



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet elektrotehnike i računarstva
Biomedicinska instrumentacija



Biomedicinska instrumentacija

P5 – Defibrilatori



Ak.god. 2010./2011.

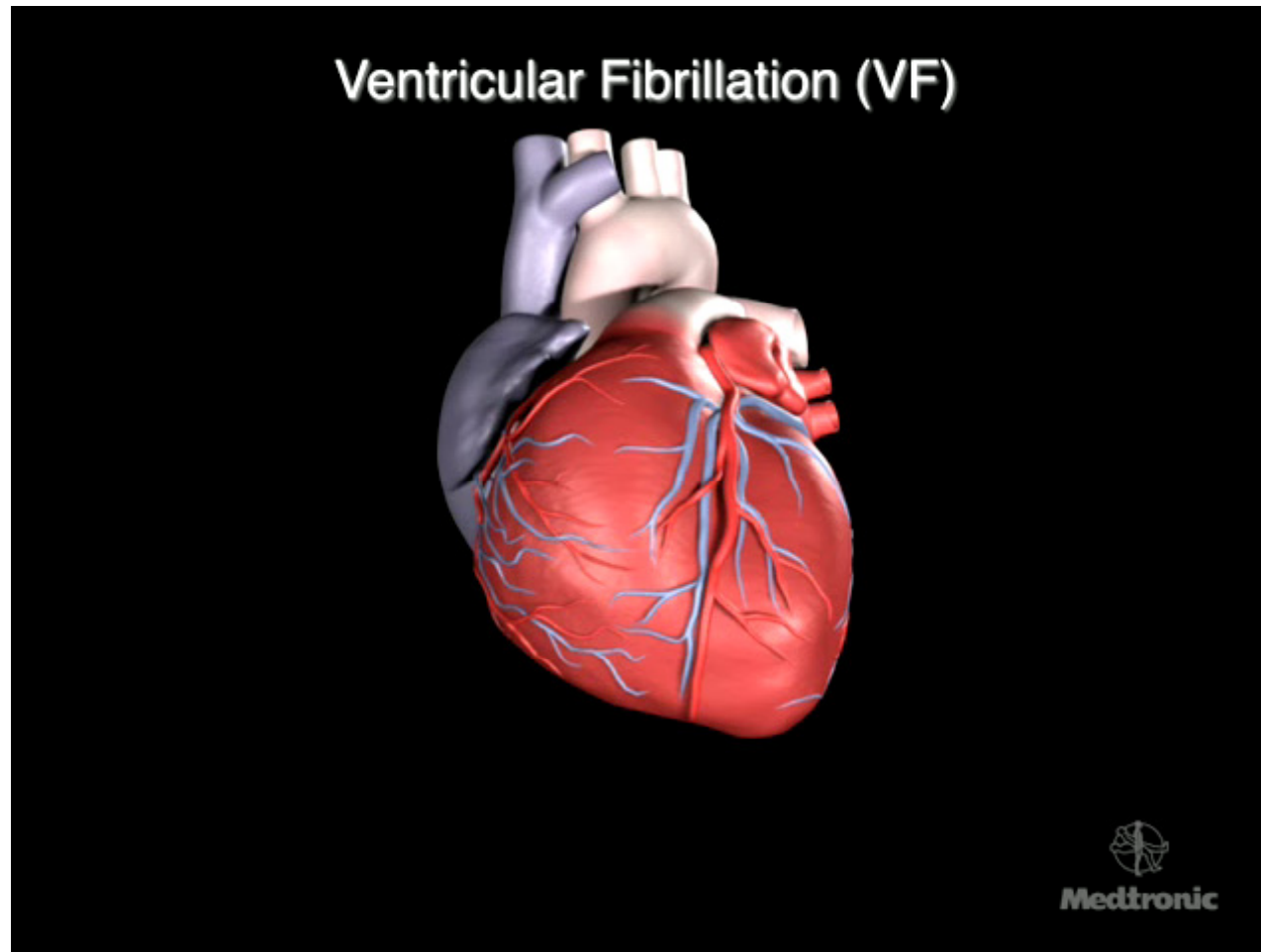
prof.dr.sc. Ratko Magjarević

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 **refraktarni*** period (*refractory period*)
 - Time je omogućen (i vjerojatan) ponovni početak sinusnog ritma srca

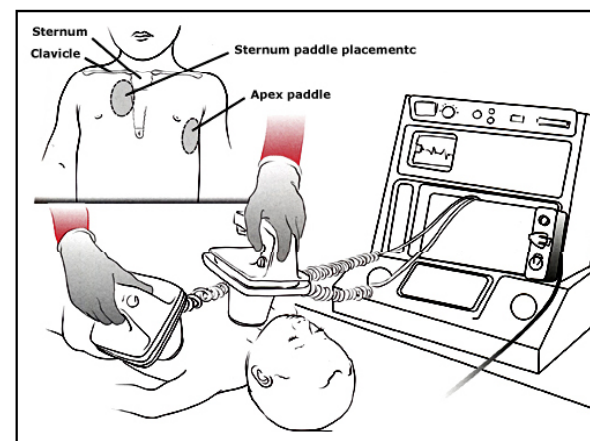
*refraktaran prid. (odr. -rni) - koji je vrlo nepopustljiv, koji uporno ostaje pri svome i na kojega se ne može utjecati; tvrdokoran, tvrdoglav

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!



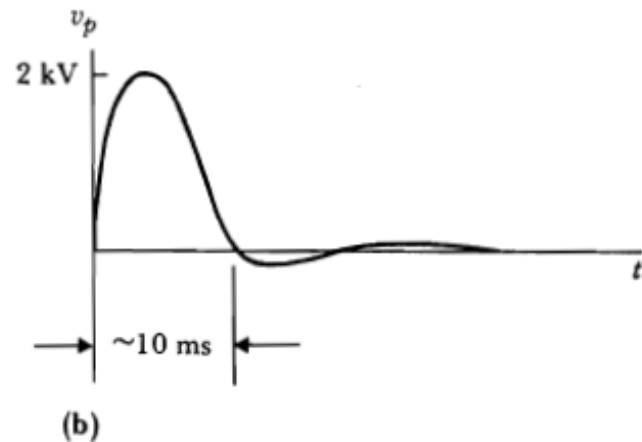
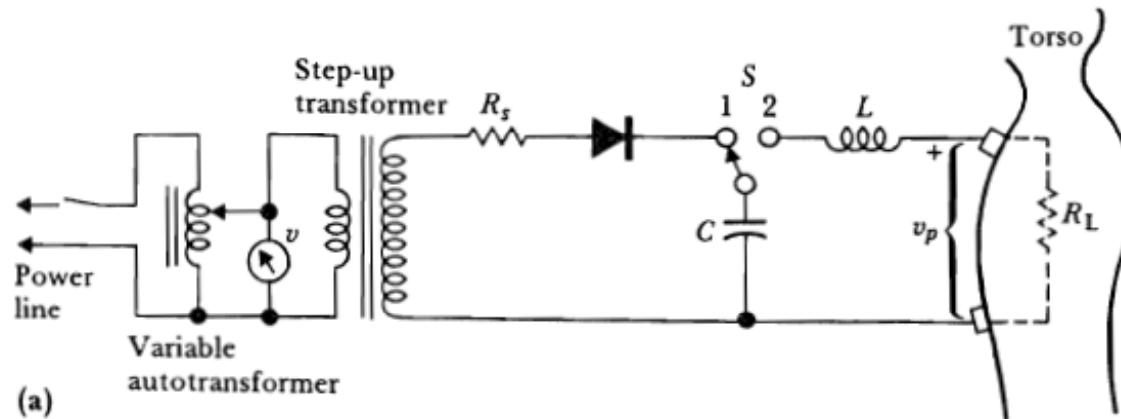
Defibrilacija – numerički primjer

- Tipični otpor prsnog koša, mjereno kroz elektrode za defibrilaciju, je reda veličine 50Ω
- 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

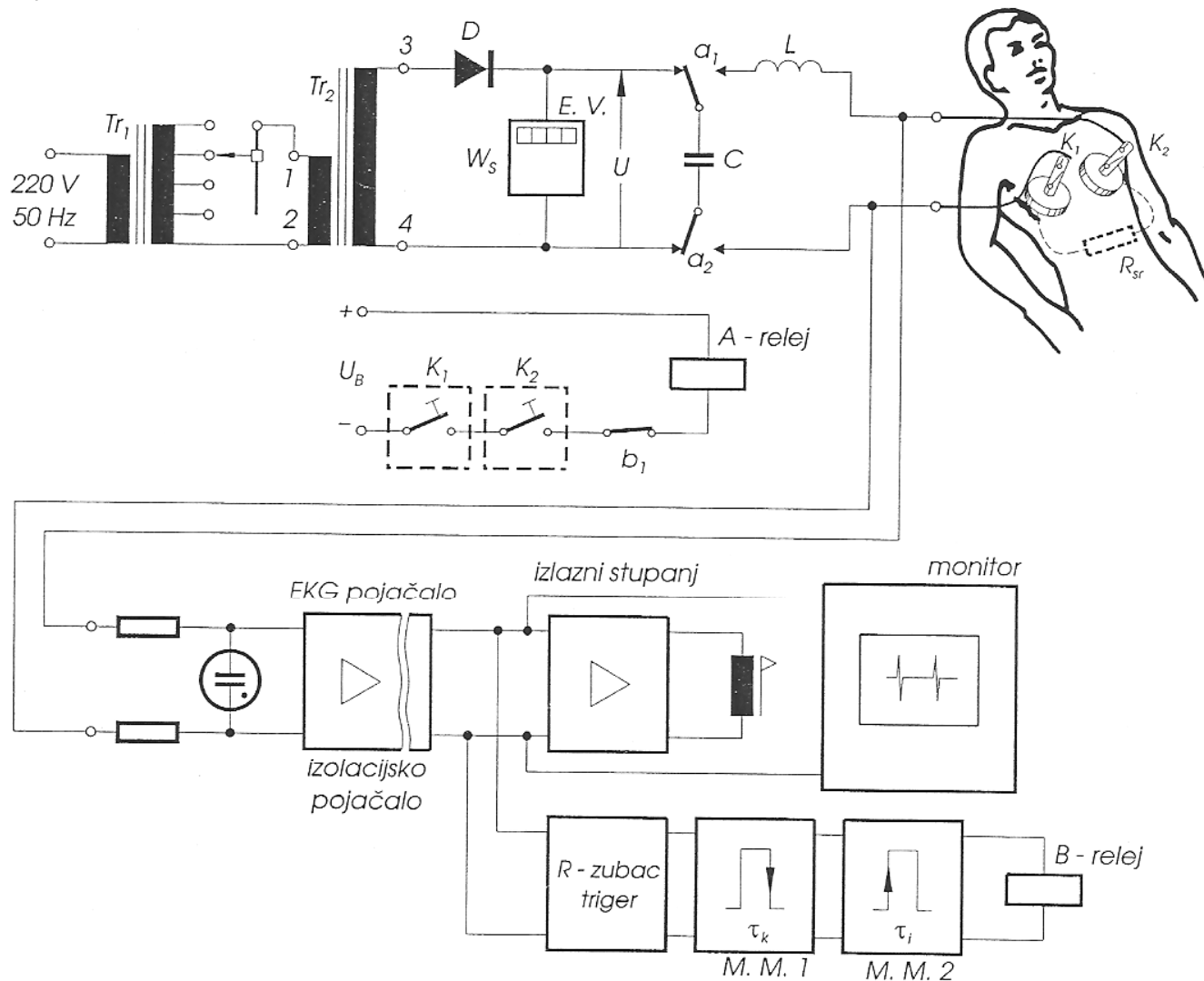


a) Nadomjesna shema defibrilatora

b) Valni oblik izlaznog impulsa

Blok shema defibrilatora

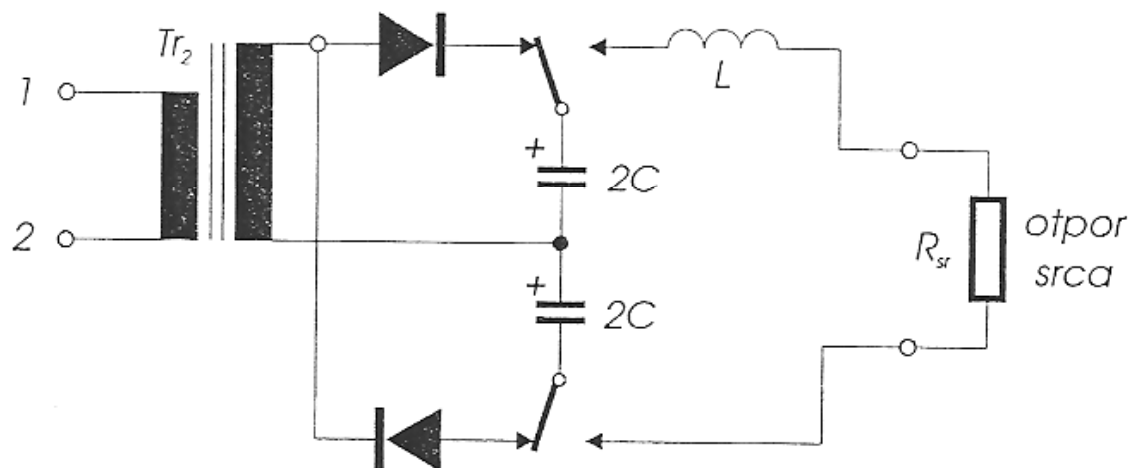
a)



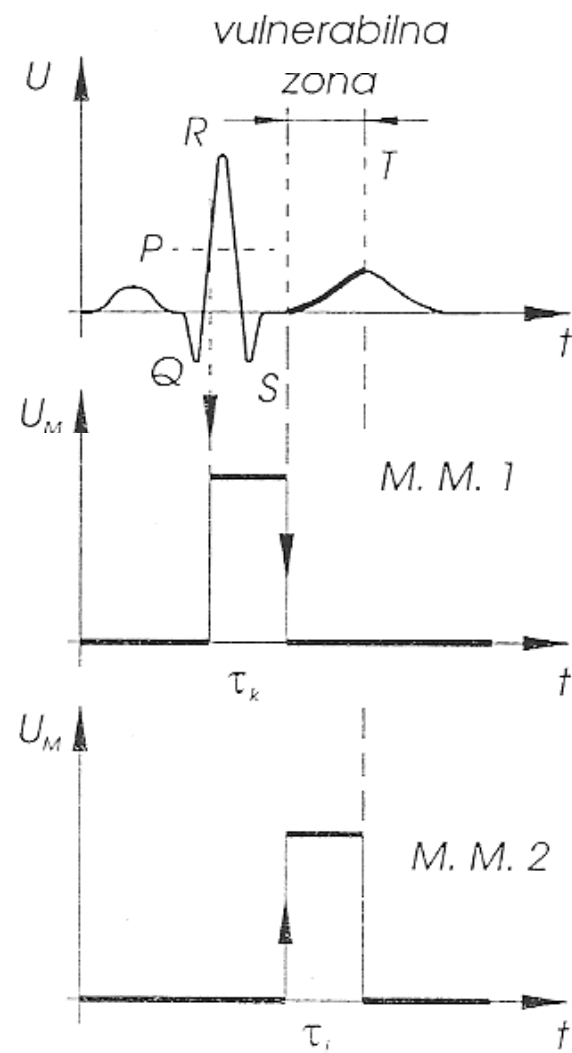
➤ Čemu služe releji A i B?

Izlazni stupanj i sinkronizacija

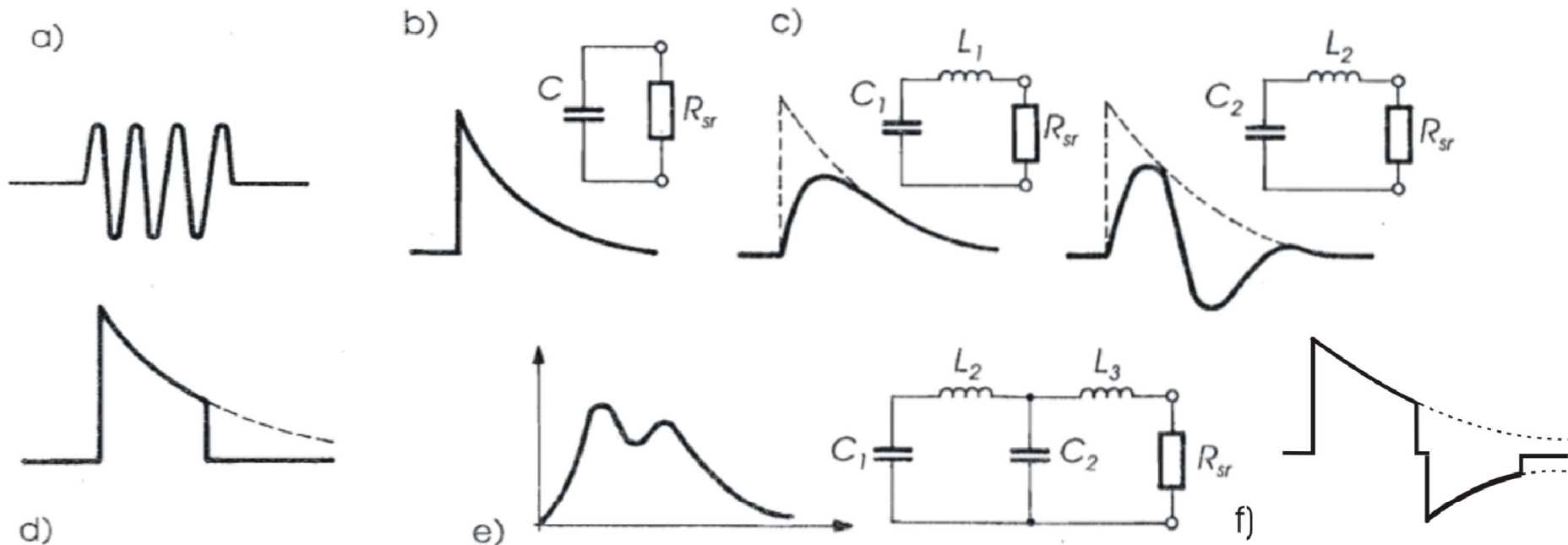
b)



c)

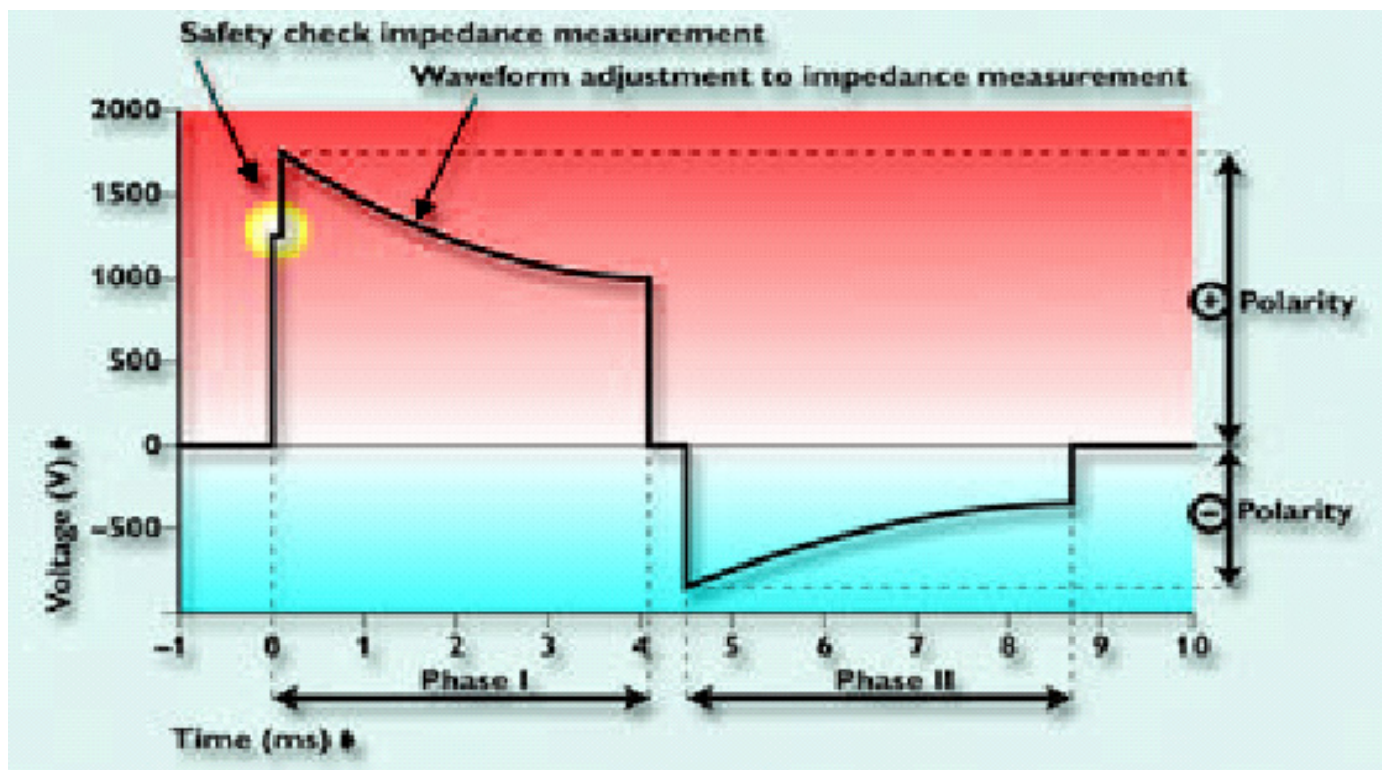


Valni oblik struje različitih izvedbi defibrilatora



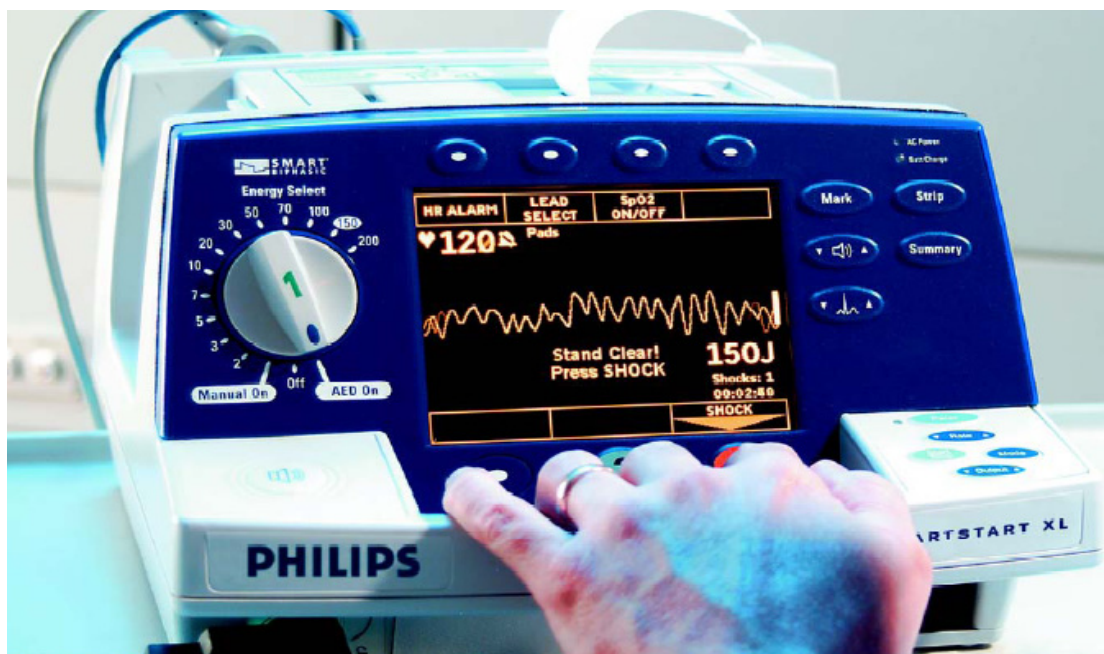
- a) Izmjenični (AC) defibrilator, b) pražnjenje kondenzatora, c) serijski rezonantni krug, d) pravokutni naponski impuls, e) defibrilator s linijom za kašnjenje u izlaznom krugu, f) **bifazični impuls**

Bifazni Defibrilatori



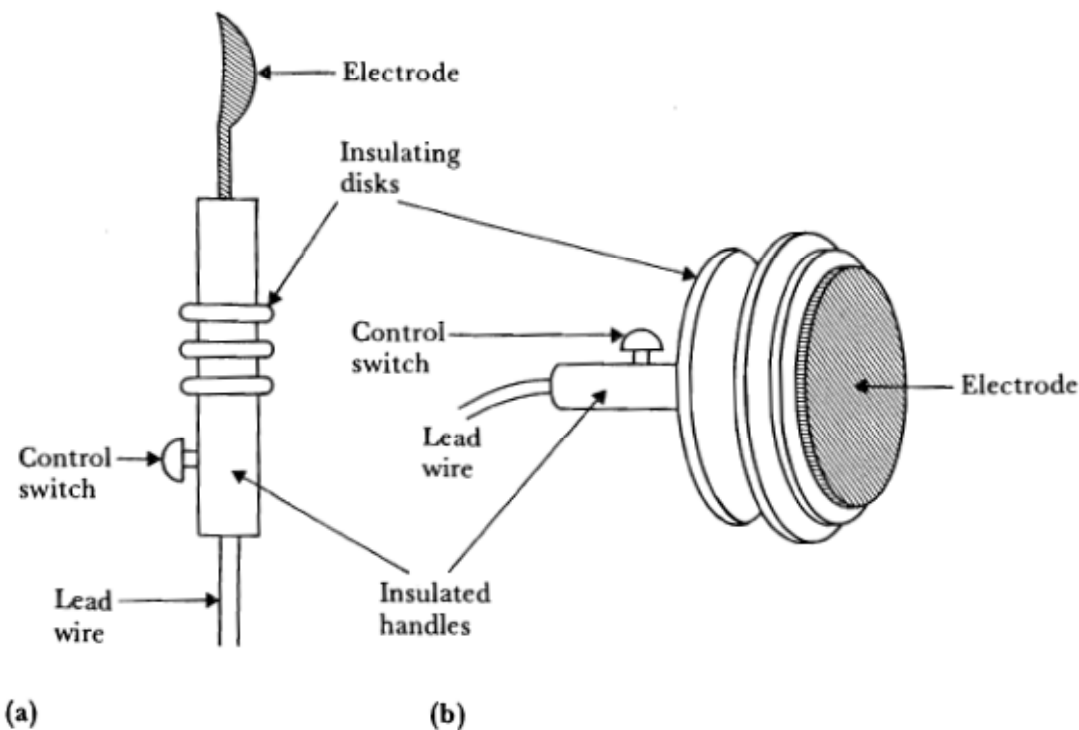
Izvedbe defibrilatora s bifazičnim impulsima imaju dvostruko manje razine izlaznih energija (u usporedbi s monopolarnim impulsima). Ovakve izvedbe nisu prihvaćene od svih proizvođača.

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 prsnoj koži)
- b) **Površinske elektrode** s kontrolnim tipkalima

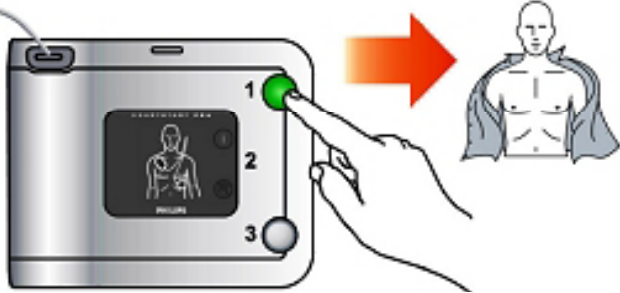
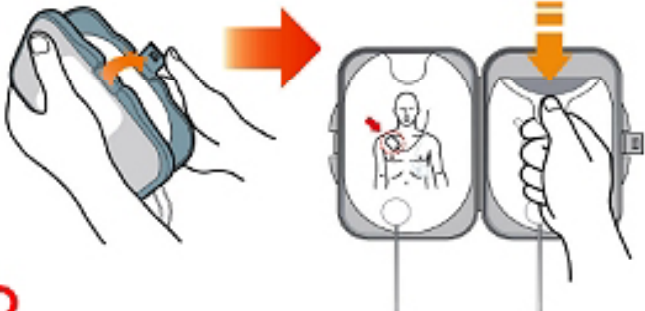


Automatski vanjski defibrilator



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

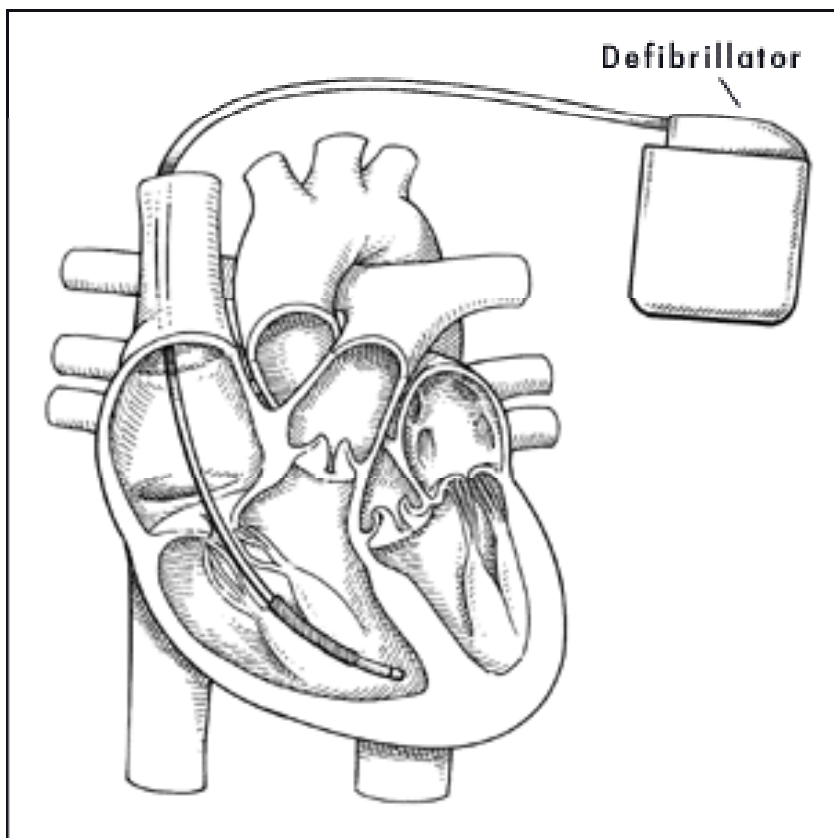
Primjenjuju se samoljepive elektrode velike površine, uz jasne oznake mjesta primjene (lijepljenja elektrode)

Postupak prilikom primjene automatskog defibrilatora

 <p>1</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>2</p> <p>The defibrillator will give voice instructions to open grey plastic case and peel off the white adhesive pads.</p>
 <p>3</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>4</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. sudden cardiac death – SCD*)

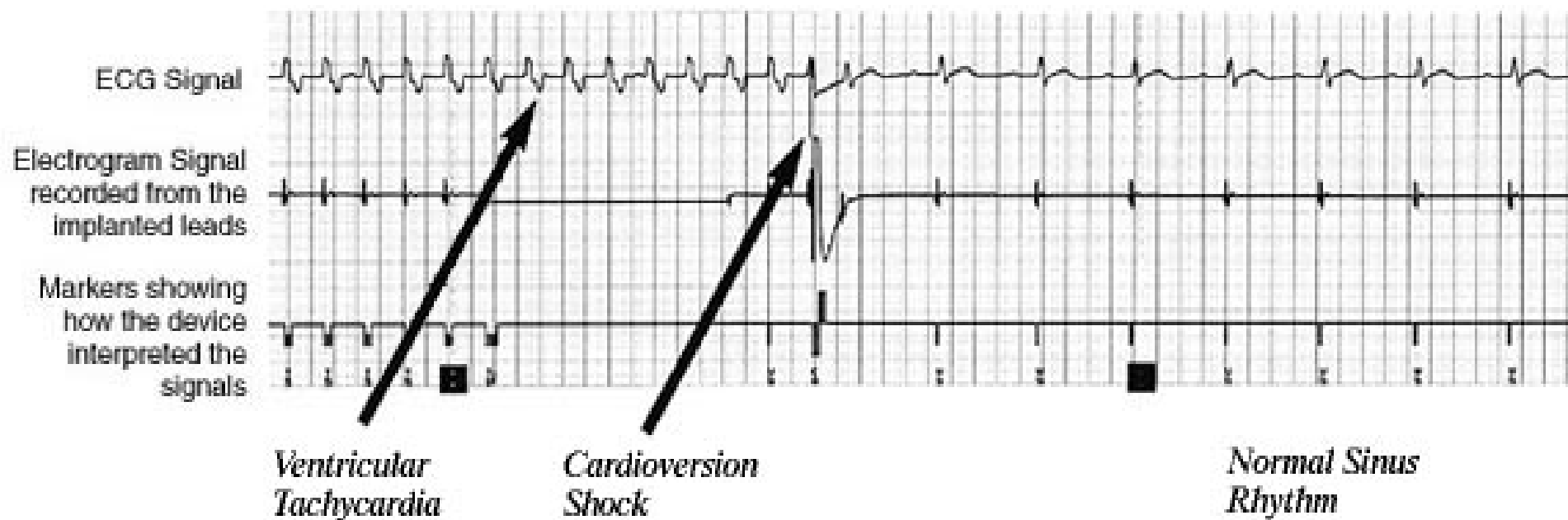
Populacija – srednja dob, stres (manedžeri)

Funkcije:

Kardioverzija - primjena električnog udara za prekid abnormalnih tahikardija

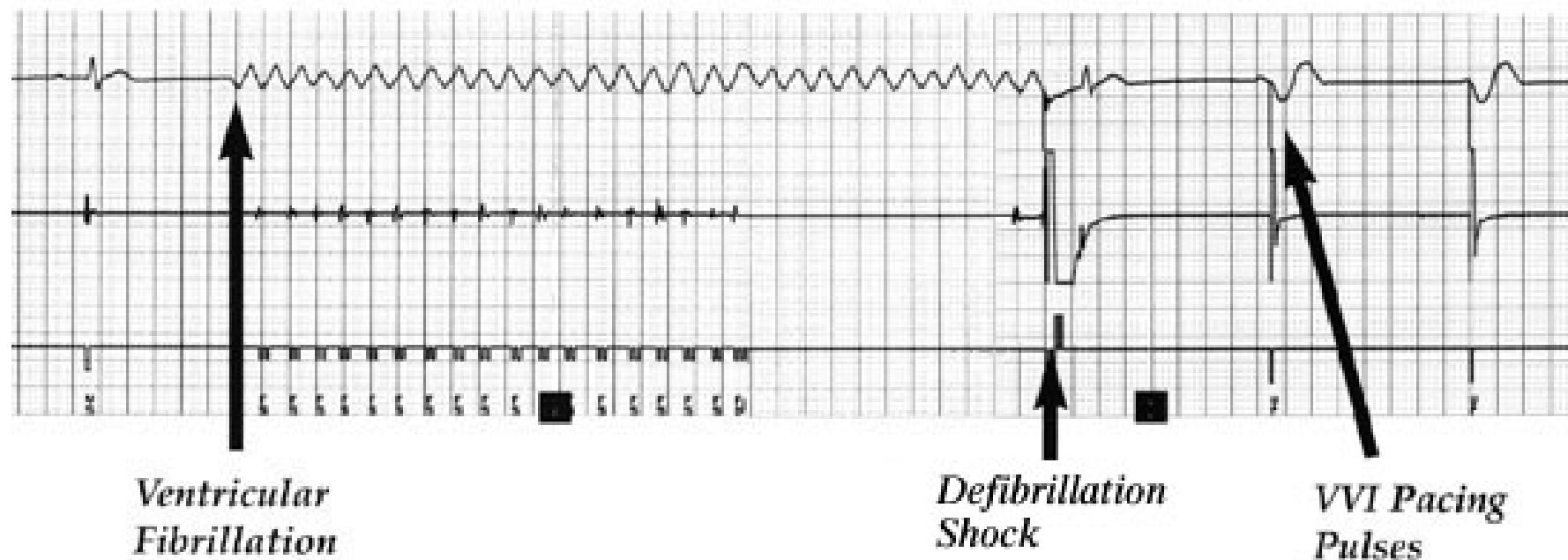
Defibrilacija - primjena električnog udara za prekid fibrilacije i uspostavu sinusnog ritma

Kardioverzija



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

Defibrilacija

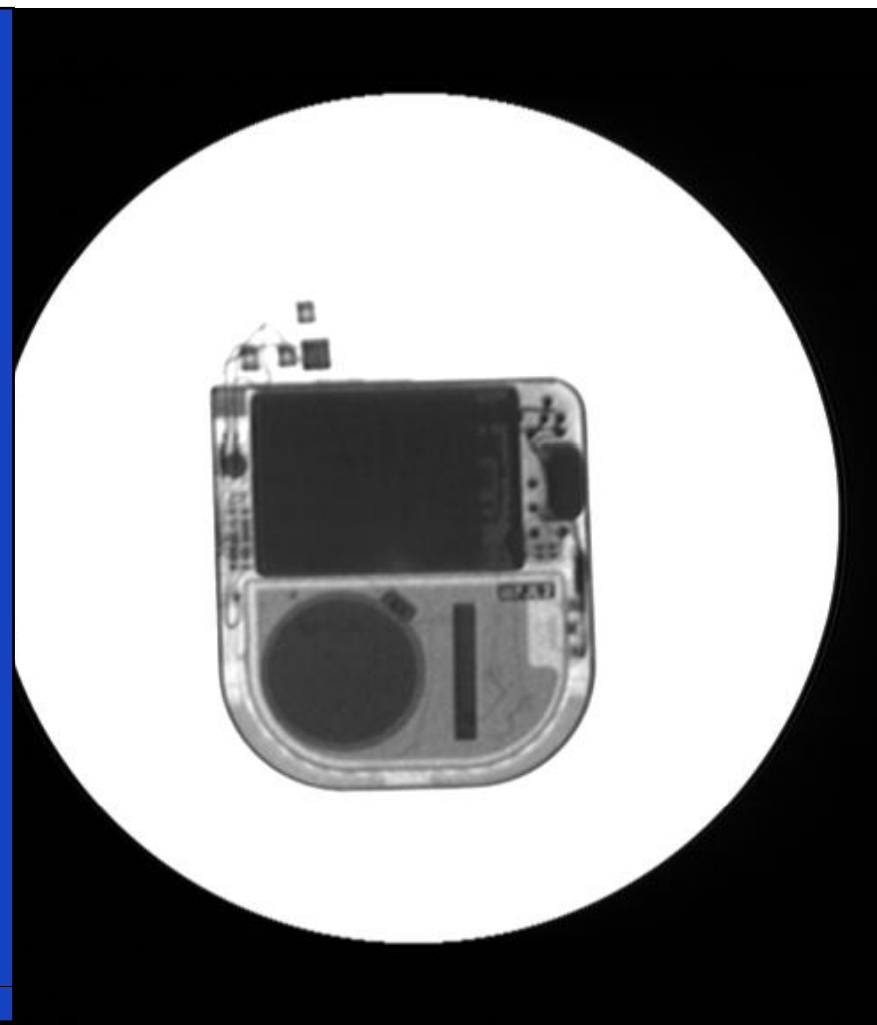
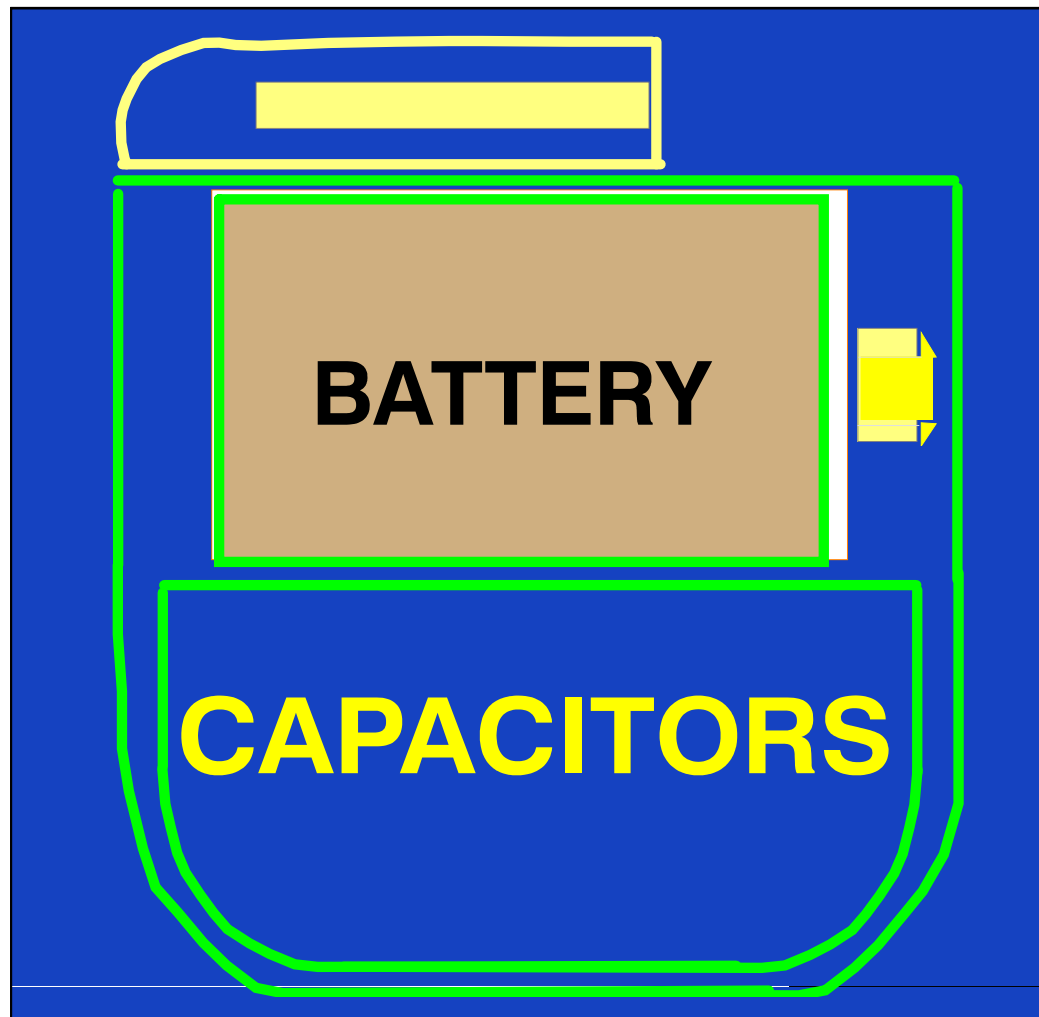


- Valni oblik EKG-a snimljen na prsnom košu i implantiranim elektrodama prije i za vrijeme fibrilacije te nakon udara defibrilatora. Uočiti da je nakon udara defibrilatora srce pobuđeno električkim impulsima (pacing)

Značajke implantabilnih kardiovertera/defibrilatora (ICD)

- Volumen 40 cm³
- 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

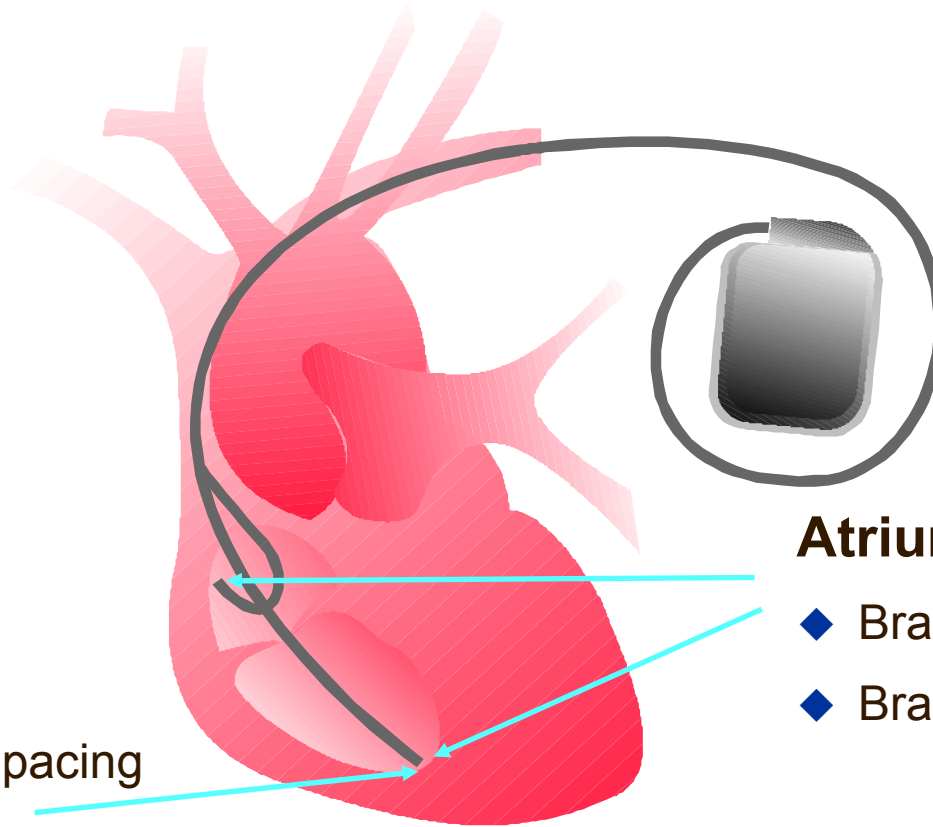
ICD osigurava terapiju:

- Ventrikularnih tahikardija
- Ventrikularne fibrilacije
- Supraventrikularnih aritmija

Postupak implantacije

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

Therapies Provided by Today's Dual-Chamber ICDs



Ventricle

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

Atrium & Ventricle

- ◆ Bradycardia sensing
- ◆ Bradycardia pacing

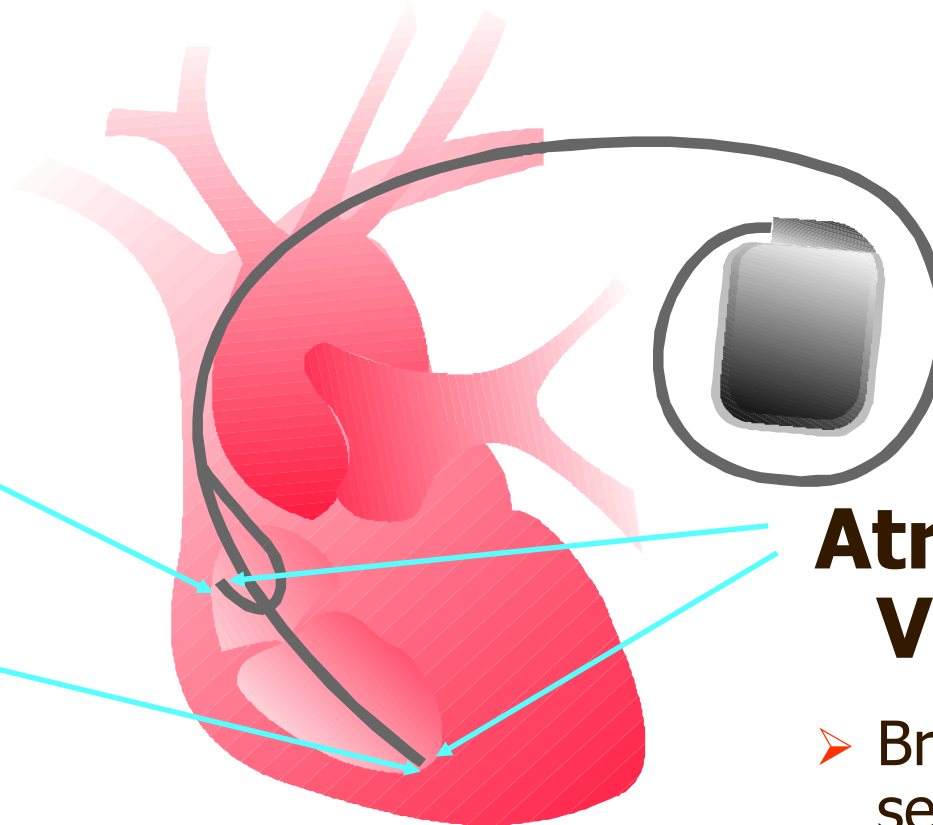
Recent ICD Technologies: Integrated Atrial Therapies

Atrium

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

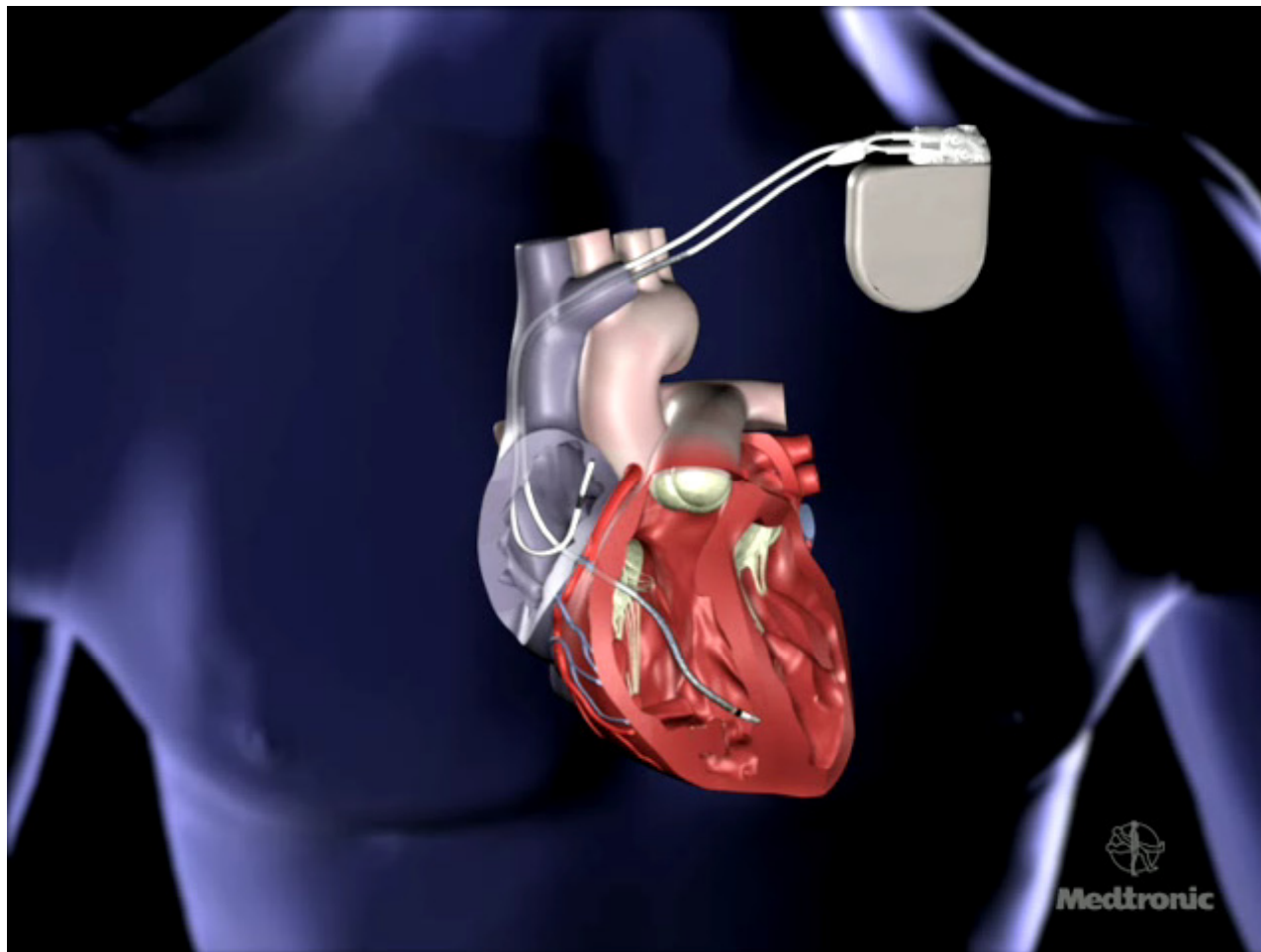
Ventricle

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



Atrium & Ventricle

- Bradycardia sensing
- Bradycardia pacing

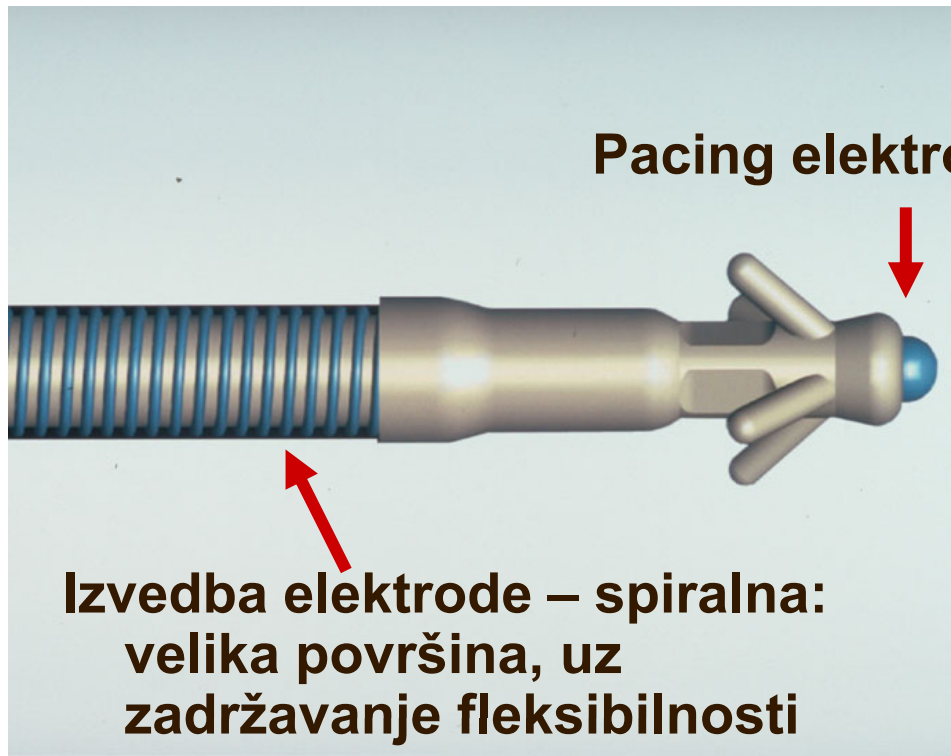


Analiza intrakardijalnog EKGa

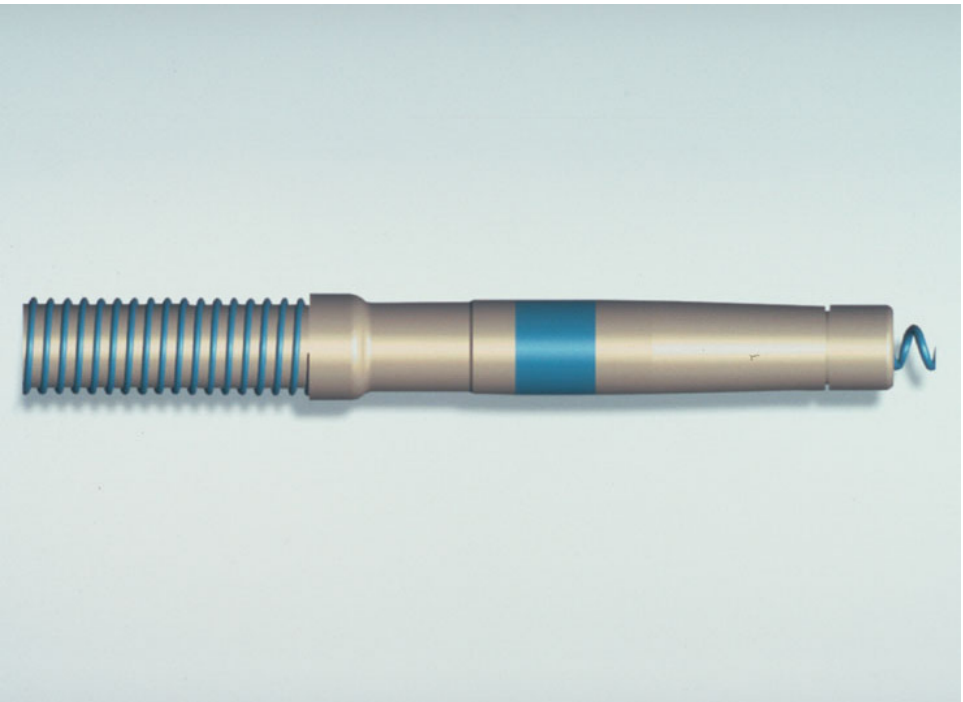
- Dijagnostika tahikardija zasnovana je na:
 - analizi PR intervala
 - analizi srčane frekvencije (HR)

Implantabilni elektrodni kateteri

Endokardijalni



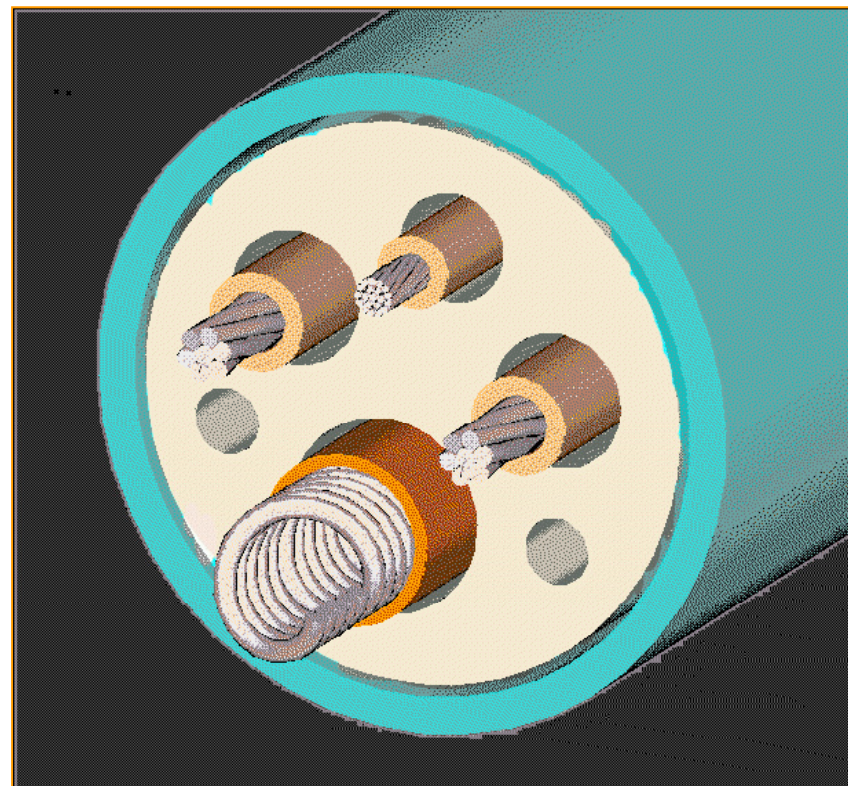
Intramiokardijalni



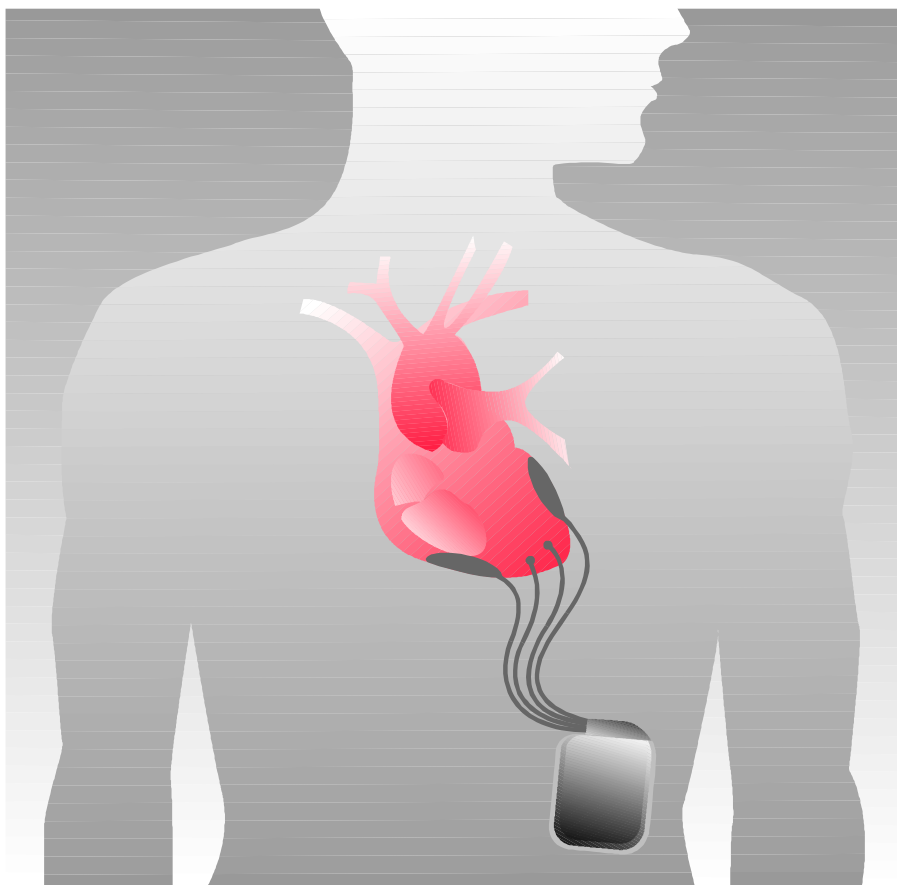
Implantabilni elektroodni kateteri



Presjek katetera – značajno složenija struktura od pacemakera



Povijest

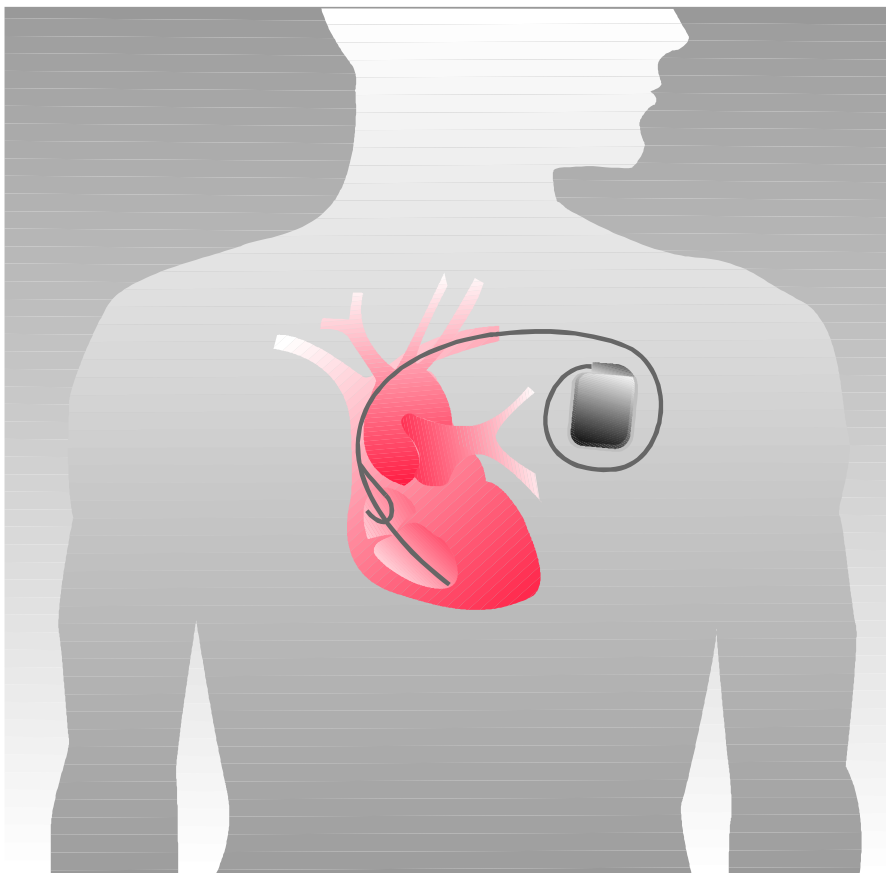


Prvi implantirani defibrilatori oko
1980

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

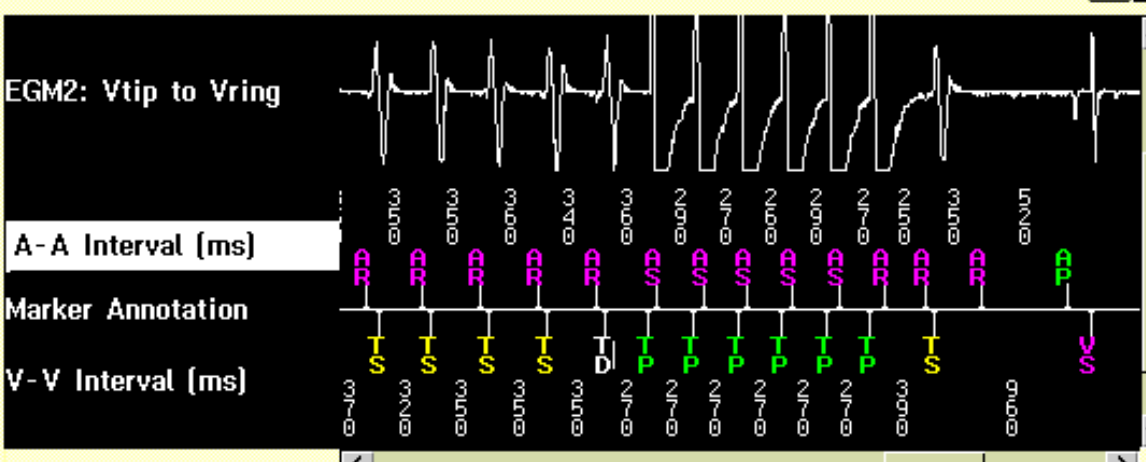
DDDR VF --- VT Resume Suspend

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

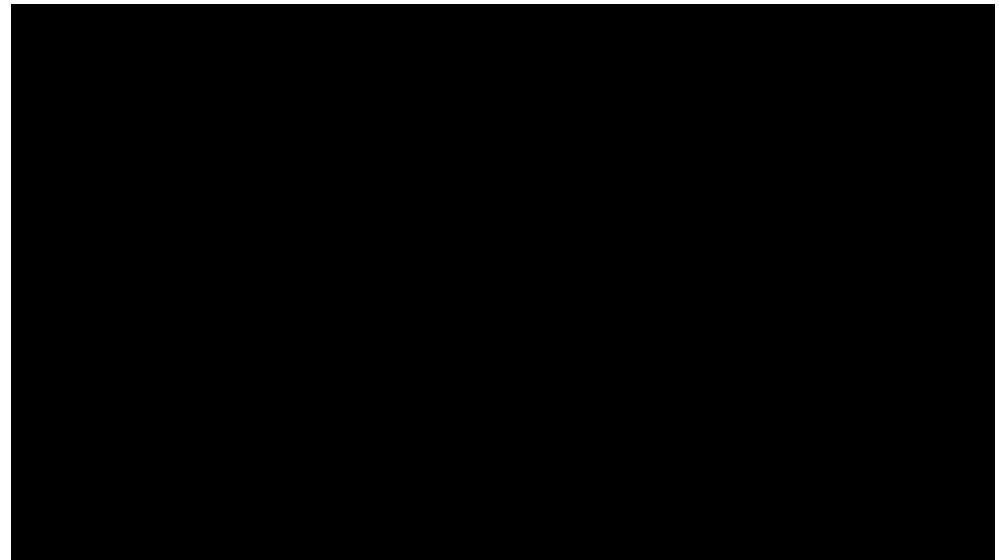
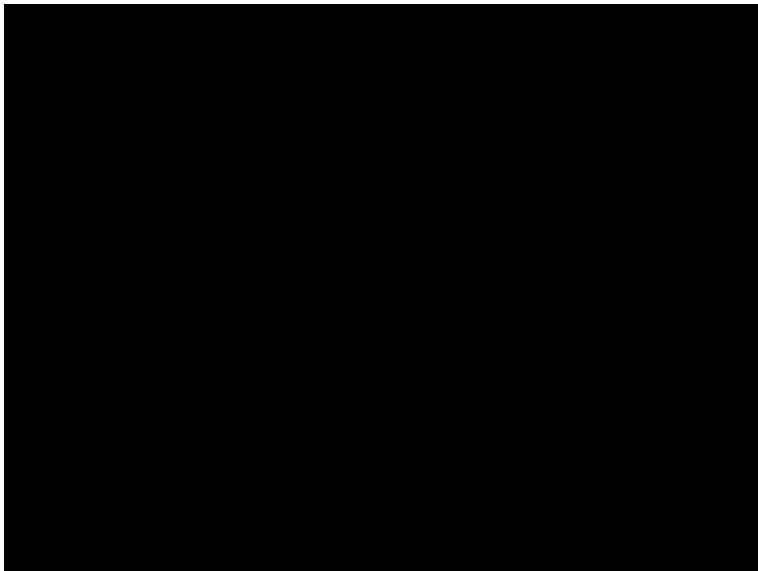
Print... Close

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:



- Novije studije pokazale su da ICD smanjuju iznenadnu srčanu smrt i ukupni mortalitet u usporedbi sa anti-artimičkim lijekovima za ventrukulsku tahikardiju (VT) i ventrikulsku fibrilaciju (VF).
- Napredak u ICD tehnologiji učinio je uređaje manjima, pojednostavio je implantacijski postupak, unaprijedio dugotrajnost, proširio terapijske mogućnosti i smanjio troškove.
- Do 54% ICD pacijenata sa indikacijama za tradicionalni srčani stimulator moglo bi imati više beneficija kada bi se implantirao dvostruki (dvokomorski, dvokanalni) stimulator.

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