

Stimulace srdečního svalu

Doc.RNDr.Roman Kubínek, CSc.

Předmět: lékařská přístrojov technika



Základní typy srdečních stimulací

Kardiostimulace - je nahrazována porucha rytmické funkce

Defibrilace - je rušena fibrilace komor

Kardioverze - je rušena porucha srdečního rytmu

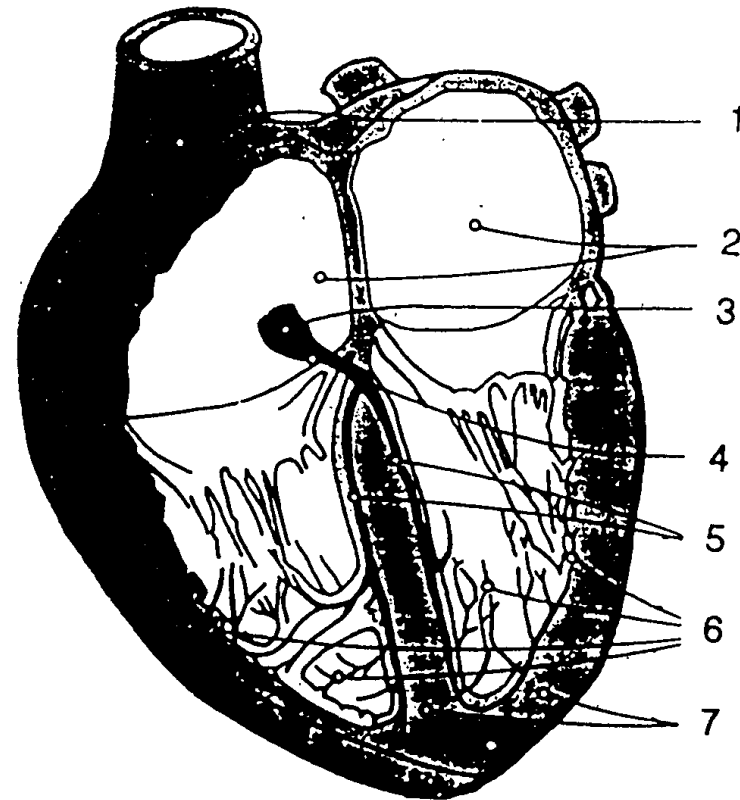


Externí kardiostimulátor r.1959



Srdce - původ srdečního stahu, elektrická aktivita srdce (Excitační a převodní systém srdeční)

- 1 - sinoatriální uzel (SA)
- 3 - síňokomorový uzel (AV)
- 4 - Hisův svazek
- 5 - pravé a levé Tawarovo raménko
- 6 - Purkyňova vlákna
- 7 - svalové buňky myokardu



Srdce - původ srdečního stahu, elektrická aktivita srdce (Excitační a převodní systém srdeční)

Srdeční oddíly pracují normálně v uspořádaném sledu:

po stahu předsíní (předsíňová systola)

následuje stah komor (komorová systola)

relaxace všech oddílů v průběhu diastoly

SA uzel a AV uzel vydávají vzruchy rychleji než srdeční sval. Nejrychlejší vzrušovací aktivita je v SA uzlu, odtud se šíří depolarizace do dalších oblastí.

SA uzel - srdeční krokomeř.

U buněk srdečního svalu $KMP = -80$ až -90 mV (dáno především ionty K^+).

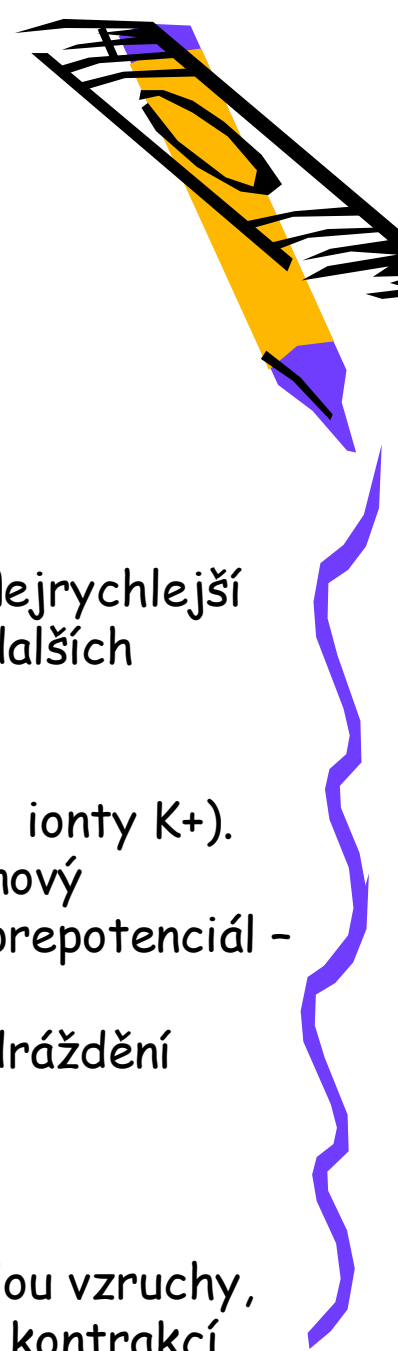
Buňky, v nichž rytmicky vznikají vzruchy, mají nestálý membránový potenciál, který po každém impulsu klesá na spouštěcí úroveň (prepotenciál - **pacemakerový potenciál**) Tím se spouští další impuls.

POZOR! činnost srdce je automatická a nedá se ovlivnit CNS (dráždění nervu vagu můžeme zpomalit činnost srdce.

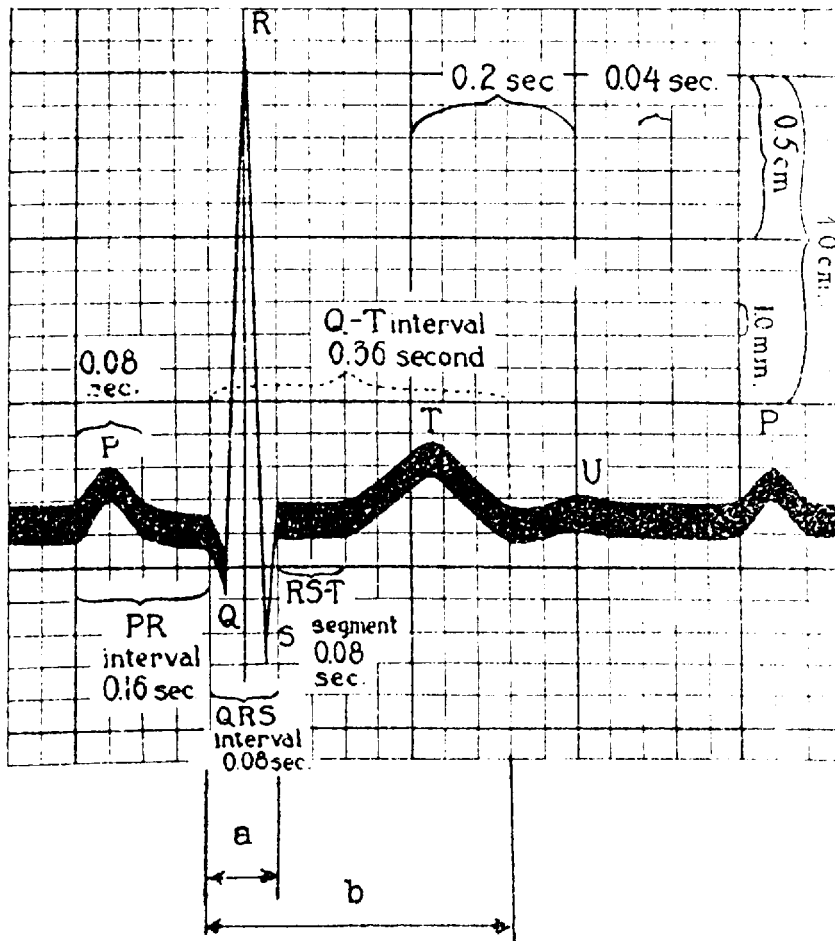
Excitační a převodní systém srdce

Srdce obsahuje dva typy buněk:

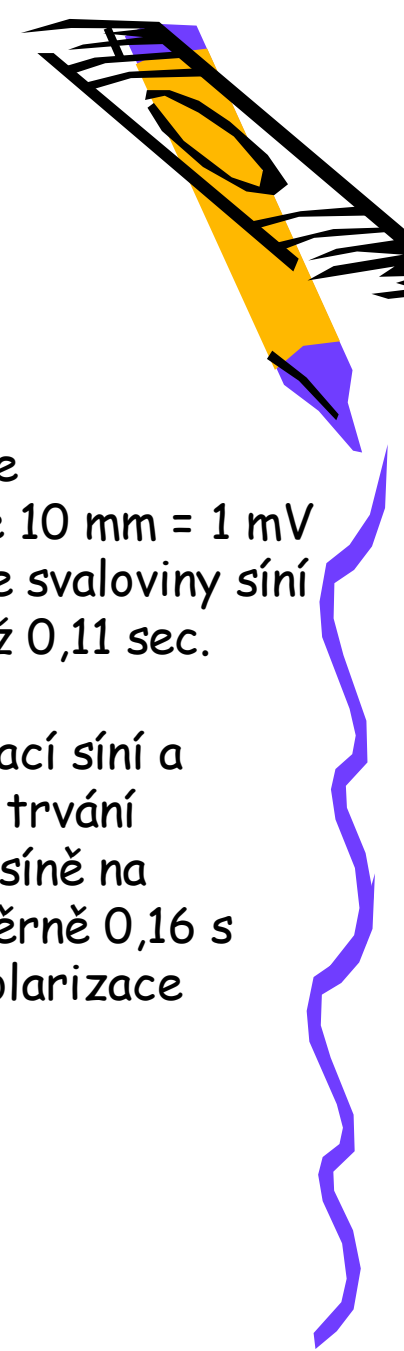
- 1) buňky převodního systému, které vytvářejí a vedou vzruchy,
- 2) svalové buňky, které na tyto podněty odpovídají kontrakcí



Popis EKG signálu



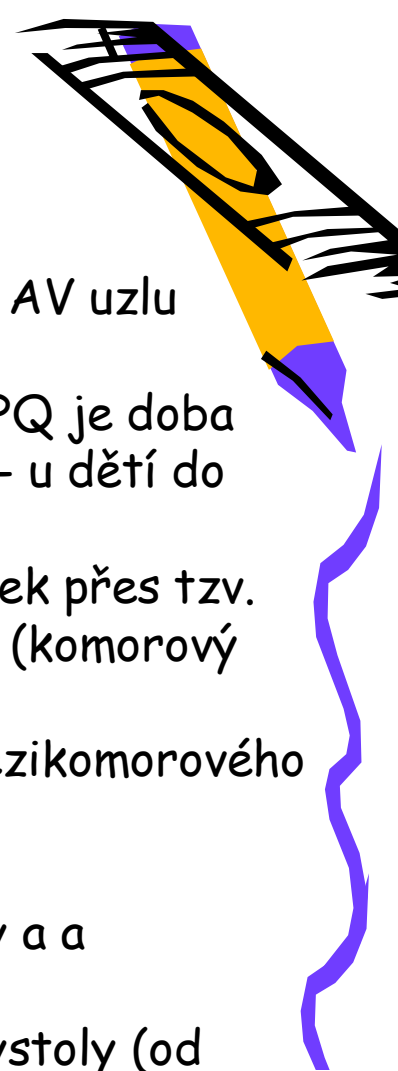
- a - úsek depolarizace
 - b - úsek repolarizace 10 mm = 1 mV
- Vlna P** - depolarizace svaloviny síní < 0,25 mV a delší než 0,11 sec.
- Úsek P-R**
údobí mezi depolarizací síní a depolarizací komor - trvání přestupu vzruchu ze síně na komory. Trvání průměrně 0,16 s
- Komplex QRS** - depolarizace komor



Šíření vzruchu v myokardu

- Depolarizace vzniká v SA uzlu a šíří se paprskovitě předsíněmi k AV uzlu (depolarizace předsíní za 0,1 s).
- Vedení v AV uzlu je pomalejší a vzniká zpoždění asi 0,1 s. (Doba PQ je doba šíření excitace z SA uzlu k AV uzlu, Hisovu svazku a jeho větvím - u dětí do 14ti let 0,10 - 0,14 s, u dospělých do 0,2 s)
- Z horní partie septa se vlna depolarizace rozšíří přes Hisův svazek přes tzv. Purkyňova vlákna do všech částí komor (0,08 - 0,1 s) - doba QRS (komorový komplex)
- Depolarizace svaloviny komor začíná u člověka na levé straně mezikomorového septa a pokračuje napravo k srdečnímu hrotu
- Obrací se podél komorových stěn.
- Poslední části, které jsou depolarizovány, jsou části levé komory a a nejhořejší části septa.
- Doba QT - trvání elektrické aktivity srdce, tj. tzv. elektrické systoly (od 0,34 s do 0,42 s)

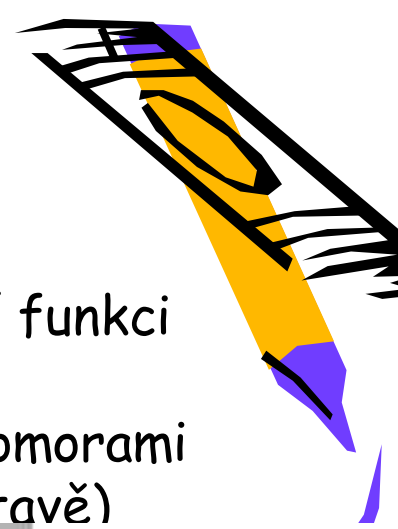
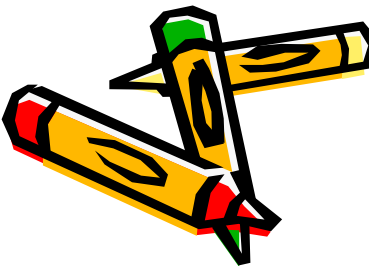
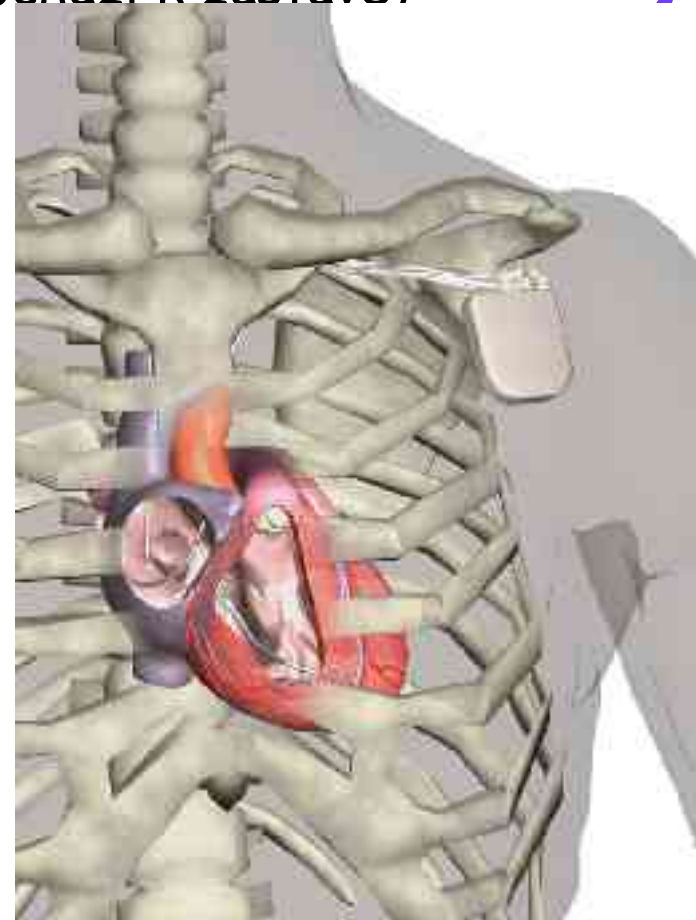
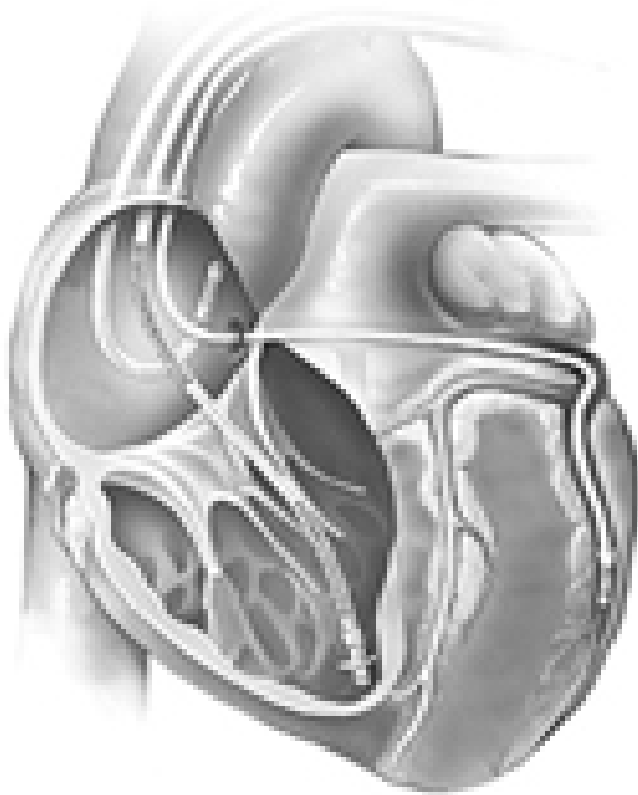
Šíření podráždění a repolarizace s odpovídajícím obrazem EKG



Kardiostimulátor-pacemaker

Smyslem kardiostimulace je maximální přiblížení k normální funkci srdce.

Při kompletním AV bloku je vedení vzruchů mezi síněmi a komorami přerušeno a síně a komory pracují nezávisle (dochází k zástavě)



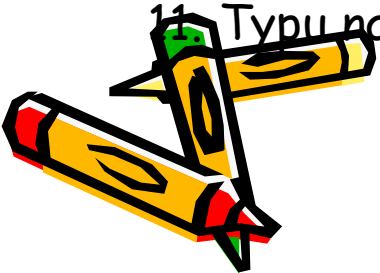
Rozdělení kardiostimulátorů

Kardiostimulace slouží k nápravě bradykardií (někdy i tachykardií):

- Způsobených přerušáním AV vedení při infarktu myokardu (IM)
- Situací, kdy SA uzel neplní funkci pacemakeru

Dělení kardiostimulátorů podle:

5. Doby trvání stimulace - dočasná (klinická), trvalá (implantabilní)
6. Způsobu dráždění - přímé (endokardiální, myokardiální, epikardiální)
- nepřímé (hrudní, jícnové)
8. Funkce stimulatoru - neřízené, řízené, programovatelné
9. Počtu ovládaných srdečních dutin - jedno, dvoudutinové
10. Typu stimulačních elektrod - unipolární, bipolární
11. Typu napájení stimulatorů - bateriové, vysokofrekvenčně buzené



Identifikační kód kardiostimulátorů

Kód NBG (1987). Tři (případně další dva) písemné znaky:

A - síň, V - komora, O - žádná, D - obojí, T - spouštění, I - inhibice

1.znak místo stimulace	2.znak místo snímání	3.znak způsob stimulace	4.znak programovatelnost	5.znak antiarytmická funkce
A	A	O	P-jednoduché	
V	V	I	M-multiprogramov.	P-antitachykardiální st.
D(A+V)	D(A+V)	I	C - komunikovatelný	S - šok
O	O	D(T+I)	R-frekv.adaptabilní	D - (P+S)

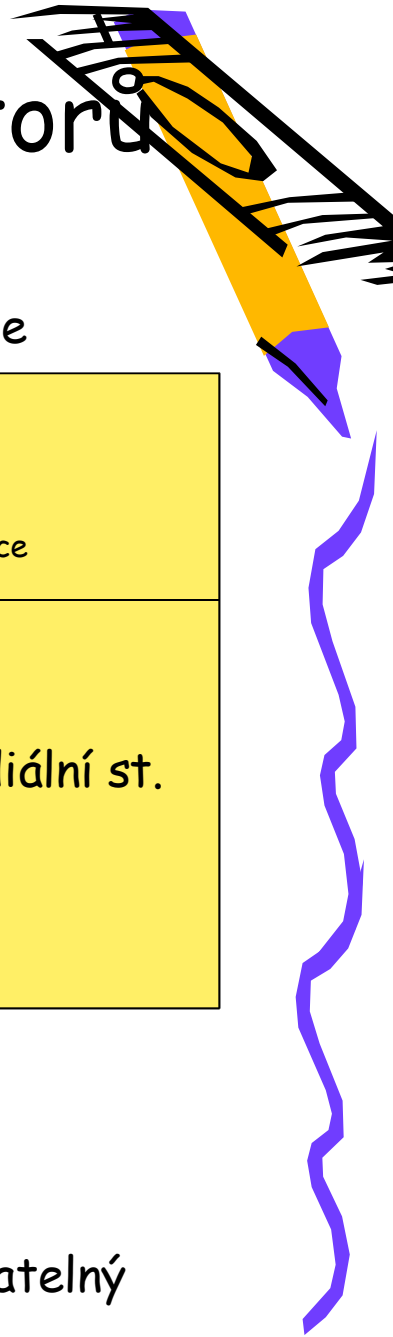
Příklady:

VOO - komorový asynchronní (fixed rate)

VVI-komorový, komorami inhibovaný

AAI,M - síňový, síněmi inhibovaný, multiprogramovatelný

VDD-komorový, síněmi spouštěný, síněmi i komorami inhibovaný



Neřízená kardiostimulace

Stimulátory s pevnou opakovací frekvencí a šíří impulsů cca 1 Hz a 1,2 až 1,5 ms.

Konstrukčně jsou nejjednodušší

Aplikovaly se výhradně při AV blokádě

Stimulátor řídí pouze činnost komor (síně tepou vlastním rytmem) - proto je stim. Označován jako asynchronní.

Nevýhody: interferencí činnosti stimulátoru s obnovenou spontánní srdeční aktivitou mohou být vyvolány salvy extrasystol, komorová tachykardie nebo fibrilace komor.



Řízená kardiostimulace

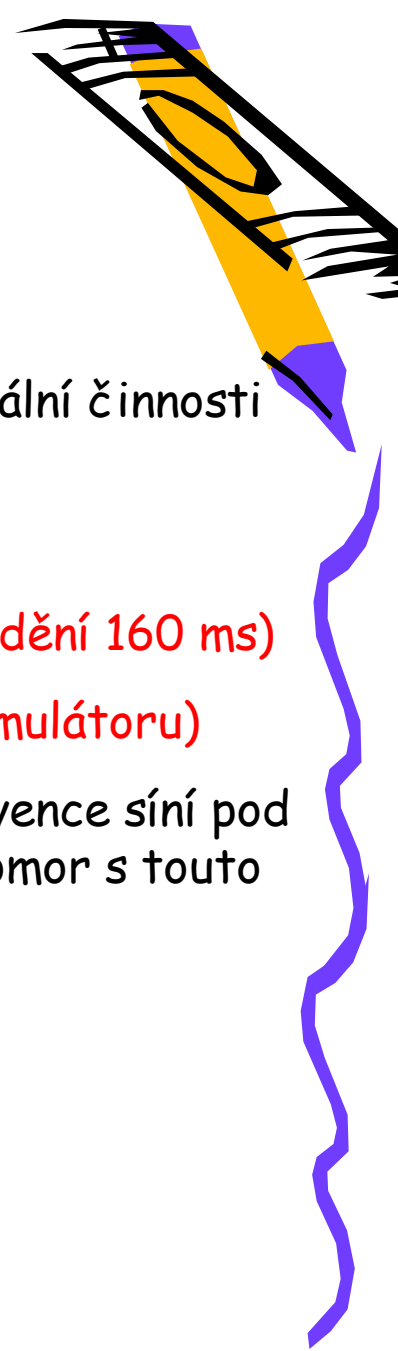
Kardiostimulace řízená P vlnou

Stimulátor nahrazuje narušený srdeční převodní systém při normální činnosti síní. Využívá tři elektrod:

3. Elektroda snímá P vlnu a je umístěna v síni
4. Elektroda vysílá do komor stimulační impuls (po časovém zpoždění 160 ms)
5. Elektroda je společná pro snímání a stimulaci (umístěná na stimulátoru)

Synchronní činnost se zachovává při námaze, při poklesu frekvence síní pod minimální mez pokračuje stimulátor v asynchronní stimulaci komor s touto minimální frekvencí.

Aplikace tohoto typu výjimečně



Stimulace řízená R - vlnou - inhibovaná

Stimulátor je řízen komorovou aktivitou - R vlnami EKG signálu.

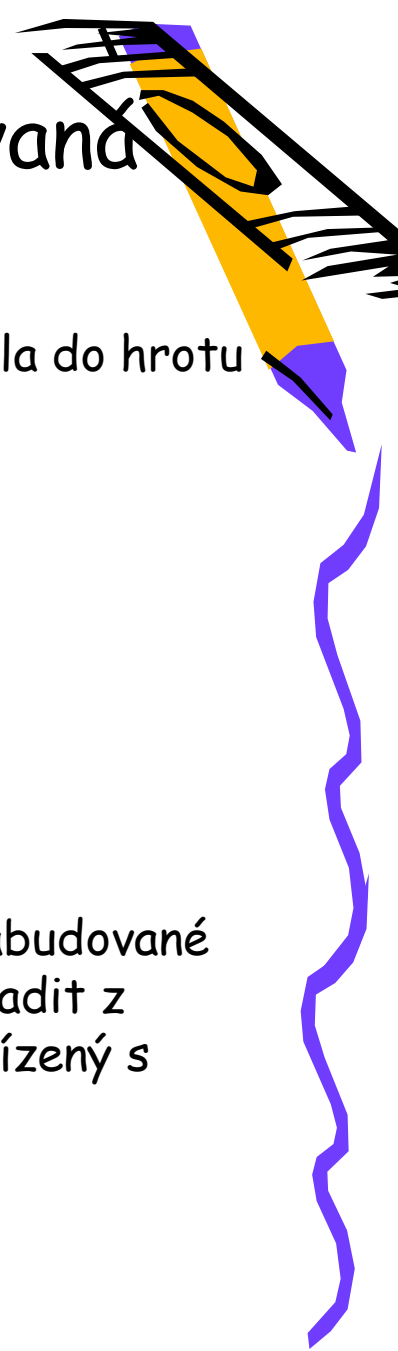
Jediná elektroda slouží pro snímání a stimulaci (zavádí se zpravidla do hrotu pravé komory).

3. Je vyhodnocován interval R - R.
4. Pokud překročí zvolenou dobu je generován stimulační impuls
5. Při spontánní aktivitě je inhibován a sleduje se další interval

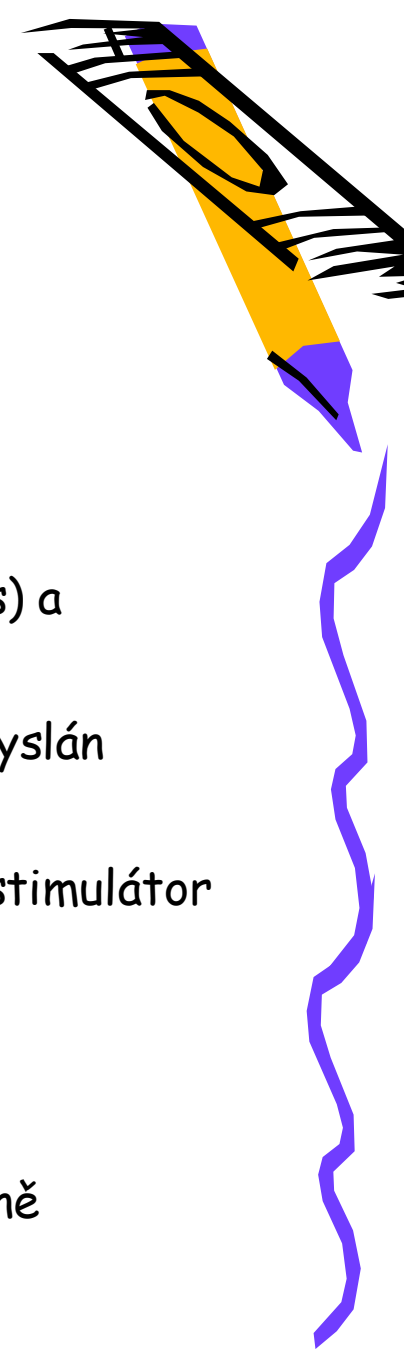
Označení - On demand („na požádání“)

Výhoda: zamezení možnosti interference rytmů.

Pro kontrolu frekvence generovaných impulsů mají stimulátory zabudované magneticky ovládané spínače. Vnější magnetem je možné vyřadit z činnosti inhibiční obvody a stimulátor může pracovat jako neřízený s pevnou frekvencí



Kardiostimulace řízená R- vlnou-spouštěná



Označení „Stand by“ - okamžitě spouštěn každou R vlnou

Stimulační impuls zapadá časově do QRS komplexu (cca 80 ms) a nezpůsobuje další kontrakci.

Při snížení frekvence spontánní činnosti pod minimální mez je vyslán stimulační impuls.

Při zvýšení frekvence nad zvolenou max. hodnotu je spouštěn stimulátor jen každou druhou nebo třetí R vlnou.

Výhoda: omezení vzniku interference rytmů

Nevýhoda: větší spotřeba energie a zatížení tkáně



Dvoudutinová kardiostimulace

Označení jako „bifokální“

Tvořeny dvěma bloky typu on demand řízenými komorovou aktivitou. (jeden blok stimuluje síně, druhý komory)

Inhibiční interval bloku pro síně je kratší oproti inhibičnímu intervalu pro komory o dobu fyziologického zpoždění vzruchu šířícího se ze síní do komor (A-V zpoždění)

1959
externí



1960 interní



Programovatelná kardiostimulace

Adaptabilní kardiostimulátory

Po implantaci je možné řídit dálkově (telemetricky). Měnit funkční parametry stimulace, získávat diagnostická funkční data a provádět neinvazivní testy.

Jde tedy o přizpůsobení funkce stimulatoru fyziologickým požadavkům pacienta.

Možnosti: změna parametrů výstupních stimulačních impulsů, změna funkce (přechod na jiný druh stimulace). Dále je možné přizpůsobení fyzické zátěži pacienta (registrace pomocí biosenzorů-impedance hrudníku, dechová frekvence, respirační objemy, svalová aktivita, nasycení venózní krve kyslíkem, teplota, pH krve apod.

Kardiostimulátor s defibrilátorem spojuje funkci kardiostimulátoru, diagnostického monitoringu a defibrilátoru (prozatím nejsložitější implantát).



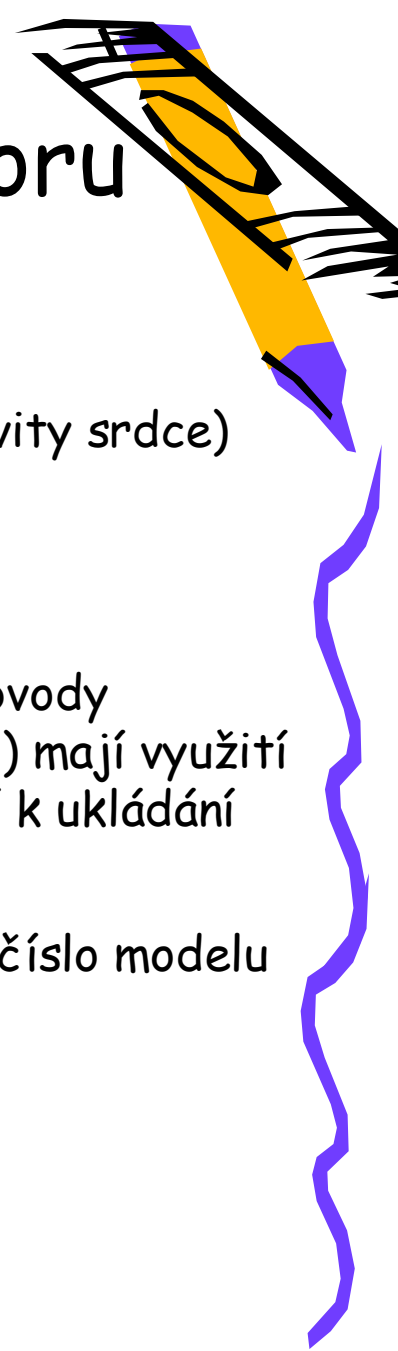
Elektronická část kardiostimulátoru

Tři funkční části:

2. Generátor srdečních impulsů (+baterie a obvody snímání aktivity srdce)
3. Stimulační elektrody s vodiči
4. Programátor-součást telemetrického zařízení k přenosu dat

Generátor - generátor obdélníkových impulsů+výstupní obvod+obvody snímače. Použití CMOS technologií obvodů. Paměti ROM (2kB) mají využití k přímému výstupu a pro obvody snímání, RAM (512 kB) slouží k ukládání diagnostických dat.

Na titanovém pouzdře je popis: jméno výrobce, typ stimulátoru, číslo modelu a série a zapojení vodičů



Elektronická část kardiostimulátoru

Generátor obsahuje časovač řízený krystalem (řádově kHz) a logickými obvody tvarování velikosti a šíře stimulačních impulsů, periody, zpoždění AV)

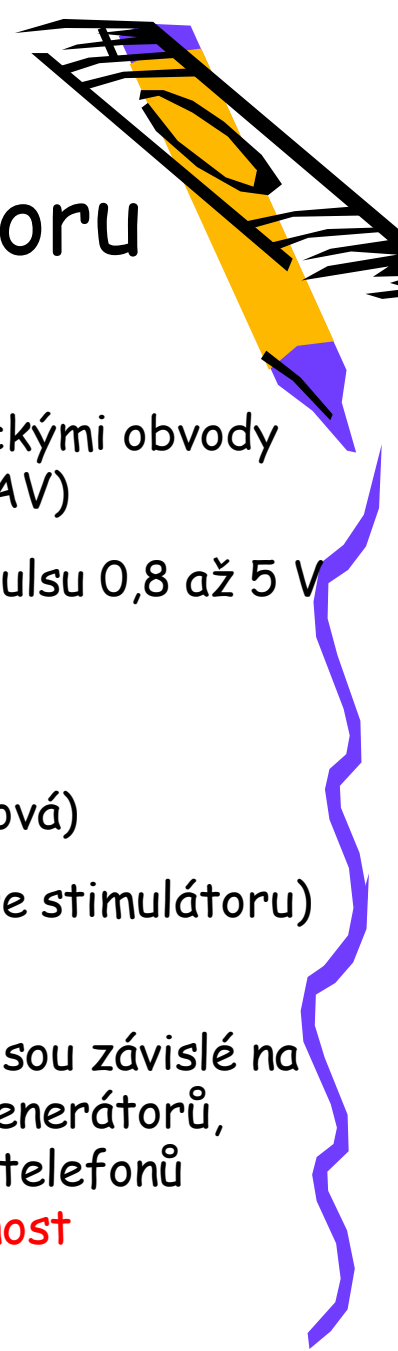
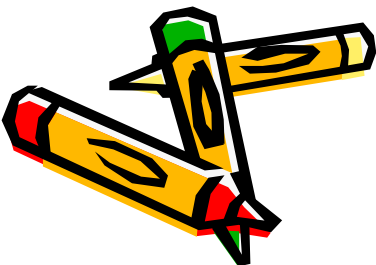
Výstupní obvod upravuje proudový odběr stimulátoru. Velikost impulsu 0,8 až 5 V a šíře impulsu 0,05 až 1,5 ms. Baterie s napětím 2,8 V.

Snímání elektrické aktivity

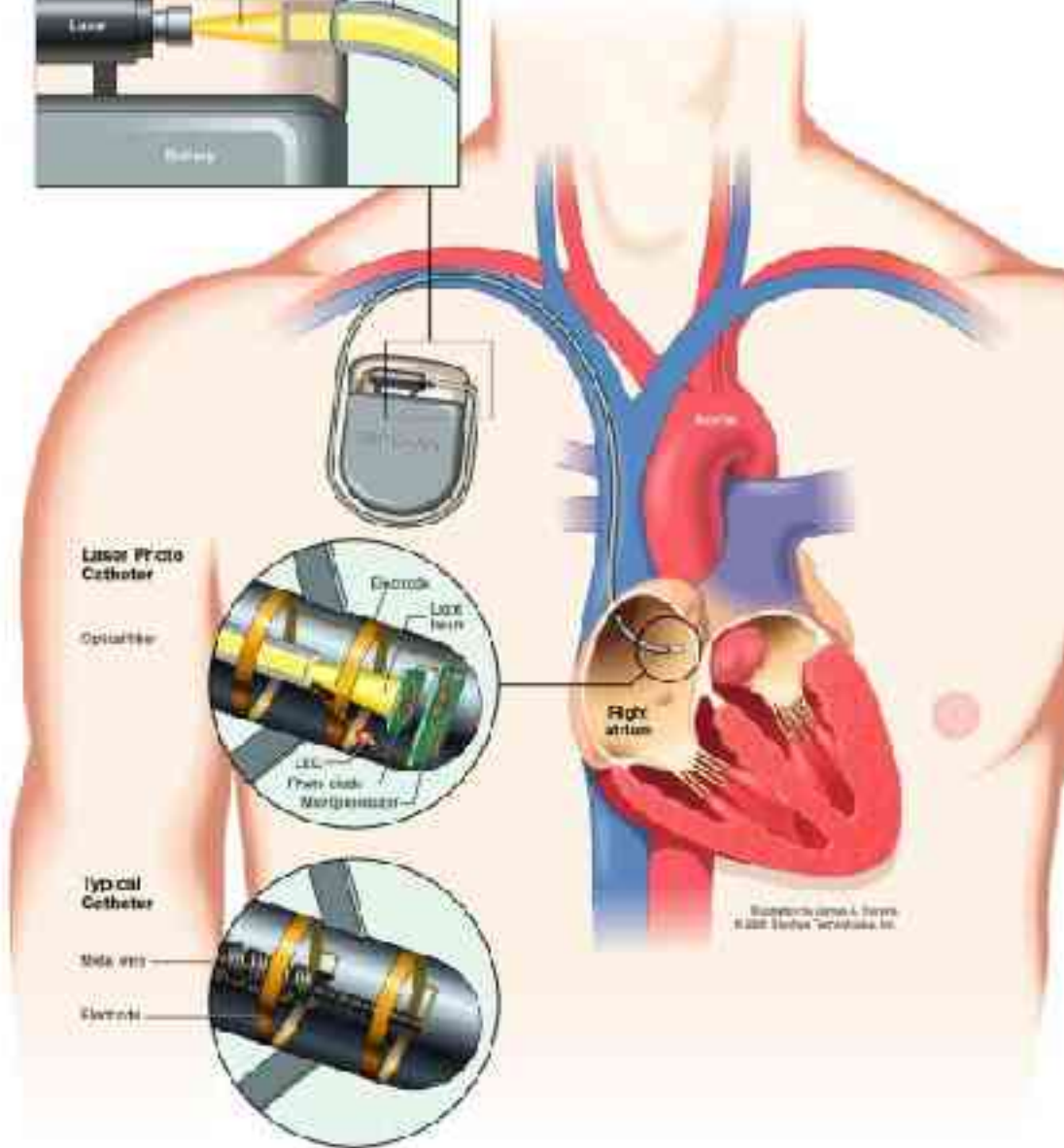
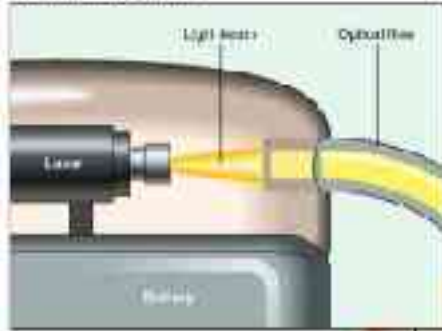
Bipolární - anoda i katoda jsou umístěny na vodiči (A-hrot, K-kruhová)

Unipolární - anoda a katoda jsou 5-10 cm vzdálené (K je na pouzdře stimulátoru)

Podmínky elektromagnetické kompatibility (EMC) jsou závislé na pohybu pacienta v silných emg. polích, v okolí VN generátorů, antén radiolokátorů, mikrovlnných trub, mobilních telefonů apod. **Pacienti musí být upozorněni na tuto skutečnost**



Implanted Pacemaker



Laser Probe Catheter

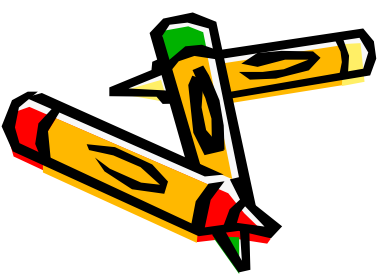
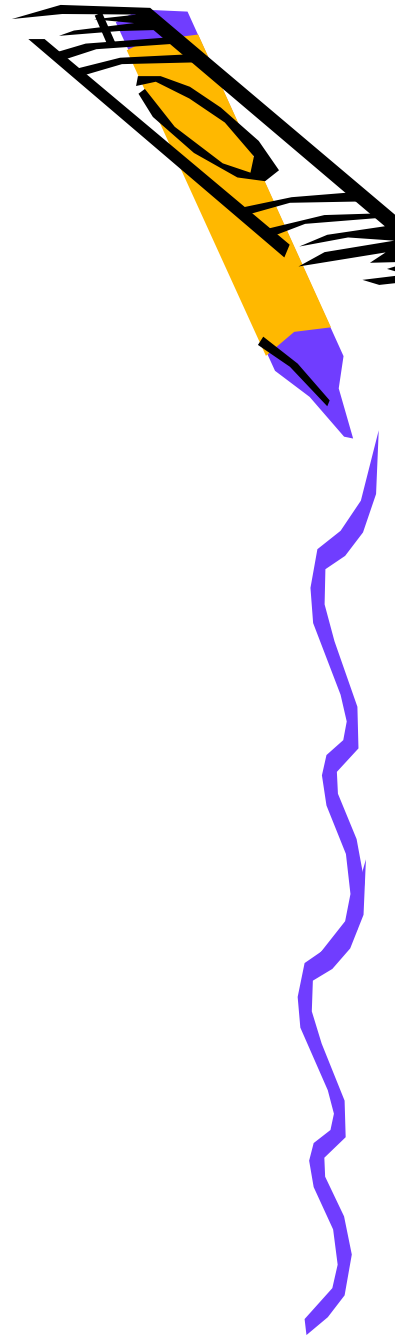
Optical fiber



Typical Catheter

Side wire

Electrode



Stimulační elektrody

Stimulační elektrody pro implantabilní aplikace tvoří komplet:

2. Vlastní elektroda (hrot)
3. Propojovací vodiče
4. Izolace
5. Konektor

Požadavky jsou kladeny na odolnost materiálu k mechanickému namáhání (ohybu) vodiče a umístění v agresivním prostředí.

Plocha elektrody (hrot) 8-12 cm², materiál Pt-Ir (Au, slitina Epilog - Co, Fe, Ni, Cr, Mo, Mn). Pórovitý terčík hrotu elektrody zarůstá do tkáně.



Stimulační elektrody



Stimulační elektrody pro implantabilní aplikace tvoří komplet:

2. Vlastní elektroda (hrot)
3. Propojovací vodiče
4. Izolace
5. Konektor

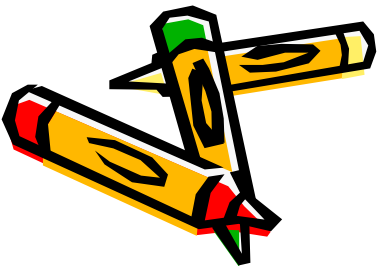
Požadavky jsou kladeny na odolnost materiálu k mechanickému namáhání (ohybu) vodiče a umístění v agresivním prostředí.

Plocha elektrody (hrot) 8-12 cm², materiál Pt-Ir (Au, slitina Epilog - Co,Fe,Ni,Cr,Mo,Mn). Pórovitý terčík zarůstá do tkáně.

Upevnění elektrody:

Aktivní - do tkáně myokardu

Pasivní - do svalové lišty v pravé komoře



Napájení

Napájení je možné:

2. Vysokofrekvenčně z vnějšího zdroje
3. Baterií v pouzdře

Požadavek nezávislosti na vnějších zdrojích.

Dnešní stimulátory využívají Li-I články s životností až 15 let. Kapacita 0,8,-3 Ah, svorkové napětí 2,8 V. Pokles na 2,4 V odpovídá 90% doby života, 1,8 V vybití baterie.

Vnitřní odpor se zvětší z 10 na 40 k Ω

