



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

1990ые

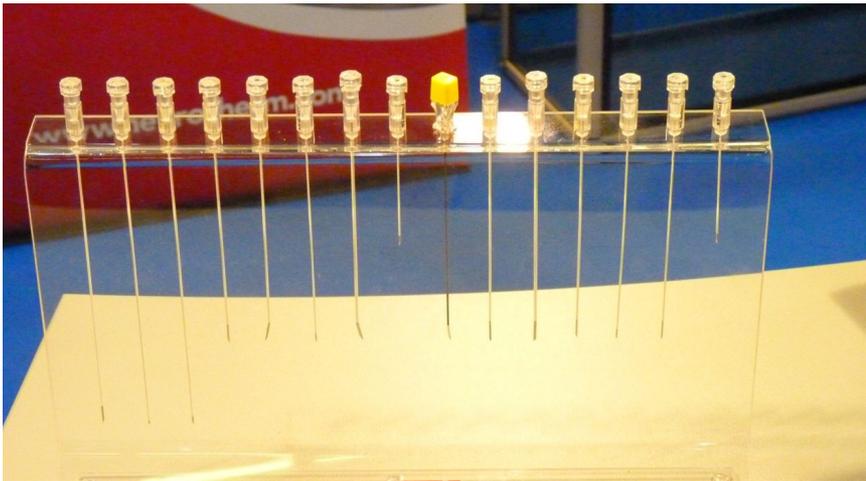
- Изобретение импульсного режима РЧ воздействия (ИРЧ), в сотрудничестве с Dr. Sluijter и др.
- Первый РЧ генератор с импульсным режимом, RFG-3C+
- Первый охлаждаемый РЧ электрод, в сотрудничестве с Dr. Goldberg



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

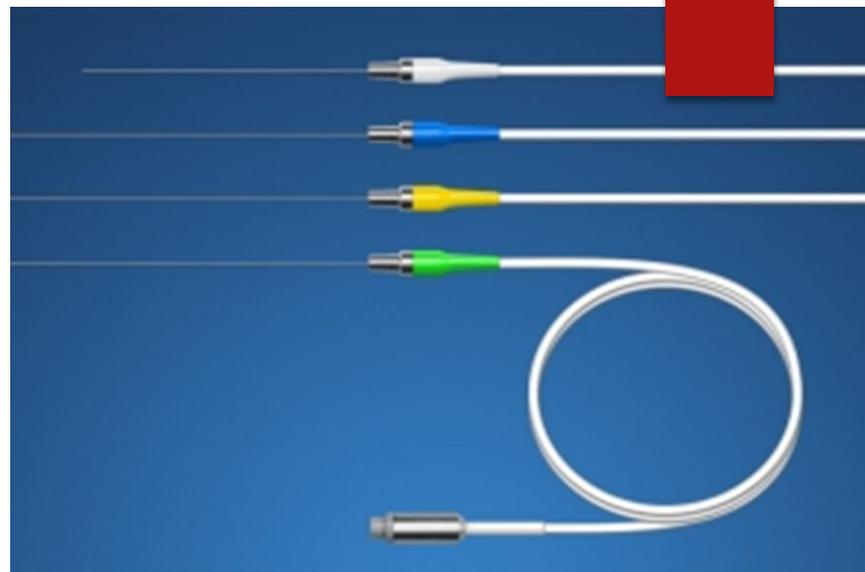


- ▶ Канюли:
- ▶ длина, диаметр,
- ▶ длина рабочего
- ▶ кончика,
- ▶ форма

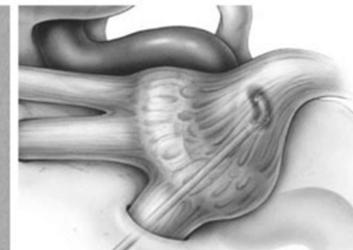
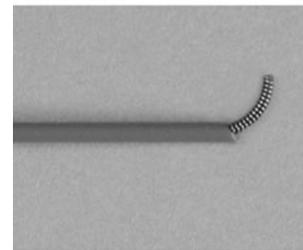
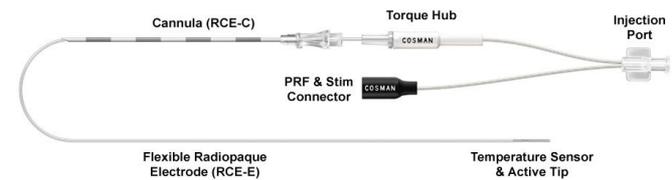
Расходный материал

Электроды:

- ▶ Материал
- ▶ Длина
- ▶ Многоходовые
- ▶ Одноходовые
- ▶ Инъекционные



Специальные электроды и наборы

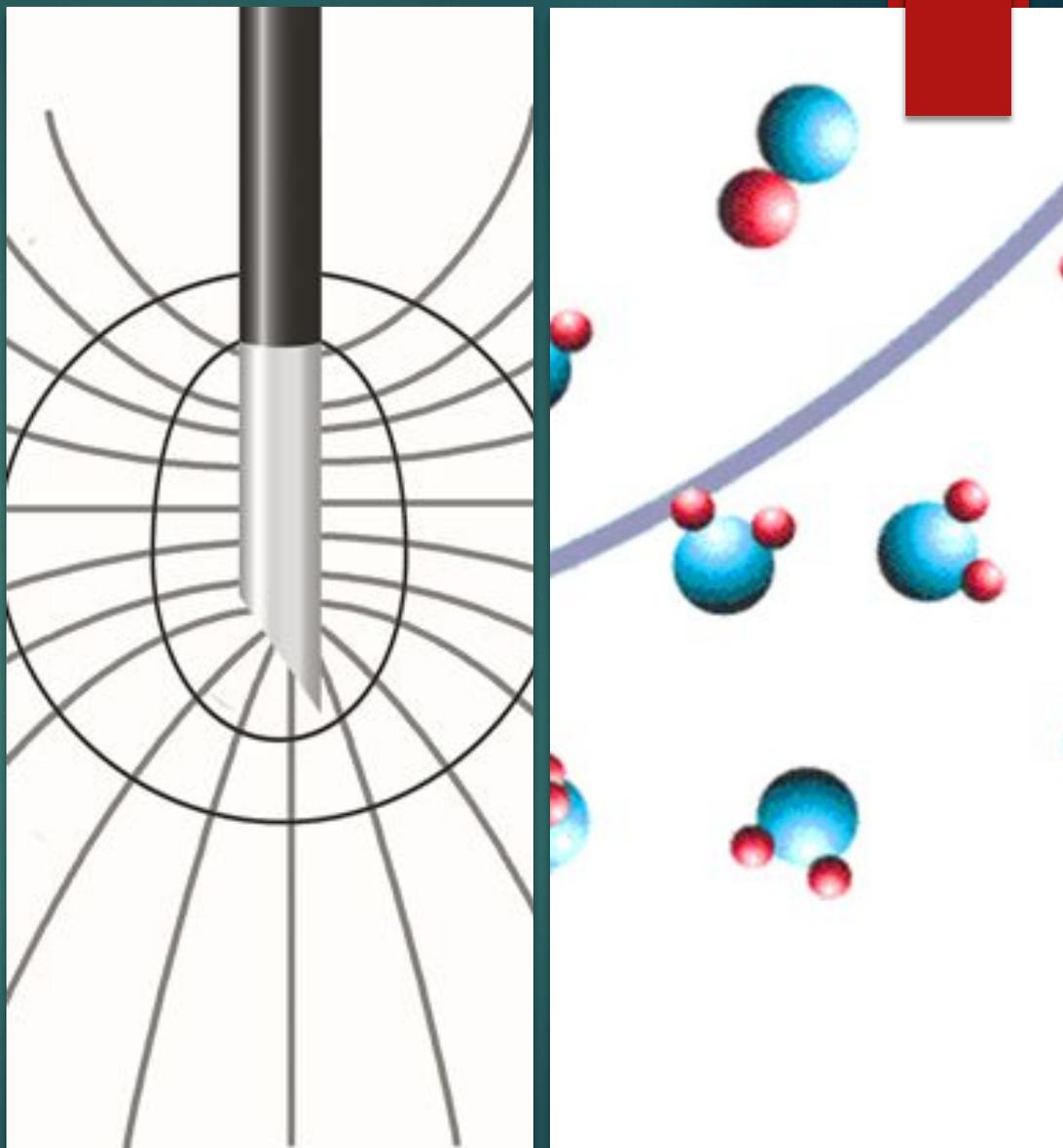


Режимы РЧА

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

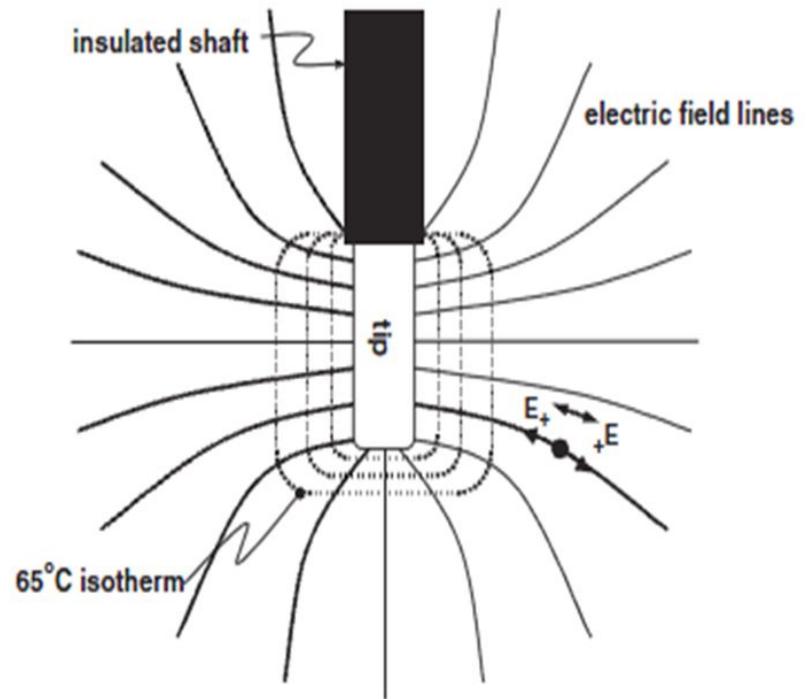
Механизм

- ▶ 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

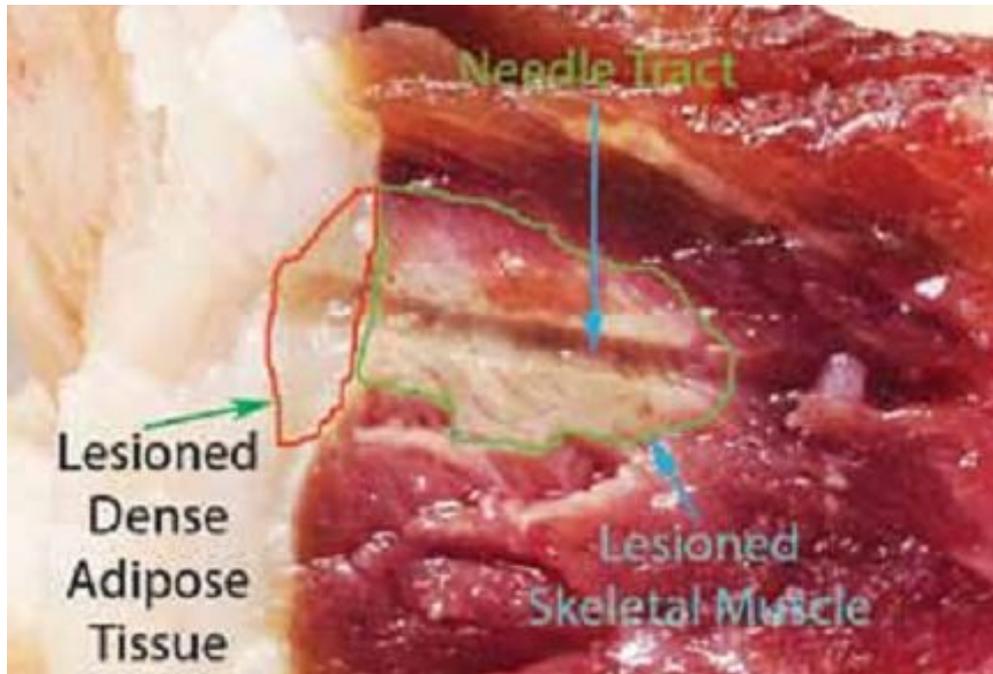
- ▶ Электрические свойства
 - ▶ Проводимость ткани (диэлектрический коэффициент)
 - ▶ Локальная плотность электрического поля
- ▶ Температурные свойства
 - ▶ Теплопроводность ткани
 - ▶ Характер кровоснабжения ткани



Электропроводность ткани

- ▶ Мышца
- ▶ Жир
- ▶ Кость

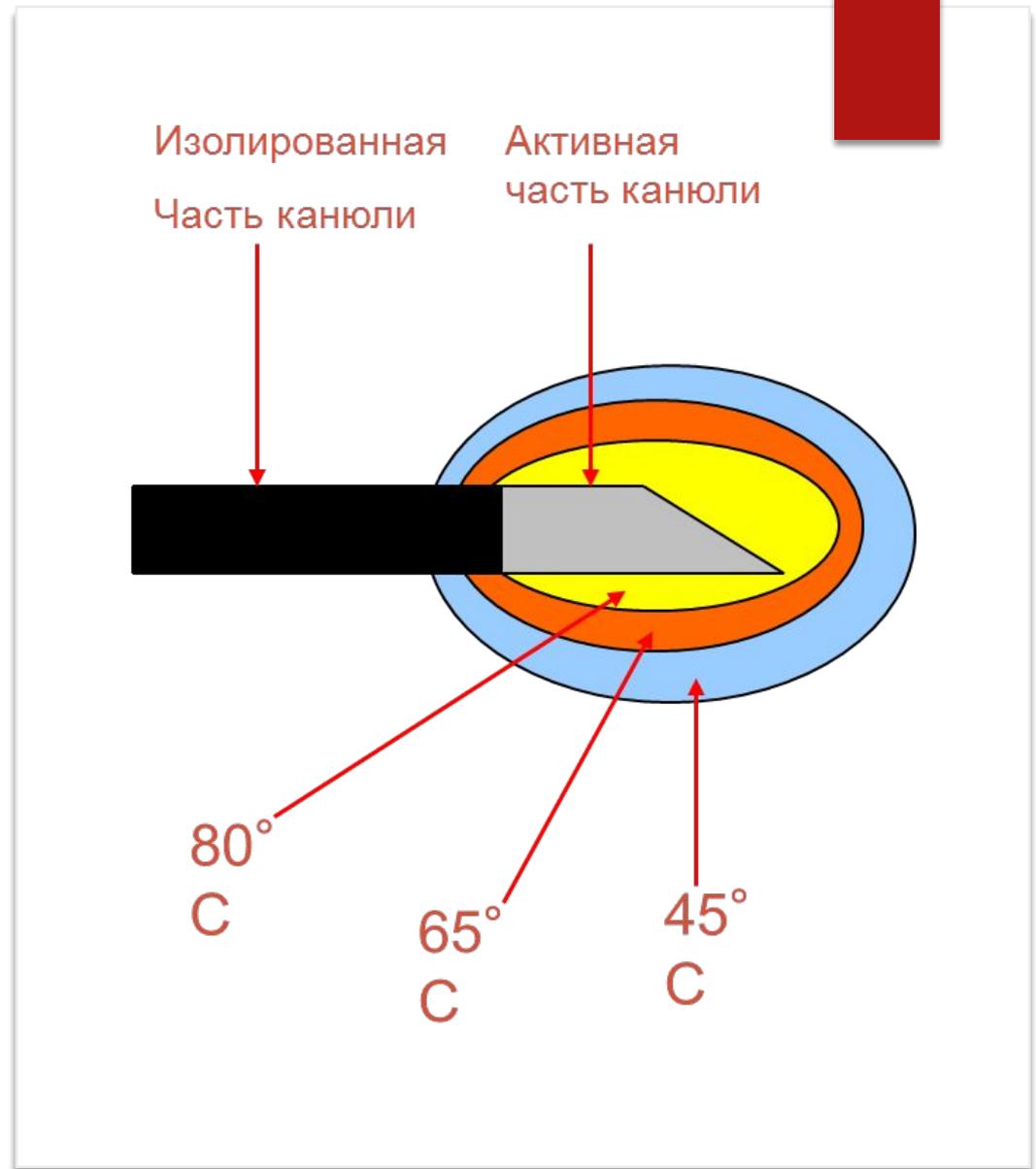
Representative Tissue Conductivities	
Tissue Type	Electrical conductivity (S/m)
Normal Liver	0.36
Liver Tumor	0.45
Myocardium	0.54
Fat	0.10
Bone	0.03
Blood	0.70
Vaporized Tissue	$\sim 1e-15$
NaCl, 0.1%	0.30
NaCl, 0.2%	1.00
NaCl, 0.5%	2.70
NaCl, 1.0%	4.50



При контакте с
несколькими
тканями
происходит
«шунтирование»
тока

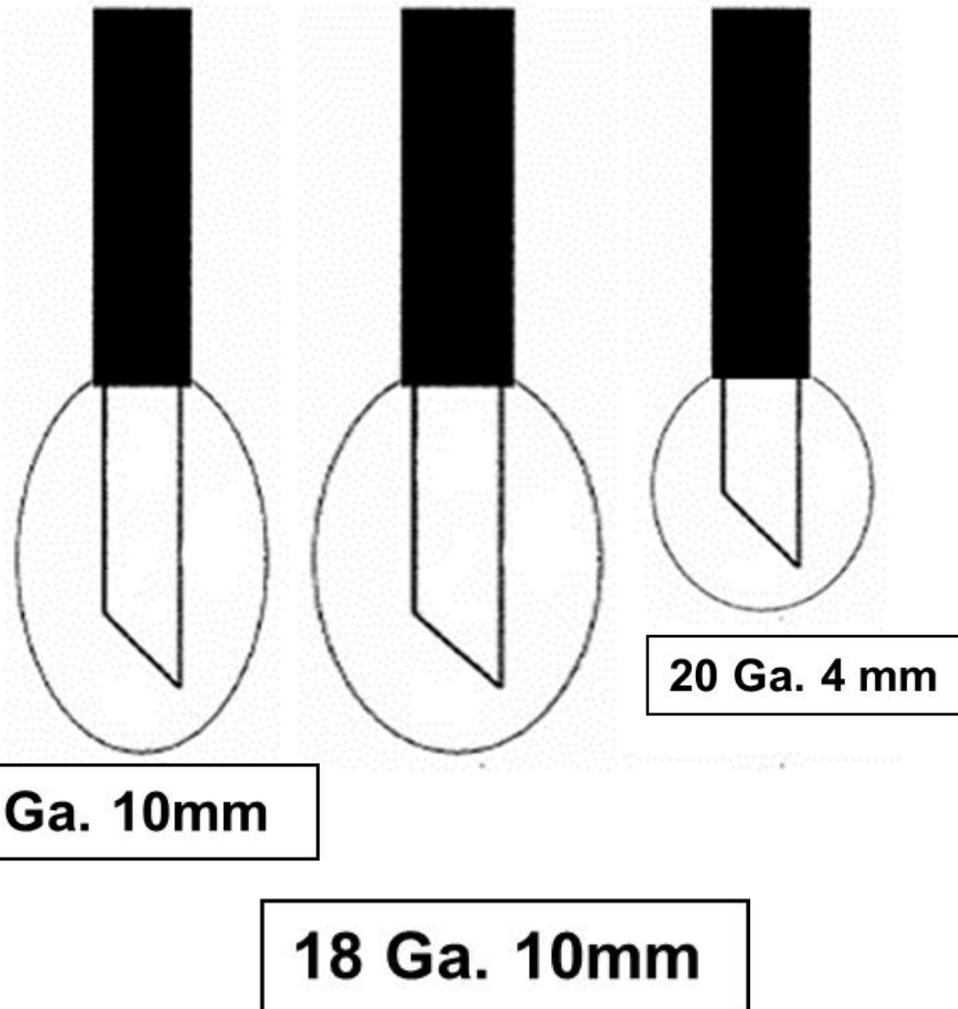
Распределение температуры ткани вокруг электрода

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



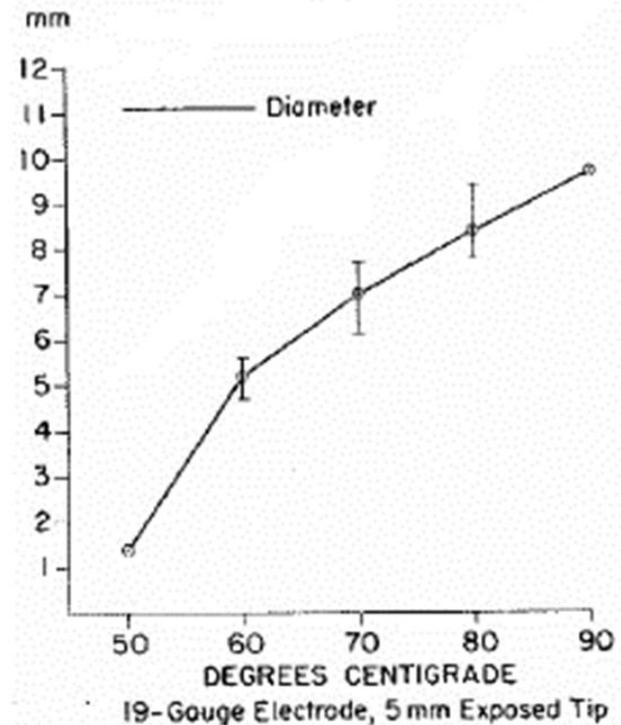
Управляемые факторы объема повреждения ткани

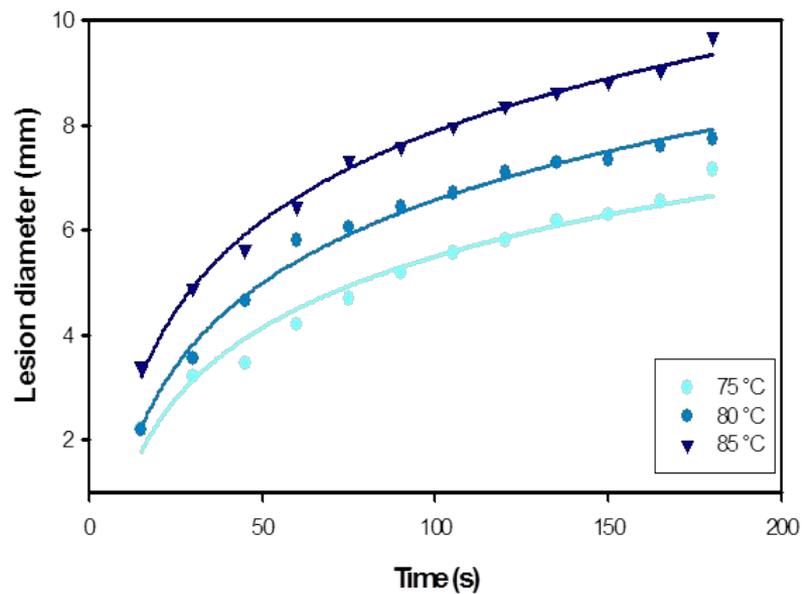
- ▶ Объем повреждения зависит от длины активной части электрода



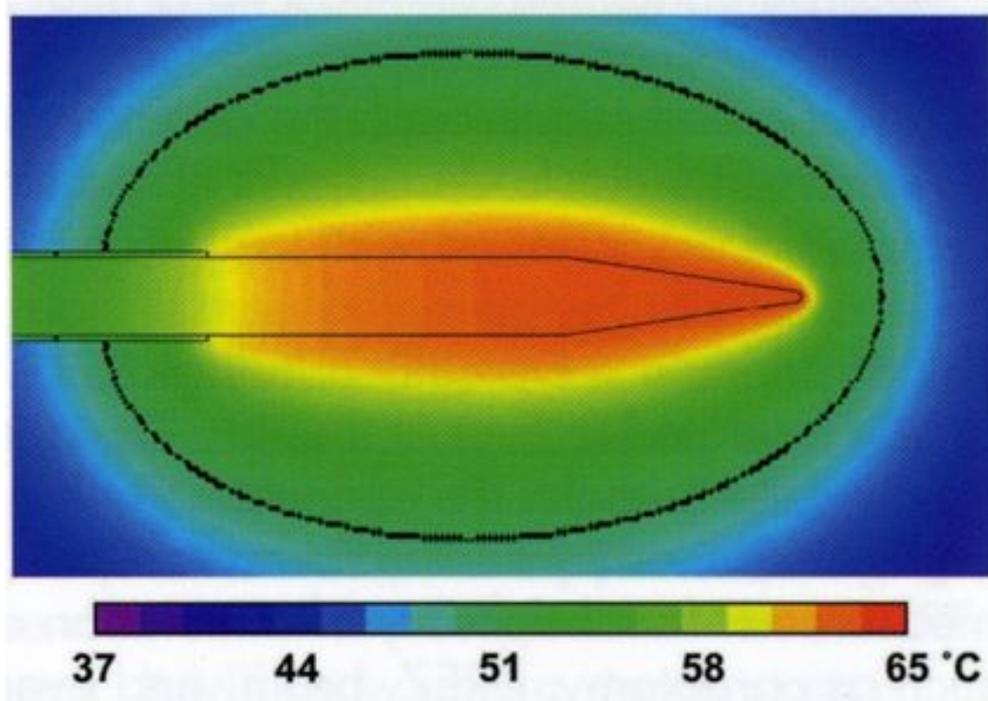
Управляемые факторы объема повреждения ткани

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





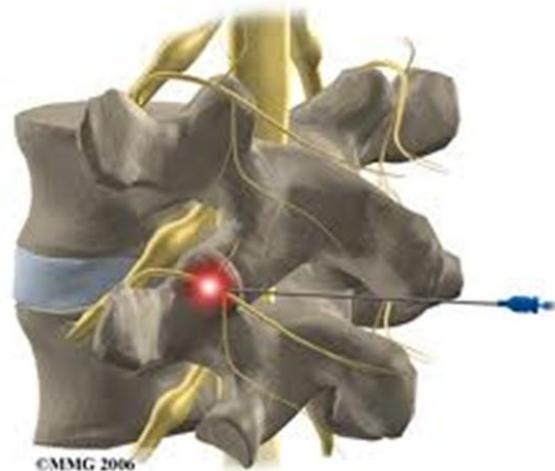
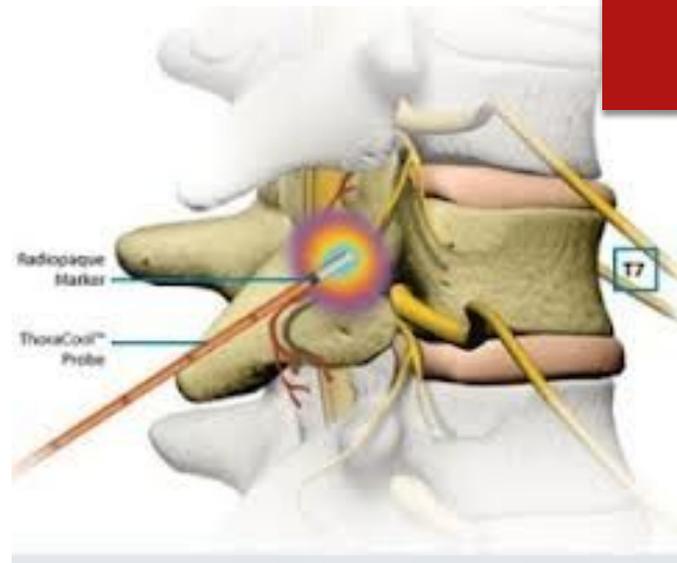
Управляемые
факторы
объема
повреждения
ткани
ЭКСПОЗИЦИЯ

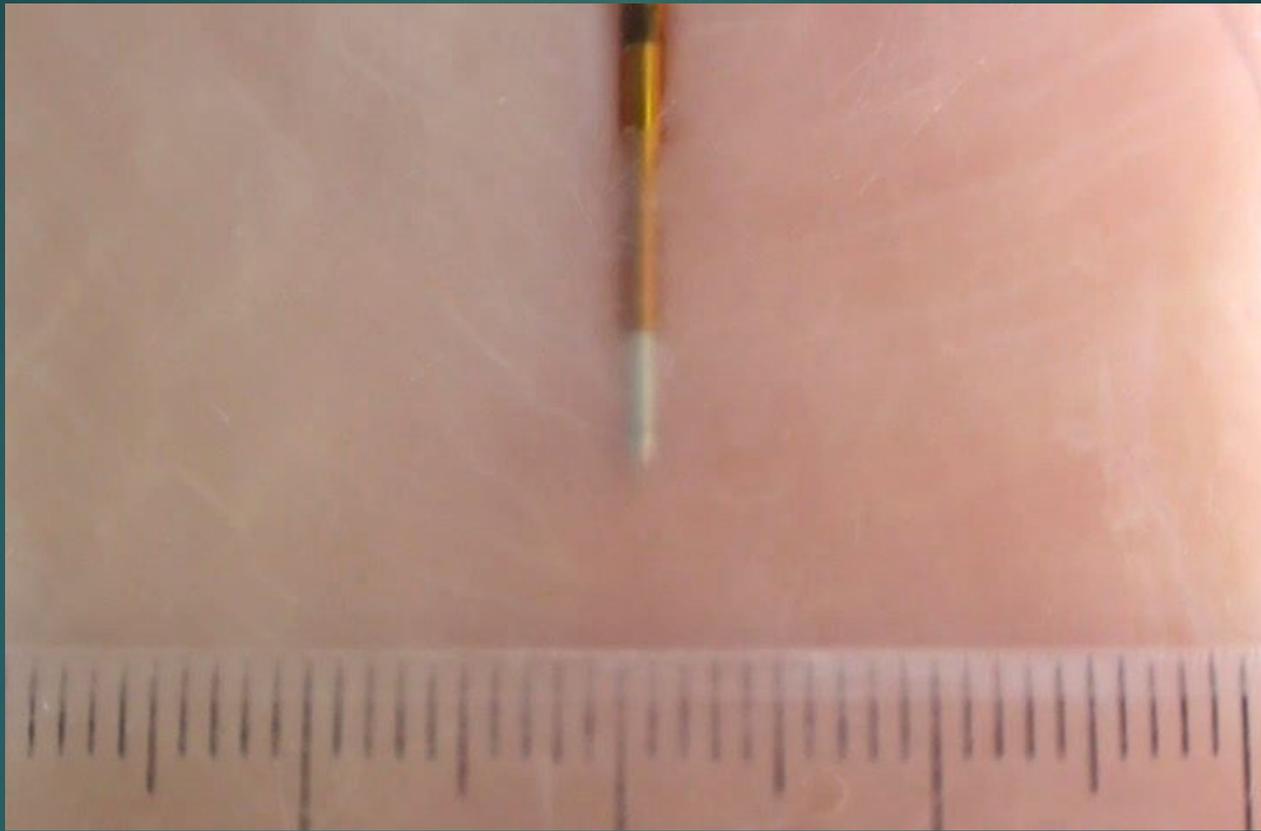


Управляемые
факторы
объема
повреждения
ТКАНИ

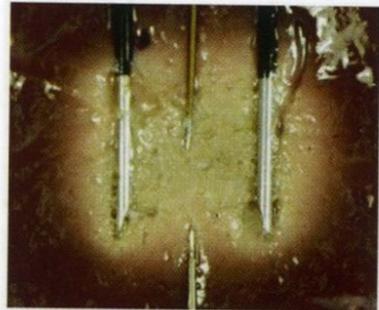
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ
ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА

- ▶ Важно
положение
иголки
относительно
цели

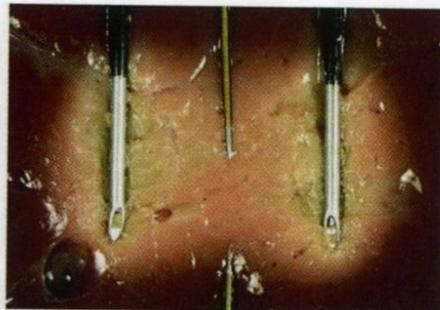




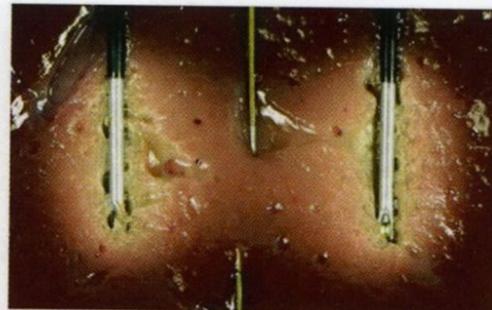
Spacing = 10 mm



12 mm

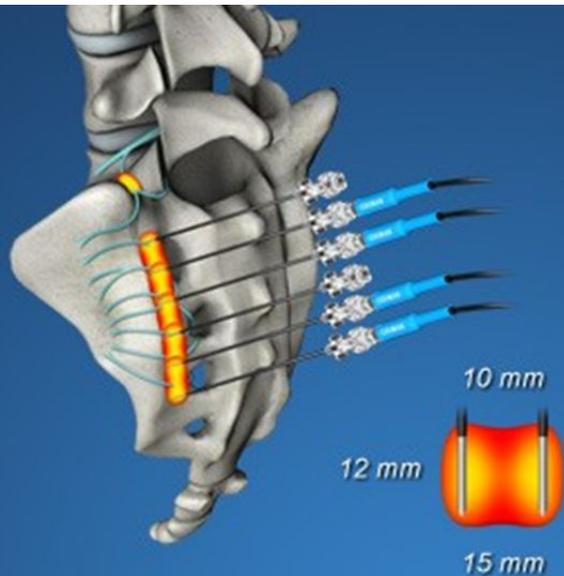


15 mm



10 mm

Биполярный режим



SIJ Pain Treatment: Faster,
Easier, More Complete

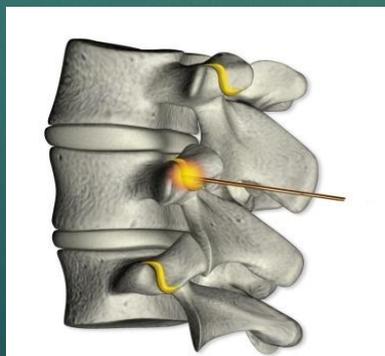
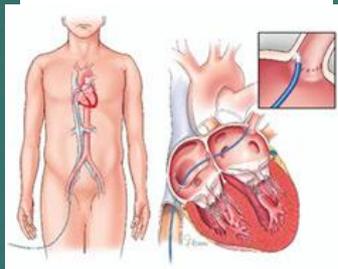
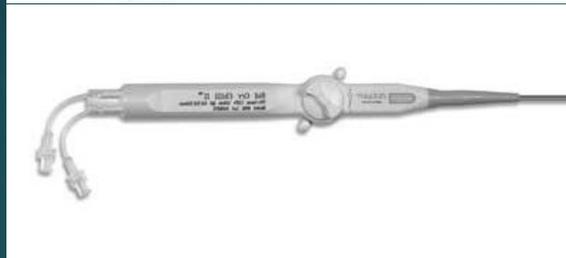
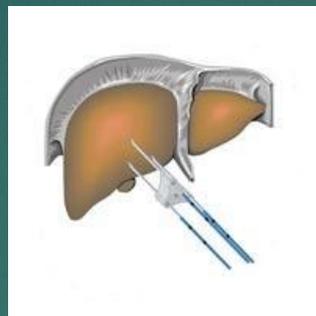
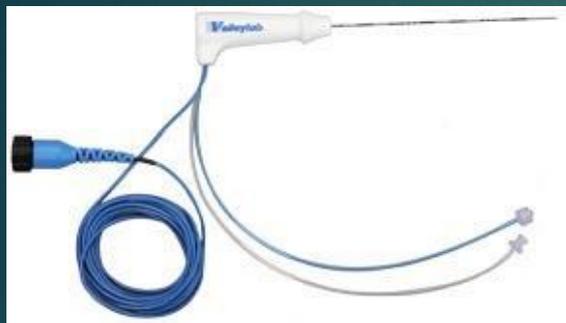
Palisade™ Kit

- 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

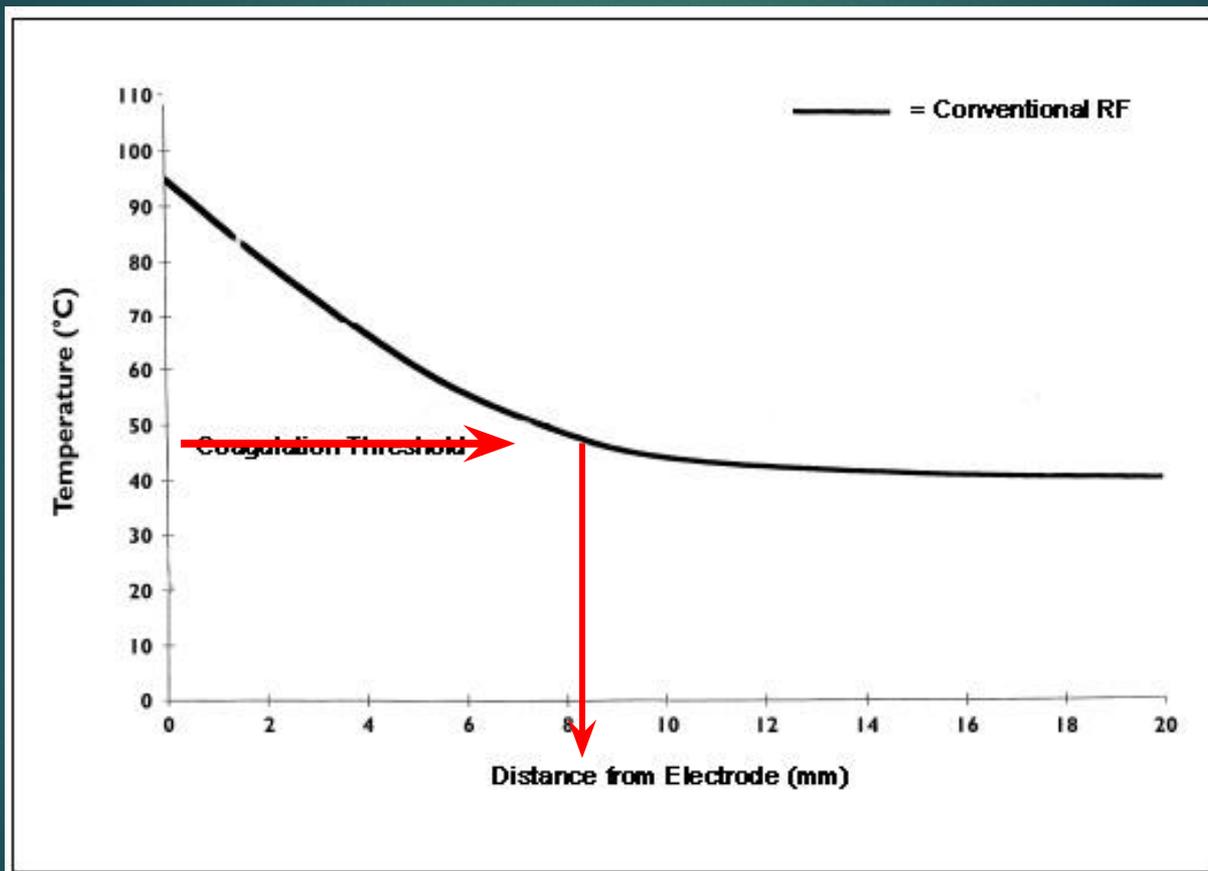
Охлаждаемые электроды

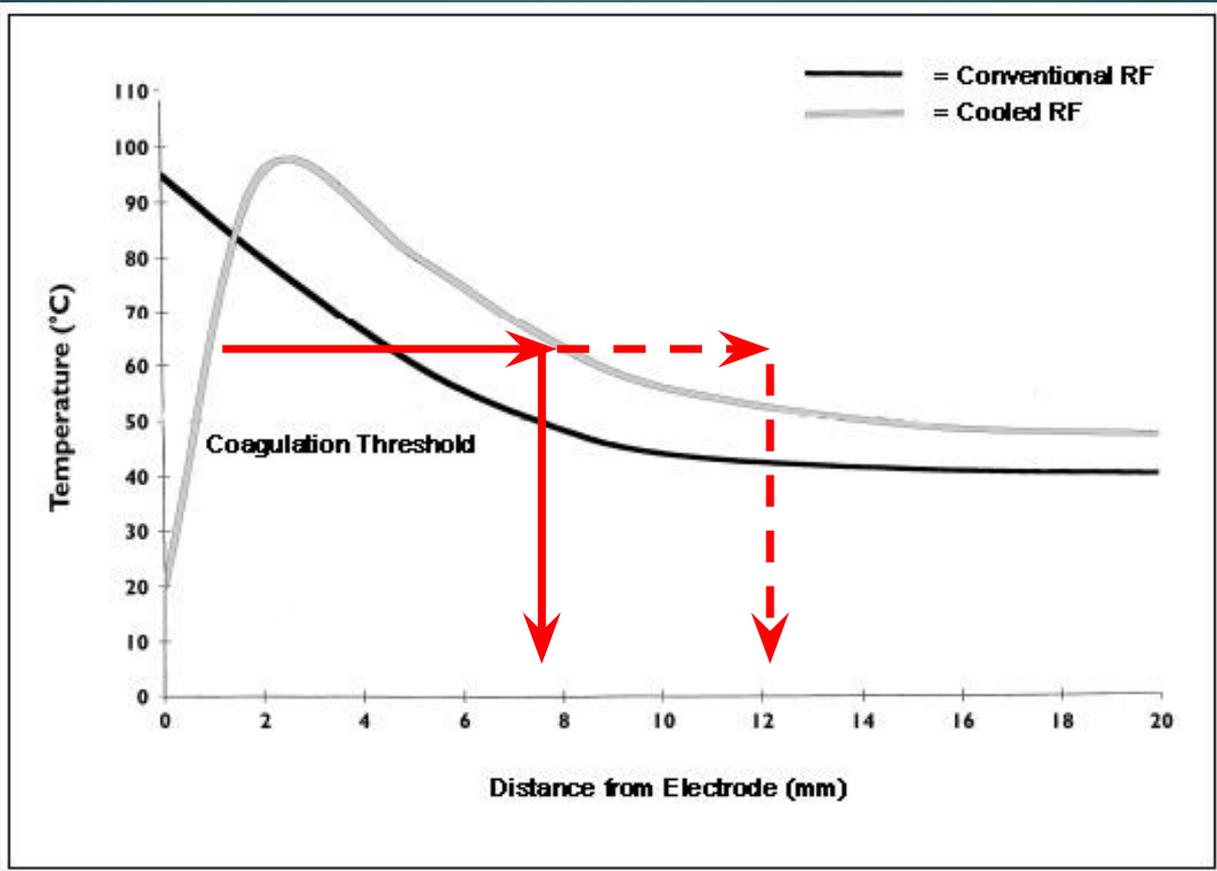


Охлаждаемые электроды

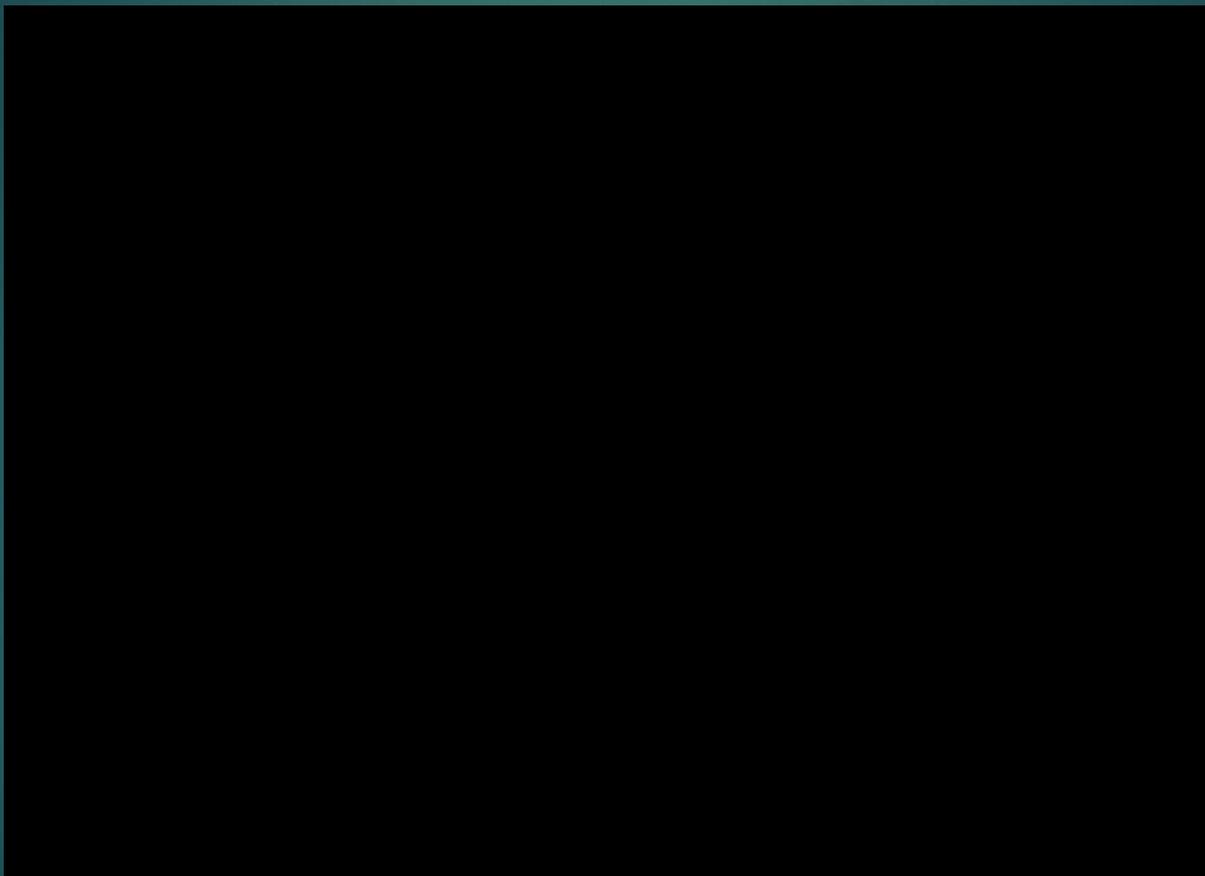


кривая распределения температуры вокруг стандартного электрода



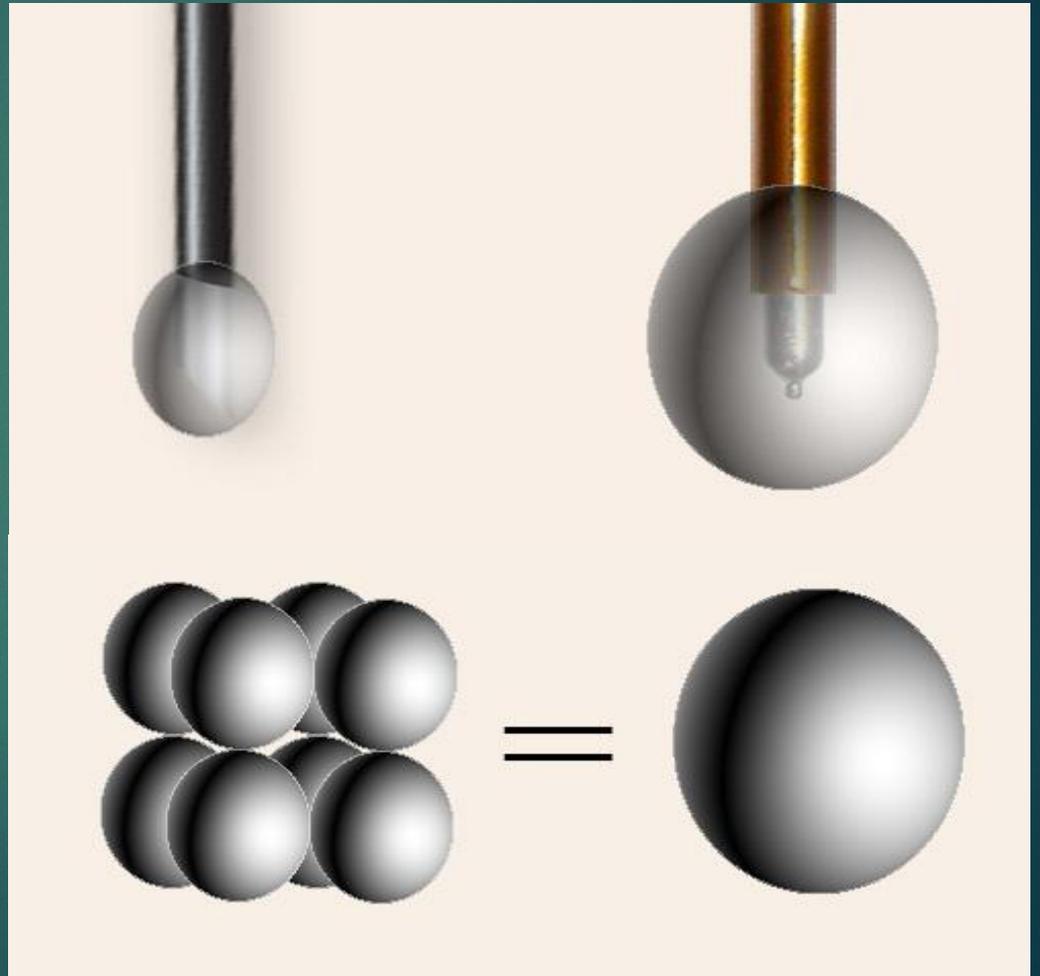


Охлаждение электрода

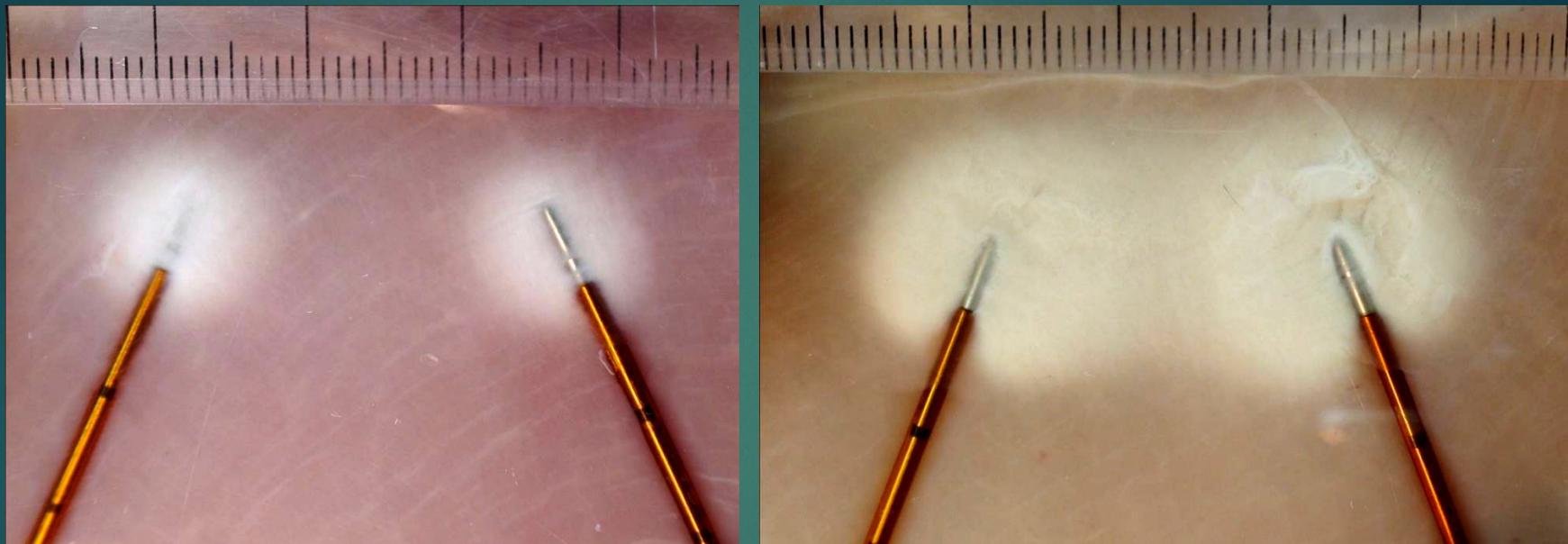


Чему равен объем шара?

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



Биполярный режим, охлаждаемый электрод



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



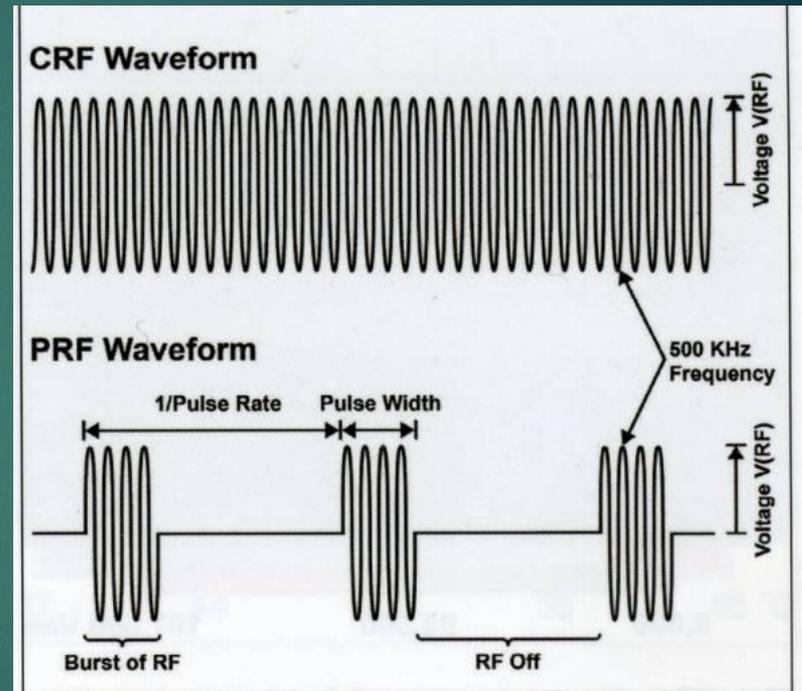
Стандартная



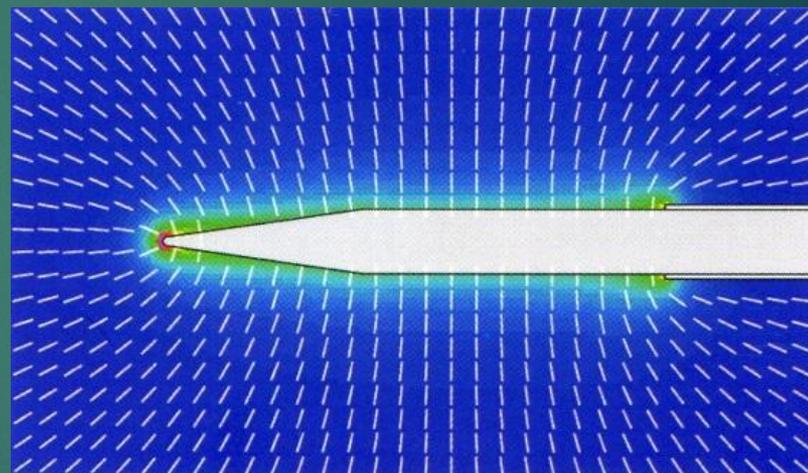
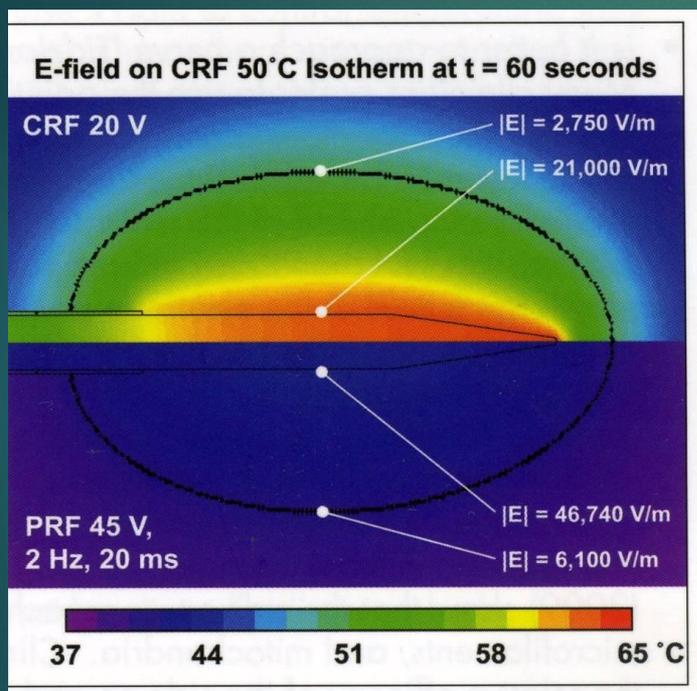
Импульсная

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

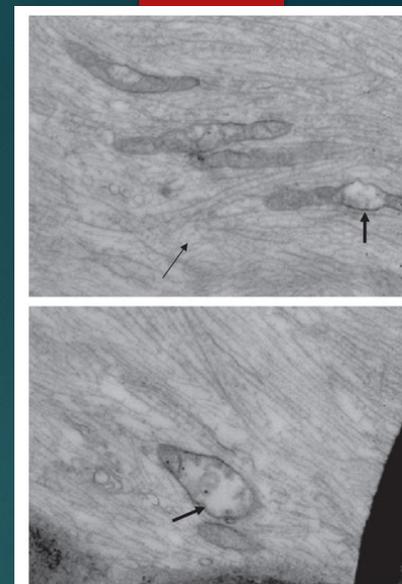
- ▶ действием сверхвысоких температур (hot flash) в районе острия электрода
- ▶ воздействием сверхнапряженных электрических полей на мембраны и ультраструктурные элементы клетки

ИРЧА вызывает повреждение клеточных микроструктур

ORIGINAL ARTICLE

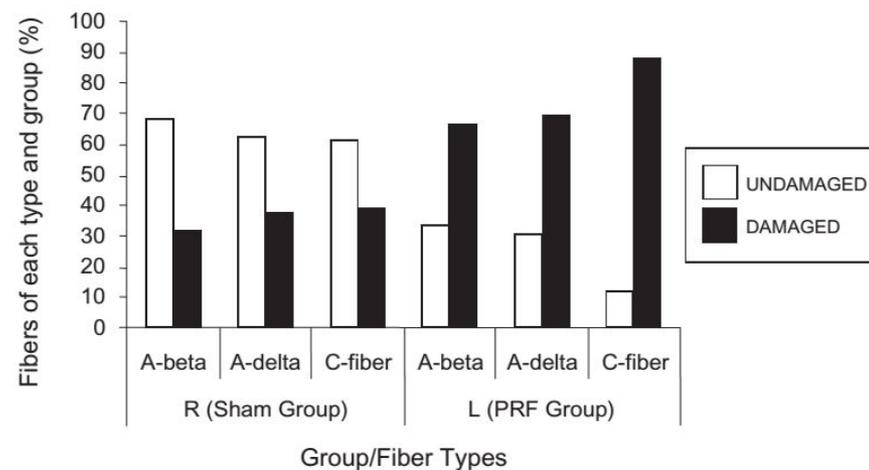
Ultrastructural Changes in Axons Following Exposure to Pulsed Radiofrequency Fields

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

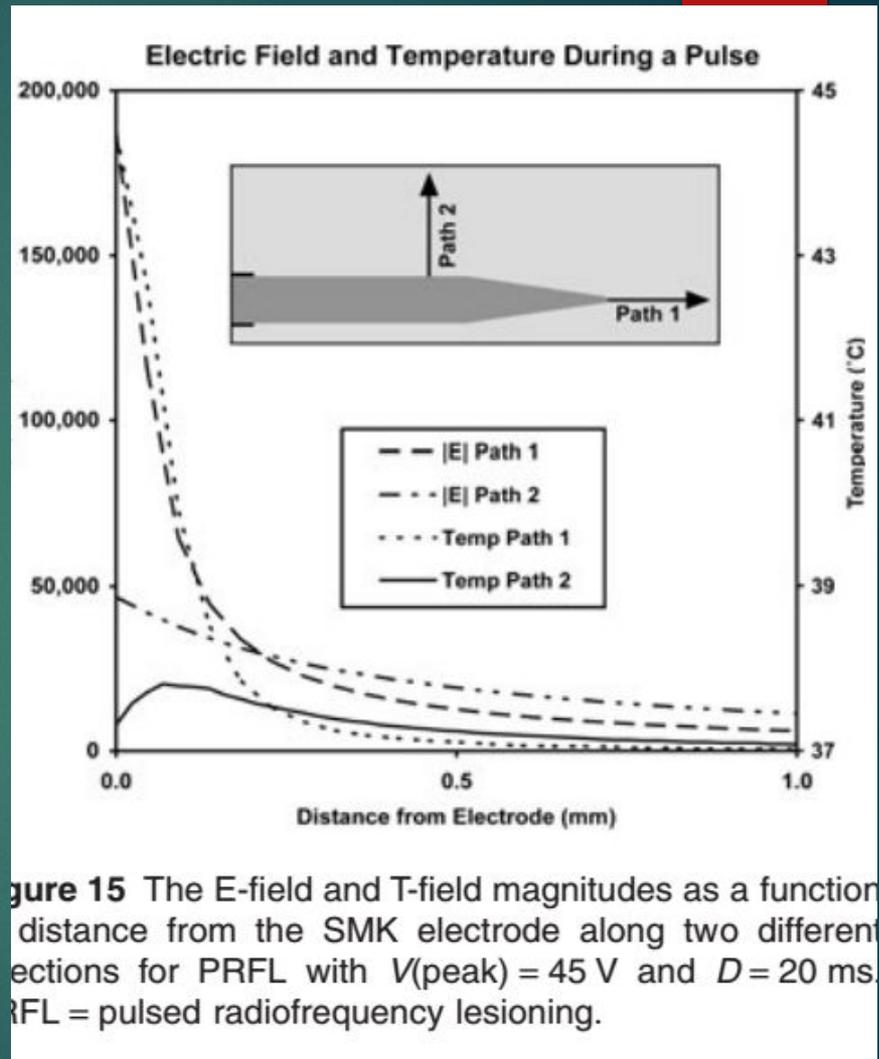


Pain Practice, Volume 9, Issue 6, 2009 407–417

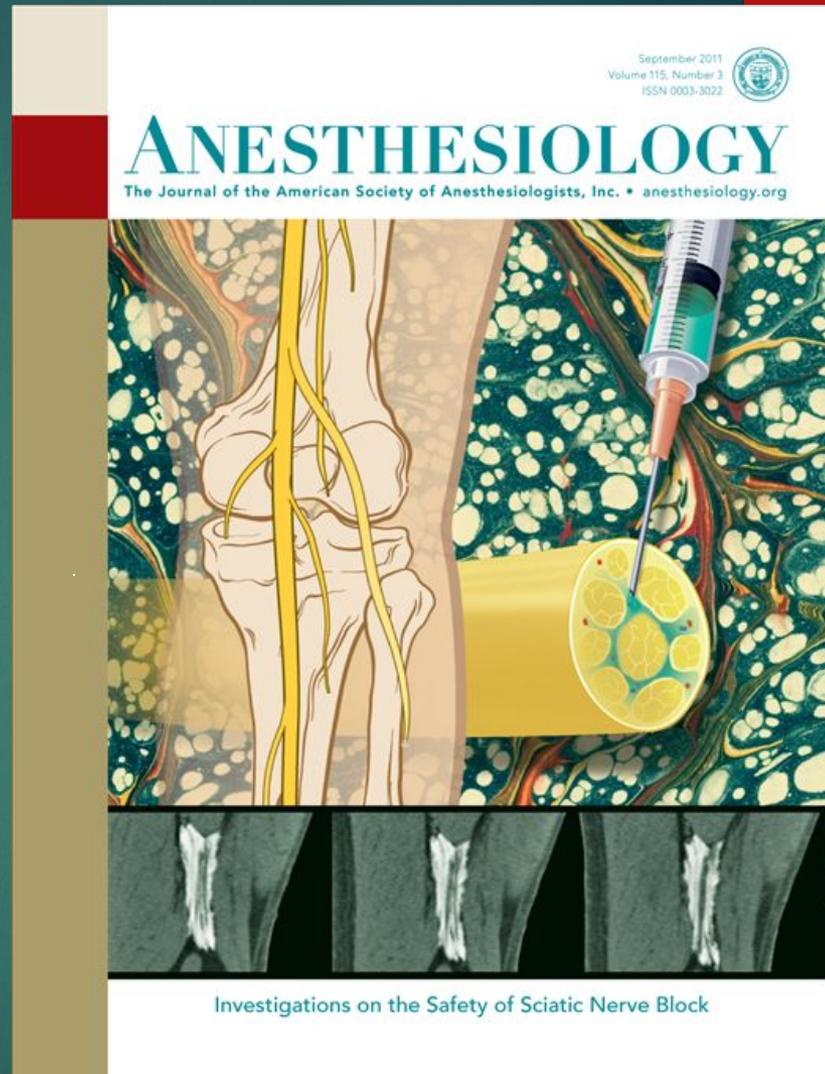
It is found that the internal ultrastructural components of the axons show microscopic damage after PRF exposure, including: **abnormal membranes and morphology of mitochondria, and disruption and disorganization of microfilaments and microtubules.** The damage appears to be more pronounced for C-fibers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

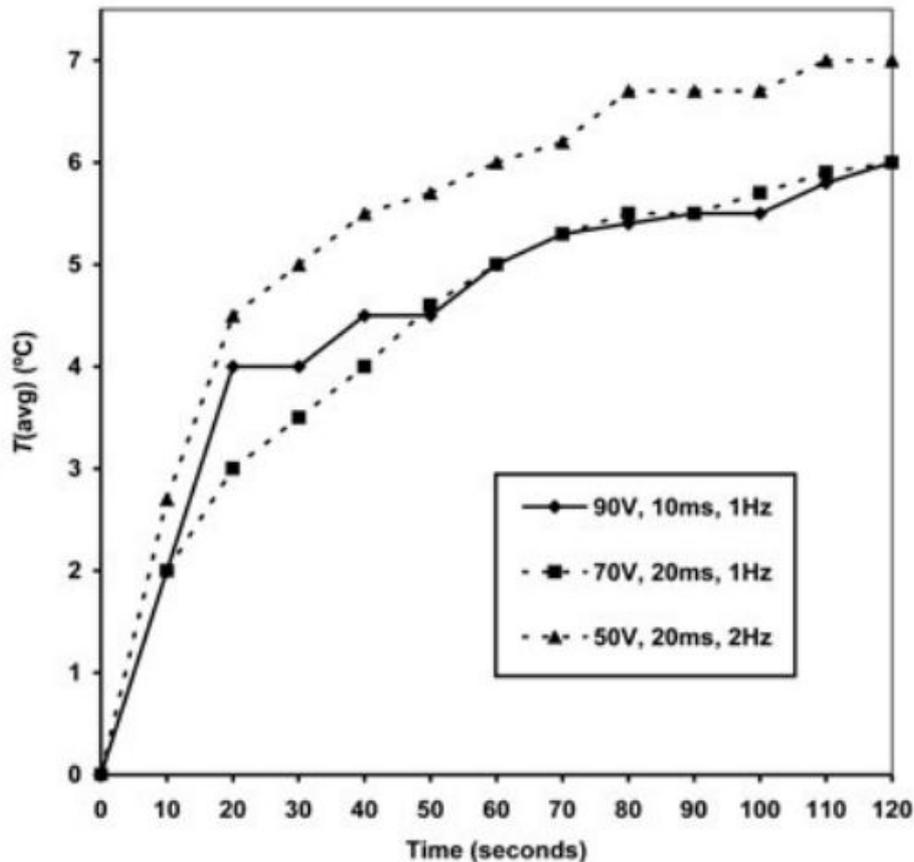
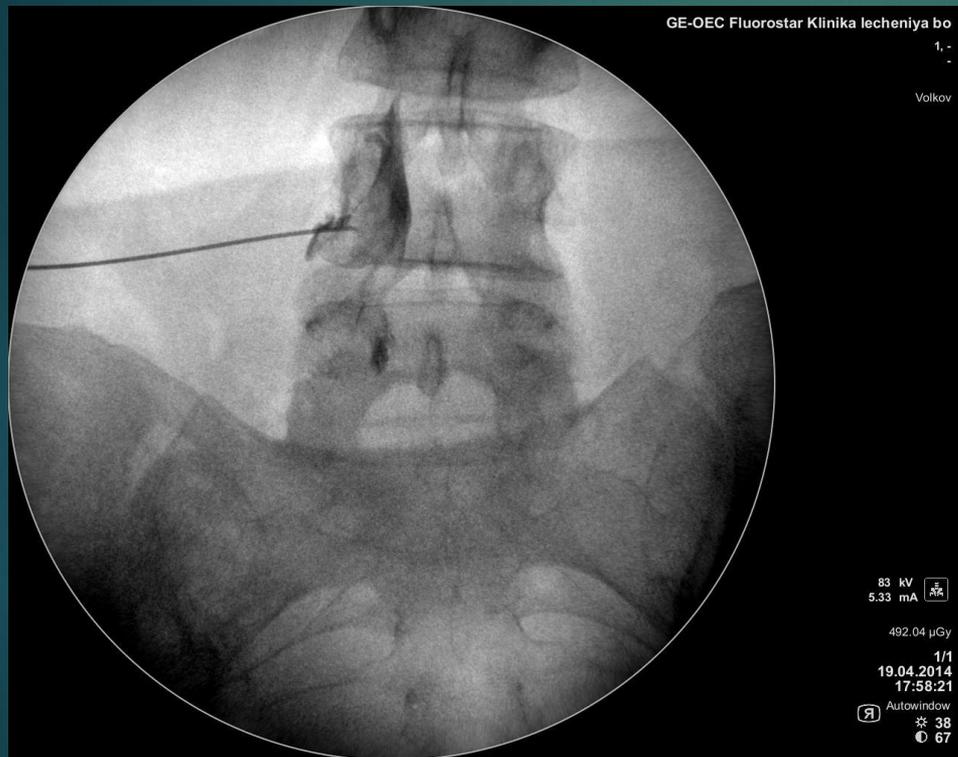


Figure 9 Average temperature versus time measurements for fixed PRFL $V(\text{peak})$ settings using the SMK-TC(10)-5 mm electrode in liver. PRFL = pulsed radiofrequency lesioning.

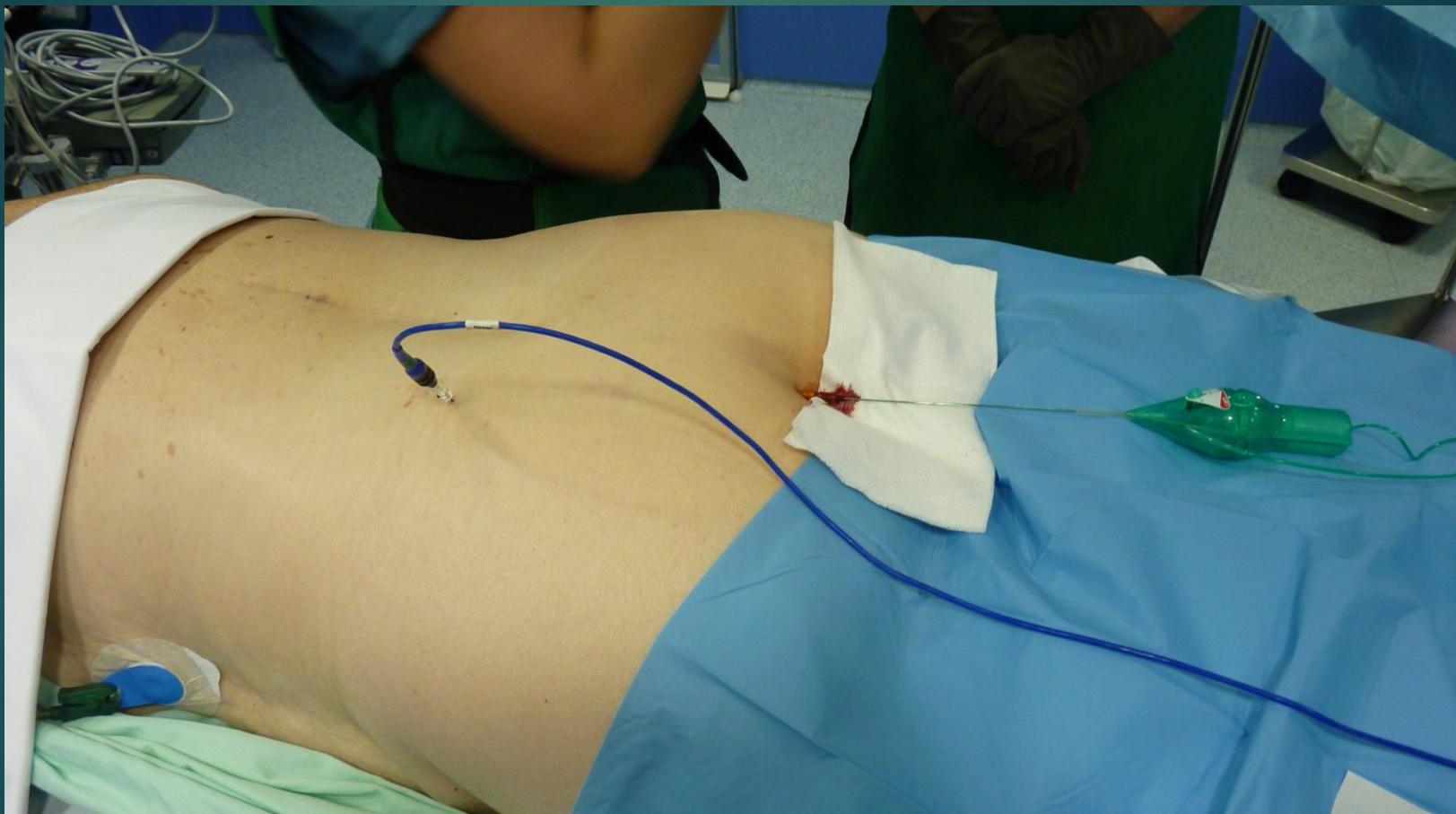


Интрафораминальное пространство: Дорзальный ганглий

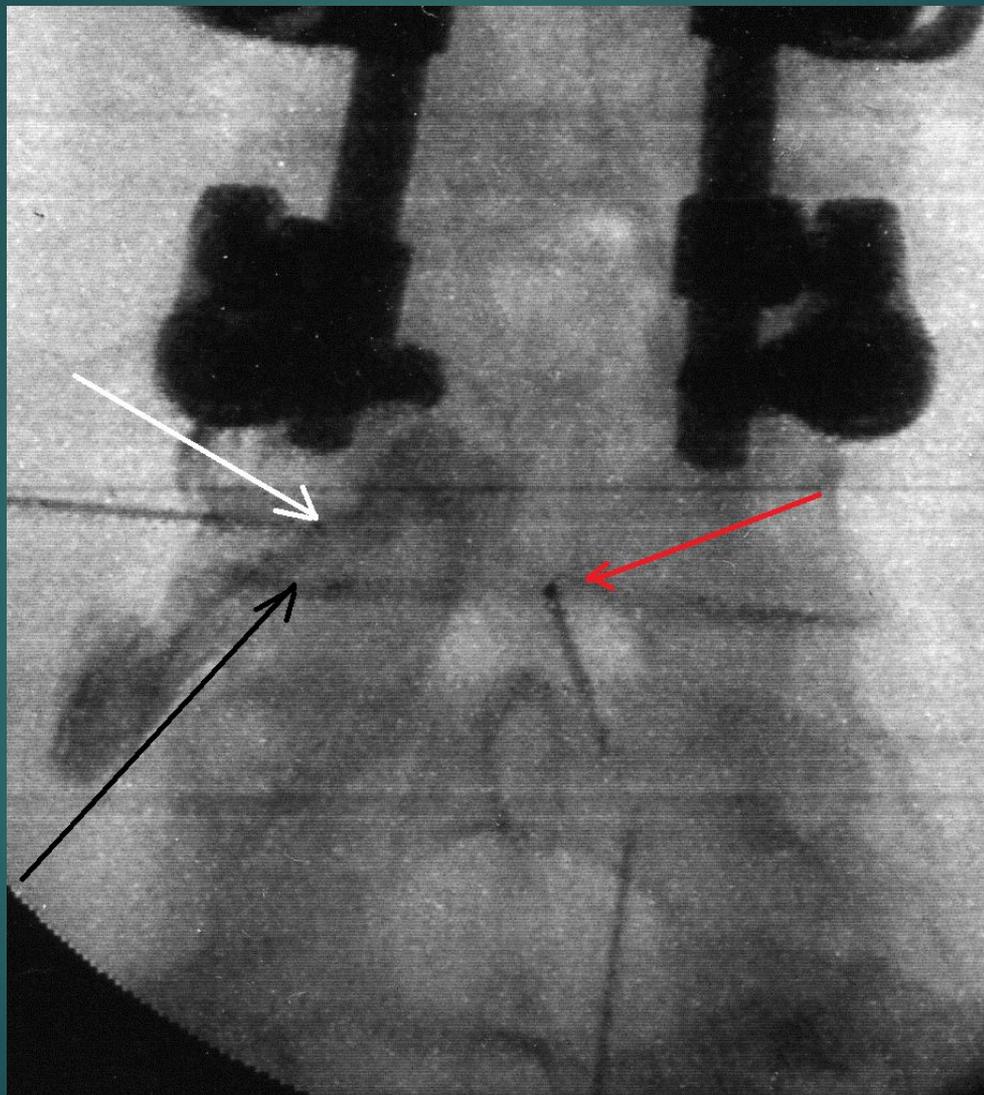


- ▶ Трансфораминальная лечебно-диагностическая блокада
- ▶ Трансфораминальная импульсная РЧ монополярная модуляция
- ▶ Биполярная импульсная РЧ модуляция

Биполярная импульсная ризотомия



Биполярная импульсная ризотомия

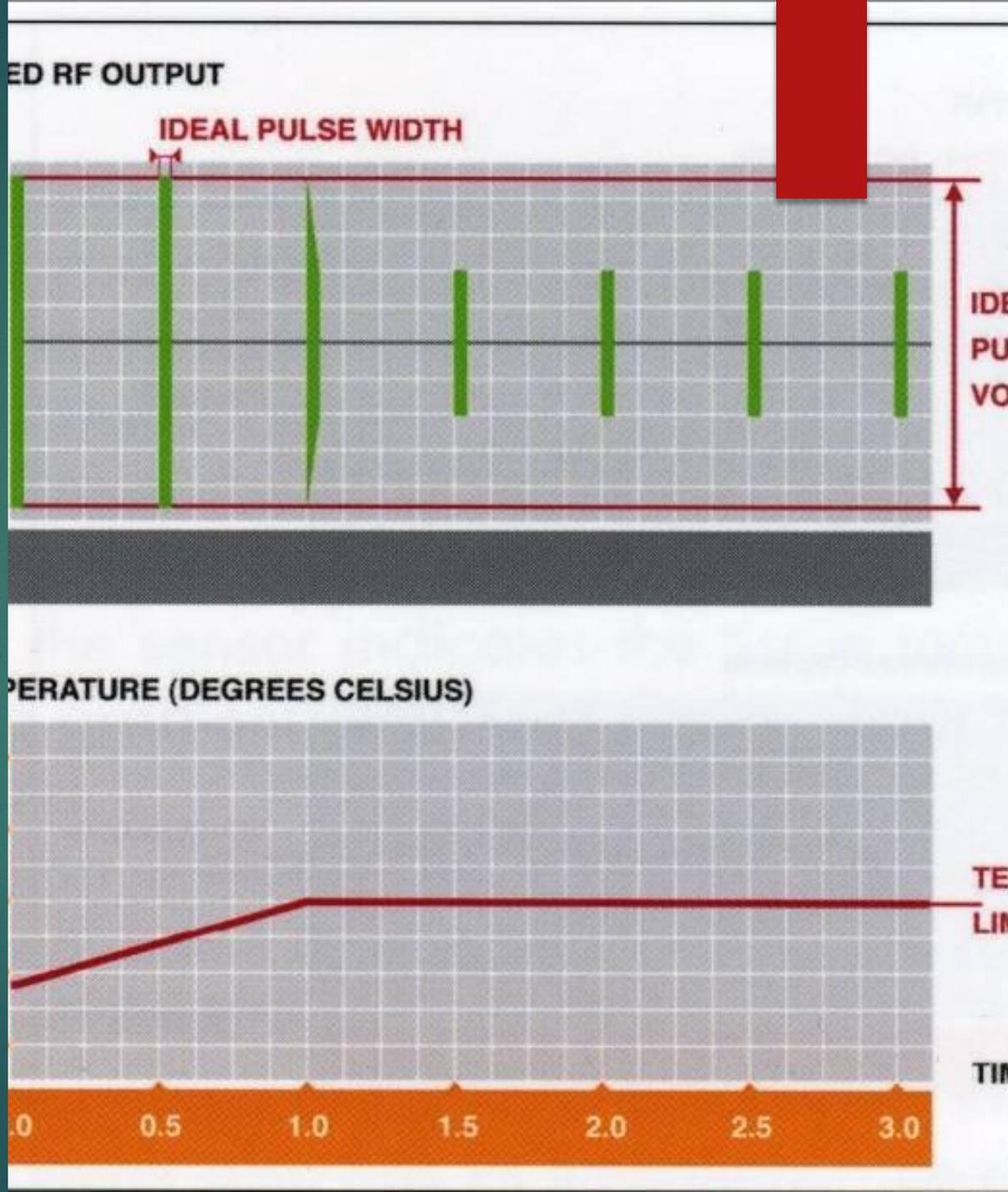


ИРЧА периферического нерва



АЛГОРИТМЫ КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ТКАНИ ПРИ ИМПУЛЬСНОЙ РЧА

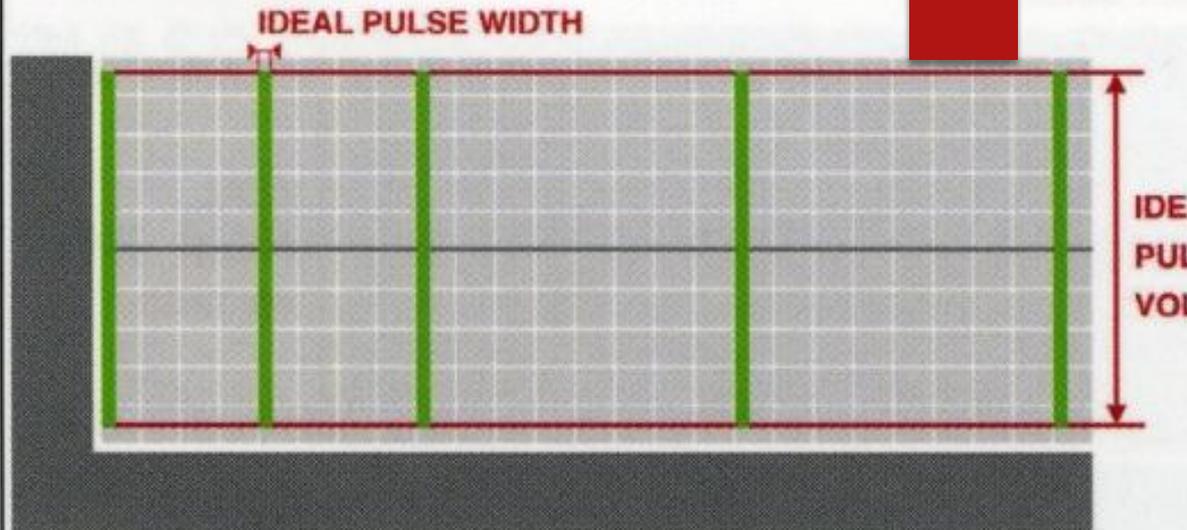
- ▶ Изменение напряжения при постоянной частоте и ширине импульса



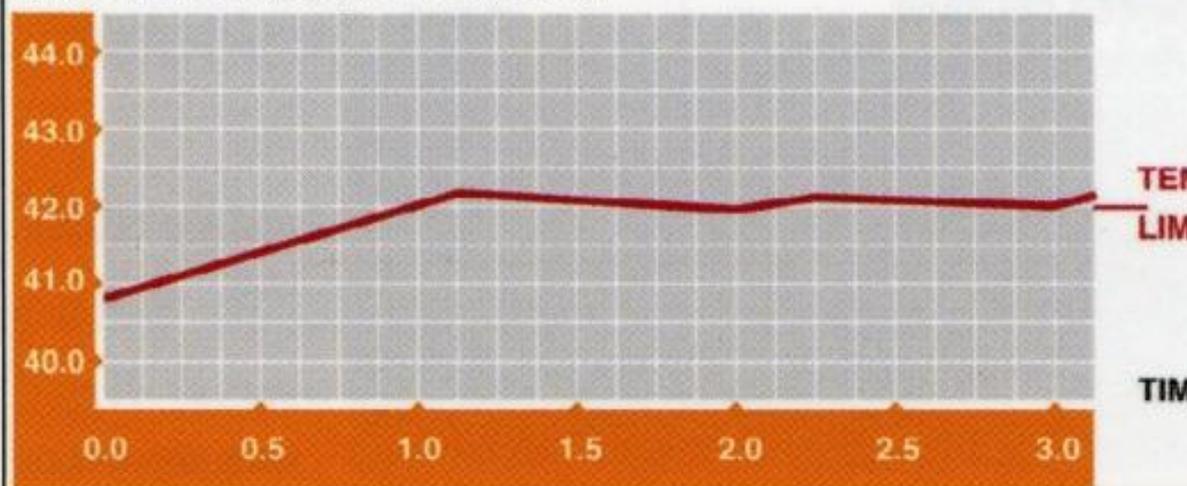
АЛГОРИТМЫ КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ТКАНИ ПРИ ИМПУЛЬСНОЙ РЧА

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

PULSED RF OUTPUT



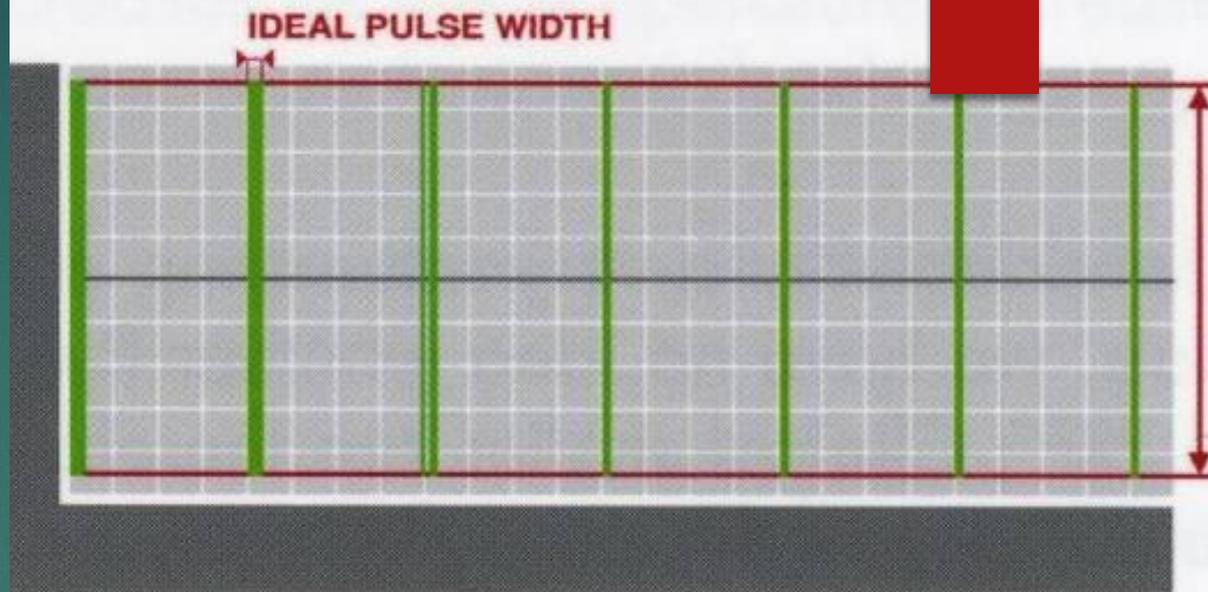
TEMPERATURE (DEGREES CELSIUS)



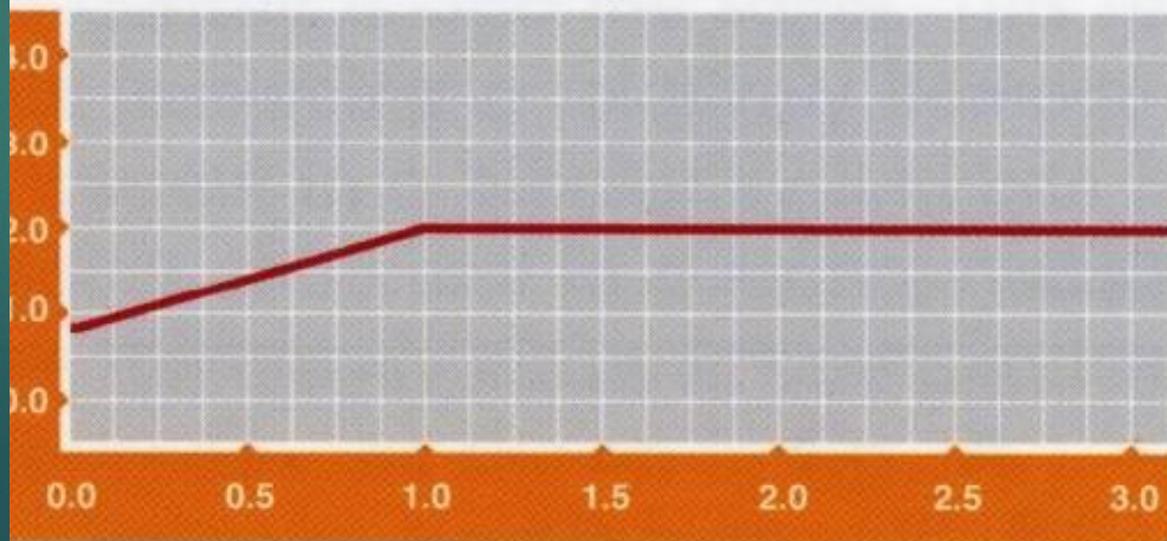
АЛГОРИТМЫ КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ТКАНИ ПРИ ИМПУЛЬСНОЙ РЧА

НАПРЯЖЕНИЕ И
ЧАСТОТА –
CONST,
ИЗМЕНЯЕТСЯ
ДЛИТЕЛЬНОСТЬ
ИМПУЛЬСА

PULSED RF OUTPUT



TEMPERATURE (DEGREES CELSIUS)





To be continued