

# RADIOABLACE KT KYBERNETICKÝM NOŽEM

Radek Neuwirth  
Nemocnice Podlesí a.s.

# Stereotaktická radiochirurgická ablace

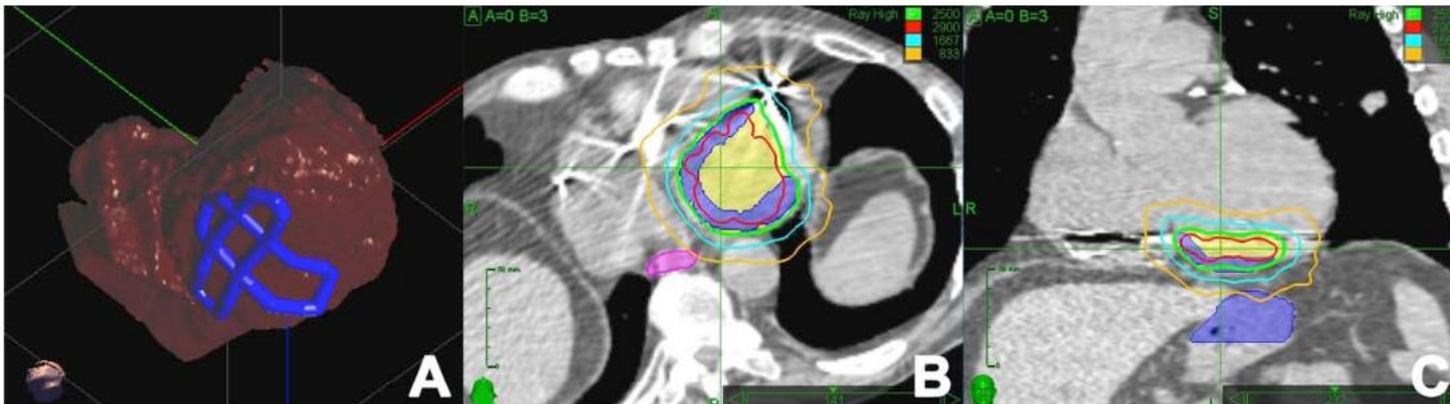
- aplikuje vysokou dávku záření do přesně specifikovaného objemu postižené tkáně
- lineární urychlovač na robotickém rameni
- CT/MRI/PET-CT navigace
- dávka 25 Gy v jednom sezení



# Stereotaktická radiochirurgická ablace substrátová navigace

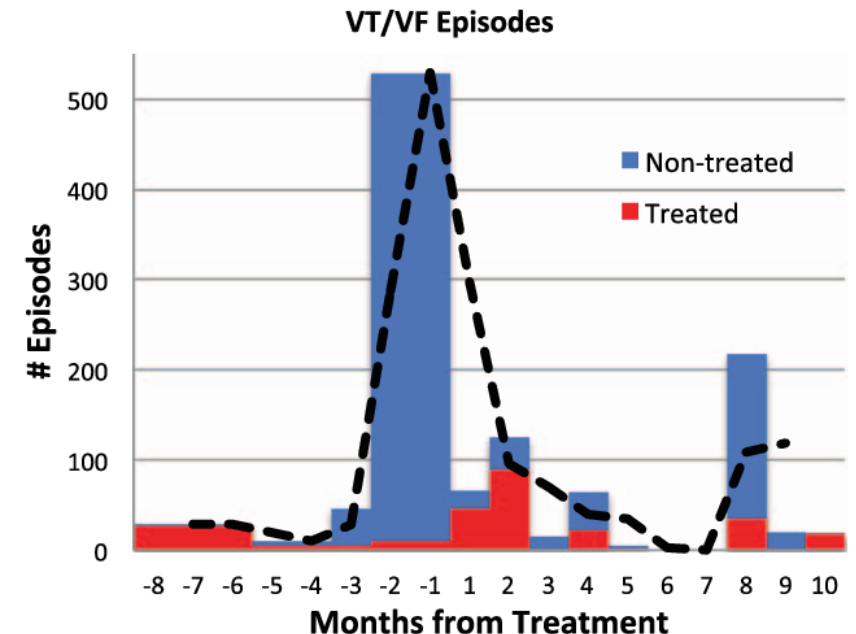
ICM, LVEF 0.24, stp CABG, ICD,  
PET-CT – jizva spodní stěny LK,  
VT 160/min

Dávka 25 Gy - izodose 75% (CyberKnife, Accuray, Sunnyvale, CA),  
maxim dávka 33 Gy v centrální části jizvy  
výkon 90 minut (2012)



**Figure 1.** Stereotactic arrhythmia radioablation (STAR) treatment plan. **A.** Simulated cardiac ablation contours (dark blue); **B** and **C.** Final

Figure 1. Stereotactic arrhythmia radioablation (STAR) treatment plan. A, Simulated cardiac ablation contours (dark blue); B and C, Final target volume (blue/yellow) treated with 25 Gy (Green isodose line) with higher dose (Red 29 Gy isodose line) centered within the midmyocardial layer.

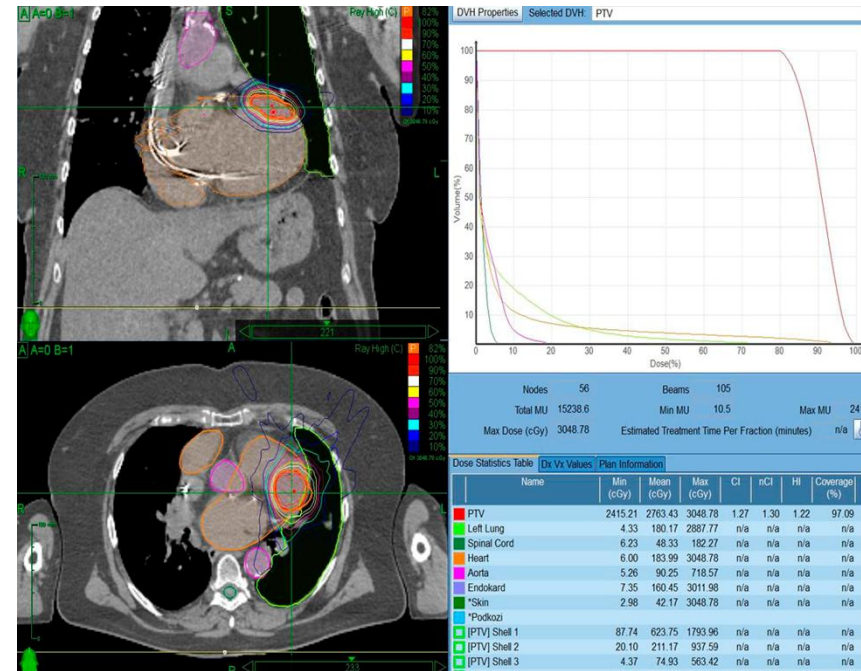
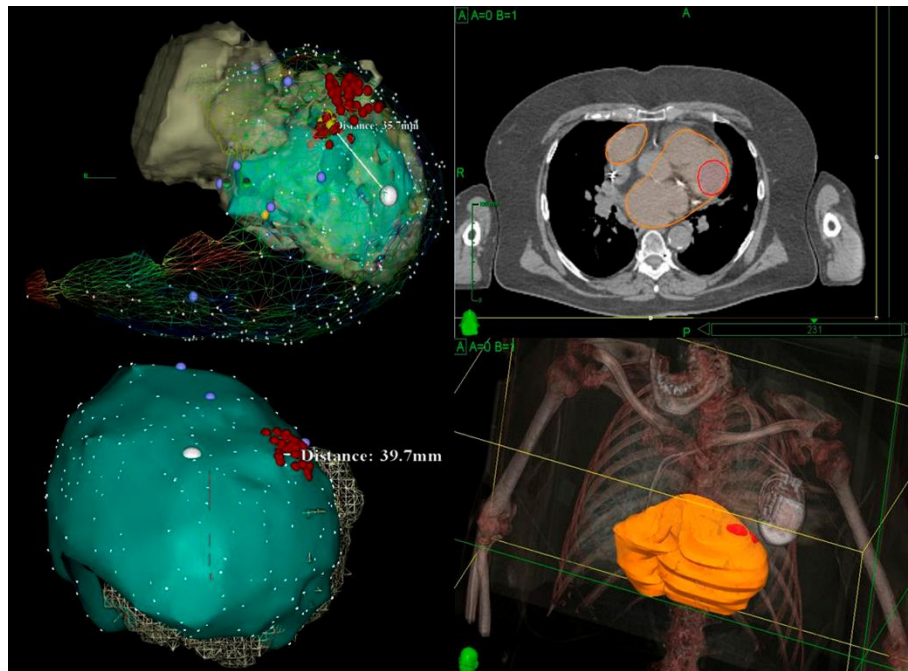


**Figure 2.** Episodes of ventricular tachycardia (VT) as recorded

# Stereotaktická radiochirurgická ablace

## EP navigovaná

NICM, LVEF 0.25, mitral reg. III/IV, CRT-ICD  
selhání RFA vč. endo-epi  
CT + EP navigovaná



# Histologie – reakce tkání stav po 3 týdnech

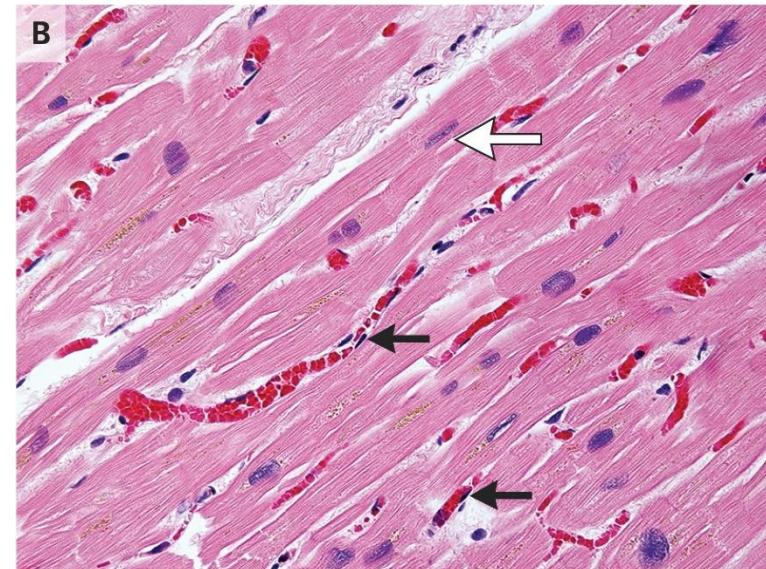
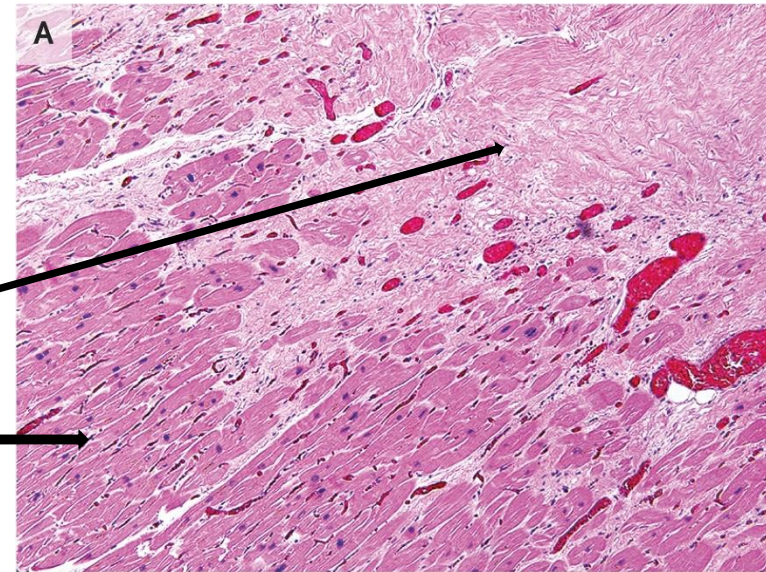
Obr. A:  
rozšíření malých cév na rozhraní husté fibrózy  
a životaschopného myokardu

**Neexistuje žádný akutní zánět myokardu nebo akutní  
buněčná nekróza.**

Obr. B (detail „border zony“)  
Kardiomyocyty: občasné obdélníkové jádro "boxcar" (bílá  
šipka) a hypertrofie (*jsou pozorovány v chronických stádiích srdečního  
selhání*)

Endotelové buňky mají normální vzhled (černé šipky),  
dlouhé, tenké, nereaktivní jádra.

Barvení hematoxylinem a eosinem



# Histologie – reakce tkání stav po 3-6 měsících

## Histologické úseky oblasti AV uzlu po SRA:

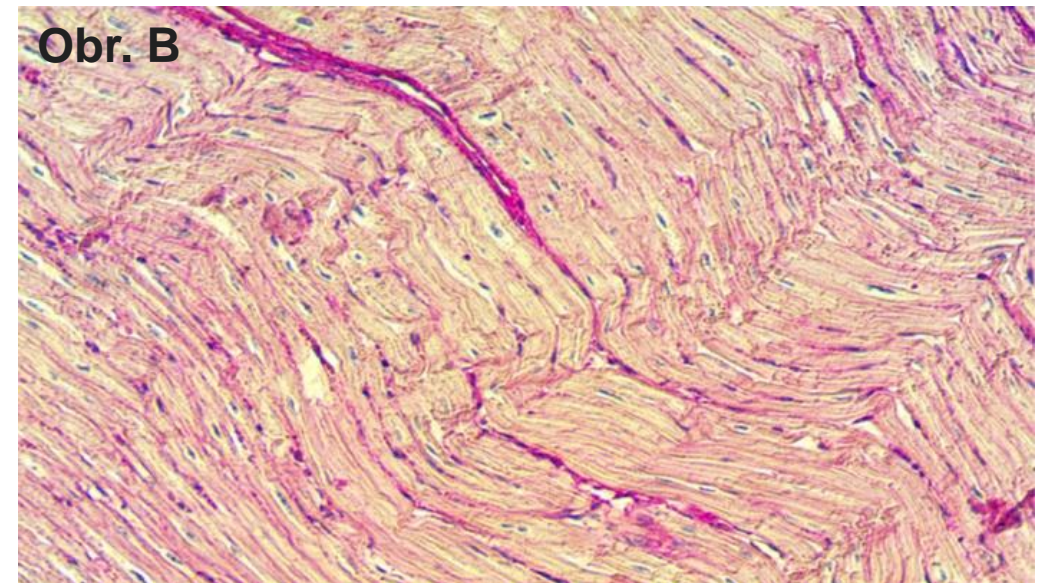
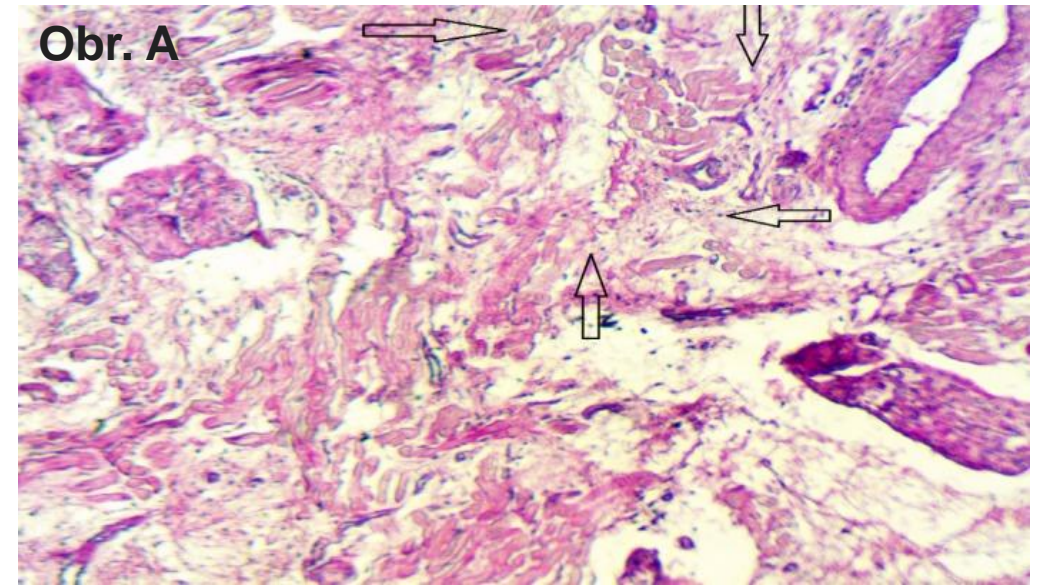
- závažné poruchy architektury,
- ztráta buněčné organizace (vyskytující se v normálních AV uzlech,
- stav po buněčné nekróze s rozsáhlým ukládání fibrinu v oblasti.

## Okolní tkáně:

- vykazují normální architekturu

Obr. A: zobrazení fibrózy na AV uzlu

Obr. B: normální architekturu okolní septální tkáně



# Vliv eskalace dávky záření na efektu izolace RSPV (animal model)

Metodika:

jednorázová dávka 17,5-35 Gy (krok o 2,5 Gy), kontrolní EPS za 6 měsíců.

**Závěr:**

- transmurální jizvení RSPV zaznamenáno s dávkami  $\geq 32,5$  Gy.
- rozsah a intenzita fibrózy se významně zvýšila s dávkou, 50% účinná dávka pro intenzivní fibrózu byla 31,3 Gy (poměr pravděpodobnosti 2,47 / Gy,  $P < 0,01$ ).

Vliv na okolí:

- Okolní srdeční tkáň nebyly ovlivněny (analýza MRI + histologie)
- dokazuje krátkodobou bezpečnost malého objemu srdeční radiochirurgie s dávkami do 35 Gy.

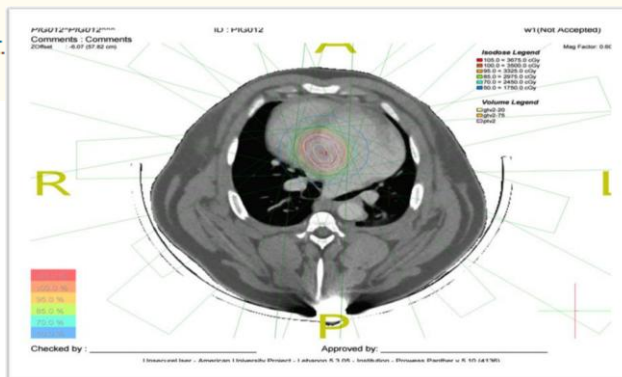
# Vliv eskalace dávky záření na efektu ablace AV uzlu (animal model)

Table 1

Dose of Radiation Targeted to Atrioventricular Node and Postoperative Days to Achieve Permanent Electrocardiographic Changes

Pig Number	Radiation Dose (Gy)	Evidence of AV Block First Observed (Postoperative Days)	Complete Heart Block (Postoperative Days)
1	35	66 to 72	66 to 72
2	35	102 to 108	109 to 115
3	35	199 to 205	229 to 235
4	40	104 to 110	118 to 124
5	40	55 to 61	55 to 61

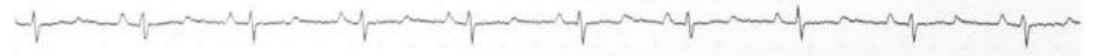
AV indicates atrioventricular.



Baseline



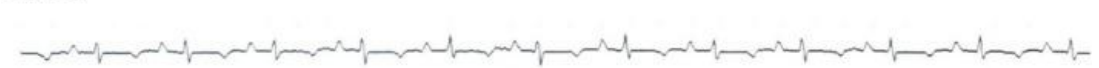
Day 91



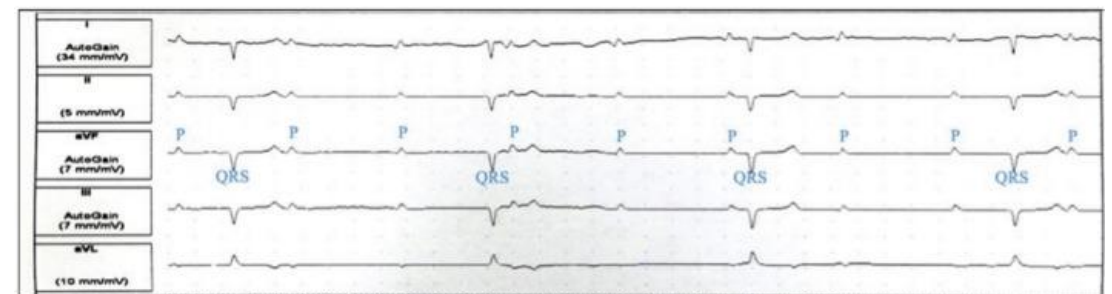
Day 98



Day 110



Day 124





# CyberKnife vs konvenční lineární zářiče

## *v léčbě komorových arytmií*

Porovnání:

**CyberKnife** (*Accuray Incorporated, Sunnyvale, CA*)

**United Varian TrueBeam** (*Varian Medical Systems, Palo Alto, CA*)

**Elekta Infinity** (*Elekta, Stockholm, Švédsko*)

**Varian Edge** (*Varian Medical Systems, Palo Alto, CA*)

Metodika:

schopnosti dodat konformní, homogenní dávku do cílového objemu, šetrnost ke kritickým a citlivým anatomickým strukturám, účinnost léčby.



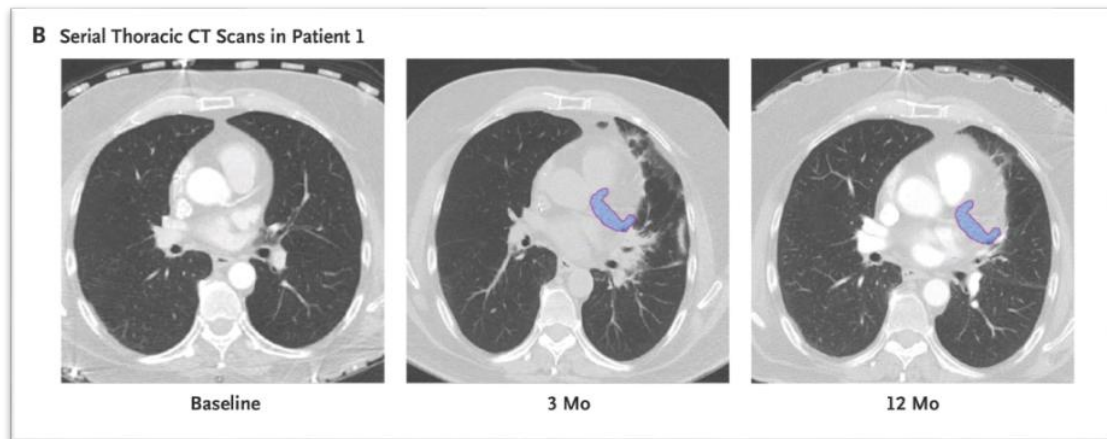
# CyberKnife vs konvenční lineární zářiče

## *v léčbě komorových arytmií*

Závěr:

**Identická schopnost pokrýt celý cílový objem adekvátní a homogenní dávkou u všech systémů**

CyberKnife je šetrnější ke kritickým strukturách a vytváří větší gradienty dávky na obvodu cílového objemu.



Criteria/ Technology	Accuray CyberKnife w/ fixed collimator	Accuray CyberKnife w/ MLC	Varian TrueBeam (ITV)	Varian TrueBeam (Gated)	Varian TrueBeam (no expansion)	Elekta Infinity (no exp)	Varian Edge (ITV)	Varian Edge (Gated)	Varian Edge (no expansion)
Rx Dose (Gy)	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Energy (MV)	6	6	6	6	6	6	6 FFF	6 FFF	6 FFF
Dose Rate (MU/min)	1000	1000	600	600	600	600	1400	1400	1400
Maximum Dose (Gy)	31.25	<b>28.74</b>	34.71	34.15	32.12	30.74	32.47	32.09	31.39
CT slice spacing (mm)	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
CTV/PTV (ccm)	19.80/32.55	19.69/31.79	19.80/63.25	19.80/51.45	19.80/32.55	19.80/32.55	19.4/59.4	19.4/50.0	19.40/31.5
Rx Isodose Line (%)	80	87	74	74	80	<b>89</b>	77	78	80
PTV coverage (%)	95.7	<b>95.8</b>	91.0	92.6	93.2	93.1	95	95	95
CI/nCI	1.64/1.72	1.37/1.44	1.59/1.72	1.56/1.69	1.44/1.57	1.31/1.43	0.99/1.10	0.98/1.08	<b>0.97/1.07</b>
Treatment Modality	Non- isocentric, non-coplanar, robotic	Non- isocentric, non-coplanar, robotic	VMAT	VMAT	VMAT	VMAT	VMAT	VMAT	VMAT
Tracking/Gating	Synchrony Tracking	Synchrony Tracking	Neither	Gating	Neither	Neither	Neither	Gating	Neither
Collimator	Fixed Collimator	2-3mm MLC	5mm MLC	5 mm MLC	5 mm MLC	5 mm MLC	2.5 mm MLC	2.5 mm MLC	2.5 mm MLC

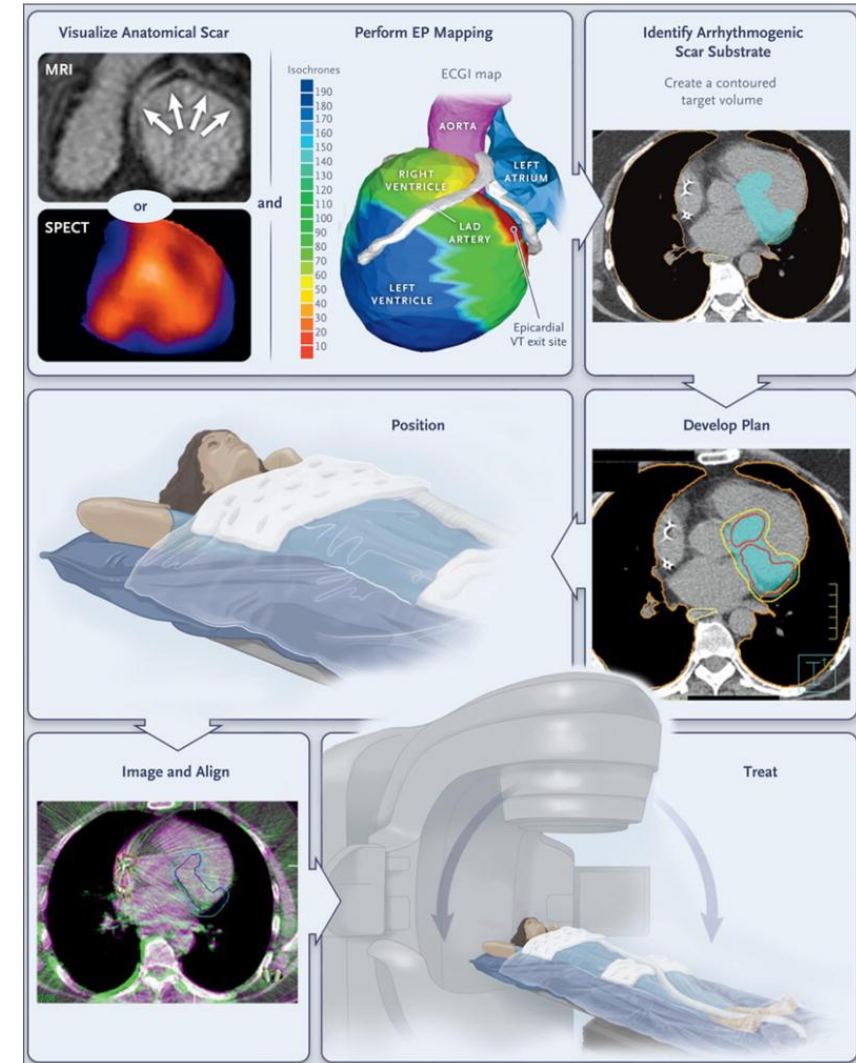
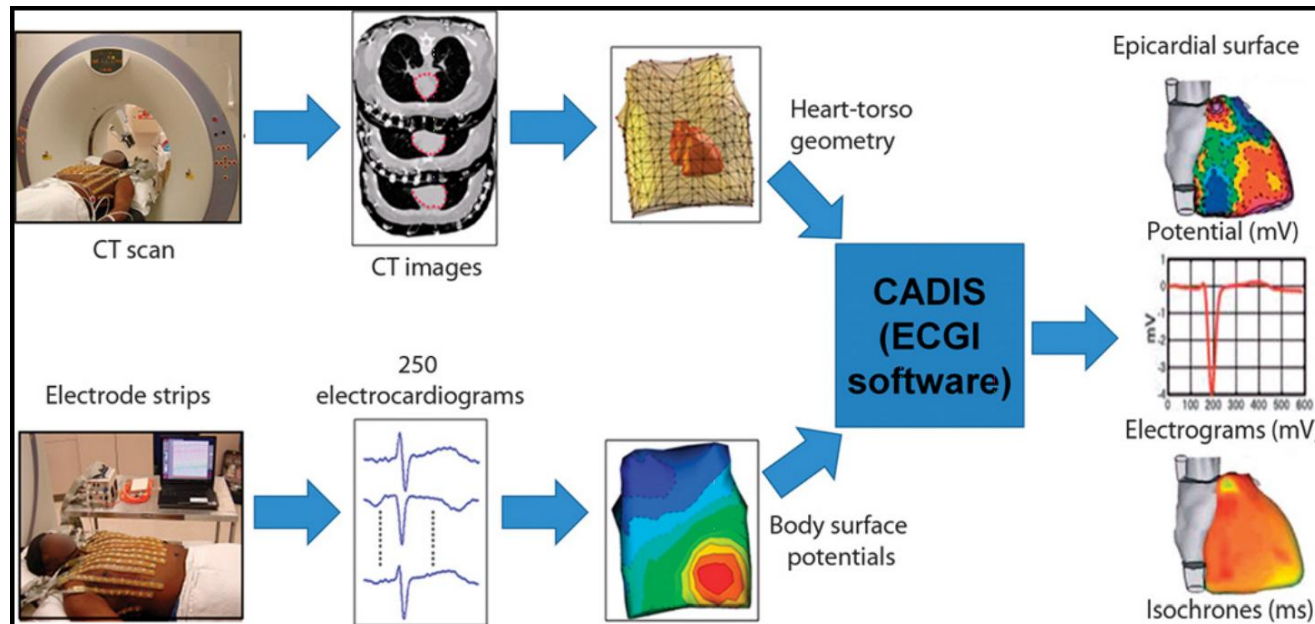
# Stereotaktická radiochirurgická ablace

## *kombinace neinvazivní EP a substrátové ablace*

neinvazivní ekg mapování VT, vesta s 256 elektrodami (BioSemi)

SPECT nebo MRI

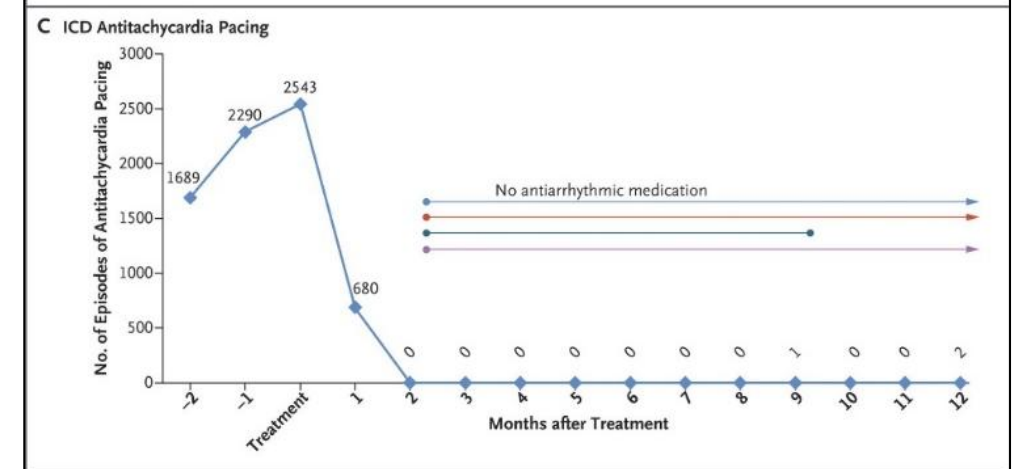
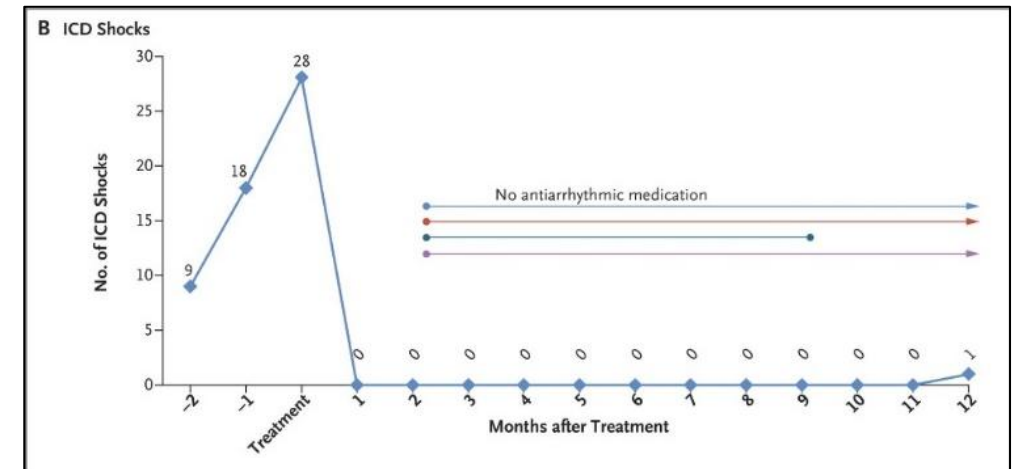
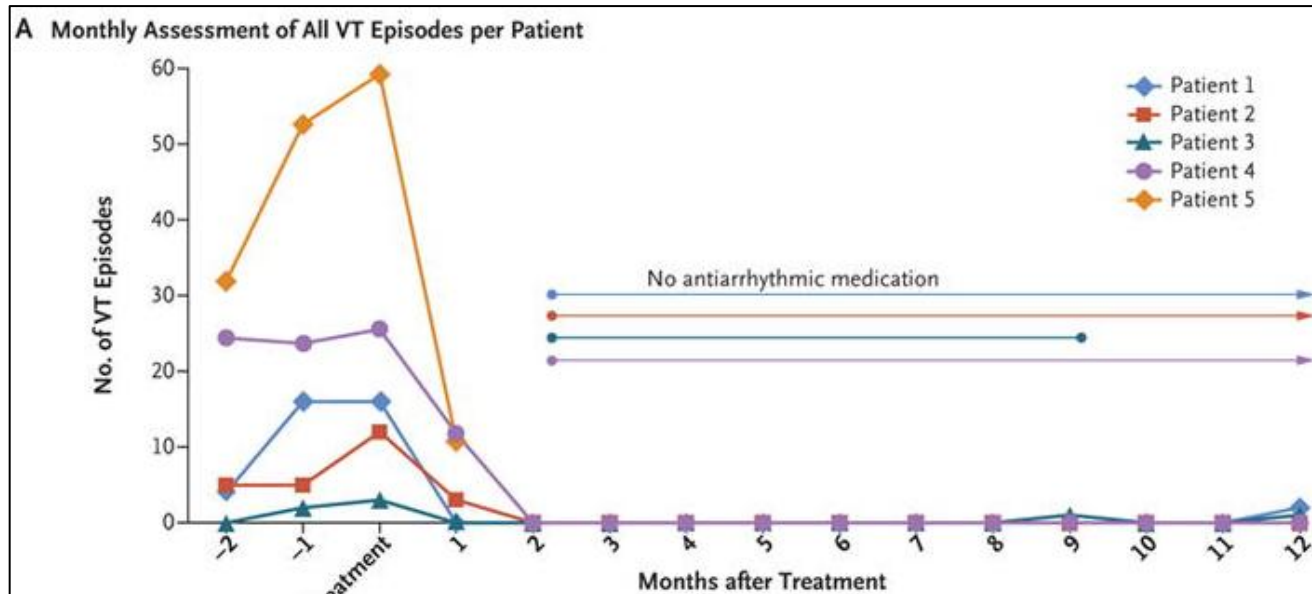
Lineární zářič (TrueBeam, Varian Medical Systems)



# Stereotaktická radiochirurgická ablace kombinace substrátové a neinvazivní EP navigace

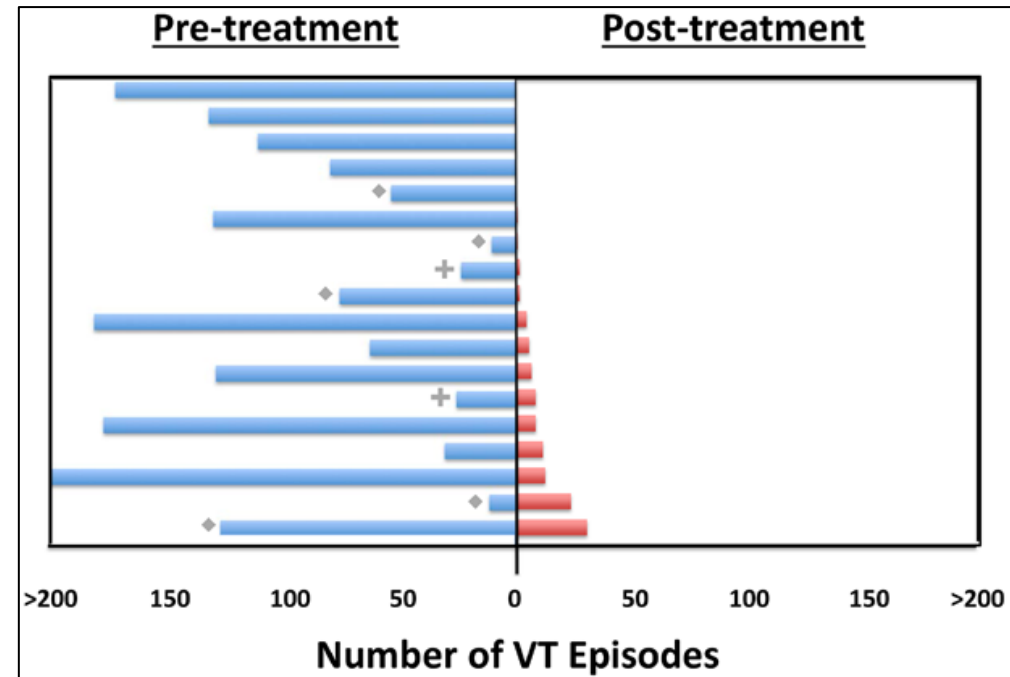
FU 12 M, n=5,

redukce komorových arytmií o 99.9%.



# Stereotaktická radiochirurgická ablace *kombinace substrátové a neinvasivní EP navigace* ENCORE-VT Trial

Type of cardiomyopathy, n (%)	
Ischemic	11 (57.9)
Nonischemic	8 (42.1)
Idiopathic	5
Myocarditis (chronic)	2
Valvular	1
Median left ventricular ejection fraction, % (range)	25 (15–58)
Median number of previous catheter ablations (range)	1 (0–4)
Total number of prior catheter ablation approaches, n	
Endocardial	25
Epicardial	4
Study eligibility criteria, n (%)	
Incessant VT	2 (10.5)
VT storm, >3 in 24 h	10 (52.6)
ICD therapies, >3 shock or ATP in 6 mo	5 (26.3)
PVC-related cardiomyopathy	2 (10.5)



# Riziko malignity po stereotaktické radioterapii

## *zkušenosti po léčbě benigních lézí mozku*

Cíl:

Srovnání počtu případů rakoviny pozorovaných po léčbě u skupiny pacientů s SRS s počtem případů rakoviny, které by byly očekávány ve skupině odpovídající věku a pohlaví.

n = 2 369                      nad 5 let od léčby,  
(1711 meningeom, 1851 schwannom, 1 407 AVM, 338 s „jinou“ diagnózou)

Závěr: U velké populace pacientů léčených SRS nebylo ve srovnání s běžnou populací zvýšené riziko malignity

Rahman M, Neal D, Baruch W, et al.  
Stereotact Funct Neurosurg. 2014;92:323–333.

Cíl:

riziko nádorů vyvolaných radiací po jednorázové stereotaktické radiochirurgii mozku.

n = 1142                      prům. FU 9,0 let (rozsah, 5-24,9 let).

Riziko vzniku nádoru vyvolaného radiací  
po SRS bylo 0,0% po 5 letech (95% interval spolehlivosti [CI], 0,0% -0,4%), 0,0% po 10 letech (95% CI, 0,0% -0,9% a 0,0% po 15 letech (95% CI, 0,0% -2,8%).

Závěr:

Nebyly zjištěny žádné nádory vyvolané radiací v 11 264 patientských letech sledování po SRS.

Riziko nádorů vyvolaných radiací nebo maligní transformace po SRS je velmi nízké

Pollock BE et al. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2017; 97:919–923.

# Běžící prospektivní studie

- **CyberHeart's Cardiac Arrhythmia Ablation Treatment:** Patients With Refractory Ventricular Tachycardia/Fibrillation Stereotactic Radioablation for Catheter Ablation and Drug-Refractory VT ClinicalTrials.gov Identifier: NCT02661048
- **NIRA-VT** (Non-invasive Ablation of Ventricular Tachycardia) ClinicalTrials.gov Identifier: NCT03601832
- **STAR-VT** (STereotactic Ablative Radiosurgery of recurrent Ventricular Tachycardia in structural heart disease) AZV-VES 2019: NV19-02-00212

# Stereotaktická radiochirurgická ablace

## *komorových tachykardií*

potenciální metoda léčby pacientů s vyčerpanými terapeutickými  
možnostmi léčby