



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet elektrotehnike i računarstva  
**Biomedicinska instrumentacija**



# Biomedicinska instrumentacija

## P5 – Defibrilatori



Ak.god. 2010./2011.

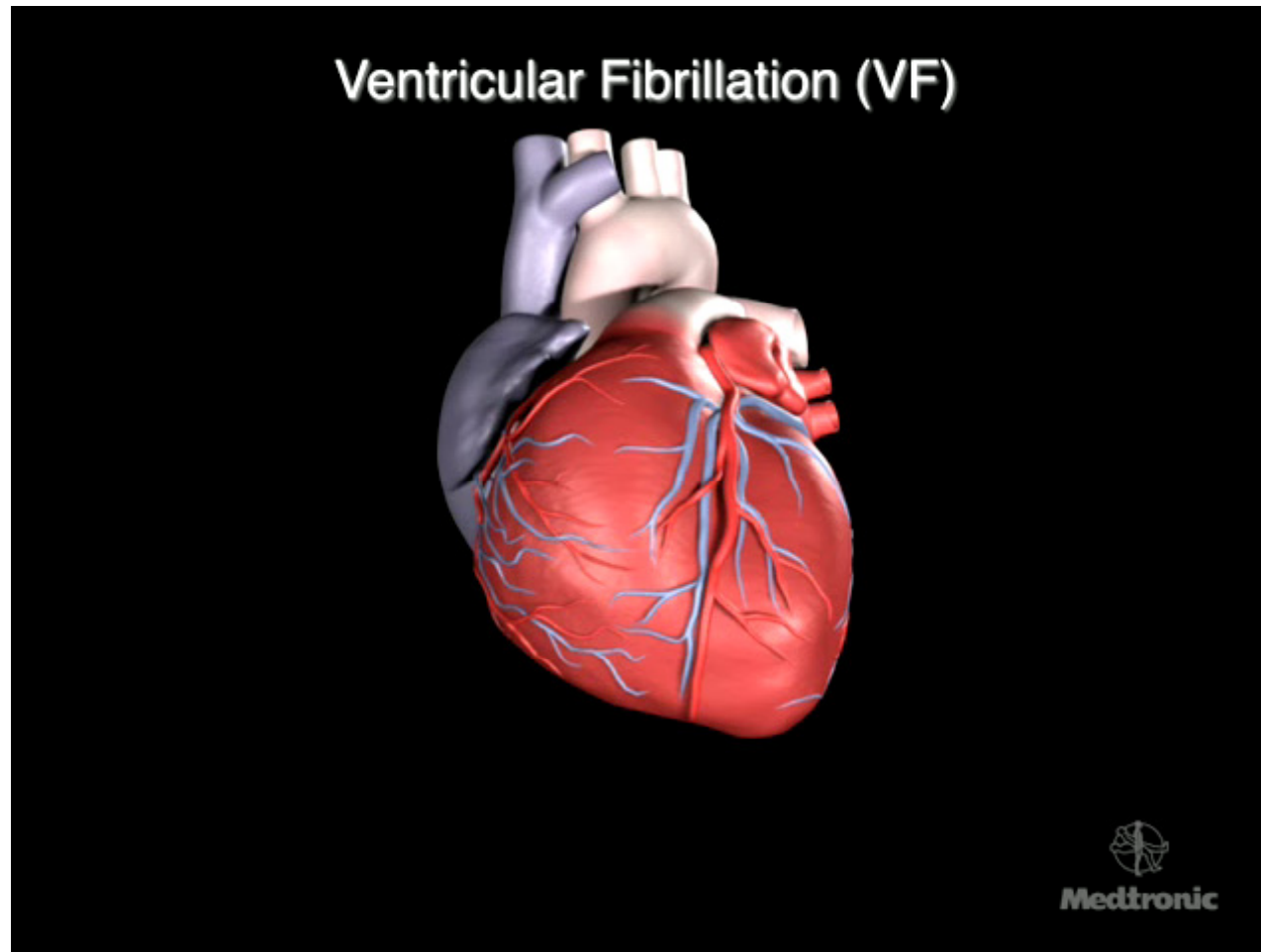
prof.dr.sc. Ratko Magjarević

# Ventrikularna fibrilacija

---

- Ventrikularna fibrilacija– asinkrone kontrakcije srčanih stanica
  - Srčani izlaz (cardiac output) opada i približava se ničici
  - Ireverzibilna oštećenja mozga uslijed prekida krvotoka i posljedično nedostatka opskrbe stanica kisikom nastupaju nakon približno 5 minuta
- Terapija: prekid fibrilacije srca - defibrilacija
- Načelo: električni udar (šok) zaustavlja rad SVIH stanica srčanog mišića, koje SVE odjednom ulaze u refrakterni period
  - Time je omogućen (i vjerojatan) ponovni početak sinusnog ritma srca

# Ventrikularna fibrilacija



# Defibrilatori

---

- Vanjski (eksterni defibrilatori – električni udar izvodi se transtorakalno, preko velikih površinskih elektroda smještenih na prsni koš; jedna elektroda smješta se desno iznad prsne kosti (lat. *sternum*), a druga bočno, ispod pazuha, u visini vrha srca (lat. *apex*)
- Načelo rada – pražnjenje visokonaponskog kondenzatora
- Energija pohranjena na kondenzatoru je do 400 J ( $E = CU^2 / 2$ )
- Maksimalni napon koji se može razviti prilikom defibrilacije maksimalnom energijom je reda veličine 2 kV to 9 kV!

# Defibrilacija – numerički primjer

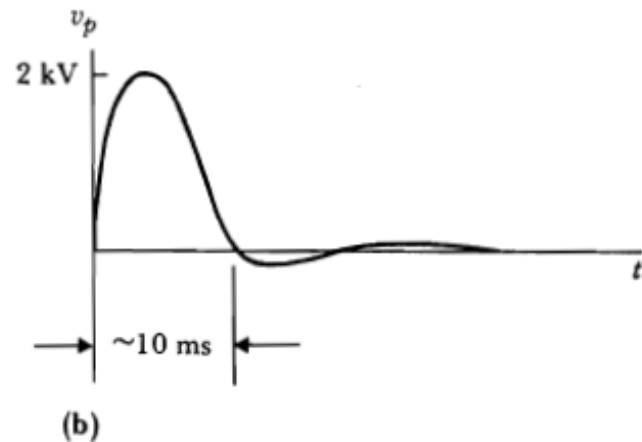
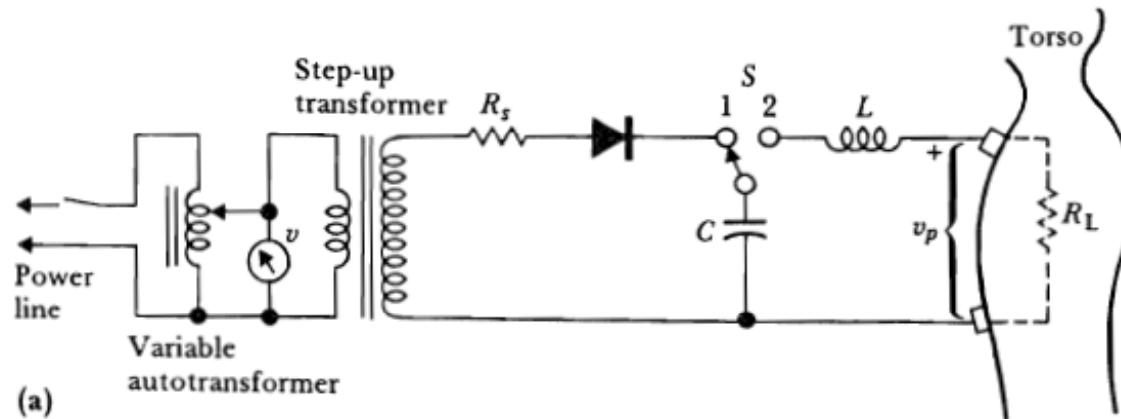
---

- Tipični otpor prsnog koša, mjereno kroz elektrode za defibrilaciju, je reda veličine  $50 \Omega$
- U izlazni stupanj defibrilatora ugrađuju se kondenzatori kapaciteta tipično  $80 \mu\text{F}$
- Proračun energije i napona

$$E = CU^2 / 2 \rightarrow E = 250 \text{ J}, U = 2500 \text{ V}$$

# Načelo reda defibrilatora

Za defibrilatore zasnovane na pražnjenju visokonaponskog kondenzatora

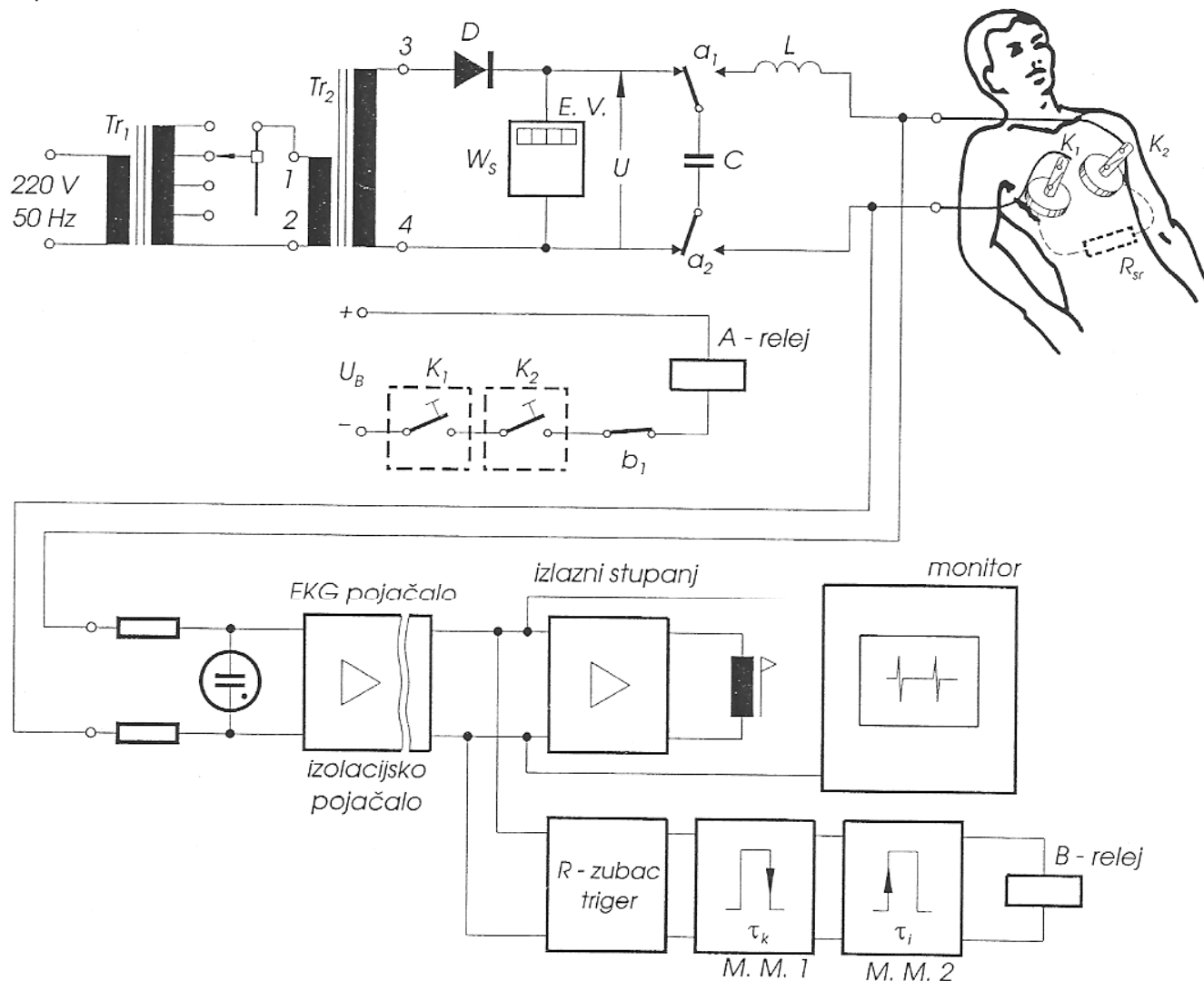


a) Nadomjesna shema defibrilatora

b) Valni oblik izlaznog impulsa

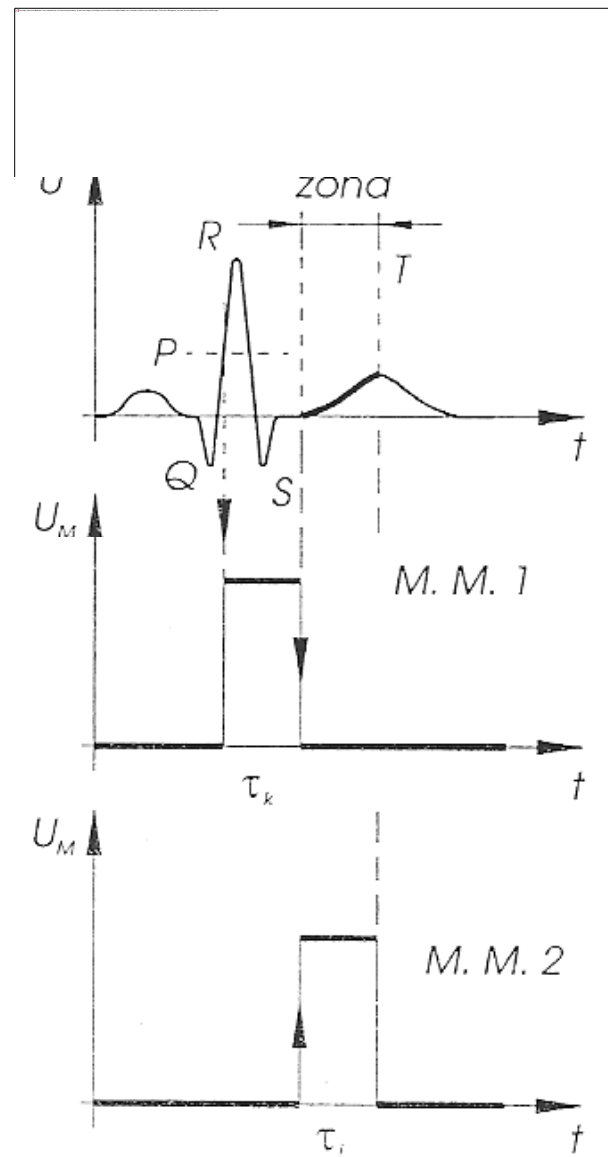
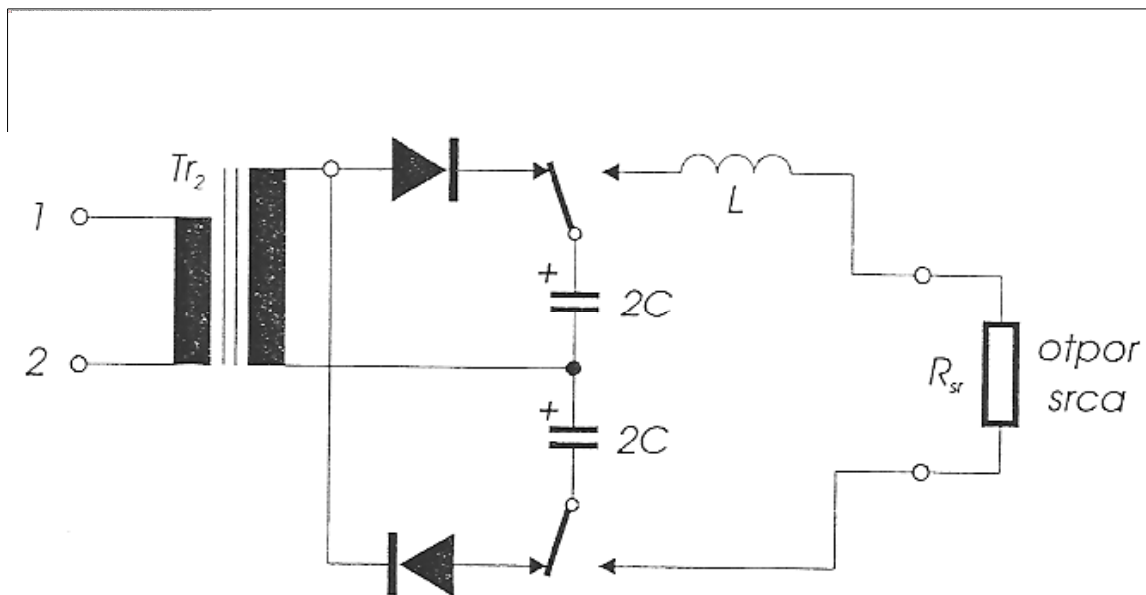
# Blok shema defibrilatora

a)

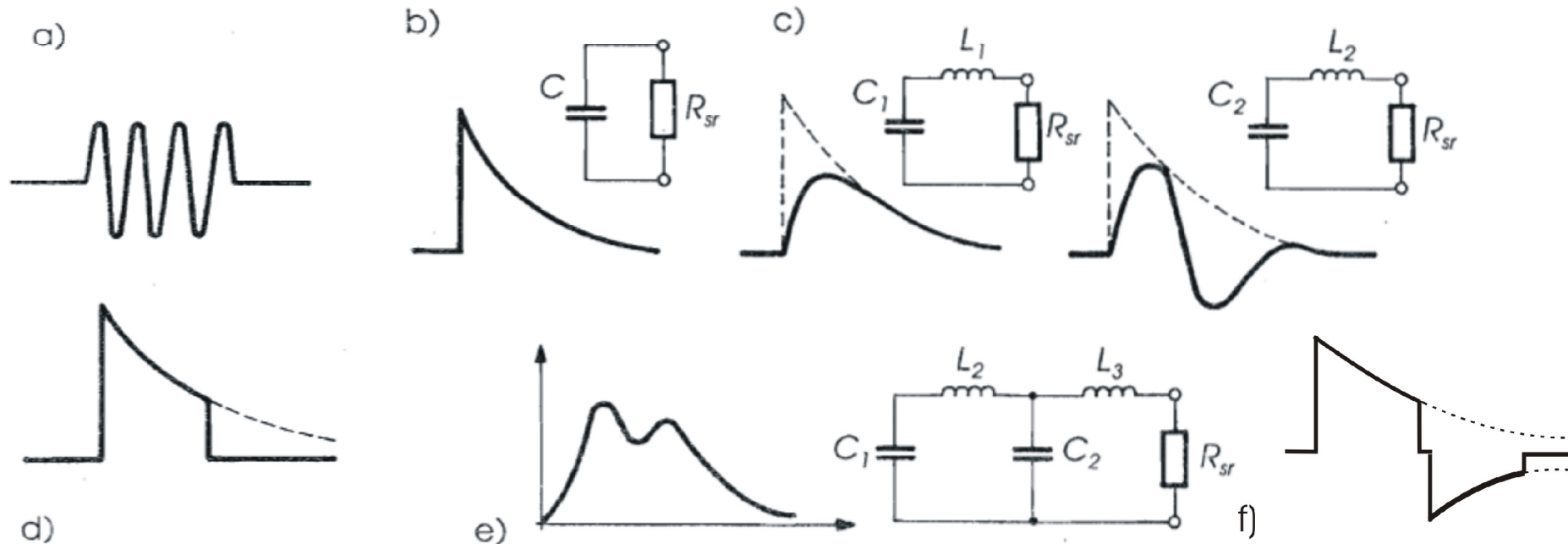


➤ Čemu služe releji A i B?

# Izlazni stupanj i sinkronizacija

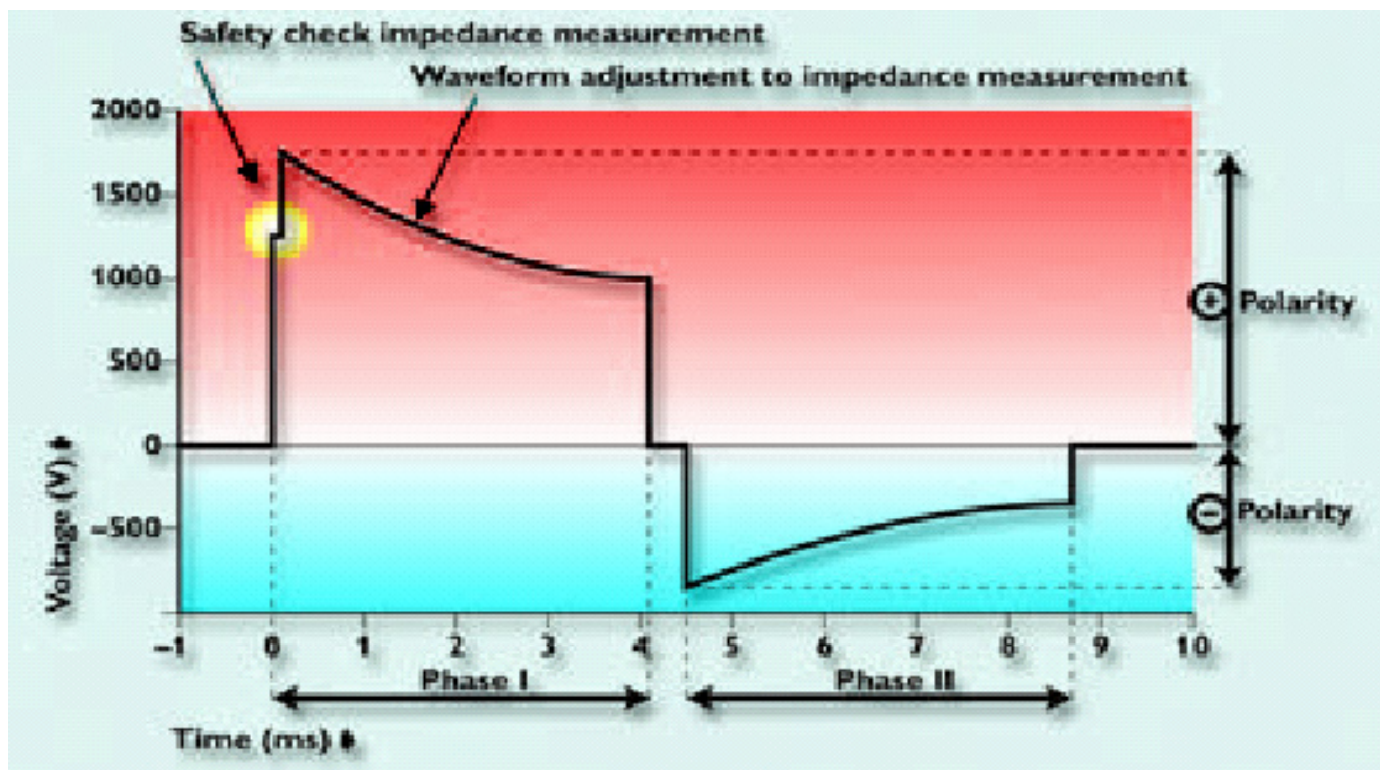


# Valni oblik struje različitih izvedbi defibrilatora



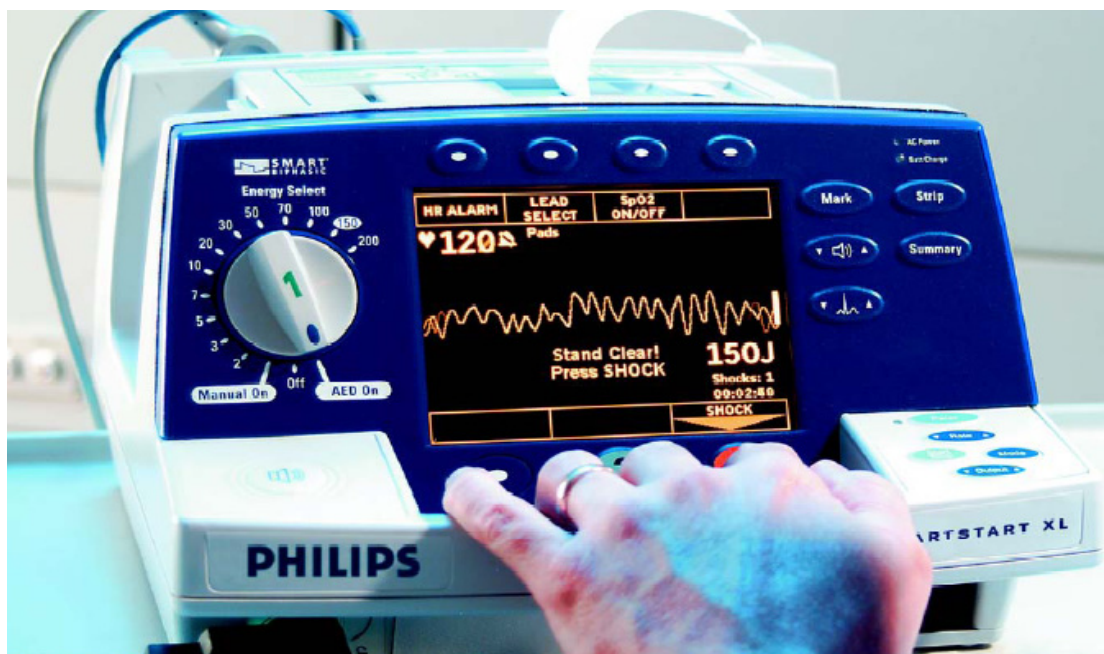
a) Izmjenični (AC) defibrilator, b) pražnjenje kondenzatora, c) serijski rezonantni krug, d) pravokutni naponski impuls, e) defibrilator s linijom za kašnjenje u izlaznom krugu, f) bifazični impuls

# Bifazni Defibrilatori



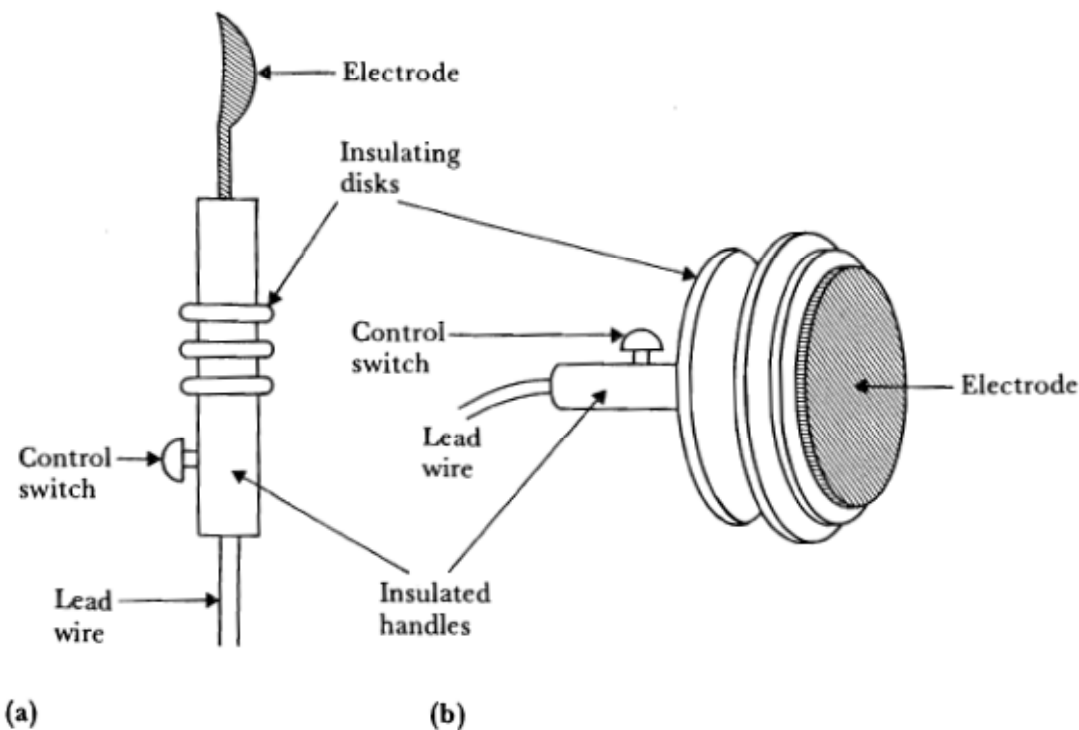
Izvedbe defibrilatora s bifazičnim impulsima imaju dvostruko manje razine izlaznih energija (u usporedbi s monopolarnim impulsima). Ovakve izvedbe nisu prihvaćene od svih proizvođača.

# Defibrilator – Pacemaker - Monitor



Defibrilatori se izvode kao prijenosni uređaji. Takav karakter je neophodan radi lakšeg postupka (intervencije) na pacijentu u slučaju nesreće i izvan kliničke sredine s obzirom na potrebu brze intervencije. Smanjenje mase i dimenzija jedan je od glavnih zahtjeva pri razvoju novi(jih) izvedbi defibrilatora. Praktično je i poželjno u prijenosnom defibrilatoru imati mogućnost vizualnog praćenja EKG-a kao i mogućnost elektrostimulacije (pacinga) srca.

# Elektrode defibrilatora



- a) Žličaste elektrode za defibrilaciju na otvorenom srcu ( za vrijeme kirurških zahvata u prsnom košu)
- b) Površinske elektrode s kontrolnim tipkalima

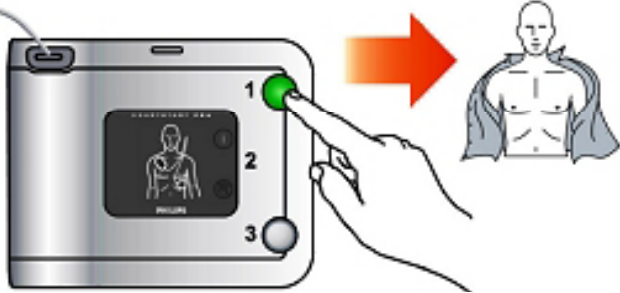
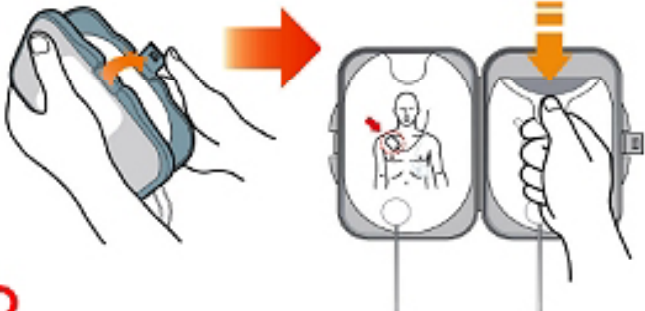


# Automatski vanjski defibrilator



Razvoj tehnologije, prvenstveno pouzdana instrumentacija za mjerenje signala i digitalne metode obrade signala i prepoznavanja valnih oblika, omogućile su izvedbu automatskih vanjskih defibrilatora (engl. *automatic external defibrillators*; AEDs). Njih mogu primijeniti i osobe bez medicinskog obrazovanja u hitnim slučajevima na javnim mjestima

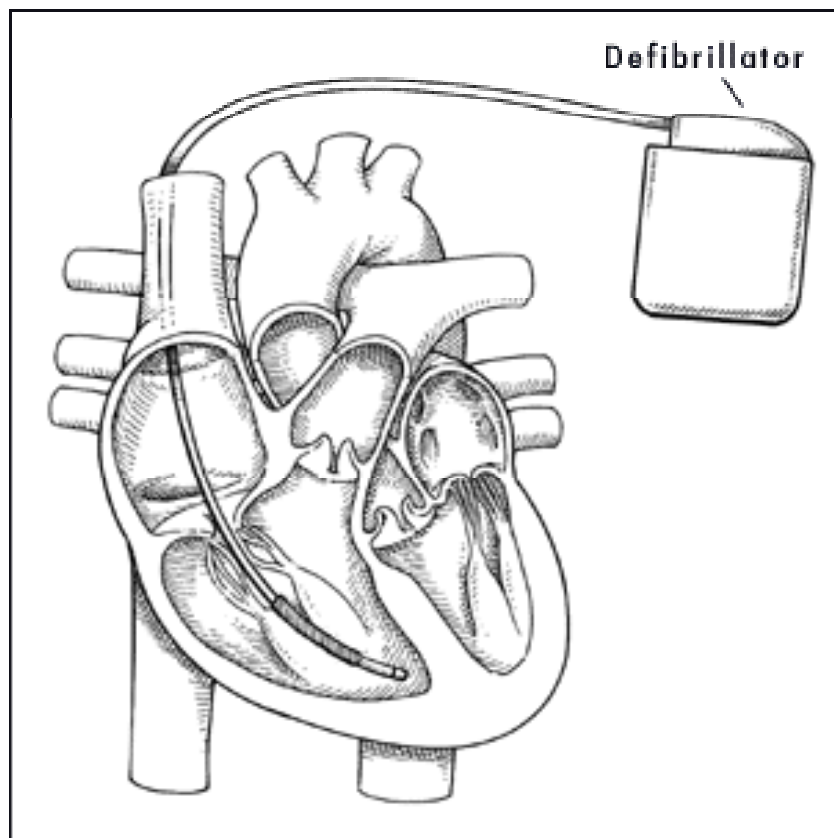
Primjenjuju se samoljepive elektrode velike površine, uz jasne oznake mjesta primjene (lijepljenja elektrode)

# Postupak prilikom primjene automatskog defibrilatora

 <p><b>1</b></p> <p>Get the defibrillator, PRESS the on/off button. The defibrillator will start speaking to you and will first tell you to remove all clothing from the patients chest.</p>	 <p><b>2</b></p> <p>The defibrillator will give voice instructions to open grey plastic case and peel off the white adhesive pads.</p>
 <p><b>3</b></p> <p>The defibrillator will give voice instructions to place the pads on the patient as clearly shown on the pictures printed on the pads.</p>	 <p><b>4</b></p> <p>The defibrillator will instruct you not to touch the patient and will spend a few seconds analysing the patients heart. If a shock is required the SHOCK button will flash and the voice instructions will tell you to push the flashing orange button.</p>

Copyright Home HeartCare Ltd.

# Implantabilni kardioverteri/ defibrilatori



Indikacije: profilaksa nagle srčane smrti (engl. suddern cardiac death – SCD)

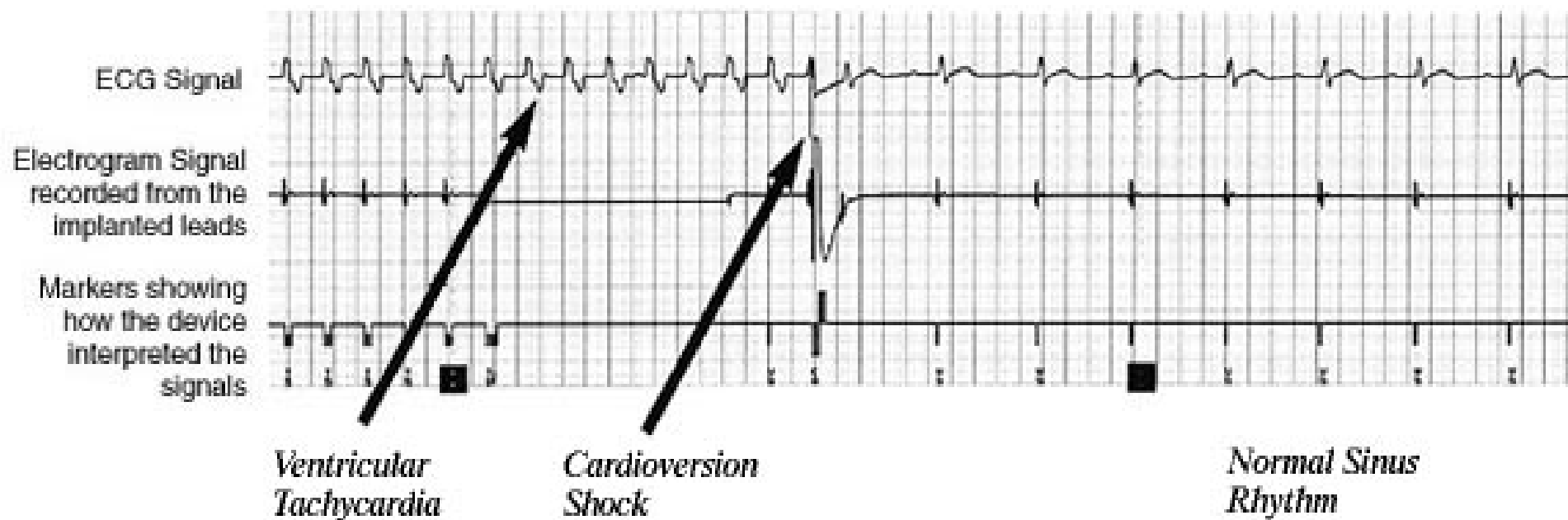
Populacija – srednja dob, stres (manedžeri)

Funkcije:

Kardioverzija - primjena električnog udara za prekid abnormalnih tahikardija

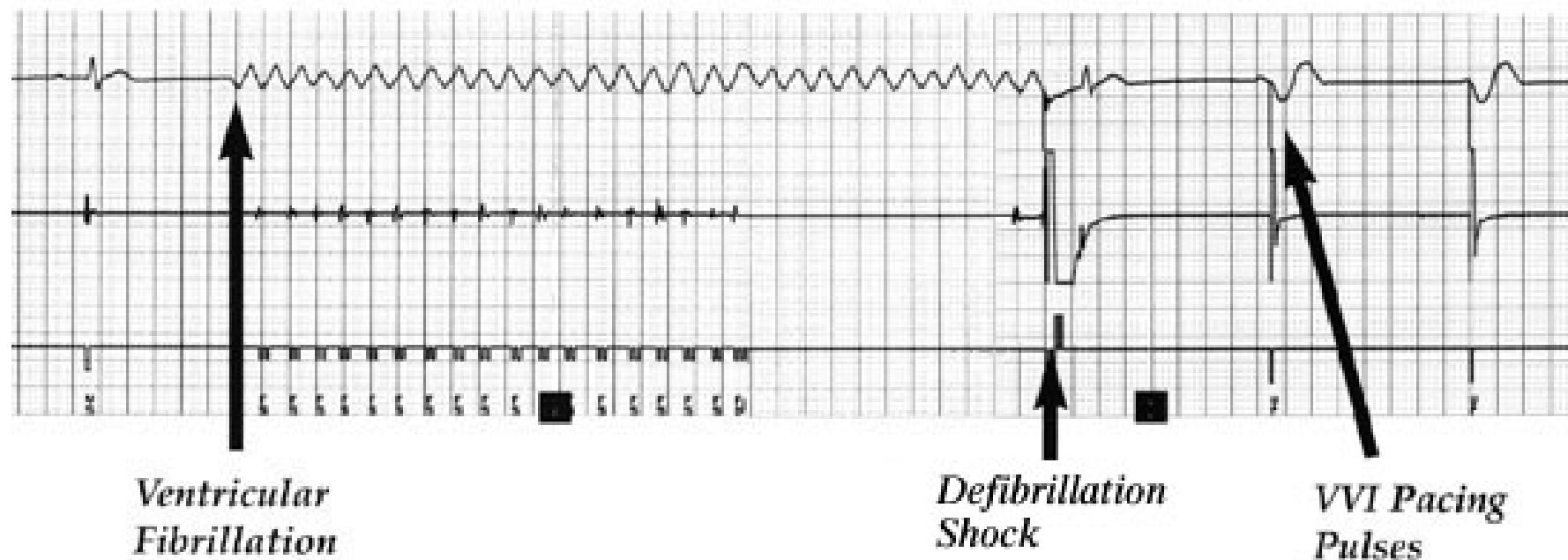
Defibrilacija - primjena električnog udara za prekid fibrilacije i uspostavu sinusnog ritma

# Kardioverzija



- Valni oblik EKG-a snimljen na prsnom košu i implantiranim elektrodama prije, za vrijeme i nakon kardioverzije

# Defibrillation



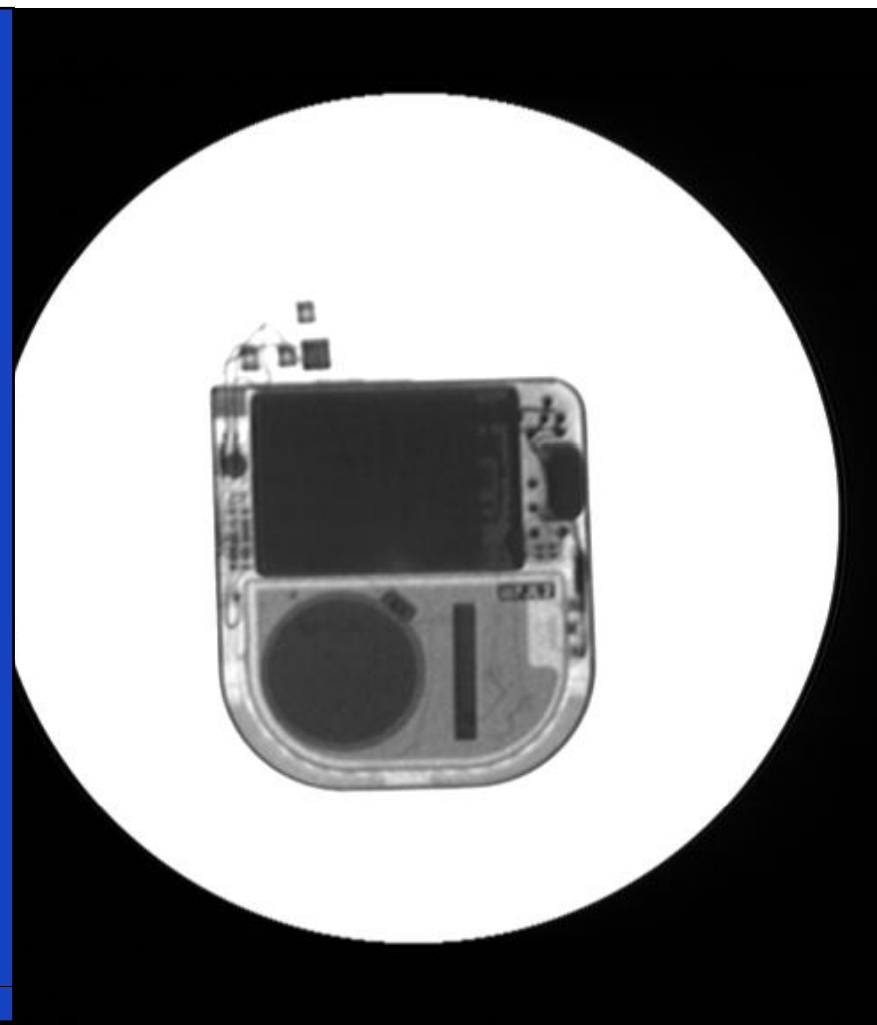
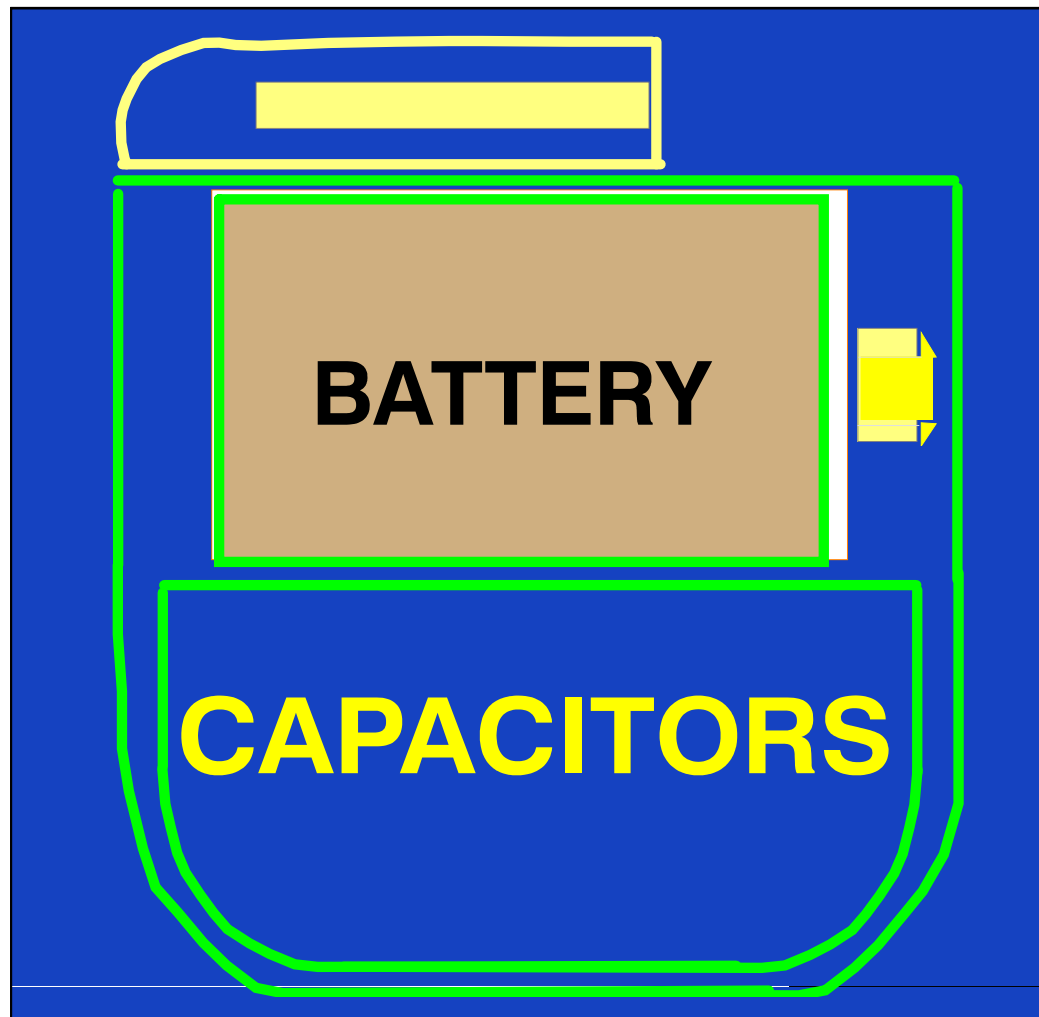
- Valni oblik EKG-a snimljen na prsnom košu i implantiranim elektrodama prije i za vrijeme fibrilacije te nakon udara defibrilatora. Uočiti da je nakon udara defibrilatora srce pobuđeno električkim impulsima (pacing)

## Značajke implantabilnih kardiovertera/defibrilatora (ICD)

---

- Volumen      40 cm<sup>3</sup>
- Masa            70 g
- Energija defibrilacije      30 J
- Točnost detekcije fibrilacije      90%

# Presjek ICD-a



# Značajke izvora napajanja ICD-a

---

- Mala unutarnja impedancija – struja punjenja kondenzatora je oko 2-3 A
- Značajno unaprjeđenje značajki u odnosu na baterije za pacemakere
- Kapacitet baterije mora izdržati davanje oko 200 električnih udara
- odnosno, projektirani su za trajanje do 9 godina

# Visoki napon

---

- U implantiranom uređaju treba iz napona baterije (r.v. 3 V) dobiti napon do 750 V

## Visokonaponski kondenzator

- posebne izvedbe aluminijskih elektrolitskih kondenzatora
- Volumen kondenzatora ICD-a je otprilike 30% volumena ICD-a

# ICD osigurava terapiju:

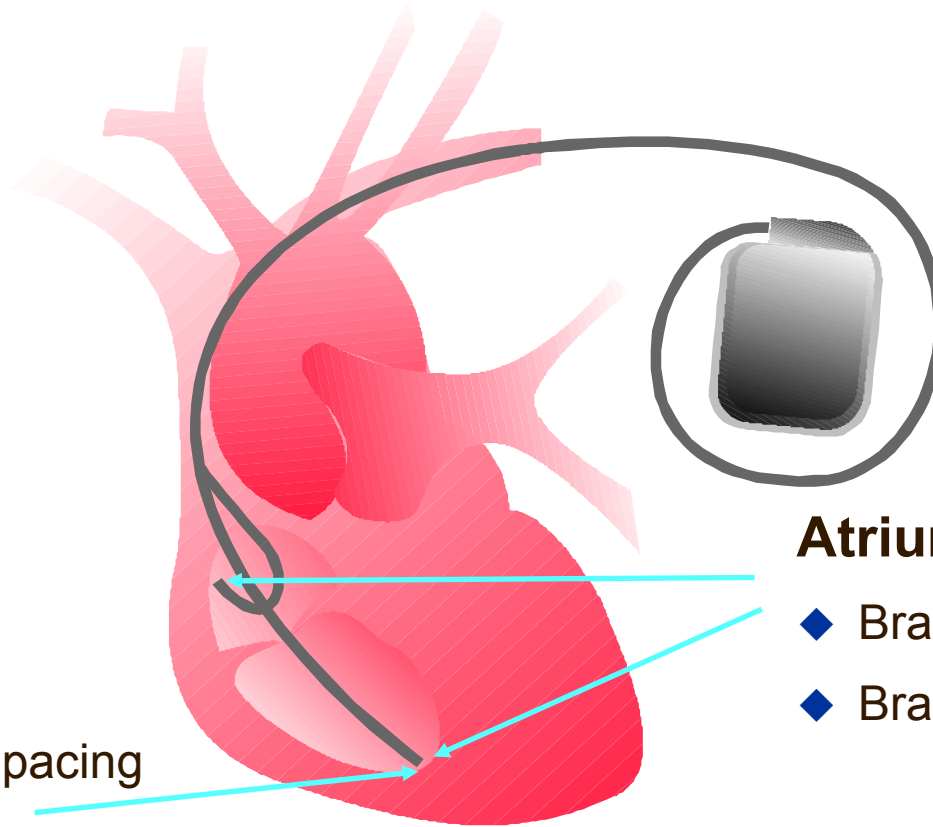
---

- Ventrikularnih tahikardija
- Ventrikularne fibrilacije
- Supraventrikularnih aritmijas

## Postupak implantacije

- Lokalna anestezija
- Kratka postoperacijska njega (1 dan u zdravstvenoj ustanovi)
- 55.000 implantacijagodišnje u SAD

# Therapies Provided by Today's Dual-Chamber ICDs



## Ventricle

- ◆ VT prevention
- ◆ Antitachycardia pacing
- ◆ Cardioversion
- ◆ Defibrillation

## Atrium & Ventricle

- ◆ Bradycardia sensing
- ◆ Bradycardia pacing

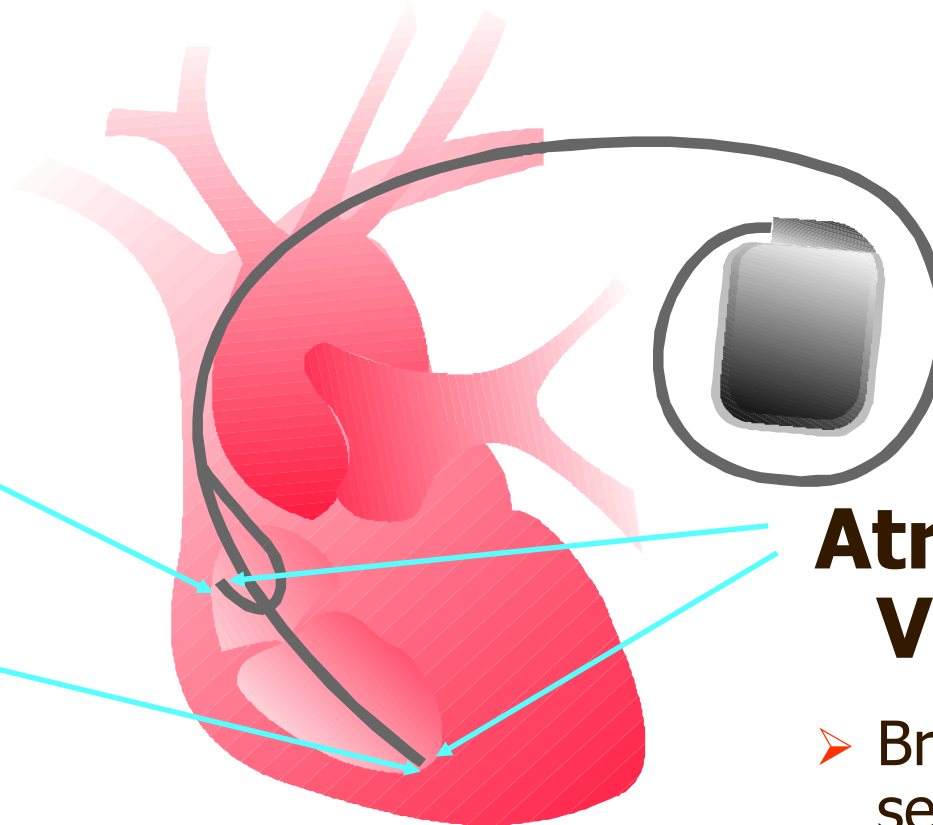
# Recent ICD Technologies: Integrated Atrial Therapies

## Atrium

- ◆ Atrial tachyarrhythmia prevention
- ◆ Antitachycardia pacing
- ◆ Cardioversion

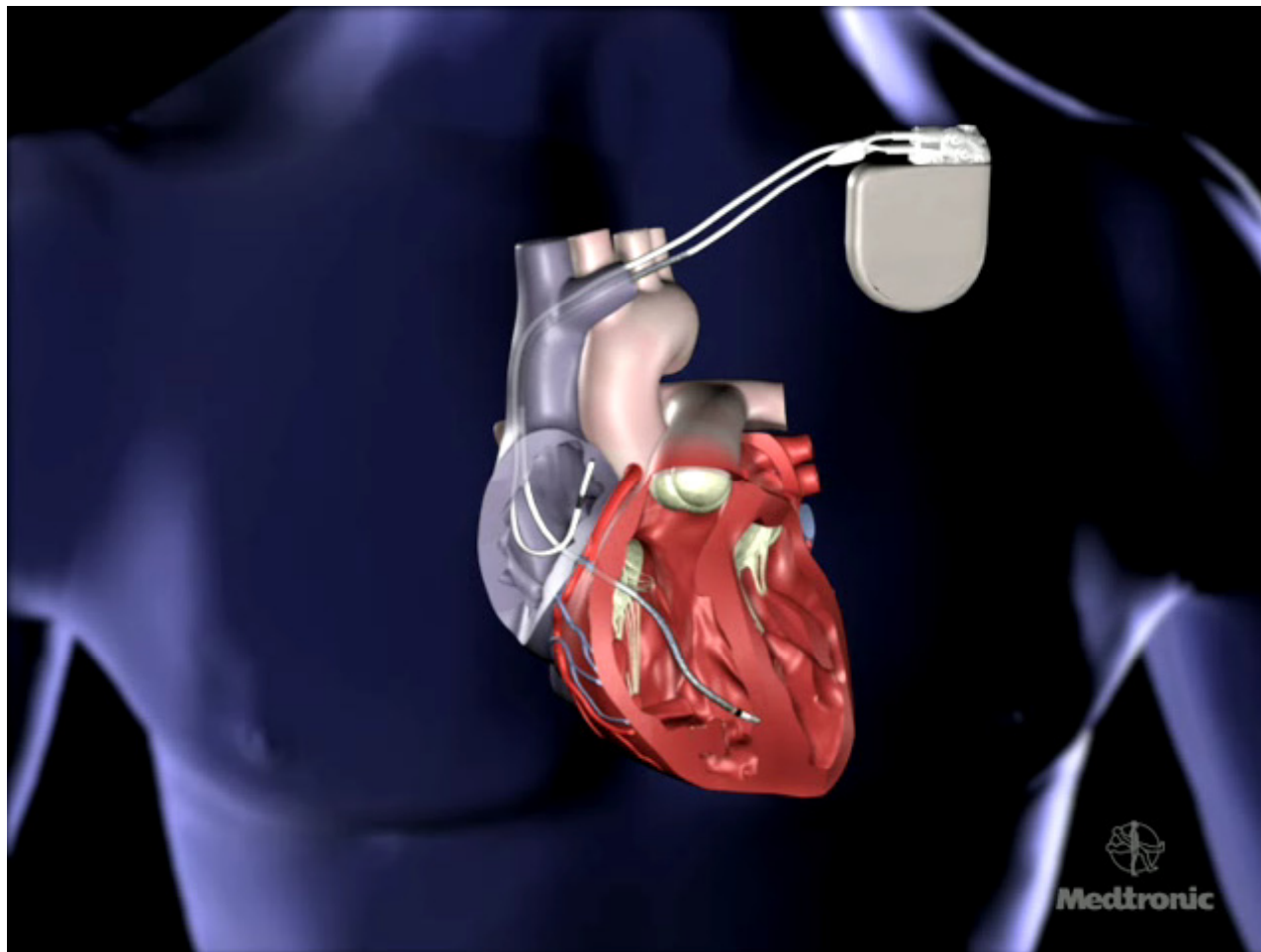
## Ventricle

- ◆ VT prevention
- ◆ Antitachycardia pacing
- ◆ Cardioversion
- ◆ Defibrillation



## Atrium & Ventricle

- Bradycardia sensing
- Bradycardia pacing



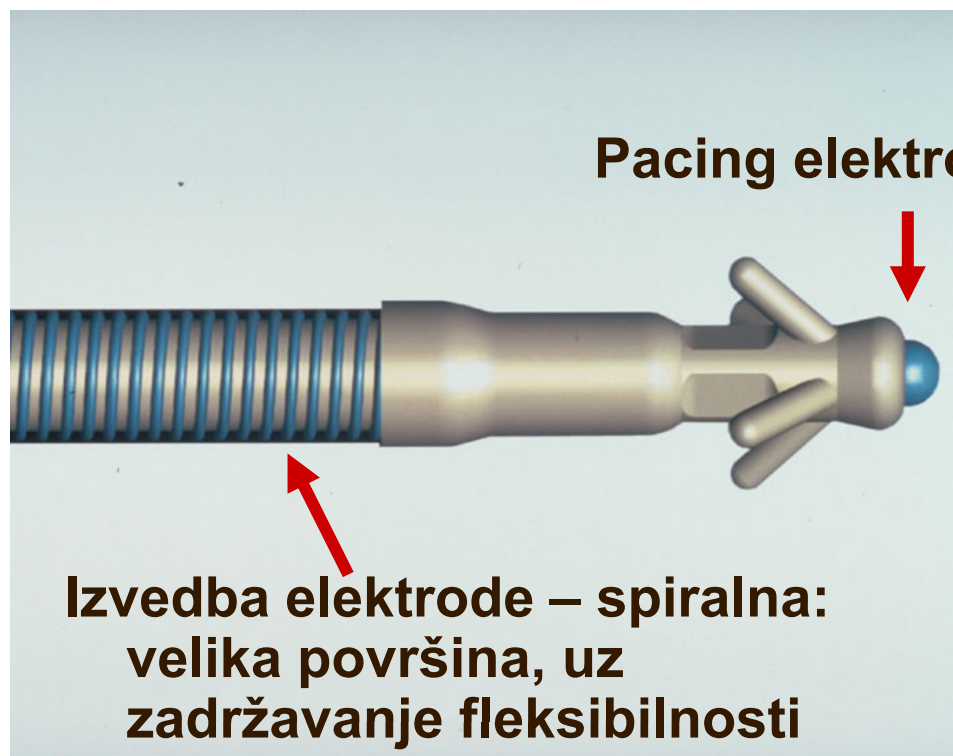
# Analiza intrakardijalnog EKGa

---

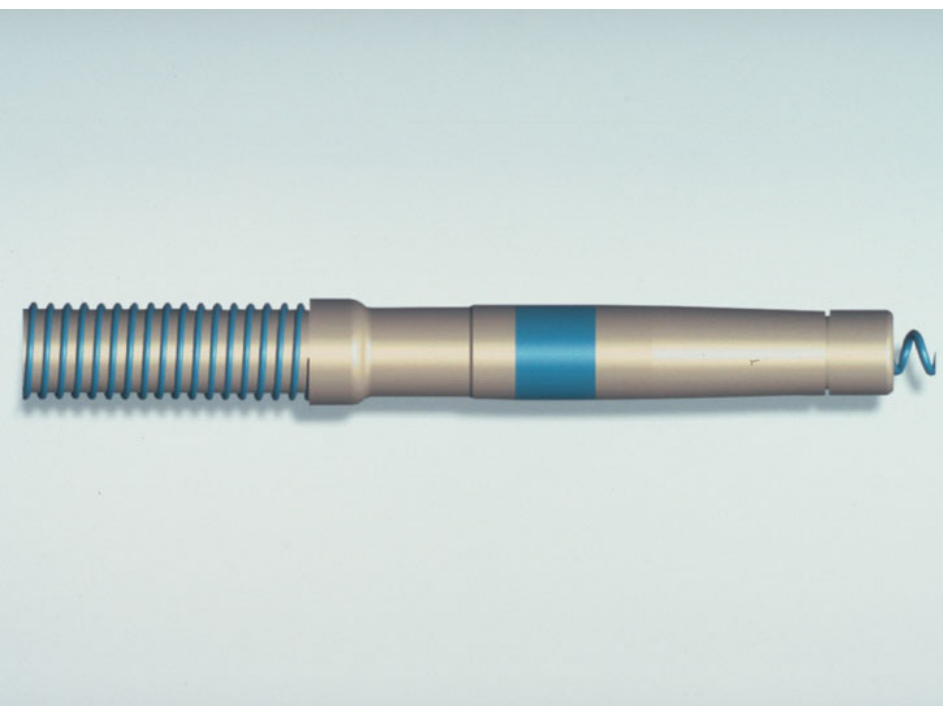
- Dijagnostika tahikardija zasnovana je na:
  - analizi PR intervala
  - analizi srčane frekvencije (HR)

# Implantabilni elektrodni kateteri

## Endokardijalni



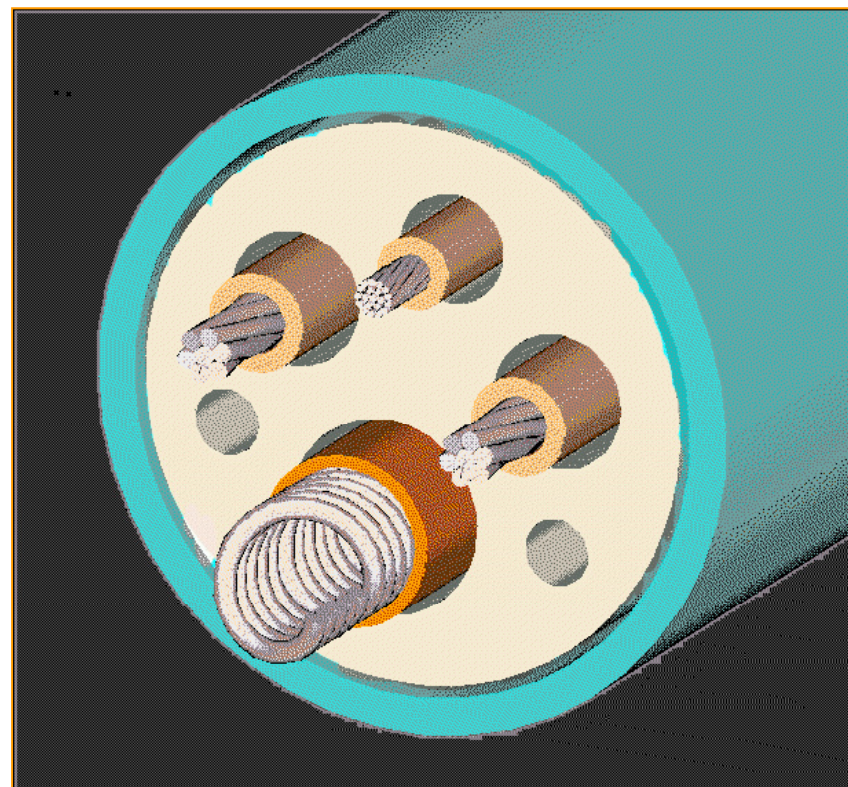
## Intramiokardijalni



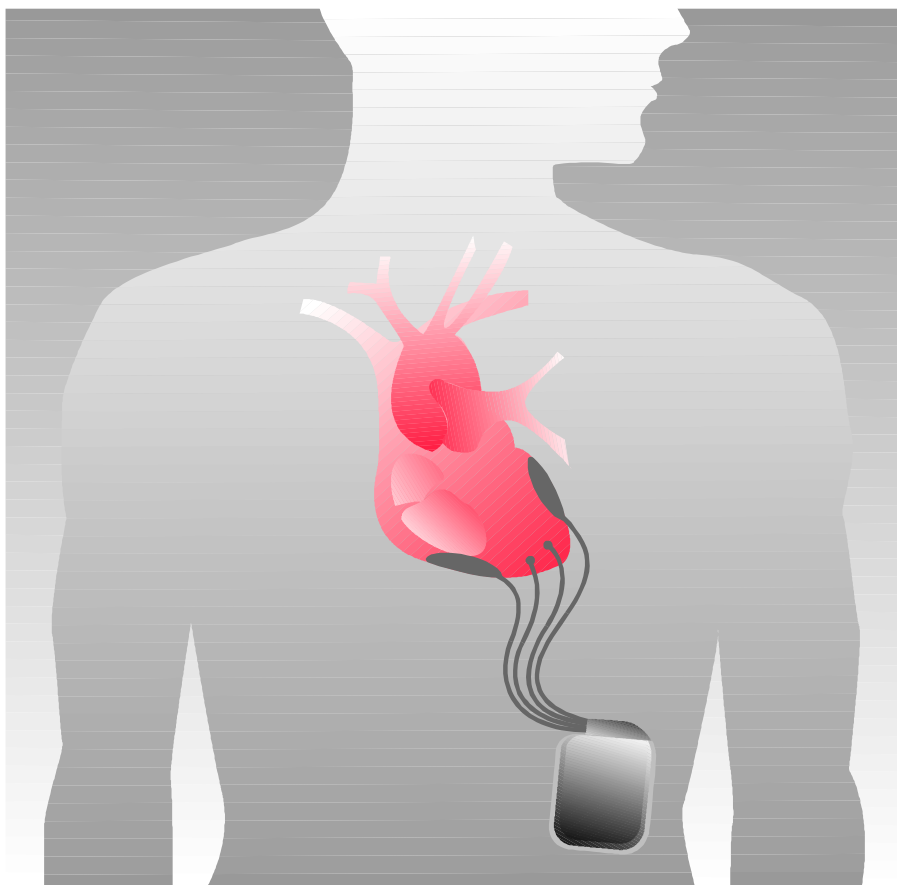
# Implantabilni elektroodni kateteri



**Presjek katetera – značajno složenija struktura od pacemakera**



# Povijest

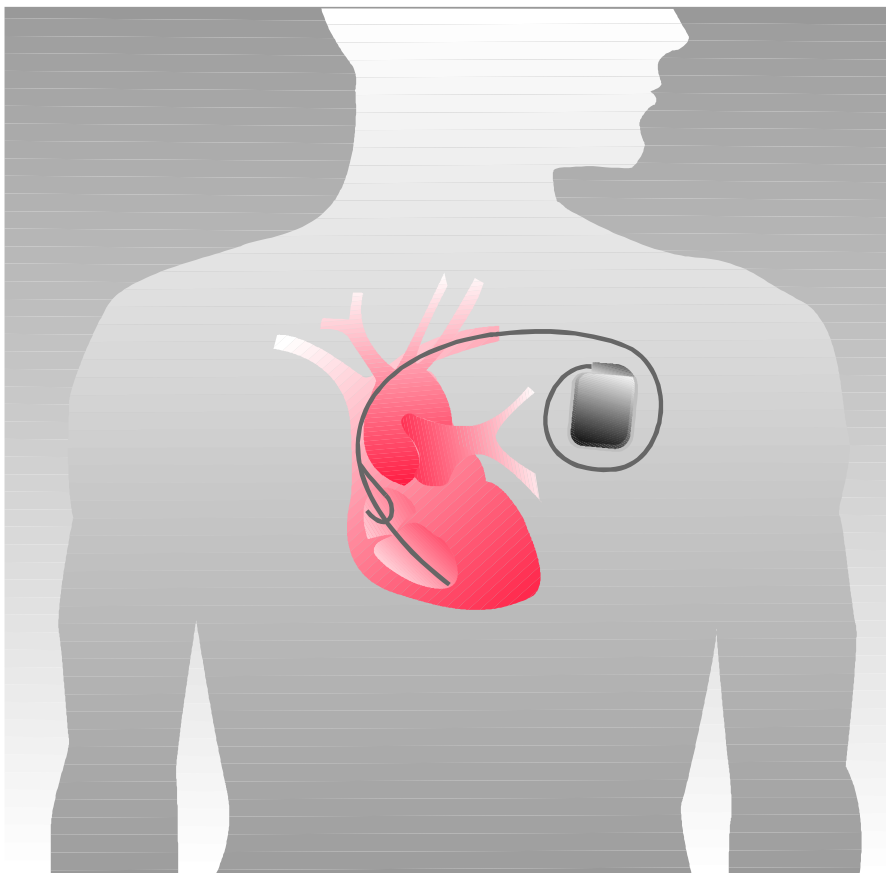


Prvi implantirani defibrilatori oko  
1980

## **Izvedba velikih dimenzija i mase**

- Implantacija uređaja u abdomen
- Toraktomija, više rezova
- Opća anestezija
- Dugački post-operacijski boravak u zdravstvenoj ustanovi
- Komplikacije kao i kod drugih velikih kirurških zahvata
- Post-operacijska smrtnost do 9%
- Nisu programirajući – samo visokonaponski udari
- Trajnost » 1,5 godina
- Manje od 1.000 implantacija godišnje

# ICD danas



## Mali uređaji, implantirani pektoralno

- Prvi izbor za pacijente koji su skloni VT/VF
- Transvenska implantacija, jedan rez
- Lokalna anestezija; zahvat uz budnog (ali sediranog) pacijenta
- Kratki post-operacijski boravak u zdravstvenoj ustanovi
- Smanjen broj post-op komplikacija
- Post-operacijska smrtnost < 1%
- Programirljivi
- Jedno i dvokomorske izvedbe
- Trajnost do 9 godina

# Razvoj ICD u slici

## Medtronic Implantable Defibrillators (1989-2000)



209 cc



113 cc



80 cc



80 cc



72 cc



54 cc



62 cc



49 cc



39.5 cc



39 cc



39.5 cc



39 cc

© Copyright Medtronic, Inc.

# Programator



# Programator

---

- Telemetrija i programiranje putem RF impulsa
- Analiza intrakardijalnih signala
- Terapija
  - pacing
  - električni udari
- Ispitivanje implantiranog ICD-a

# GUI programatora

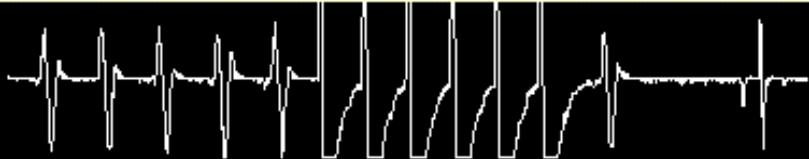
DDDR VF --- VT Resume Suspend

Data - VT and VF Episodes

ID#	Date/Time	Type	V. Cycle	Last Rx	Success	Duration	EGM Strip
1	Feb 01 08:04:04	VT	350 ms	VT Rx1	Yes	21 sec	Yes

#1:  Interval Plot  EGM Strip  Episode Text

EGM2: Vtip to Vring



A-A Interval (ms)

Marker Annotation

V-V Interval (ms)

Flashback Print... Close

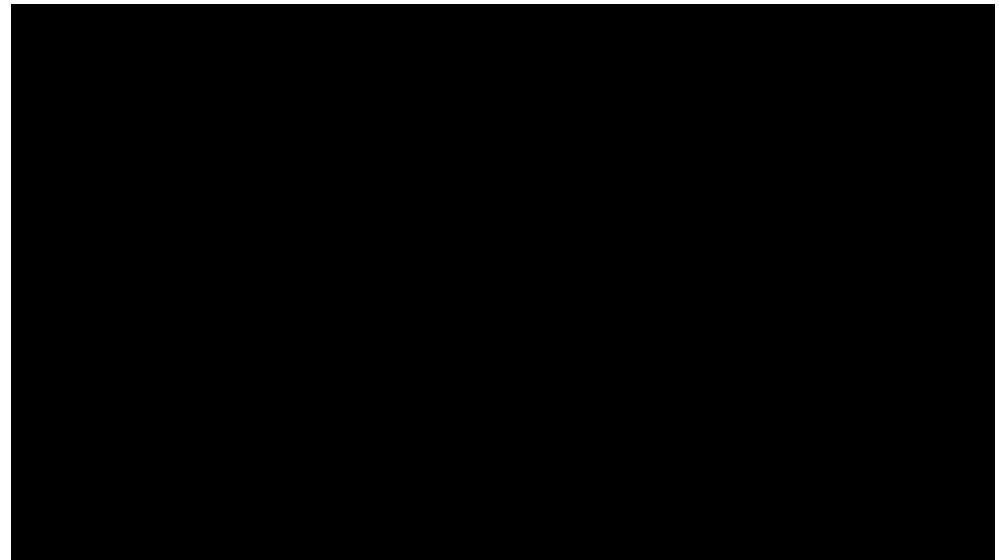
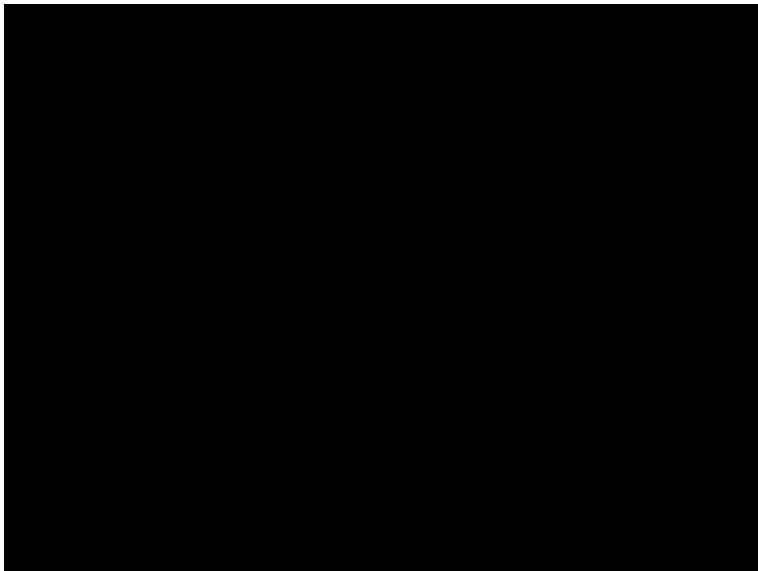
Emergency Interrogate... End Session...

Checklist  
 < Data  
 < Params  
 < Tests  
 < Reports  
 Patient  
 < Session

# Kako to izgleda u svakodnevnicu?

---

- Kao primjeri efikasnosti primjene defibrilatora i posljedica nepripremljenosti za njihovu uporabu, prikazat ćemo dva filmića koji (su) se mogli naći na Internetu:



- Recent trials demonstrated that ICDs reduce SCD and overall mortality compared to AA drugs for VT/VF patients and a subset of high-risk, post-MI patients
- Rapid improvements in ICD technology have resulted in smaller devices, simplified implant procedures, improved device longevity, expanded therapy options and reduced implant costs
- Up to 54% of ICD patients could benefit from dual-chamber therapy (traditional pacemaker indications and other indications)

# Literatura:

---

- Šantić, A., "Biomedicinska elektronika", Školska knjiga, Zagreb, 1995
- M. Schaldach: Advances in Pacemaker Technology, New York Univ Press, Monographs in Biomedical Engineering Series, 1994
- Brown, B.H. et al., "Medical Physics and Biomedical Engineering"., IoP Publishing, London, reprinted 2001.
- Webster, J.G. (Ed.), "Medical Instrumentation, Application and Design." 2nd ed., J. Wiley & Sons, Inc., New York, 1995.
- Nelson, C.V., Geselowitz D.B., ur.: "The Theoretical Basis of Electrocardiography". Claredon Press, 1976.
- Webster, J.G. (Ed.), "Bioinstrumentation". John Wiley & Sons, Inc., New York, 2003