

# **Основи на инвазивната сърдечна електрофизиология и катетърна аблация**

**Доц. Ч. Шалганов – НКБ, София**

# Историческа справка

- ▶ В сърдечната електрофизиология множество постановки са възникнали първо теоретично, като хипотеза, която впоследствие (след години и дори след десетилетия) е била потвърдена практически

# Историческа справка

- ▶ 1899 – K. F. Wenckebach още преди откриването на синусовия възел и на AV възела описва въз основа на физикални белези AV блока II ст. I тип и изказва предположение за механизма му, потвърден през 1906 г. с ЕКГ
- ▶ 1920 г. – T. Lewis въз основа само на ЕКГ изказва предположение, че типичното предсърдно трептене е макрориентри в ДП
- ▶ 1955 – H. Latour и Ph. Ruech описват частично кръга на типичното предсърдно трептене в ДП чрез проследяване на ендокардното възбуждение с електрод-катетри

# Историческа справка

- ▶ 1930 – първо описание на WPW синдром като скъсен PQ интервал, бедрен блок и пристъпни тахикардии
- ▶ 1933 – хипотеза за екстранодален допълнителен път на провеждане при WPW
- ▶ 1943 – хистологично потвърждение на субстрата при WPW
- ▶ 1937 – I. Mahaim описва хистологично атриофасцикуларните, нодовентрикуларните и нодофасцикуларните ДПВ
- ▶ Около 1975–1981 чрез ЕФИ е потвърдено участието им в т. нар. “Махаймови тахикардии”

# Историческа справка

- ▶ 1967 – Durrer и Coumel независимо един от друг доказват възможността за възпроизвеждане на тахикардия при WPW
- ▶ 1969 – Anthony N. Damato за пръв път доказва възможността възпроизвеждано да се записва сигнал от снопа на Хис при жив човек
- ▶ 1971 – H. J. J. Wellens издава първия наръчник по електростимулация на сърцето и така поставя началото на съвременната инвазивна електрофизиология на сърцето
- ▶ 1972 – H. J. J. Wellens доказва възможността за възпроизвеждана индуция и погасяване на камерни тахикардии

# Историческа справка

Както и в други случаи, след поява на нов диагностичен метод първи в немедикаментозното лечение на патологията влизат хирурзите. Това често дава възможност за хистологично потвърждение на хипотези, и винаги води до развитие на по-малко инвазивни катетърни методи на лечение:

- ▶ 1982 – J. J. Gallagher и M. Scheinmann описват катетърната аблация с прав ток (фулгурация)
- ▶ 1987 – M. Borggrefe описва радиофrekвентната аблация
- ▶ 1991–1994 г. W. Jackman публикува първите големи серии пациенти с AVNRT и AVRT, излекувани с РФКА. Методът се разпространява лавинообразно по света и бързо се превръща в златен стандарт за лечение на надкамерни аритмии
- ▶ Началният импулс е тъй мощн, че развитието на метода не спира и до днес
- ▶ Сега катетърните методи до голяма степен са заместили хирургичното лечение на аритмиите

# Историческа справка

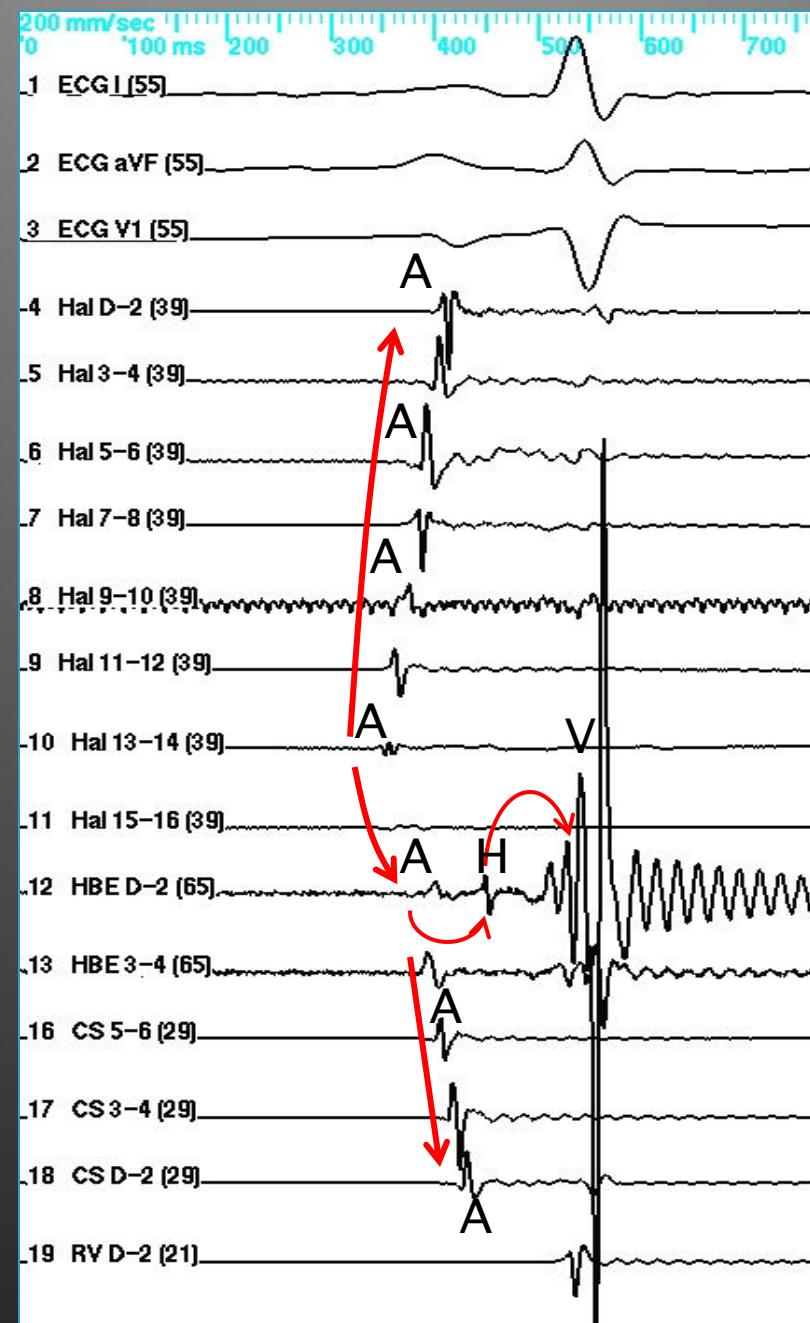
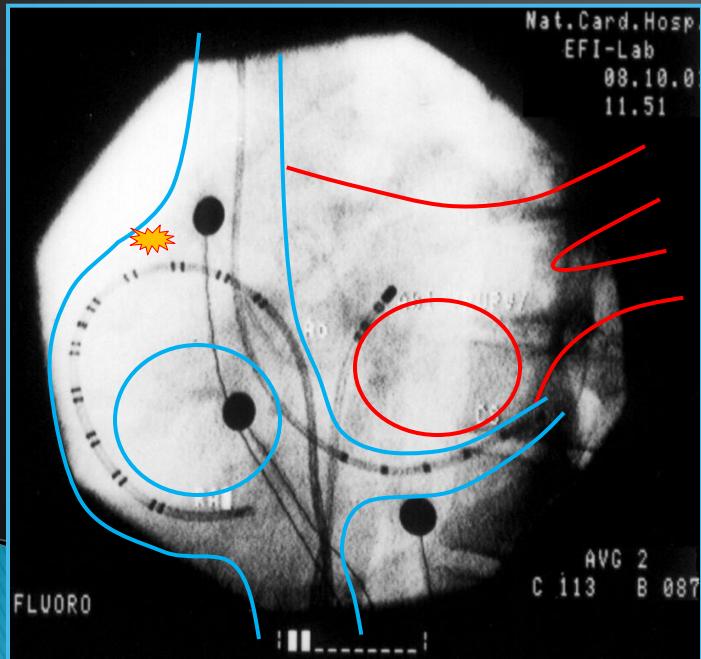
- ▶ Навлизане на криоенергията и в катетърните методи
- ▶ Катетърна абляция на камерни тахикардии
- ▶ 1998 – КА на предсърдно мъждене
- ▶ Възраждане на транссепталния достъп
- ▶ 1997–2000 г. – поява на първите системи за електроанатомичен мепинг (ЕАМ)
- ▶ ЕАМ позволява дълбок поглед в патологията на ЛББ, което на свой ред дава тласък на CRT терапията
- ▶ Поява на балон-катетри – крио, US, лазер
- ▶ Интеграция на 3D-образни методи с ЕАМ
- ▶ КА на камерно мъждене при някои генетични синдроми

- ▶ ЕФИ – изследване на свойствата на възбудно–проводната система на сърцето в норма и при патология, както и на наличието и свойствата на абнормен аритмогенен субстрат
- ▶ Рядко се използва като самостоятелен диагностичен метод
- ▶ Особено ценно при тахиаритмии с риентри механизъм като стъпка към последваща едноетапна катетърна аблация

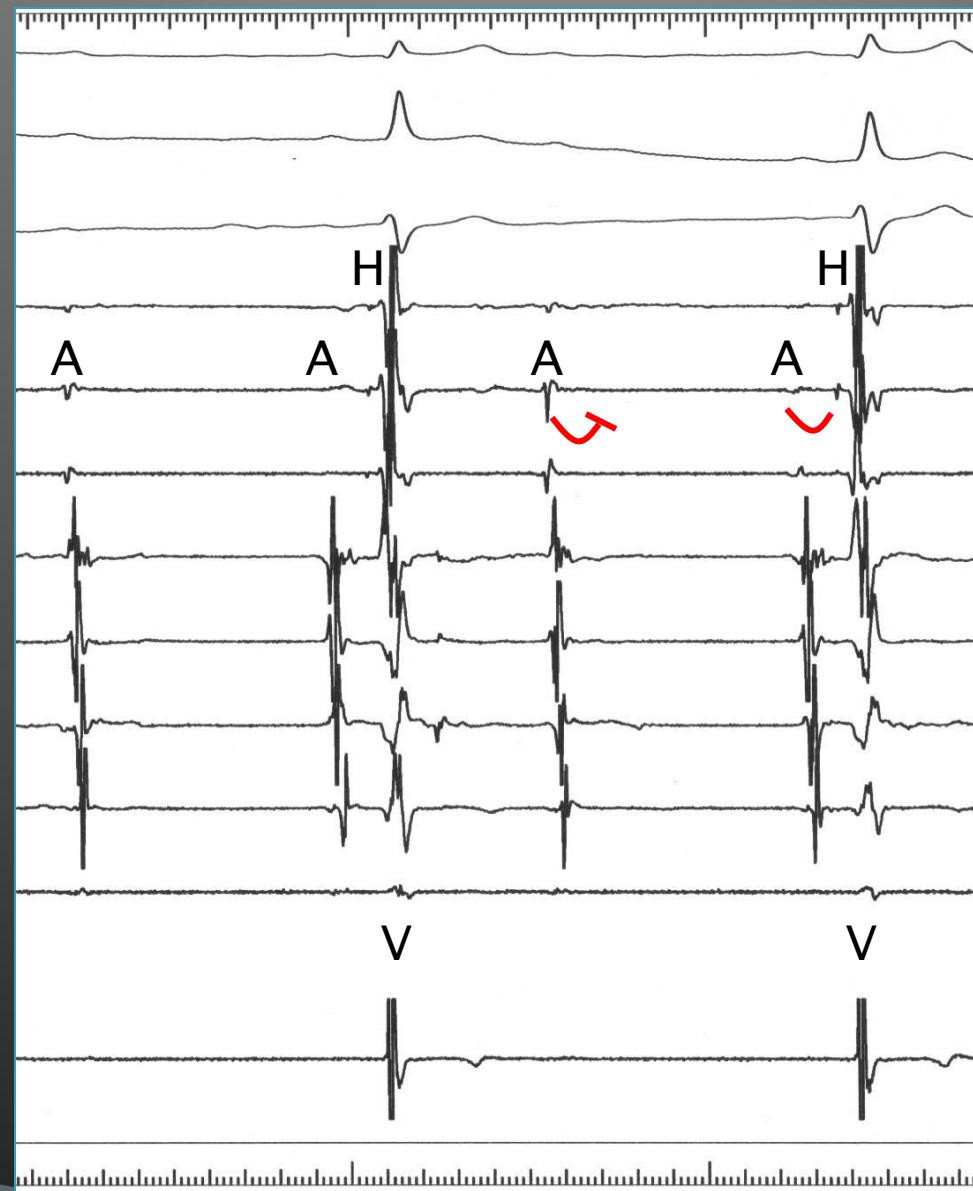
- ▶ ЕФИ позволява да се осъществи мепинг (карта) на сърдечното възбуждение и да се намери зона на най-ранно възбуждение при фокални аритмии или критичен истмус при риентри аритмии, т.е. да определи мястото за аблация
- ▶ Аблация – целенасочена деструкция на аритмогенна миокардна тъкан, допълнителни проводни връзки, или части от специализираната възбудно-проводна система на сърцето, чрез хирургични, катетърни или фармакологични методи, с цел излекуване или контрол на сърдечна аритмия

# Синусов ритъм

- Най-простата форма на мепинг е да се поставят катетри в различни места в сърцето и да се проследи времето и последователността на записване на сигнал



# Нормално AV провеждане, AV блок I степен и 2:1



# Програмирана стимулация

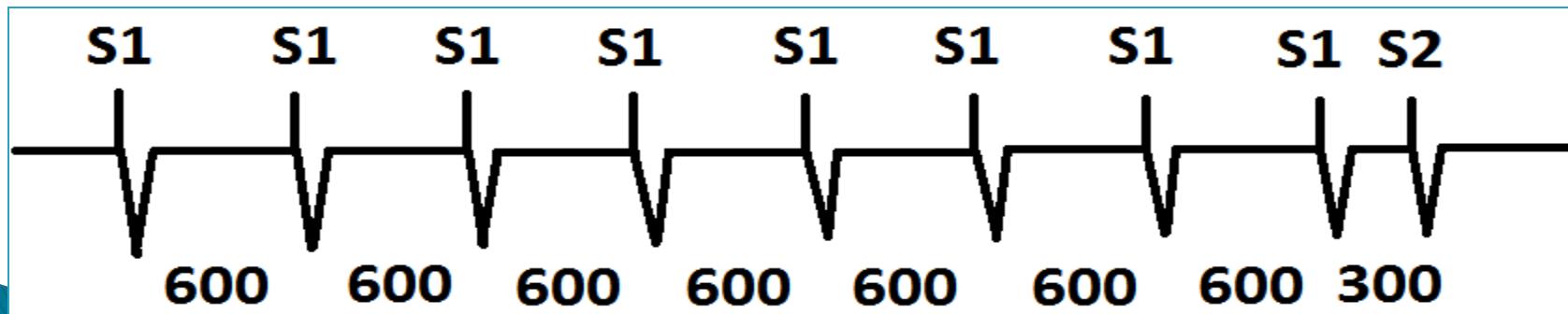
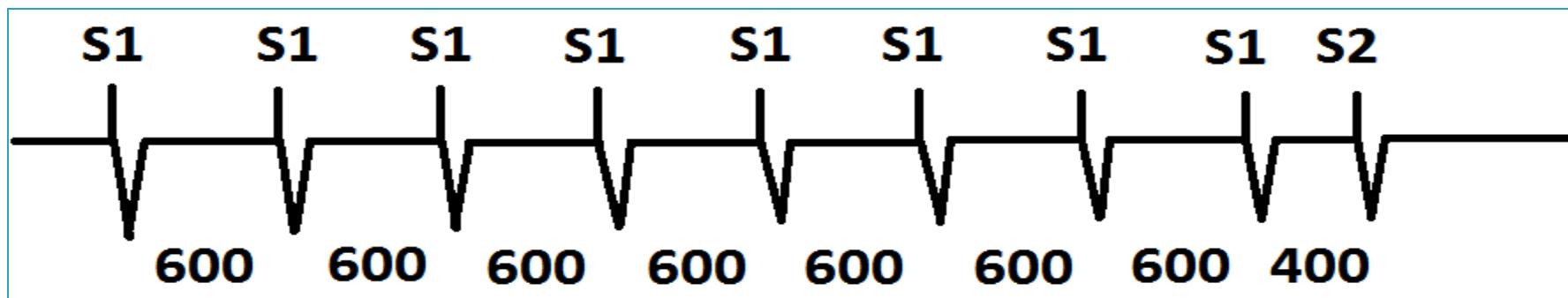
- ▶ На стандартна ЕКГ (25 мм/сек.) синусовият ритъм изглежда правилен в кратки времеви отрезъци
- ▶ Възможно обаче от ЕФ гледна точка спонтанните вариации в синусовата честота са твърде големи – съвременните ЕФ рекордери измерват с точност 1–2 мс
- ▶ За възпроизвеждани измервания и резултати е необходим много стабилен и съвършено правилен ритъм

# Програмирана стимулация

- ▶ Електронният пейсмейкър на ЕФ рекордер подава поредица от 8 стимула (S1) на равни интервали с честота над синусовата (обикновено 600 мс = 100 уд./мин.) – това е “водещият цикъл” (drive)
- ▶ Електронният пейсмейкър подава допълнителен стимул S2 (екстрастимул) на по-малък интервал от този на водещия цикъл (напр. 400 мс)
- ▶ Този по-къс интервал се нарича куплиращ интервал
- ▶ Поредицата от общо 9 стимула може да се обозначи като  $S1/S2 = 600/400$

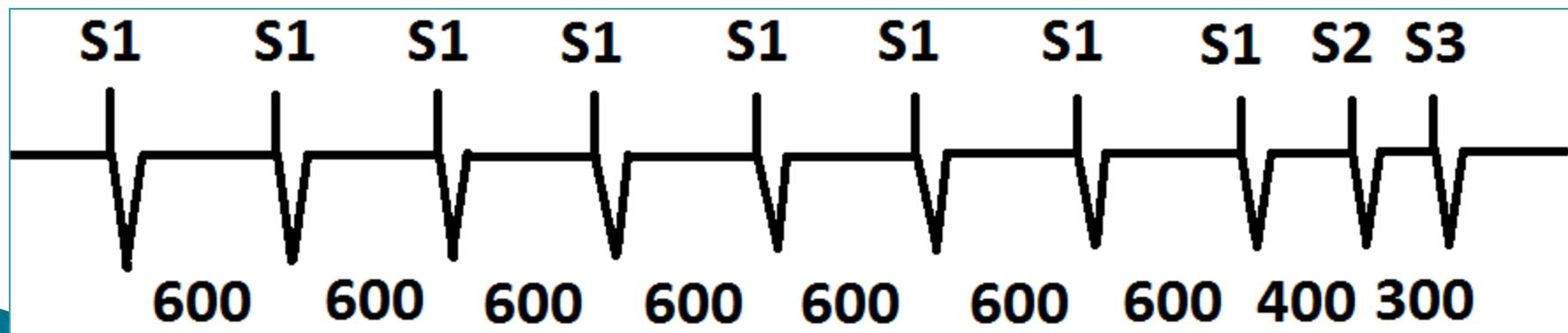
# Програмирана стимулация

- ▶ Целият цикъл се повтаря многократно, но при всяко повторение куплирацият интервал S1/S2 се скъсява с по 10 мс –  
600/400...600/390...600/380... и т.н.



# Програмирана стимулация

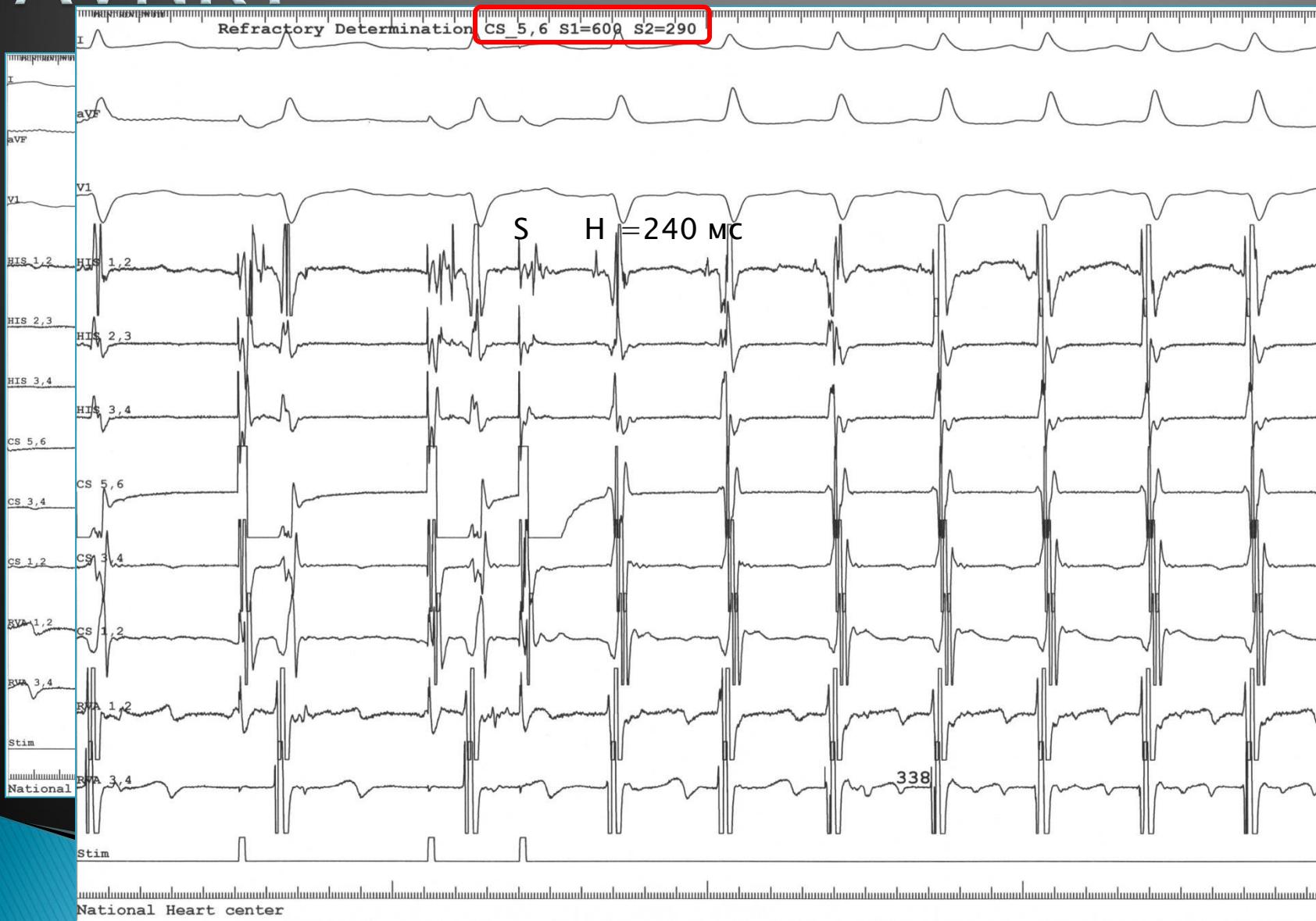
- ▶ Вместо 1 екстрастимул може да се въведат 2 или 3, означавани съответно с S3 и S4
- ▶ Например S1 /S2/S3 = 600/360/300
- ▶ Сега можем да скъсяваме S2/S3 и/или S1/S2



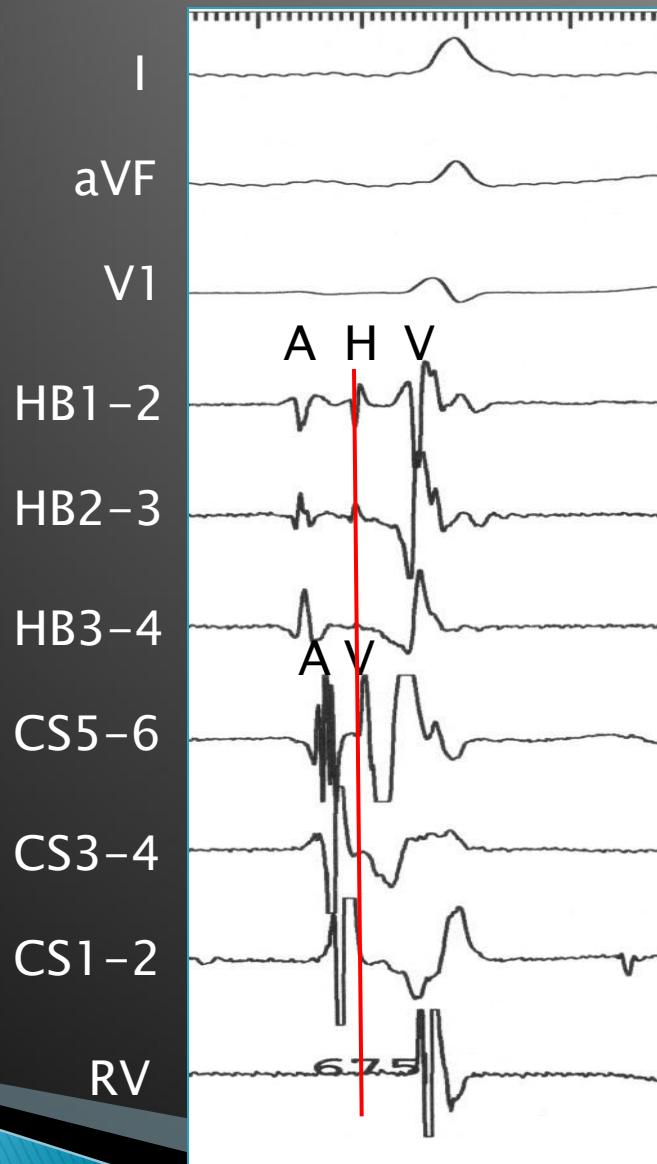
# Програмирана стимулация

- ▶ Целта на програмираната стимулация е да се постигне блок в едното рамо на потенциалния риентри кръг и критично забавяне в другото рамо, т.е. да се възпроизведат условията за възникване на риентри аритмия

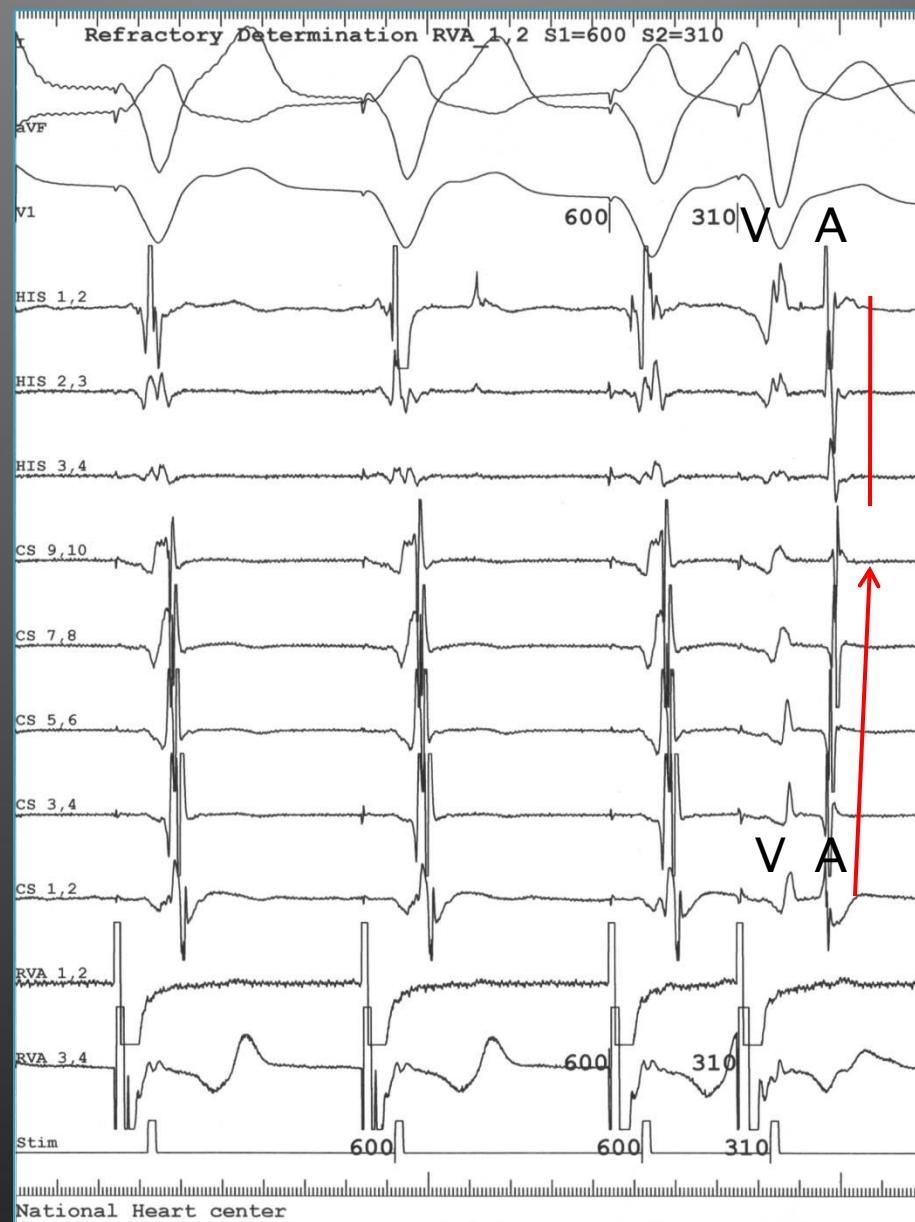
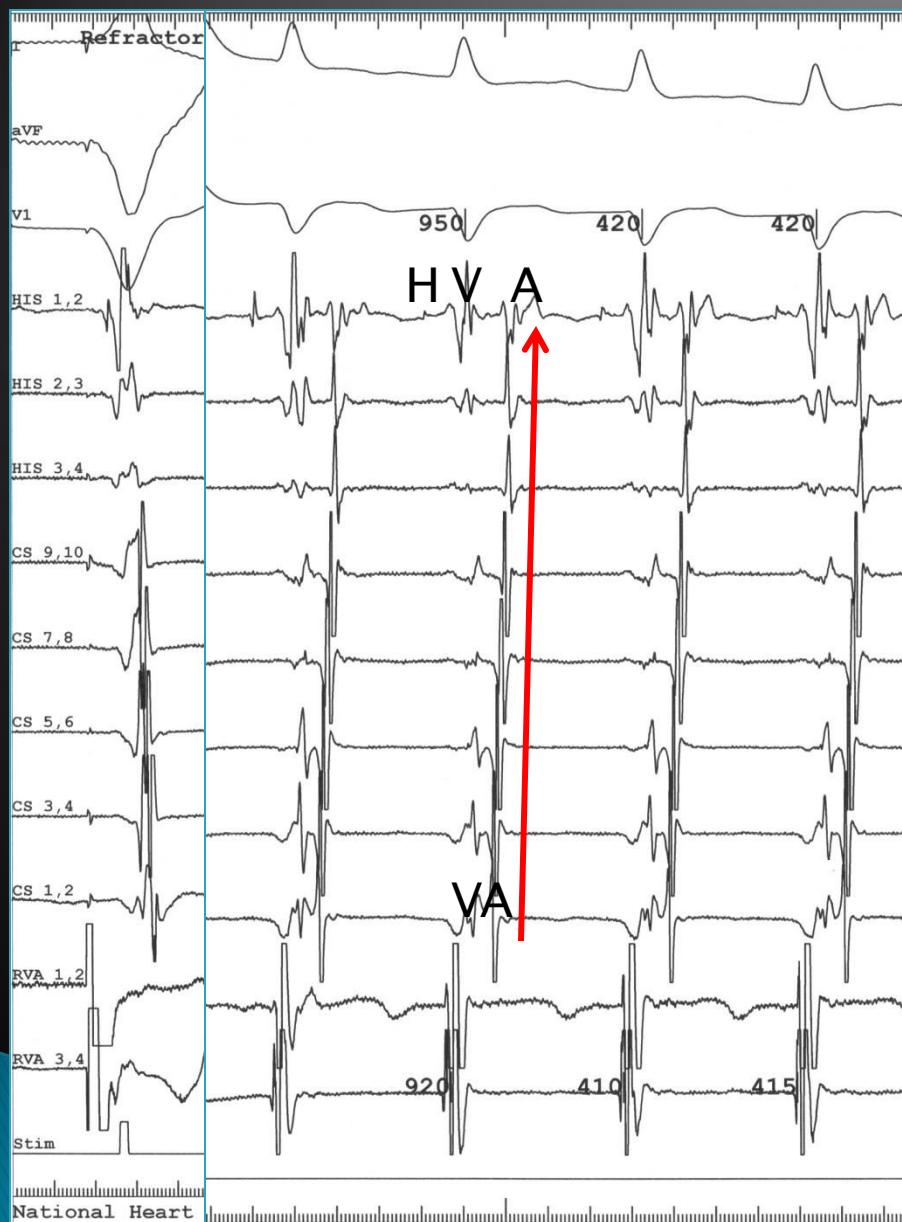
# AVNRT



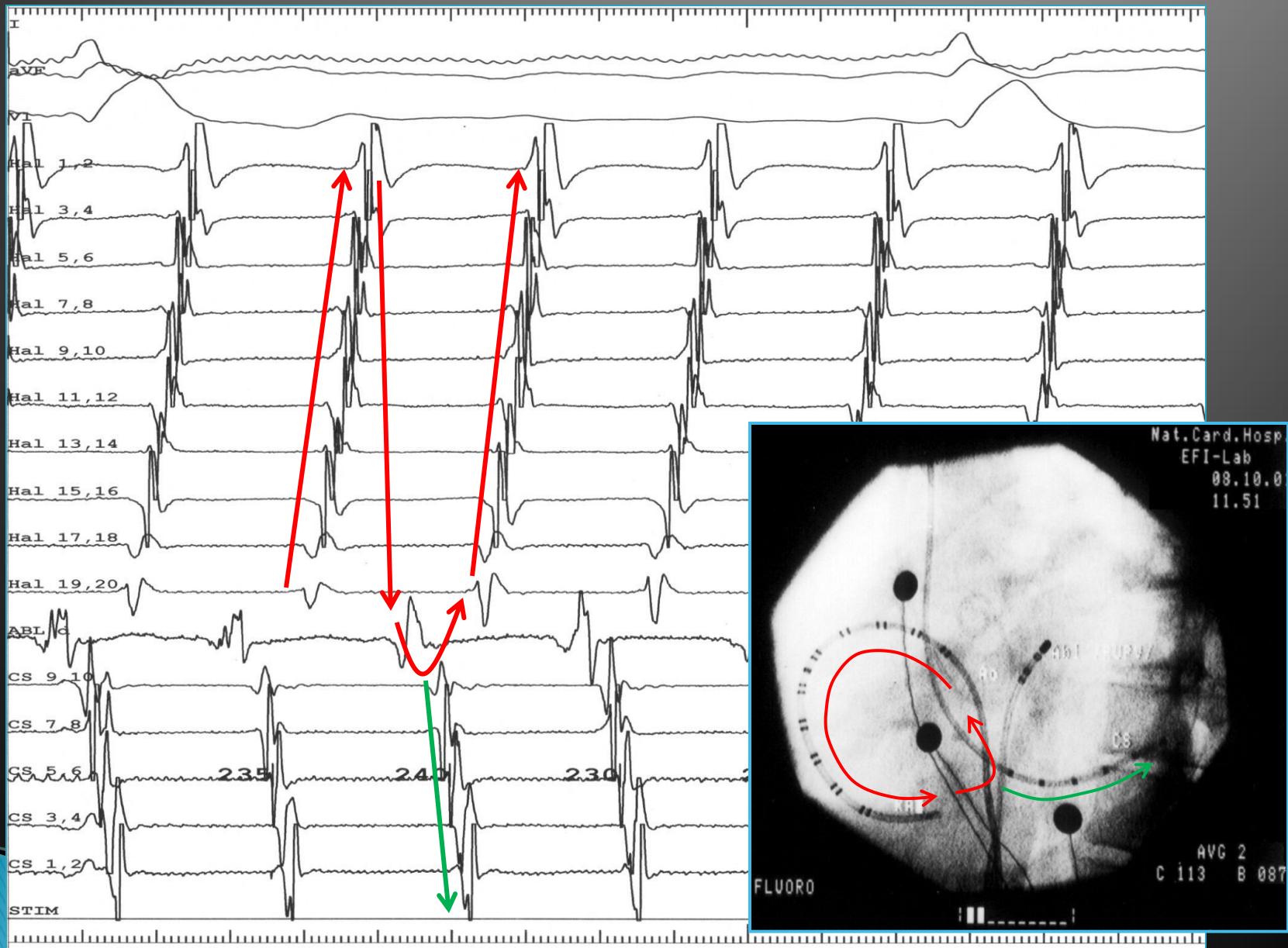
# WPW синдром – синусов ритъм



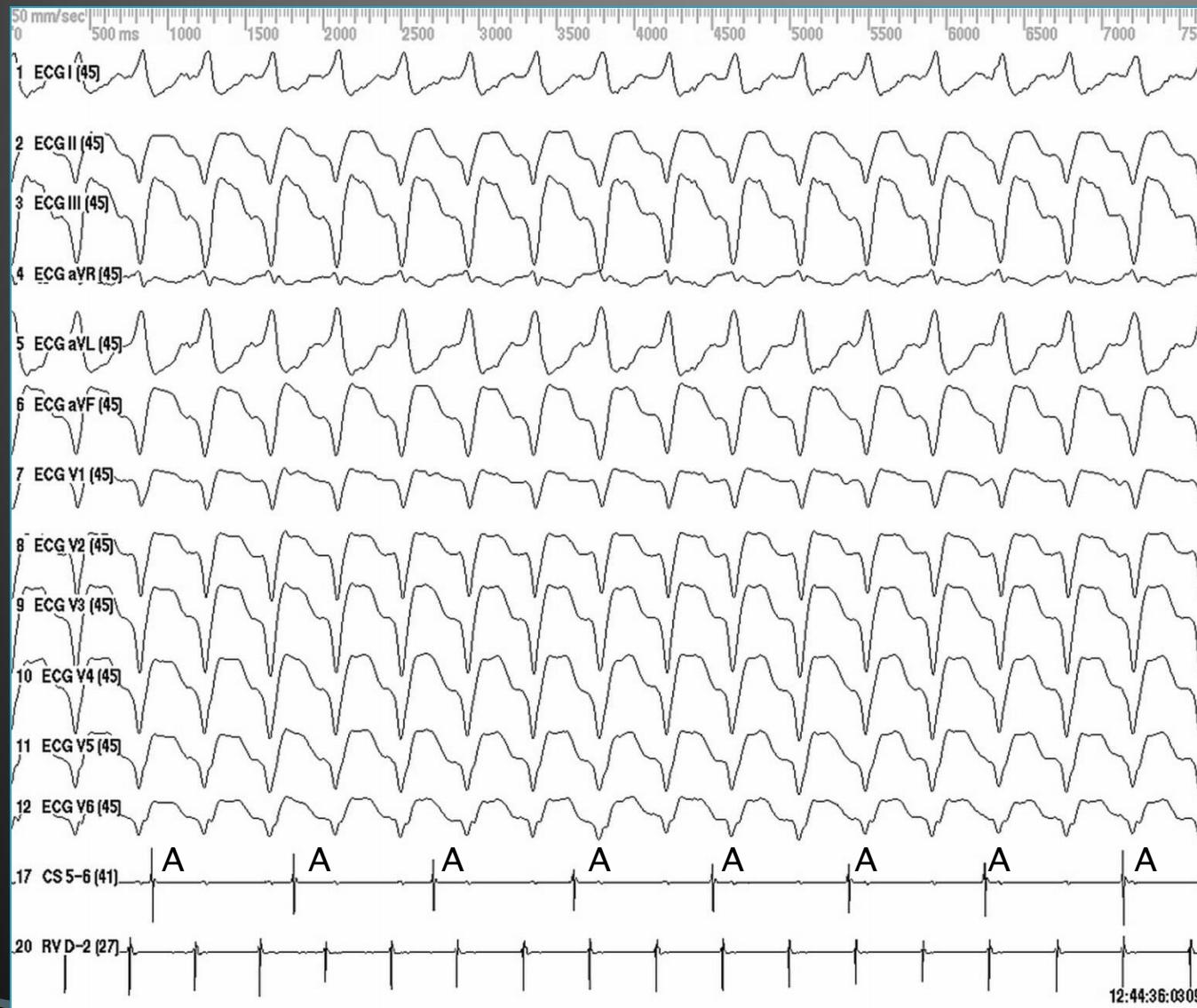
# WPW синдром – AVRT



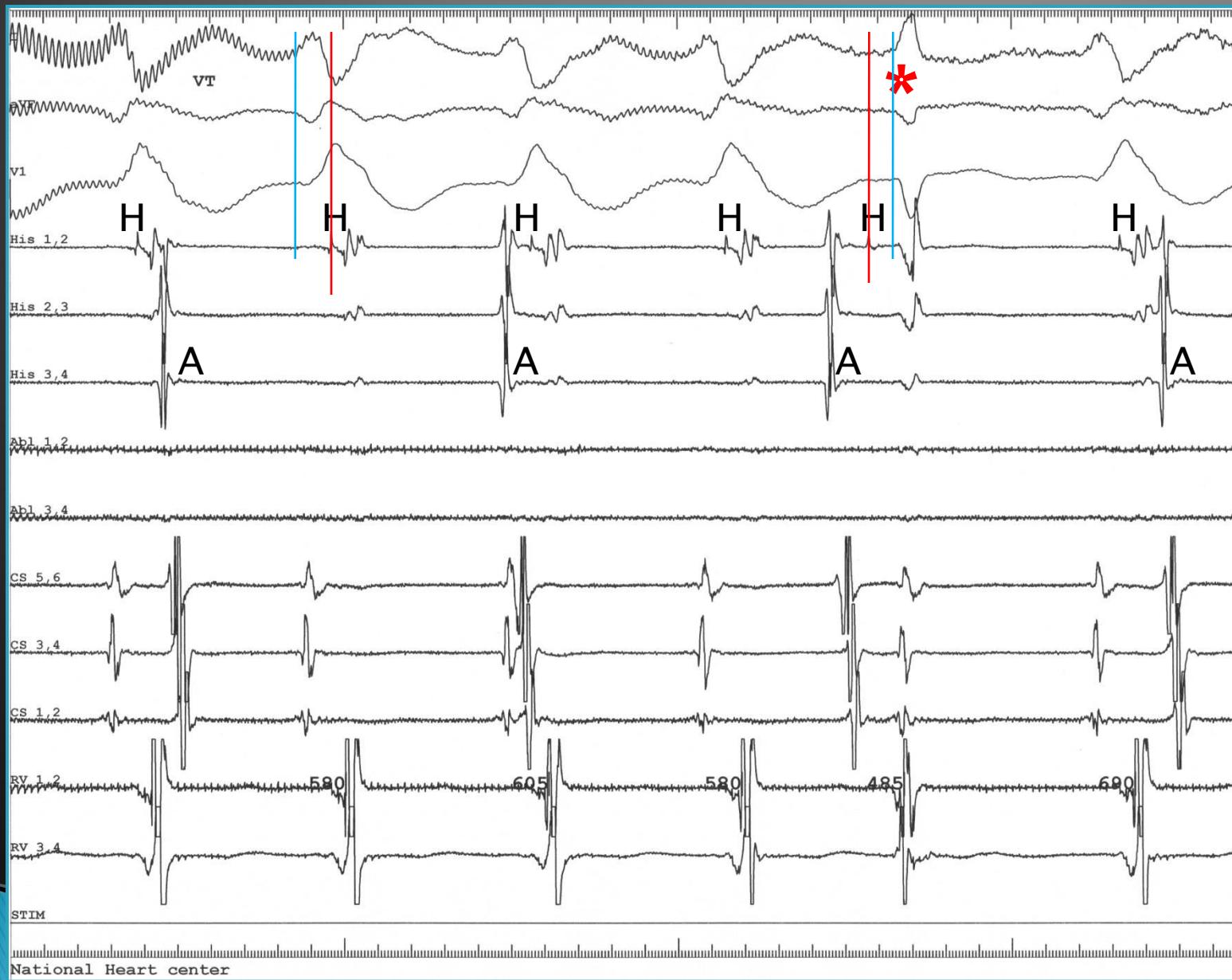
# Типично предсърдно трептене



# Камерна тахикардия



# Постинфарктна КТ



# Електроанатомичен мепинг (ЕАМ)

- ▶ Представлява форма на мепинг, при която информацията за електрическото възбуждение (време, място, амплитуда) се наслагва върху триизмерен модел на сърдечната кухина и се кодира в цвят

# ЕАМ – преимущества

- ▶ Възпроизвеждане на катетрите с точност  $\leq 1$  мм
- ▶ Нефлуороскопска навигация
- ▶ Маркиране на места и зони на интерес
- ▶ Карта на локалното активиране
- ▶ Карта на локалния миокарден волтаж (би- или униполярна) – позволява субстратна аблация без индукция на клиничната аритмия
- ▶ Карта на пропагацията на възбуждението
- ▶ Интеграция с предварително получени 3D-образи от КАТ/МРИ или ротационна ангиография

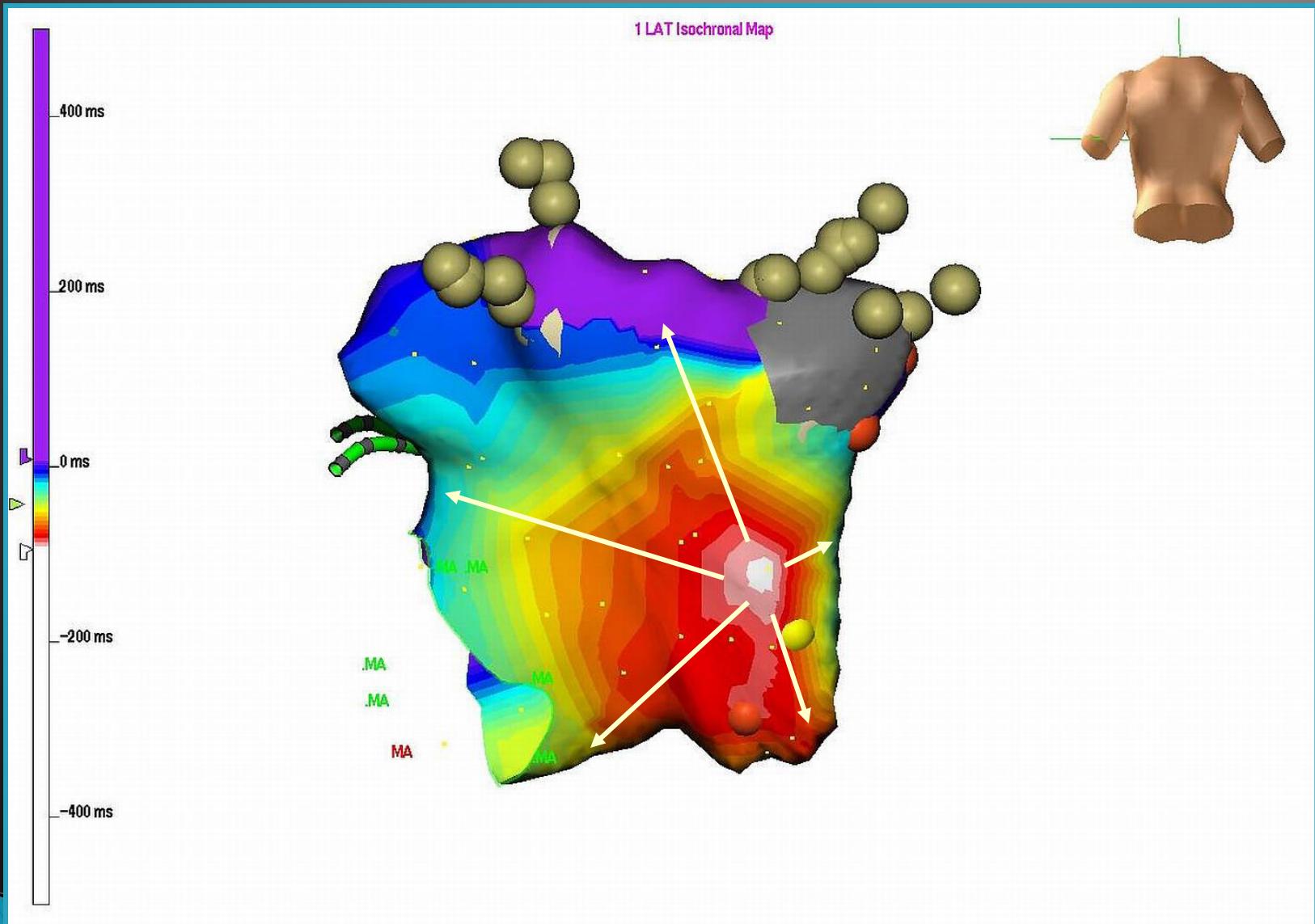
# EAM – принципи

- ▶ Чрез магнитна (CARTO) или електрическа енергия (EnSite) се създава триизмерно навигационно поле
- ▶ Всяка точка в триизмерния обем на полето има уникални координати в трите взаимно перпендикулярни оси
- ▶ Електродите на катетрите действат като сензори на енергията на полето
- ▶ Местоположението им във всеки един момент има уникални координати, които се запомнят и възпроизвеждат на экрана, създавайки триизмерен образ на кухината

# EAM – принципи

- ▶ Едновременно с това електродите долавят и собствената електрическа активност на сърцето
- ▶ Времето на поява на сигнала се отчита спрямо референтна времева точка като по-ранно или по-късно
- ▶ Отчита се и максималната амплитуда на сигнала
- ▶ Информацията за времевата разлика спрямо референтната точка се кодира в цвят и се наслагва върху вече изградения триизмерен модел на сърдечната кухина – получава се неподвижна активационна карта
- ▶ Информацията за амплитудата на сигналите също се кодира в цвят и се наслагва върху модела – получава се **волтажна карта** (нормални зони, зони на патологично понижен волтаж, зони на цикатрикс)
- ▶ Възбудението може да се покаже в движение – пропагационна карта

# Фокална предсърдна тахикардия

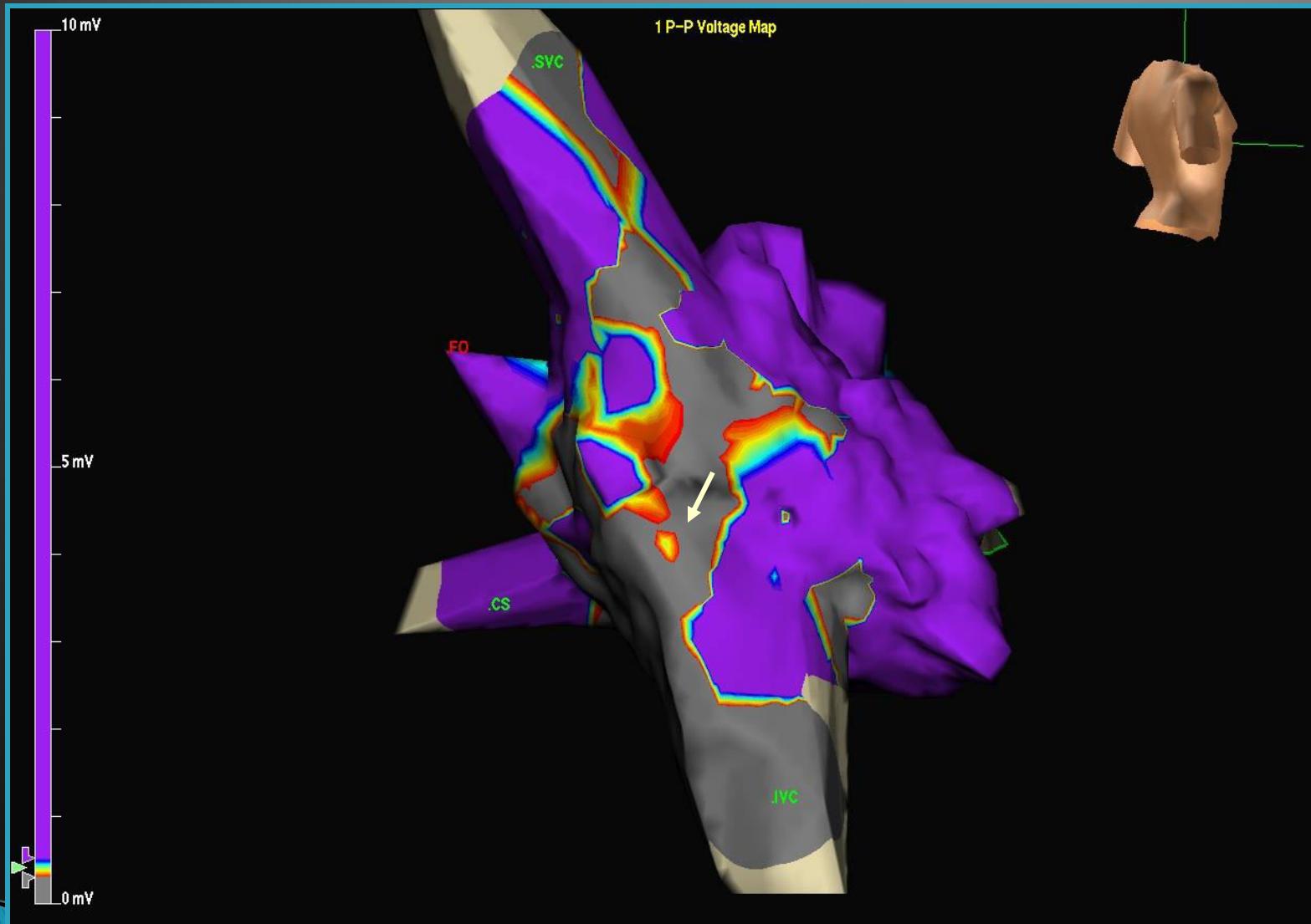


Shalganov et al., Rev Esp Cardiol 2008;61:988-9

# Инцизионно-риентри

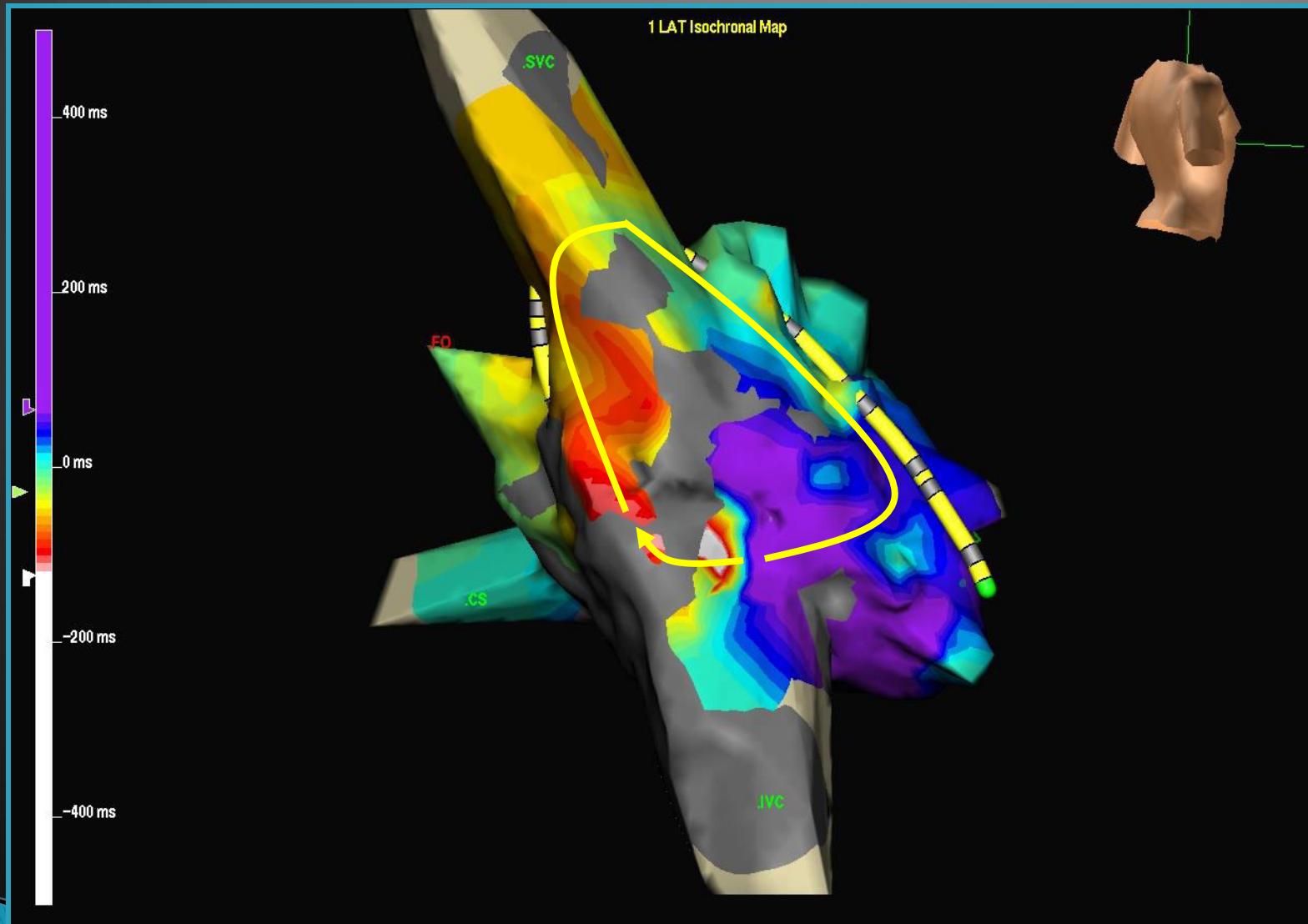


# Инцизионно-риентри



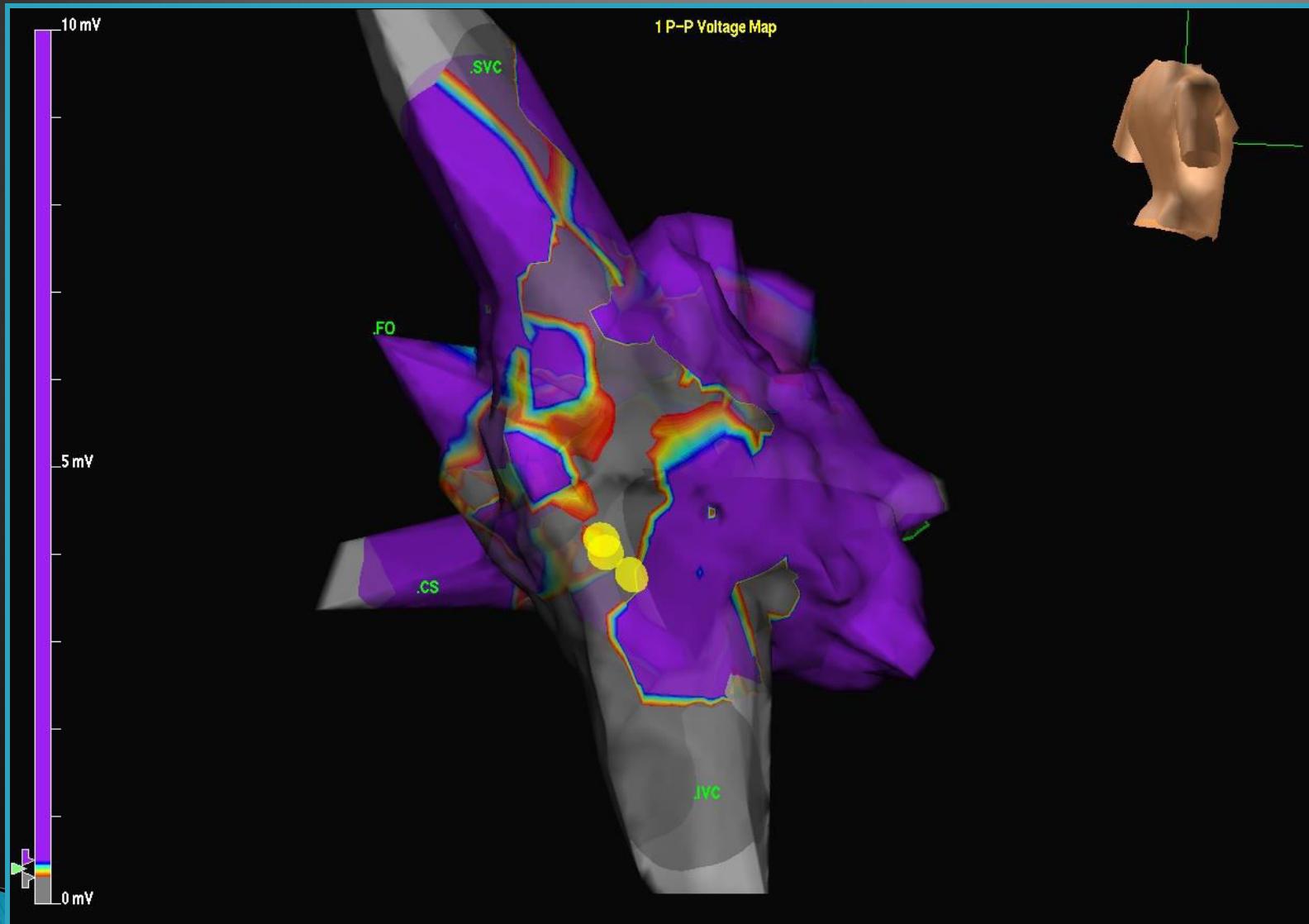
Shalganov et al., IPEJ 2010;10(3):139–42

# Инцизионно-риентри



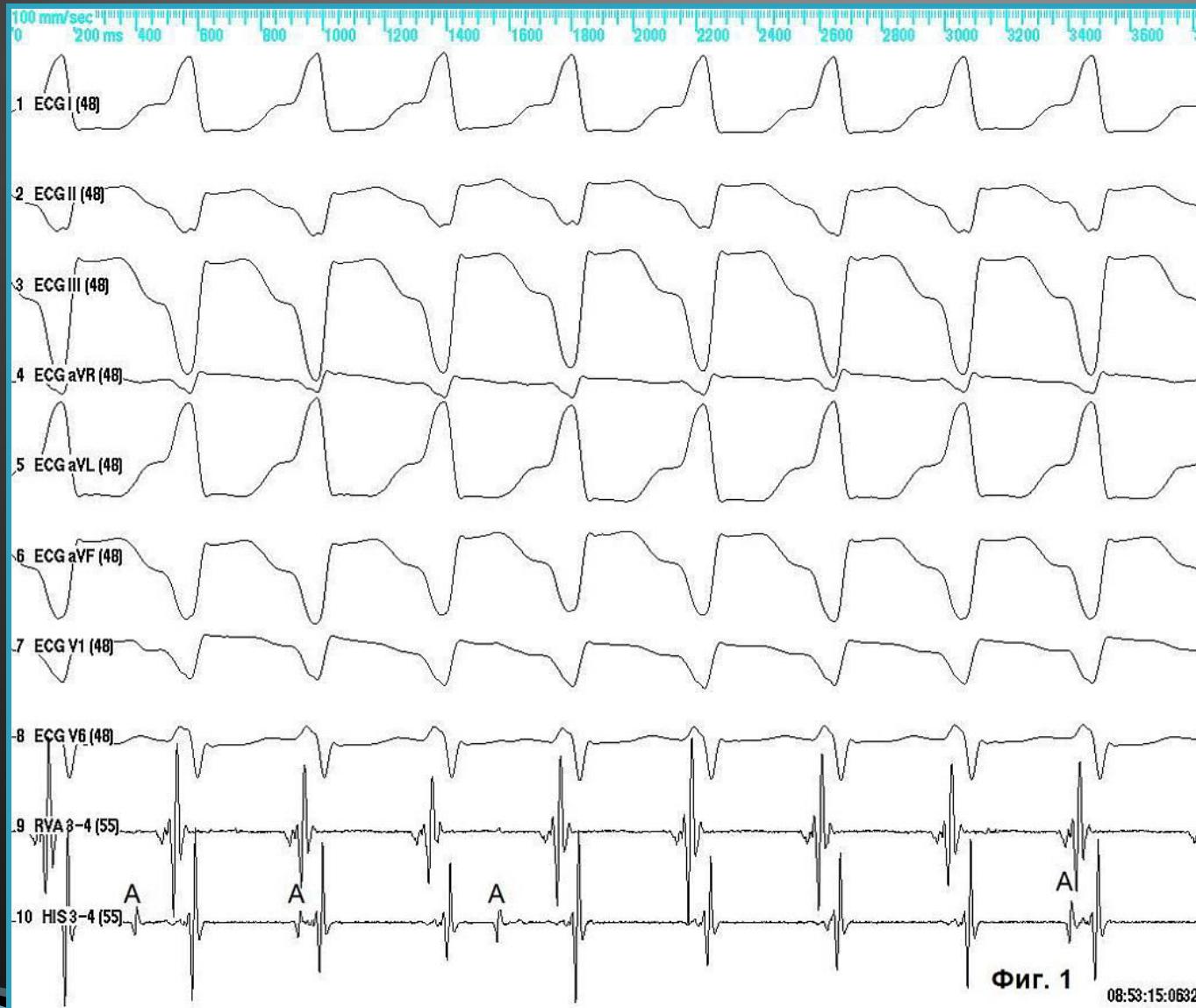
Shalganov et al., IPEJ 2010;10(3):139–42

# Инцизионно-риентри



Shalganov et al., IPEJ 2010;10(3):139–42

# Камерна тахикардия при ARVD/C

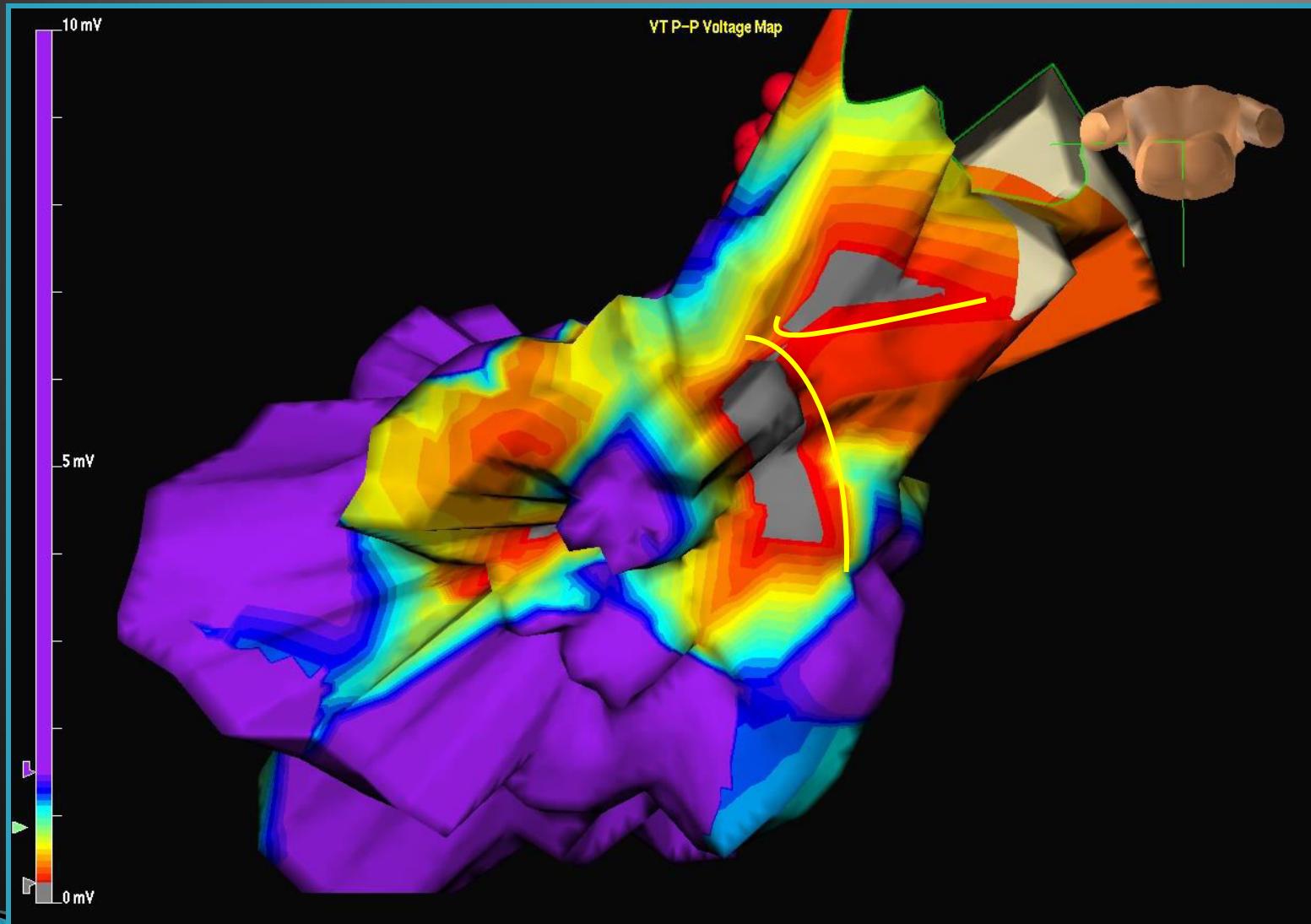


Фиг. 1

08:53:15:0632

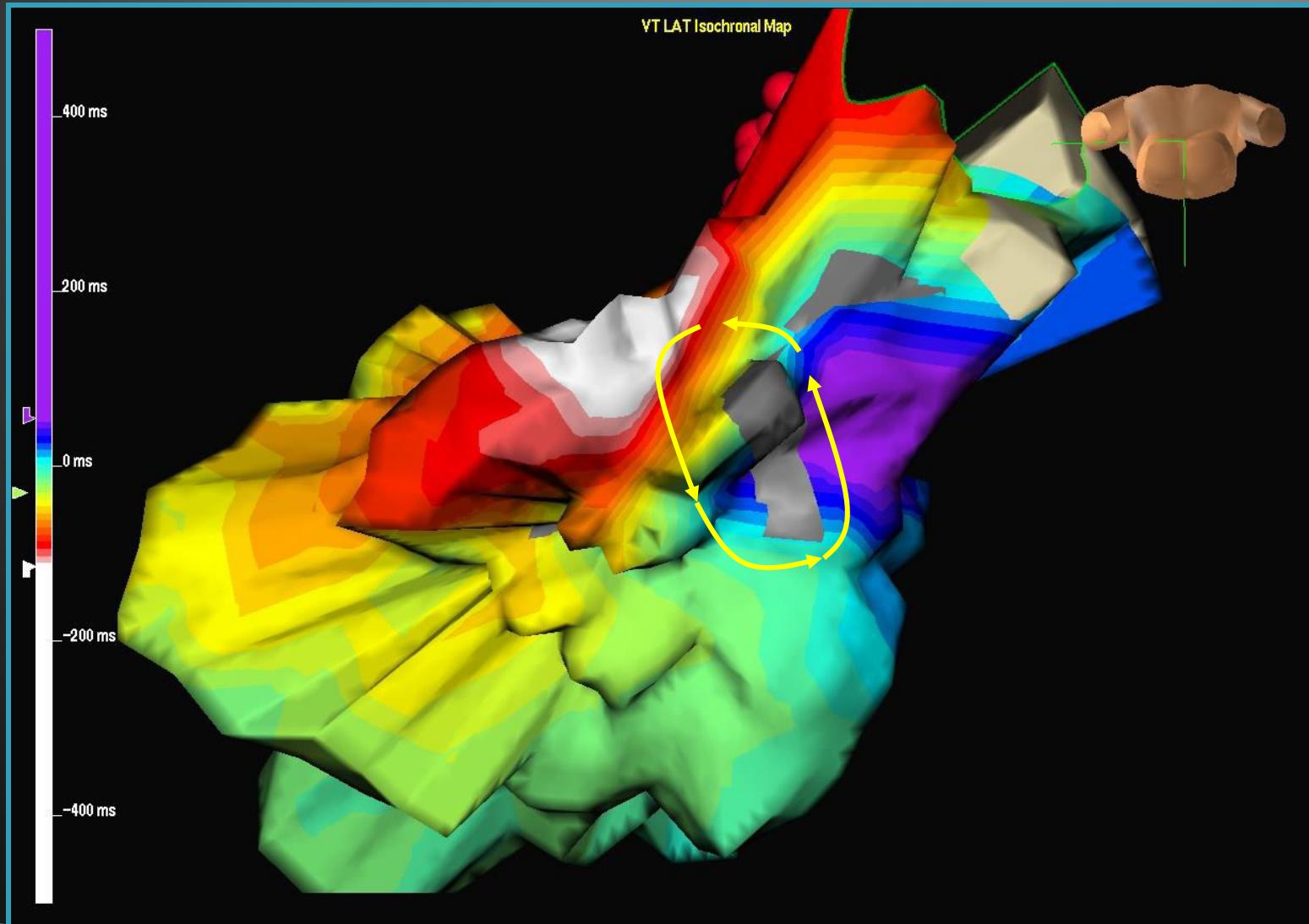
Шалганов и сътр., Българска кардиология 2009;15(3):53-6

# Камерна тахикардия при ARVD/C



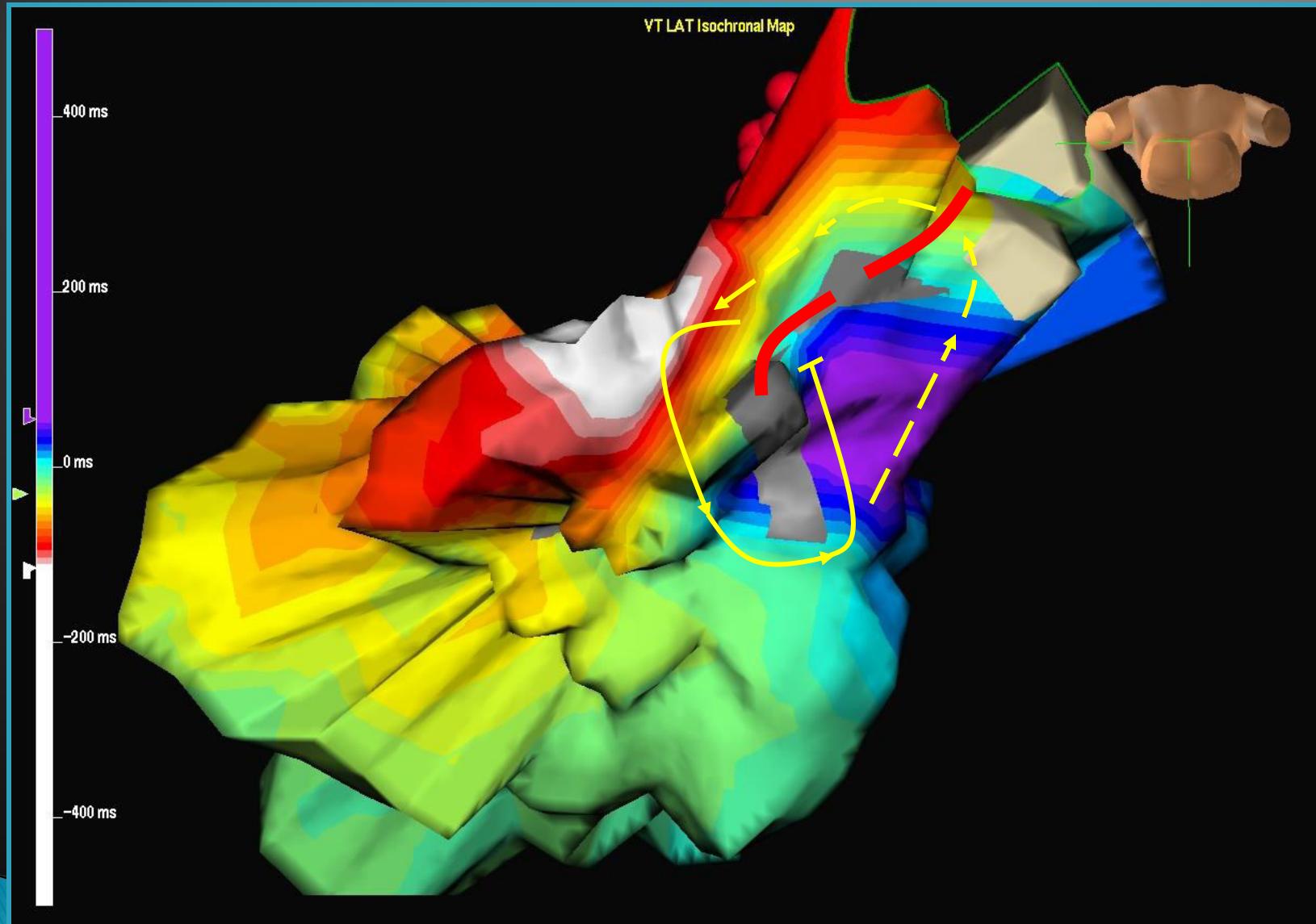
Шалганов и сътр., Българска кардиология 2009;15(3):53-6

# Камерна тахикардия при ARVD/C



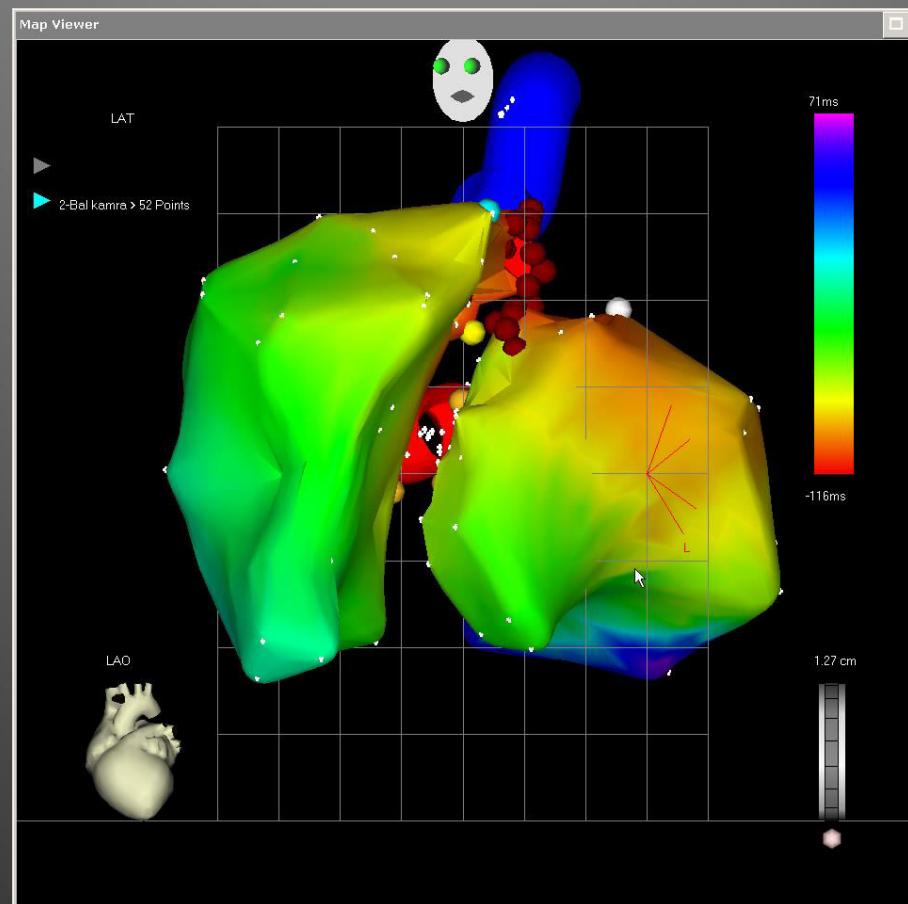
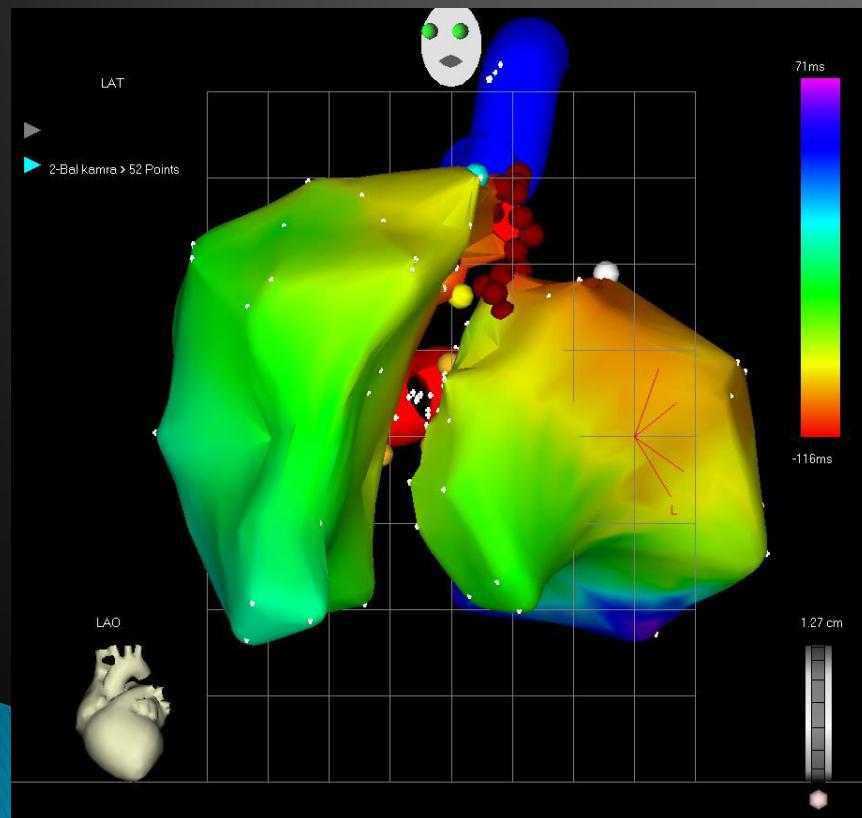
Шалганов и сътр., Българска кардиология 2009;15(3):53-6

# Камерна тахикардия при ARVD/C



Шалганов и сътр., Българска кардиология 2009;15(3):53-6

# Пропагационна карта



# Радиофреквентна аблация – принципи

- ▶ РФ ток е високочестотен – 300 kHz – 1 GHz
- ▶ Прилага се в униполярен режим между върха на аблационния катетър и индиферентен електрод с голяма площ на кожата на пациента
- ▶ Отделената топлина нагрява върха на катетъра и тъканта, която е в непосредствен контакт с него. В дълбочина обаче клетките се загряват не директно, а поради клетъчното съпротивление (резистивно нагряване)
- ▶ Загряването на клетките до 48°–50°C води до необратима клетъчна смърт
- ▶ Аблацията се осъществява от отдадената в тъканта енергия, а не от отчетената на върха на катетъра температура

# Радиофреквентна аблация – принципи

- ▶ Взаимодействие между площ на върховия електрод (4 mm, 8 mm, иригиран), мощност, t°C, импеданс, кръвоток, дебелина на миокарда
- ▶ РФ лезия има радиус ~3 mm. При 8-mm или иригиран катетър лезията може да е с по-голям диаметър в дълбочина
- ▶ РФ лезия може да прогресира във времето (до 2–3 месеца след аблацията)
- ▶ Има хомогенно ядро и не е аритмогенна
- ▶ Унищожава междуклетъчния матрикс и има тромбогенен потенциал

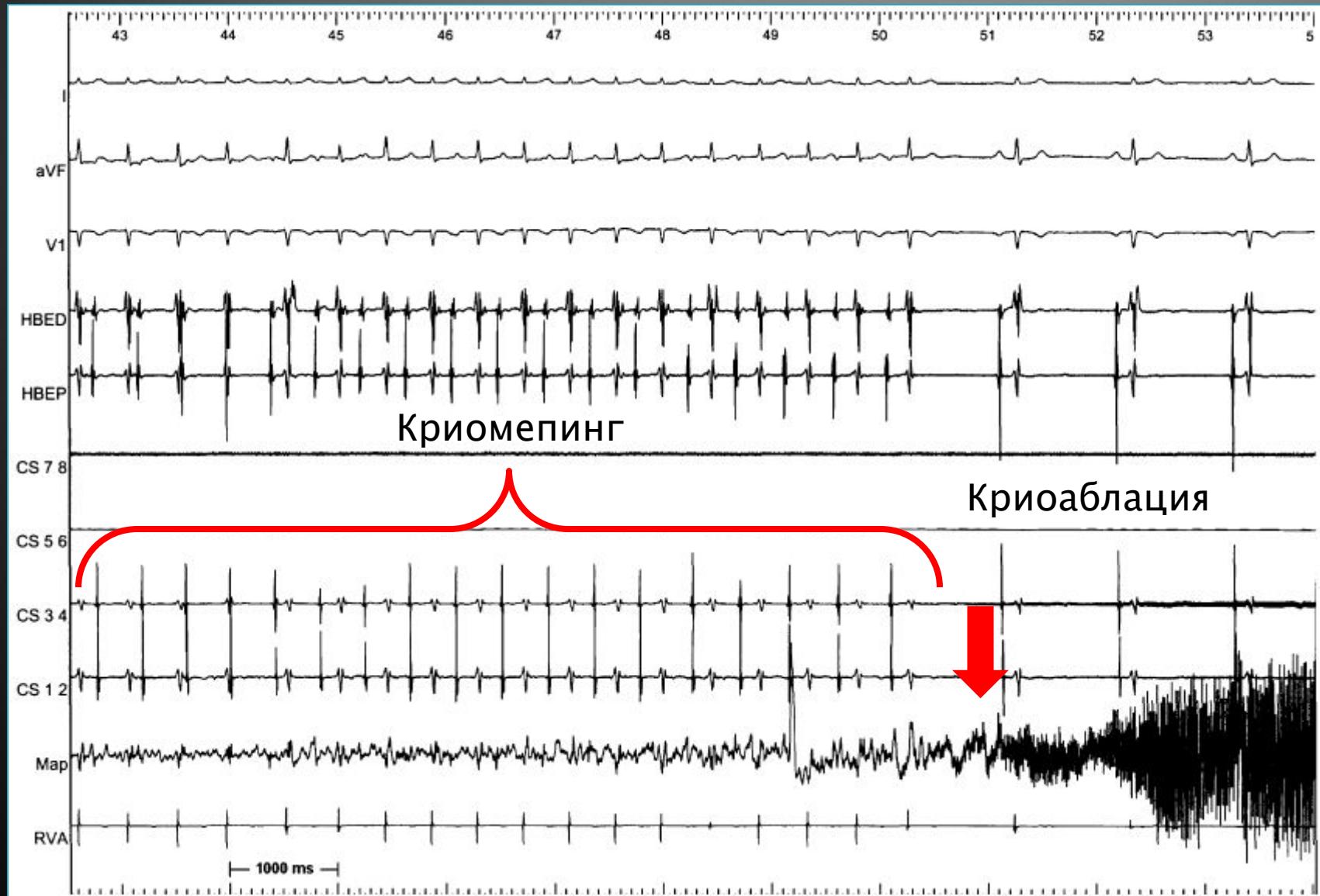
# РФ апликация не маскира IEGM



# Криоаблация – принципи

- ▶ Замръзването на клетъчната течност и последващото размразяване предизвиква формиране на ледени кристали, които разкъсват клетъчните мембрани
- ▶ Замразяването при  $-30^{\circ}\text{C}$  предизвиква преходно инактивиране на йонните канали (т.е. загуба на електрическите свойства) без разрушаване на клетките, което позволява безопасен криомепинг
- ▶ Замразяването до  $-80^{\circ}\text{C}$  води до необратимо разрушаване на клетките, но не и на междуклетъчния матрикс, поради което криолезията има минимална тромбогенност и рязко очертани граници

# Криоадхезия, криомепинг, криоартефакт



# Показания за катетърна аблация – надкамерни тахикардии

	Клас	LoE
AVNRT с лоша хемодинамична поносимост	I	B
Рецидивираща симптомна AVNRT	I	B
Редки пристъпи или единствен пристъп на AVNRT, когато пациентът желае пълен контрол на аритмията	I	B
WPW с добра поносимост	I	B
WPW с преексцитирано предсърдно мъждене или с лоша поносима AVRT	I	B
AVRT с лоша поносимост	I	B
Редки пристъпи или единствен пристъп на AVRT без преексцитация	IIa	B
Асимптомна преексцитация	IIa	B

Eur Heart J 2003;24:1857–1897

# Показания за катетърна аблация на надкамерни тахикардии при възрастни с ВСМ

	Клас	LoE
Симптомни пациенти след неуспешна АА терапия:		
– коригиран ASD	I	C
– TGA след хирургична корекция по Mustard или Senning	I	C

Eur Heart J 2003;24:1857–1897

# Показания за катетърна аблация – предсърдно трептене (ПТр) и тахикардии (ПТ)

	Клас	LoE
Рецидивираща симптомна фокална предсърдна тахикардия	I	B
Непрекъсната ФПТ, независимо от наличие или липса на симптоми	I	B
Непродължителна и асимптомна ФПТ	III	C
Първи епизод на ПТр с добра поносимост	IIa	B
Рецидивиращо ПТр с добра поносимост	I	B
Предсърдно ПТр с лоша поносимост	I	B
ПТр при употреба на AAD от клас I или III за лечение на ПМ	I	B
Симptomно атипично ПТр след неуспешна АА терапия	IIa	B

# Показания за катетърна аблация – предсърдно мъждене

Симптомно ПМ, рефрактерно на поне 1 антиаритмичен медикамент от клас I или III

	Клас	LoE
Пароксизмално	I	A
Перsistиращо	IIa	B
Дълготрайно перsistиращо (> 1 година)	IIb	B

Симптомно ПМ, преди да е опитано лечение с поне 1 антиаритмичен медикамент от клас I или III

Пароксизмално	IIa	B
Перsistиращо	IIb	C
Дълготрайно перsistиращо (> 1 година)	IIb	C

# Показания за катетърна аблация – камерни аритмии

	Клас	LoE
Идиопатична камерна тахикардия (КТ) при структурно здраво сърце	I	B
Много чести мономорфни камерни екстрасистоли ( $>10\ 000/24\ h$ ) или непродължителни мономорфни КТ, които предизвикват изразени симптоми и/или ЛК дисфункция	IIa	B
Рецидивираща мономорфна КТ при структурно сърдечно заболяване	IIa	B

Europace (2014) 16, 1257-1283

# Какво е необходимо, за да бъдеш добър електрофизиолог?

Детайлно познаване на:

- ▶ Макроскопска анатомия, хистология и цитология в норма и патология, вкл. при структурно СЗ, при ВСМ, както и след сърдечна хирургия
- ▶ Възбудно-проводна система в норма и патология
- ▶ Артериално кръвоснабдяване и венозен дренаж
- ▶ Инервация, вкл. екстракардиална
- ▶ Топографска анатомия на медиастинума
- ▶ Флуороскопска анатомия
- ▶ ЕКГ
- ▶ Образни методи – ЕхоКГ, КАТ, МРИ, СКАГ
- ▶ Катетеризационни умения
- ▶ Принципи на лъчезащита
- ▶ Да знаеш кога да спреш