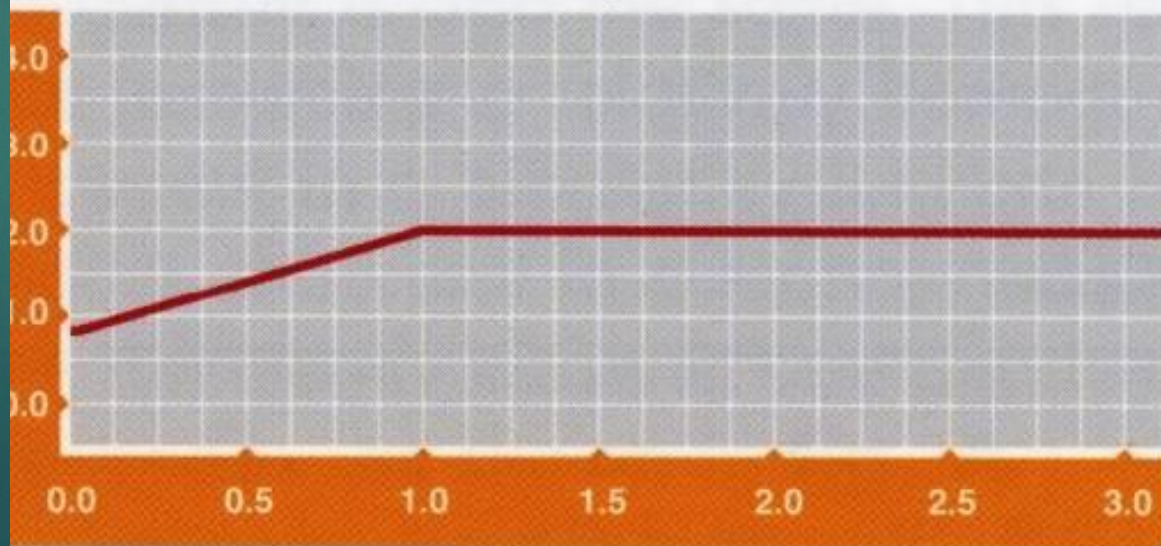
АЛГОРИТМЫ КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ТКАНИ ПРИ ИМПУЛЬСНОЙ РЧА

НАПРЯЖЕНИЕ И
ЧАСТОТА –
CONST,
ИЗМЕНЯЕТСЯ
ДЛИТЕЛЬНОСТЬ
ИМПУЛЬСА

PULSED RF OUTPUT



TEMPERATURE (DEGREES CELSIUS)





To be continued