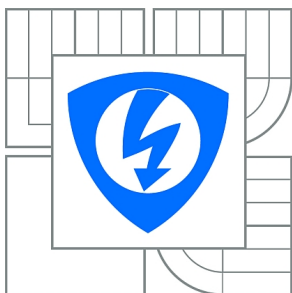


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF BIOMEDICAL ENGINEERING

TERAPIE SRDEČNÍ SYNCHRONIZACE - HODNOCENÍ BIOSIGNÁLŮ A KVALITY PŘÍSTROJŮ

CARDIAC RESYNCHRONIZATION THERAPY - EVALUATION OF BIOSIGNALS AND QUALITY
ASSESSMENT OF DEVICES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

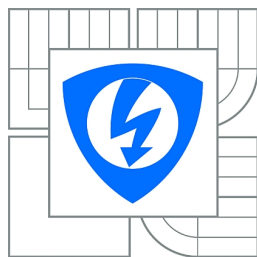
SOŇA STROUHALOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Mgr. VLADAN BERNARD, Ph.D.

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav biomedicínského inženýrství

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor

Biomedicínská technika a bioinformatika

Studentka: Soňa Strouhalová

ID: 147466

Ročník: 3

Akademický rok: 2013/2014

NÁZEV TÉMATU:

Terapie srdeční synchronizace - hodnocení biosignálů a kvality přístrojů

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1) Provedte literární rešerši v oblasti kardiovaskulární soustavy, zejména v souvislosti s aplikací přístrojů pro podporu srdeční akce - kardiostimulátorů. 2) Popište přístroje používané k léčbě srdečního rytmu, soustřeďte se zejména na technické provedení přístrojů, jejich indikaci a kontraindikaci. 3) Popište jednotlivé tělesné biosignály monitorované u pacientů s kardiostimulátorem (před a po implantačním zákroku). 4) Formulujte hlavní cíl práce, navrhněte způsob řešení a dosažení tohoto cíle. 5) Provedte sběr klinických dat – monitorovaných biosignálů. 6) Provedte statistické vyhodnocení klinických dat. 7) Srovnajte použité přístroje pro podporu srdeční akce v rámci hodnocené skupiny pacientů. 8) Provedte diskusi nad získanými výsledky.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] KOIDE H, KOBAYASHI S, KITANI M, TSUNEMATSU T, NAKAZAWA Y, et al. Improvement of cerebral blood flow and cognitive function following pacemaker implantation in patients with bradycardia. *Gerontology* 40. 5 (1994): 279-285.

[2] LECLERCQ C, MABO C, DAUBERT J C. Cardiac resynchronization therapy: which device to implant? *Archives of Cardiovascular Diseases* 101. 1 (2008): 55-60.

Termín zadání: 10.2.2014

Termín odevzdání: 30.5.2014

Vedoucí práce: Mgr. Vladan Bernard, Ph.D.

Konzultanti bakalářské práce:

prof. Ing. Ivo Provazník, Ph.D.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce je ve své podstatě věnována terapii srdeční činnosti, kardiostimulátorům, jejich druhům, využitím, indikacím, kontraindikacím a technickému zpracování přístroje. Součástí práce je také uveden popis biosignálů, které se měří v závislosti na těchto přístrojích. Veškerá měření a pozorování jsou nezbytná pro správné sledování zdravotního stavu pacienta.

Dalším cílem bakalářské práce je sběr klinických dat, na kterých se statisticky vyhodnocují výsledky, díky kterým v závěru mé práce dokazuji význam použití kardiostimulátorů v dnešním zdravotnictví.

Klíčová slova

Srdce, činnost srdeční synchronizace, kardiostimulátor, biosignály a statistika.

ABSRACT

This bachelor's thesis is essentially devoted to the therapy of cardiac activity, pacemakers, to their types, application, indications, contraindications, and technical processing of devices. In this bachelor's thesis, there is also included description of biosignals, that are measured in dependence on these devices. All measurements and observations are necessary for proper monitoring of the patient's health condition. Another objective of this bachelor's thesis is to collect clinical data, that are statistically evaluated and then the results are compared with physiological values.

In conclusion, this bachelor's thesis proves the importance of the use of pacemakers in today's health service.

KEYWORDS

Heart, cardiac activity, pacemaker, biosignals and statistics.

Biibliografická citace práce

STROUHALOVÁ, S. *Terapie srdeční synchronizace - hodnocení biosignálů a kvality přístrojů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií 2014. 56 s. Vedoucí práce: Mgr. Vladan Bernard, Ph. D..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Terapie srdeční synchronizace - hodnocení biosignálů a kvality přístrojů jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušila autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhla nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne

.....
(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Mgr. Vladanu Bernardovi, Ph. D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

Také děkuji Fakultní nemocnici Brno, konkrétně panu prof. MUDr. Jindřichu Špinarovi, CSc., FESC a vrchní sestře p. Haně Fišerové, že mi umožnili přístup ke zdravotnické dokumentaci.

V Brně dne

.....
(podpis autora)

Obsah

| | |
|--|----|
| 1. Úvod | 1 |
| 2. Srdeční anatomie a fyziologie | 2 |
| 2.1. Anatomie srdce | 2 |
| 2.2. Převodní systém..... | 2 |
| 2.3. Elektrické projevy srdeční činnosti | 3 |
| 2.4. Poruchy srdečního rytmu..... | 4 |
| 3. Kardiostimulátory..... | 6 |
| 3.1. Kardiostimulace nepřímá..... | 6 |
| 3.2. Kardiostimulace přímá | 6 |
| 3.3. Kardiostimulátory pro dlouhodobé použití..... | 7 |
| 3.4. Kardiostimulátory pro dlouhodobou stimulaci..... | 7 |
| 3.4.1. Neřízené kardiostimulátory | 7 |
| 3.4.2. Kardiostimulátory řízené vlnou P | 8 |
| 3.4.3. Kardiostimulátory řízené vlnou R - inhibované..... | 9 |
| 3.4.4. Kardiostimulátory řízené vlnou R - spouštěné..... | 9 |
| 3.4.5. Dvoudutinové kardiostimulátory..... | 10 |
| 3.4.6. Programovatelné kardiostimulátory | 11 |
| 3.5. Dočasná zevní kardiostimulace | 14 |
| 3.5.1. Technika provedení | 14 |
| 3.5.2. Indikace zevní kardiostimulace..... | 15 |
| 3.5.3. Komplikace zevní kardiostimulace | 15 |
| 3.6. Indikace pro implantaci kardiostimulátoru..... | 15 |
| 3.7. Kontraindikace..... | 16 |
| 3.8. Příklady moderních kardiostimulátorů [8] | 16 |
| 3.8.1. Kardiostimulátor ADAPTA | 16 |
| 3.8.2. Kardiostimulátor Advisa MRI and Ensura MRI SureScan | 17 |
| 3.8.3. Systém vzdálené kontroly Medtronic CareLink..... | 17 |
| 3.9. Elektrody | 18 |
| 3.9.1. Konstrukce elektrod | 18 |
| 3.9.2. Fixační mechanismy..... | 19 |
| 3.9.3. Konstrukce kardiostimulačních výbojových pólů..... | 19 |
| 3.9.4. Konstrukce vodiče elektrody..... | 20 |

| | | |
|--------|--|----|
| 3.9.5. | Konstrukce konektorů elektrody | 21 |
| 3.9.6. | Materiály elektrod | 21 |
| 3.9.7. | Materiály kardiostimulačních výbojových pólů..... | 21 |
| 4. | Biosignály monitorované u pacientů s kardiostimulátorem | 22 |
| 4.1. | Sycení hemoglobinu kyslíkem..... | 23 |
| 4.2. | Krevní tlak | 23 |
| 4.3. | Srdeční puls | 23 |
| 4.4. | Seznámení se způsobem zaznamenávání biosignálů..... | 24 |
| 5. | Cíl práce | 25 |
| 6. | Teorie ke statistickým metodám | 26 |
| 6.1. | Aritmetický průměr | 26 |
| 6.2. | Medián | 26 |
| 6.3. | Rozptyl..... | 26 |
| 6.4. | Směrodatná odchylka | 27 |
| 6.5. | Neparametrický test pro jeden výběr - Wilcoxonův párový test | 27 |
| 6.6. | Shapirův-Wilkův test..... | 28 |
| 6.7. | Krabicový graf (Box and Whisker plot)..... | 28 |
| 6.8. | Hodnocení kvality nalezeného řešení | 28 |
| 7. | Podrobný popis jednotlivých pacientů | 29 |
| 7.1. | Pacient 1 | 29 |
| 7.1. | Pacient 2 | 30 |
| 7.2. | Pacient 3 | 31 |
| 7.3. | Pacient 4 | 33 |
| 7.4. | Pacient 5 | 34 |
| 7.5. | Pacient 6 | 35 |
| 7.6. | Pacient 7 | 36 |
| 7.8. | Pacient 8 | 37 |
| 7.9. | Pacient 9 | 38 |
| 7.10. | Pacient 10 | 39 |
| 8. | Statistické vyhodnocení klinických dat..... | 40 |
| 8.1. | Boxploty | 40 |
| 8.1.1. | Boxplot - systolický tlak | 41 |
| 8.1.2. | Boxplot - diastolický tlak..... | 42 |

| | |
|---|----|
| 8.1.3. Boxplot - srdeční puls | 43 |
| 8.2. Matlab | 44 |
| 8.2.1. Matlab - systolický tlak..... | 45 |
| 8.2.2. Matlab - diastolický tlak | 46 |
| 8.2.3. Matlab - diastolický tlak (bez problematického pacienta) | 47 |
| 8.2.4. Matlab - srdeční puls..... | 48 |
| 8.3. Hodnocení kvality nalezeného řešení (koeficient determinace R^2)..... | 49 |
| 8.3.1. R^2 - systolický tlak | 49 |
| 8.3.2. R^2 - diastolický tlak | 50 |
| 8.3.3. R^2 - srdeční puls | 51 |
| 9. Srovnajte použité přístroje pro podporu srdeční akce v rámci hodnocené skupiny pacientů | 52 |
| 10. Diskuze nad získanými výsledky | 53 |
| 11. Závěr..... | 55 |
| 12. Použitá literatura | 56 |

Seznam Obrázků

| | |
|--|----|
| Obrázek 1 Zapojení neřízeného kardiostimulátoru | 7 |
| Obrázek 2 Blokované schéma kardiostimulátoru řízeného vlnou P | 8 |
| Obrázek 3 Blokované schéma kardiostimulátoru synchronizovaného R vlnou..... | 9 |
| Obrázek 4 Blokované schéma kardiostimulátoru synchronizovaného (spouštěného) vlnou R ... | 10 |
| Obrázek 5 Spojení mezi programovatelným a implantabilním kardiostimulátorem a programovacím zařízením..... | 13 |
| Obrázek 6 Blokované schéma dvoudutinového multiprogramovatelného kardiostimulátoru..... | 13 |
| Obrázek 7 Kardiostimulátor Adapta | 16 |
| Obrázek 8 Kardiostimulátory Advisa MRITM and Ensura MRITM SureScanTM..... | 17 |
| Obrázek 9 Systém vzdálené kontroly Medtronic CareLink® | 18 |
| Obrázek 10 Ukázka zaznamenávání biosignálů pacienta po dobu 24 hodin | 24 |
| Obrázek 11 Příklad krabicového grafu s yznačením významných kvantilů pozorovaných hodnot..... | 28 |
| Obrázek 12 Boxplot - systolický tlak | 41 |
| Obrázek 13 Boxplot - diastolický tlak..... | 42 |
| Obrázek 14 Boxplot - srdeční puls | 43 |
| Obrázek 15 Matlab - systolický tlak. Uvedený graf poukazující na výpočet směrodatné odchytky se skládá z naměřených hodnot systolického tlaku vztažených na čas měřený v hodinách. | 45 |
| Obrázek 16 Matlab - diastolický tlak. Uvedený graf poukazující na výpočet směrodatné odchytky se skládá z naměřených hodnot systolického tlaku vztažených na čas měřený v hodinách. | 46 |
| Obrázek 17 Matlab - diastolický tlak - bez problematického pacienta. Uvedený graf poukazující na výpočet směrodatné odchytky se skládá z naměřených hodnot diastolického tlaku vztažených na čas měřený v hodinách. | 47 |
| Obrázek 18 Boxplot - srdeční puls. Uvedený graf poukazující na výpočet směrodatné odchytky se skládá z naměřených hodnot systolického tlaku vztažených na čas měřený v hodinách. | 48 |
| Obrázek 19 R^2 systolického tlaku | 49 |
| Obrázek 20 R^2 diastolického tlaku | 50 |
| Obrázek 21 R^2 srdečního pulsu | 51 |

Seznam Tabulek

| | |
|---|----|
| Tab 1 Pacient 1 - v tabulkách jsou naměřené hodnoty systolického a diastolického tlaku v jednotkách mmHg, naměřené hodnoty srdečního pulsu v jednotkách tep/min..... | 29 |
| Tab 2 Pacient 2 - v tabulkách se nachází naměřené hodnoty systolického a diastolického tlaku v jednotkách mmHg a naměřené hodnoty srdečního pulsu v jednotkách tep/min..... | 30 |
| Tab 3 Pacient 3 - v tabulkách se nachází naměřené hodnoty systolického a diastolického tlaku v jednotkách mmHg a naměřené hodnoty srdečního pulsu v jednotkách tep/min..... | 31 |
| Tab 4 Pacient 4 - v tabulkách se nachází naměřené hodnoty systolického a diastolického tlaku v jednotkách mmHg a naměřené hodnoty srdečního pulsu v jednotkách tep/min..... | 33 |
| Tab 5 Pacient 2 - v tabulkách se nachází naměřené hodnoty systolického a diastolického tlaku v jednotkách mmHg a naměřené hodnoty srdečního pulsu v jednotkách tep/min..... | 34 |
| Tab 6 Pacient 6 - v tabulkách se nachází naměřené hodnoty systolického a diastolického tlaku v jednotkách mmHg a naměřené hodnoty srdečního pulsu v jednotkách tep/min..... | 36 |
| Tab 7 Pacient 7 - v tabulkách se nachází naměřené hodnoty systolického a diastolického tlaku v jednotkách mmHg a naměřené hodnoty srdečního pulsu v jednotkách tep/min..... | 36 |
| Tab 8 Pacient 8 - v tabulkách se nachází naměřené hodnoty systolického a diastolického tlaku v jednotkách mmHg a naměřené hodnoty srdečního pulsu v jednotkách tep/min..... | 37 |
| Tab 9 Pacient 9- v tabulkách se nachází naměřené hodnoty systolického a diastolického tlaku v jednotkách mmHg a naměřené hodnoty srdečního pulsu v jednotkách tep/min..... | 38 |
| Tab 10 Pacient 10 - v tabulkách se nachází naměřené hodnoty systolického a diastolického tlaku v jednotkách mmHg a naměřené hodnoty srdečního pulsu v jednotkách tep/min..... | 39 |
| Tab 11 Tabulka s konkrétními výpočty směrodatné odchylky systolického tlaku v časovém horizontu deset hodin před zákrokem a následně deset hodin po zákroku. | 45 |
| Tab 12 Tabulka s konkrétními výpočty směrodatné odchylky diastolického tlaku v časovém horizontu deset hodin před zákrokem a následně deset hodin po zákroku. | 46 |
| Tab 13 Tabulka s konkrétními výpočty směrodatné odchylky srdečního pulsu v časovém horizontu deset hodin před zákrokem a následně deset hodin po zákroku. | 48 |

Seznam Rovnic

| | |
|------------------------------------|----|
| Rovnice 1 Aritmetický průměr..... | 26 |
| Rovnice 2 Medián | 26 |
| Rovnice 3 Rozptyl..... | 27 |
| Rovnice 4 Směrodatná odchylka..... | 27 |

1. Úvod

Tématem této bakalářské práce je Terapie srdeční synchronizace - hodnocení biosignálů a kvality přístrojů.

Zaměřila jsem se zejména na vliv kardiostimulátorů u pacientů JIP, kteří mají problém s dlouhodobou pomalou srdeční činností. Motivovalo mě, že přibývá lidí s tímto onemocněním a naše zdravotnictví má díky moderní technologii stále více a více možností jak zamezit nebo alespoň snížit úmrtnosti u tohoto typu onemocnění.

V dnešní době se čím dál více setkáváme s příčinou pomalé srdeční činnosti, tedy bradykardií, kde je kardiostimulace jednou z nejvhodnějších druhů léčby.

Bradykardie je stav, kdy srdce bije příliš pomalu. Abychom si dovedli představit jaký je rozdíl mezi zdravým srdcem a srdcem s bradykardií víme, že zdravé srdce přečerpá denně 360 litrů a bije rychlostí 60 - 100 úderů za minutu a srdce s bradykardií má tepovou frekvenci menší jak 60 úderů za minutu. Při této frekvenci srdce není schopné čerpat dostatečné množství okysličené krve do těla během normální aktivity či při zátěži.

Někdy lze normální činnost srdce obnovit léčbou pomocí léků, ale pokud je onemocnění v pokročilém stadiu, nejlepší cestou vyléčení je předepsání kardiostimulátoru.

Po čas mého studia a získávání hodnot biosignálů ze zdravotních karet pacientů ve Fakultní nemocnici Brno jsem se zaměřila na využití většiny kardiostimulátorů v praxi. Druhy kardiostimulátorů a jejich funkce i využití podrobně rozebírám v samotné práci. Každý z nich má svou individuální a zároveň opodstatněnou roli v řešení léčby uvedených onemocnění. Díky použité literatuře se snažím v této práci přesně popsat jak funkce, tak i samotné technické složení přístroje.

Je obdivuhodné jak se díky vědě a technologii postupně tento přístroj vyvíjel a dostal se na špičku úspěšných zdravotních přístrojů v dnešní podobě. Od velikosti až po funkce je tento nenahraditelný pomocník v kardiologii na tak vysoké úrovni, že dokáže zcela bezpečně zachraňovat stovky životů.

Také se zaměřuji na vliv kardiostimulátorů v období po implantaci na životní funkce pacienta. Tento druh léčby se postupně zdokonalil a přinesl pacientům lepší životní úroveň bez větších omezení.

2. Srdeční anatomie a fyziologie

2.1. Anatomie srdce

Srdce (lat.cor) je dutý svalový orgán, který rytmickými stahy pohání krev v krevním řečišti. Cor dospělého člověka má hmotnost asi 230 - 340g, u žen je asi o 15% nižší. Rozměry srdce jsou 13 x 9 x 6 cm. Cor se nachází za sternem, v mediastinu. Je uloženo v osrdečníku, který tvoří jeho obal. Hrot coru (apex) směřuje dolů a dopředu, podstavec (baze) pak dozadu a vzhůru. Při bazi jsou umístěny síně, vstupují zde velké žíly a vystupují tepny - aorta a plicnice. Z okraje každé síně (atrium) vystupuje tzv. ouško. To je místo, kde se fixují endokardiální síňové kardiostimulační elektrody. Pravá a levá komora (ventriculus) pak dosahují k srdečnímu hrotu. Levá komora je za fyziologického stavu větší a má silnější stěnu než komora pravá. Velikost pravé a levé komory je dána na základě fyziologického rozdílu jejich funkcí, protože velký krevní oběh, který je poháněn levou komorou potřebuje větší tlak. Každá komora má svou vtokovou a výtokovou část. [\[1\],\[2\]](#)

Z velkého krevního oběhu přitéká odkysličená krev do pravé síně. Shora a zezadu ústí horní dutá žíla, zdola a zleva přes bránici dolní dutá žíla. Pomocí uspořádání vnitřních struktur je tok krve řízen tak, aby nevznikalo turbulentní proudění. Na zadní stěně síně je také ústí kmene koronárních žil - tzv. koronární sinus, kudy se zavádějí kardiostimulační elektrody na levou komoru. Toto ústí je částečně kryto poloměsíčitou řasou.

Od levé síně je pravá síň oddělená síňovým septem. Pravá síň přechází do pravé komory, kde je vstup opatřen trojcípou (trikuspidální) chlopní. Při systole se cípy této chlopně uzavřou a zabrání tak zpětnému toku z pravé komory do pravé síně. Vtoková část pravé komory má stěny pokryté svalovými trámci a podlouhlými vkleslinami, naopak výtoková část pravé komory je hladká. Výstup výtokové části je opatřen chlopní plicnice. Levá síň začíná ústím plicních žil na její zadní stěně. Stěny jsou asi o 3mm silnější než u pravé síně a jsou hladké. Levá síň přechází ve směru dopředu a dolů do levé komory přes dvojcípou (mitrální) chlopeň. Vtoková část je větší než vpravo, výtoková část je naopak kratší než vpravo. Pravá a levá komora jsou od sebe odděleny mezikomorovou přepážkou - tzv. septem. Je silná jako celá stěna levé komory a klene se do komory pravé. [\[3\]](#)

2.2. Převodní systém

Převodní systém je soubor speciálních buněčných struktur, které vytvářejí a vedou vzruchy. Díky tomuto souboru není činnost myokardu podmíněn další inervací a nervy přicházející do myokardu automatickou činností jen zrychlují nebo zpomalují. Myokard je sám zdrojem elektrických signálů nutných k depolarizaci buněk pracovního myokardu.

Buňky převodního systému mají jádra větší a kulatější než buňky pracovního myokardu. Převodní systém se skládá ze sinoatriálního uzlu, který je umístěn na vtokové části pravé předsíně, internodálních drah, ty spojují sinoatriální uzel s uzlem atrioventrikulárním, který je součástí převodního systému. Atrioventrikulární uzel je umístěn při ústí trikuspidální chlopně. Dále Hissův svazek, který odstupuje z atrioventrikulárního uzlu a prochází síňokomorovou přepážkou. Do převodního systému také patří pravé a levé Tawarovo raménko, ty směřují do odpovídající svaloviny komor a nakonec velmi četná Purkyňova vlákna, která probíhají periferně a jsou zakončena ve svalovině komor.

Základním prvkem převodního systému je sinoatriální (SA) uzel udávající rychlost srdeční akce. Jedná se o podlouhlý útvar délky 10-20 mm, šířky asi 3 mm a tloušťky 1 mm. Vzniká zde vzruch, přesněji v centrálních nodálních myocytech, odkud pak pomalých myocytickým vedením přechází na následující úseky převodního systému.

Síňokomorový (AV) uzel tvoří myocyty se sítí kolagenního vaziva. Jeho funkcí je zpožďovat šíření vzruchu za vzniku tzv. síňokomorového zpoždění. Zpoždění se dosahuje kumulací velkého počtu myocytů s pomalým vedením. Dále je vzruch veden z SA uzlu na AV uzel pomocí internodálních drah. Procházejí stěnou pravé síně a vstupují do síňokomorového uzlu nebo až síňokomorového svazku. Internodální dráhy jsou tvořeny předním svazkem, středním nodálním svazkem, zadním nodálním svazkem, interatriálním svazkem, kolaterálními vlákny a akcesorními síňokomorovými svazečky. [2]

Z předního okraje AV uzlu vystupuje síňokomorový (Hissův) svazek. Je to kompaktní pruh myocytů obklopený vrstvou vaskularizovaného vaziva. Rozděluje se na dvě raménka - pravé a levé. Pravé raménko je úzký, oblý svazek vedoucí po pravé straně septa směrem k srdečnímu hrotu. Levé raménko se skládá z mnoha jemných svazků s vazivovým obalem. Svazky se pomalu rozestupují směrem ke hrotu, kde se pak větví po stěnách komory na Purkyňova vlákna, jež jsou složená z typických velkých myocytů. Větvení těchto vláken postupuje od srdečního hrotu proximálně. Díky tomu pak postupuje i kontrakce myokardu komor od srdečního hrotu k bázi a zároveň od vnitřní plochy (endokard) k vnější. [1]

2.3. Elektrické projevy srdeční činnosti

Elektrokardiogram (EKG) je záznam sumární elektrické aktivity srdce. Při běžném snímání EKG se používají elektrody, které jsou umístěné na povrchu těla. Normální EKG záznam jedné srdeční revoluce se skládá z vln a kmitů, které mají charakteristický tvar a trvání.

Vlna P je způsobena depolarizací síní. Komplex QRS je projevem počátku depolarizace komor a vlna T odpovídá repolarizaci komor, tzn. postupnému návratu ke klidovému polarizovanému stavu membrán svalových buněk.

Podnětem pro spuštění svalové kontrakce je akční potenciál, který se šíří z místa tvorby vzruchů, tedy ze sinoatriálního uzlu. Klidový membránový potenciál myokardu je -85 až -95 mV. Po započaté depolarizaci se akční potenciál přestřelí do kladných hodnot, následuje mírný pokles potenciálu, ale membrána myokardu zůstává ještě dlouho depolarizována. Doba depolarizace komorového vlákna je 300ms a předsíňového vlákna 200ms. Tato fáze se nazývá plató a končí rychlou depolarizací, při níž se potenciál vrací na hodnotu klidového membránového potenciálu. Fáze plató v akčním potenciálu je dána otevřením velkého množství vápníkových kanálů, které poněkud dlouho zůstávají otevřené a umožňují tak přesun vápníkových iontů do buněk. V období depolarizace a fáze plató se nevyvolá další podnět k novému akčnímu potenciálu, ale svalová vlákna zůstanou v refrakterní fázi, kdy síně vykazují kratší absolutní refrakterní fázi než komory a jsou tak schopny dosahovat větší frekvence stahů. Krátce po skončení repolarizace nastává relativní refrakterní fáze. [4]

EKG se snímá elektrokardiogramem, který zesílí elektrické potenciály a umožní jejich zápis. Na EKG záznamu se hodnotí akce, rytmus, frekvence a sklon elektrické osy srdeční, dále na křivce EKG hodnotíme tvar, dobu trvání a amplitudu vln a kmitů a také délku intervalů.

Elektrody jsou umístěny na zápěstích a bérkách dolních končetin. Známé jsou bipolární končetinové svody (Einthoven), unipolární zvětšené končetinové svody (Goldberg) a unipolární hrudní svody (Wilson). [2]

2.4. Poruchy srdečního rytmu

Souhrnně jsou poruchy srdečního rytmu označovány jako arytmie. Mohou je způsobovat poruchy tvorby vzruchů, porucha šíření převodním systémem srdce a nebo jejich kombinace. Poruchu mohou kromě postižení srdečního svalu způsobit i faktory extrakardiální (změna hladin minerálů, hormonů, otrava alkoholem, požití léků, atd.).

Podle rychlosti srdeční akce lze arytmie rozdělit na bradykardie (rychlost srdeční akce pod 60/min.) a tachykardie (tři a více srdečních cyklů nad 100/min, přičemž elektrická srdeční aktivita vychází ze stejného místa). Podle anatomického místa vzniku lze arytmie rozdělit na sinusové, supraventrikulární a komorové. Sinusové a supraventrikulární vznikají nad úrovní větvení Hissova svazku, komorové vycházejí z myokardu komor. Tvar QRS komplexu na EKG je u supraventrikulárních arytmii obvykle normálně široký, kdežto u komorových arytmii rozšířený. [4]

Arytmie mohou mít kardiální nebo nekardiální primární etiologii. Mezi kardiální patří především organické postižení myokardu (ICHS, kardiomyopatie, hypertrofie, zánět, fibróza, arytmogenní dysplazie pravé komory, vrozené vývojové vady s poruchou tvorby a převodu vzruchů), hemodynamické příčiny (vrozené vývojové vady s poruchou hemodynamiky, získané chlopenní vady, konstriktivní perikarditida, defekt septa komor), dále poruchy způsobené lékařským zákrokem (kardiochirurgickou operací, radiofrekvenční ablací) a membránové komory (syndrom dlouhého QT aj.). Mezi nekardiální etiologie patří změny vnitřního prostředí (hypoxie, anemie, iontová dysbalance), endokrinní příčiny (tyreopatie, choroby nadledvin), dále stav vegetativního nervového systému (syndrom karotického sinu, neurokardiogenní synkopy) a jiné (plicní embolie, otravy). [\[6\]](#)

3. Kardiostimulátory

Kardiostimulátor je elektronické zařízení či generátor elektrických impulsů, který má za úkol nahradit vlastní řídicí jednotku srdce v případě srdeční poruchy. Při různých srdečních onemocněních, může dojít k nepravidelné srdeční činnosti či k neschopnosti samotné srdeční aktivity a právě v těchto případech se používá elektrických impulsů k srdeční stimulaci. Tyto impulsy jsou generovány různými typy kardiostimulátorů.

Kardiostimulaci dělíme na nepřímou a přímou. Přímou dělíme na krátkodobou, kdy je stimulátor vně pacienta a dlouhodobou, kdy je naopak stimulátor umístěn pod kůží těla pacienta. [1]

Kardiostimulátory je možné dělit podle různých hledisek. Např. podle doby trvání stimulace se používají stimulatory pro krátkodobé a nebo dlouhodobé použití.

Dalším kritériem je chování stimulatoru ve vztahu k činnosti srdce. Z tohoto hlediska je dělíme na nařízené a řízené. [5]

3.1. Kardiostimulace nepřímá

Používá se při náhlých zástavách srdeční činnosti. Elektrody se přikládají na hrudník pacienta a nebo se jedna z elektrod zavede do jícnu co nejbližší k srdci. Amplituda impulsů je 50, 100, 300V / 50÷300mA. Pokud dojde k nedokonalému dotyku elektrod může dojít k popálení kůže. Nevýhodou je i stimulace přilehlých svalů, kdy většina proudu teče přes okolní tkáň, ale tato metoda se v praxi příliš nepoužívá. [7]

3.2. Kardiostimulace přímá

Stimulační elektroda je zavedena do pravé komory. Referenční elektrodu tvoří titanové pouzdro kardiostimulátoru. Amplituda stimulačního impulsu je kolem 10÷60mA a šířka impulsu okolo 1ms. Rozsah opakovací frekvence 30÷150 imp/min. Tato stimulace může být krátkodobá nebo dlouhodobá. Krátkodobá stimulace se používá pro zjišťování optimálních parametrů stimulačních impulsů. [7]

3.3. Kardiostimulátory pro dlouhodobé použití

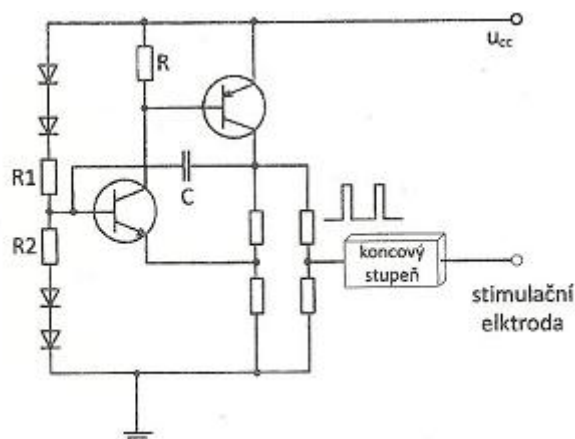
Tyto kardiostimulátory jsou konstruovány jako implantabilní a celý systém, tedy stimulátor se zdrojem, včetně elektrody je uvnitř těla pacienta. Proto mají kardiostimulátory malé rozměry, vhodný tvar a jeho napájecí zdroj, který není možné vyměnit. Také musí umožňovat co nejdélší funkčnost přístroje. Mezi nejdůležitější požadavky patří nepropustnost implantabilních kardiostimulátorů. První kardiostimulátory byly zalévány do epoxidové pryskyřice a současné jsou uzavřeny v kovových pouzdrech. [7]

3.4. Kardiostimulátory pro dlouhodobou stimulaci

Kardiostimulátory tohoto typu jsou vždy implantabilní. Typ použitého stimulátoru závisí na druhu poruchy tvorby a převodu vzruchů. Tyto kardiostimulátory dále dělíme na: neřízené, řízené, řízené vlnou P a řízené vlnou R. [7]

3.4.1. Neřízené kardiostimulátory

Neřízený kardiostimulátor je generátor obdélníkových impulsů s pevným opakovacím kmitočtem, který je $70 \div 72$ imp/min. V některých případech lze zvolit dvě frekvence a to tak, že se přiloží magnet k místu, kde je implantován kardiostimulátor. Každý impuls vyvolá stah komor. Vzhledem k tomu, že stimulátor řídí pouze činnost komor, tepají síně vlastním rytmem. Stimulace je asynchronní, což má vliv na plnění komor. Doba trvání výstupních impulsů je okolo 1,2ms. Nevýhodou v tomto případě je, že při obnovení normální srdeční činnosti může dojít k interferenci signálů ze srdce a ze stimulátoru, což může vyvolat fibrilaci komor. [7]

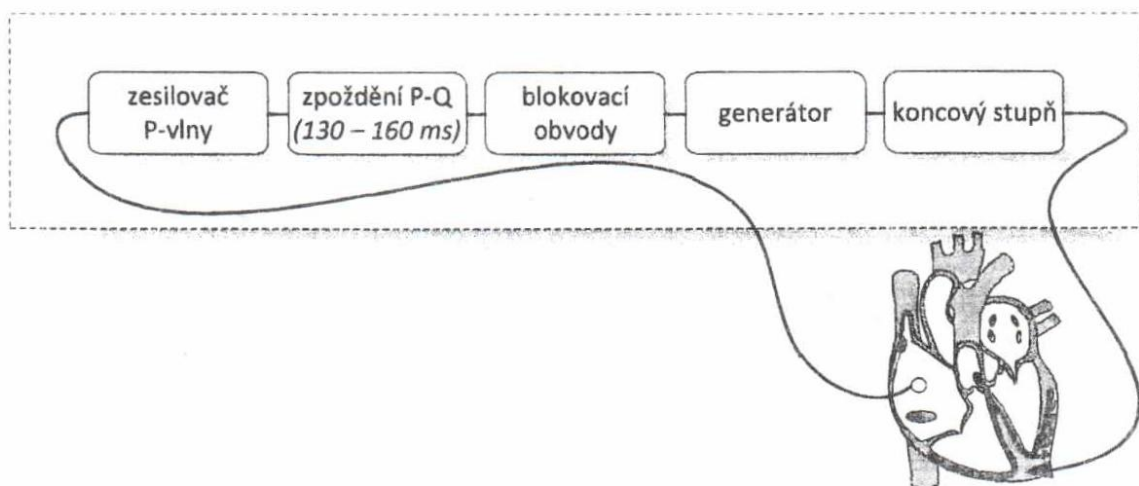


Obrázek 1 Zapojení neřízeného kardiostimulátoru

3.4.2. Kardiostimulátory řízené vlnou P

Vlna P je snímána elektrodou umístěnou v pravé síni srdce. Druhá, stimulační elektroda, je zavedena do pravé komory. Po zjištění vlny P následuje zpoždění asi 120ms, než se vyšle stimulační impuls. Třetí elektroda, která je společná jak pro stimulaci, tak pro snímání, je umístěna přímo na kovovém pouzdru stimulátoru. Tento typ kardiostimulátoru nahrazuje porušený převodní systém srdce, tedy spojení mezi sinusovým a síňokomorovým uzlíkem, a zachovává synchronní činnost síní a komor. Z toho vyplývá, že vykonává funkci vodiče nahrazujícího porušený převodový systém. Tento způsob řízení má smysl pouze tehdy, pokud je síňová aktivita normální, tj. činnost síní se zrychluje, nebo zpomaluje úměrně tělesné námaze.

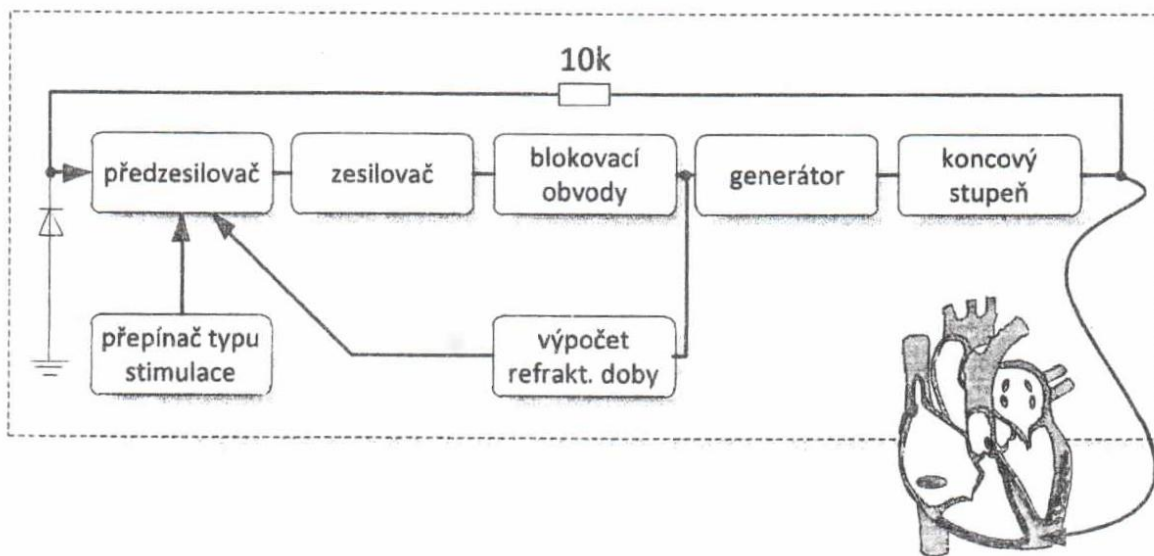
V řadě případů existuje nesprávná činnost sinusového uzlíku, na kterou musí kardiostimulátor reagovat. Pokud poklesne opakovací frekvence vlny P pod určitou mez, vnutí stimulátor srdci svůj kmitočet. Stimulace je v tomto případě asynchronní, protože stimulátor pracuje jako stimulátor s pevnou opakovací frekvencí a stimuluje pouze komory. U některých typů stimulátorů je možný i jiný režim činností, např. pokud je stimulátor řízený tak, že umožňuje stimulaci síní i komor, může být v případě neexistující vlny P stimulace synchronní. V tomto případě stimulátor pracuje tak, že vyšle nejdříve stimulační impuls do síně a s časovým zpožděním odpovídající rychlosti šíření vzruchů v převodním systému, vyšle do komor stimulační impuls. [7]



Obrázek 2 Blokové schéma kardiostimulátoru řízeného vlnou P

3.4.3. Kardiostimulátory řízené vlnou R - inhibované

Pro snímání vlny R a stimulaci slouží jediná elektroda, která je zavedená do pravé komory. Kardiostimulátor pracuje tak, že pokud tepová frekvence přesahuje předem zvolený práh, stimulační impulsy nevysílá a přístroj je inhibován, tedy utlumen. Pokud však tepová frekvence poklesne pod tento práh, vnutí přístroj srdci svůj rytmus a je vyslán stimulační impuls. Po vyslání stimulačního impulsu následuje refrakterní doba přístroje, což je asi 300ms, kdy přístroj nepřijímá žádné impulsy do vstupu. Stimulace je řízena tak, že je měřen R-R interval, kdy je jedno, jestli je stah komor vyvolán samovolnou činností srdce, nebo stimulačním impulsem. Poté následuje měření dalšího intervalu, nemůže však dojít k interferenci rytmů. [7]



Obrázek 3 Blokové schéma kardiostimulátoru synchronizovaného R vlnou

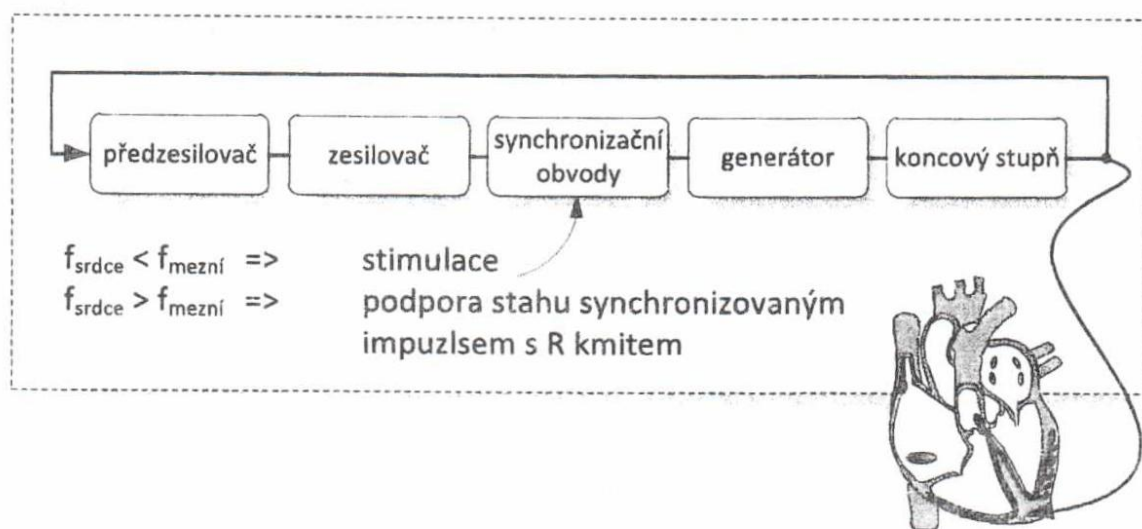
3.4.4. Kardiostimulátory řízené vlnou R - spouštěné

Tento druh kardiostimulace, se nazývá také jako kardiostimulace "on-demand", tedy na požádání. Kardiostimulátor se vyznačuje velkou citlivostí. Další alternativou, jak odstranit nebezpečnou interferenci rytmů, je že se činnost stimulátoru činnosti srdce přizpůsobí synchronizaci vlnou R. Jediná elektroda zavedená do pravé komory slouží tedy jak pro snímání tak ke stimulaci.

Poklesne-li tepová frekvence pod určitou předem nastavenou hodnotu, vnutí kardiostimulátor srdci svůj rytmus, stejně jako stimulátor předchozího typu.

Vzroste-li tepová frekvence nad tuto hodnotu, jsou stimulační impulsy synchronizovány s činností srdce a vyslány ještě v průběhu výskytu vlny R. Doba trvání normální vlny R je 80ms, zatímco doba trvání stimulačního impulsu je 1,5ms.

Je-li spouštění stimulačního impulsu synchronizováno vrcholem vlny R, zasáhne vyslaný stimulační impuls bezpečně do vlny R elektrokardiogramu. Při vyšších tep. frekvencích, než je předem zvolená mez, je spouštěn asi každou druhou, či třetí vlnou R. Avšak je zřejmé, že v případě zvýšené tepové frekvence srdce nad horní mez jsou stimulační impulsy vysílány zbytečně. Nevýhodou je vyšší spotřeba proudu, než u typu "on-demand", a trvalá deformace EKG signálu stimulačními pulsy. Prakticky se tento typ kardiostimulátoru nepoužívá. [16] [17]



Obrázek 4 Blokové schéma kardiostimulátoru synchronizovaného (spouštěného) vlnou R

3.4.5. Dvoudutinové kardiostimulátory

Při tomto typu stimulace jsou stimulovány jak síně, tak komory. Pokud není při činnosti srdce zachována přirozená posloupnost činnosti síní a komor, zhorší se plnění komor. Toto nastává při asynchronní stimulaci srdce. U dvoukomorových (bifokálních) kardiostimulátorů je řízena činnost síní a komor tak, aby byla zachována jejich přirozená posloupnost. To může znamenat správné nastavení zpoždění mezi stimulačním impulsem jak pro síně, tak pro komory. S možností nastavení zpoždění intervalu P-R po implantaci se lze setkat u programovatelných kardiostimulátorů, nevýhodou je však nutnost dvou elektrod a složitá elektronika. [7], [17]

3.4.6. Programovatelné kardiostimulátory

V dnešní době se nejvíce využívají a implantují programovatelné kardiostimulátory. Hlavní výhodou těchto kardiostimulátorů je jejich funkční přizpůsobení požadavkům organismu pacienta. Z hlediska vnitřní struktury jde o složité zařízení, u kterých je možno i po implantaci měnit z vnějšku parametry pomocí dálkového ovládání. Některé typy ukládají do své paměti údaje o tom, kolikrát byl stimulátor inhibován, nebo kolikrát byl do činnosti zapnut po spontánním QRS komplexu. Tyto údaje je potom možné telemetricky z kardiostimulátoru získat a vytisknout ve formě hlášení.

Programuje se:

- opakovací frekvence stimulačních impulsů
- šířka stimulačních impulsů
- amplituda stimulačních impulsů
- citlivost stimulačních impulsů (zesílení kardiostimulátorů)
- refrakterní doba kardiostimulátoru
- AV-zpoždění (atrioventrikulární)

Používají se také stimulátory, které přizpůsobují opakovací kmitočet stimulačních impulsů tělesné námaze. Pro tyto účely lze použít sycení (saturace) žilní krve kyslíkem, teplotu, pH krve a akustické signály vznikající při činnosti kosterního svalstva. Tyto infrazvukové vlny, které se šíří celým tělem, jsou snímány piezoelektrickým snímačem, zesíleny zesilovačem, který přenáší kmitočty od 10 - 20Hz. [9]

Programovatelné stimulátory dělíme na:

- dvoukomorové
- jednokomorové - pro stimulaci síní, nebo komor

Podle složitosti programování je lze rozdělit na:

- jednoduché programování
- multiprogramovatelné

Programovatelné kardiostimulátory mají obousměrný telemetrický kanál, kterým může v jednom směru provést programování:

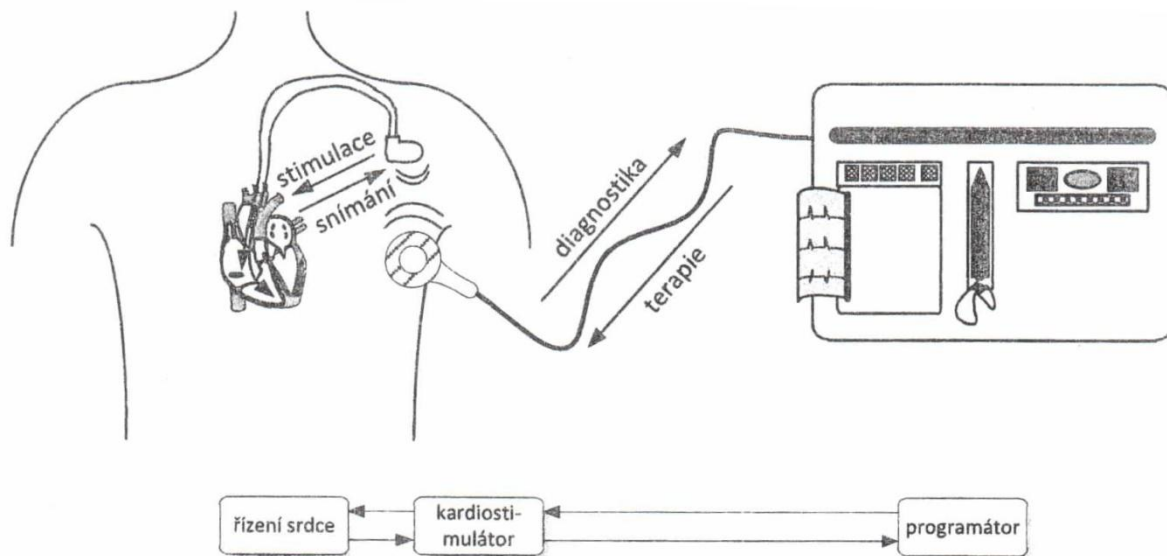
- základní frekvence (v rozsahu 30÷150imp./min, po krocích 5imp./min)
- amplituda impulsů (2,5; 5; 7,5 V)
- šířka impulsů (0,13÷1,0 ms)
- absolutní a relativní refrakterní doba (100÷550 ms)
- hysterezní hodnoty (10, 15, 25% skutečného vyčkávacího intervalu T)
- vstupní citlivost (0,5÷6 mV)
- stimulační režimy

Maximální energie jednoho stimulačního pulsu (7,5 V, 1 ms, $R_Z = 500\Omega$) je asi 63 μ Ws. Protože je možné programovat různou refrakterní dobu a citlivost stimulátoru, je možná i síňová a komorová aplikace. Ve druhém směru poskytuje telemetrický kanál informace:

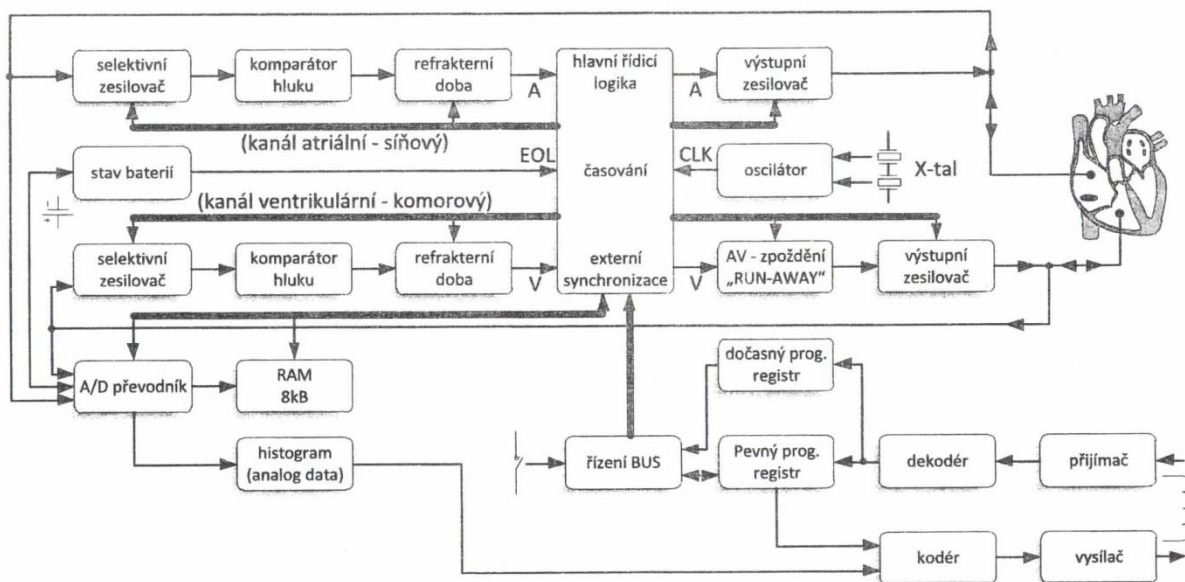
- model implantovaného kardiostimulátoru
- typ konektoru
- zvolenou komoru a polaritu elektrod
- datum implantace, jméno pacienta
- datum posledního přeprogramování
- nastavení programu
- čítání stimulačních impulsů
- čítání snímaných dějů
- detekce a čítání interference
- nitrosrdeční elektrogram
- impedance elektrody
- potvrzení programového nastavení

Programování implantovaného kardiostimulátoru se provádí na programovacím a monitorovacím systému. Telemetrická sonda se přikládá asi do 8 cm od místa implantace. Po zapnutí programátoru nejprve proběhne test na prověření programátoru. Poté mohou být vložena jak identifikační, tak stimulační data, která se zobrazují na obrazovce současně. Po odeslání dat z programátoru telemetrickým kanálem je kardiostimulátor naprogramován. Kontrola programovatelných stimulátorů je pravidelně prováděna odpovídajícím programovacím zařízením pomocí zvláštních testů:

- test funkce (zjišťuje zda je stimulátor opravdu inhibován pacientovou samovolnou aktivitou)
- test zdroje
- test stimulační elektrody [\[7\]](#)



Obrázek 5 Spojení mezi programovatelným a implantabilním kardiostimulátorem a programovacím zařízením



Obrázek 6 Blokové schéma dvoudutinového multiprogramovatelného kardiostimulátoru

3.5. Dočasná zevní kardiostimulace

Dočasnou zevní kardiostimulaci používáme, dokud odezní zevní vlivy navozující bradyaritmii, nebo do doby, dokud se nezavede trvalá kardiostimulace.

Technicky dočasnou zevní kardiostimulaci rozdělujeme:

- transkutánní transthorakální, kdy jsou stimulační elektrody nalepeny na hrudníku pacienta
- ezofageální, v dnešní době nepoužívaná pro diskomfort pacienta
- endovazální, kdy je stimulační elektroda zaváděna do hrotu pravé komory cestou vena subclavia nebo vena jugularis interna[9]

3.5.1. Technika provedení

Transkutánní transthorakální kardiostimulace (TTKS)

Dvě velké nalepovací elektrody umístíme buď do oblasti hrotu a pravé parasternální oblasti, nebo na přední a zadní stěnu hrudníku nad srdcem. Nejdříve nastavíme stimulační frekvenci na 70/min., poté připojíme elektrody na zevní kardiostimulátor. energii stimulačního impulsu nastavíme tak vysokou, aby dosáhla uchvácení srdečních stahů. Jako vedlejší účinek vyvolá TTKS i nepříjemné kontrakce kosterního svalstva, proto se pacientovi podává sedativum.

Tento druh zevní kardiostimulace se obvykle používá ke zvládnutí emergentní situace a k získání času pro přípravu a zavedení endovazální kardiostimulace.

Endovazální kardiostimulace

Před příchodem pacienta do katetrizační laboratoře, je pacientovi zavedena periferní žilní linka a také se musí monitorovat EKG. Tento výkon je prováděn pomocí sterilních kautel při lokálním znecitlivění. Nejvýhodnější pro zavedení elektrody je buď levá podklíčková žíla, nebo pravá vnitřní jugulární žíla. Stimulační elektroda by se měla zavádět pod skiaskopickou kontrolou. Jen ve vyjimečných případech se zavádí elektrody tzv. "naslepo", kdy je výhodné použít elektrody s balonkem. Po kanylaci centrální žíly změříme stimulační práh a inhibiční citlivost. Stimulační frekvenci nastavíme zpočátku na co nejvyšší, než je frekvence endogenní, a výstupní impuls nastavíme tak, aby se dosáhlo uchvácení srdečních stahů, začínáme asi na 3mA.

Tím, že budeme snižovat energii impulsu a budeme měřit stimulační práh, dosáhneme nejnižší hodnotu, na kterou srdce odpovídá stahem. Hodnota, kterou bychom chtěli dosáhnout je ≤ 1 mA.

Senzitivitu přístroje nastavíme zpočátku na maximum, ale postupně ji snižujeme. Zaznamenáme hodnotu, při které přestanou být impulsy stimulátoru inhibovány. Třetinu hodnoty, při které se začínají impulsy objevovat, nastavíme jako hodnotu pro sensing. Tento výkon končíme jednoduchým testem stability elektrody, suturou zavaděče i elektrody a dokonalém zajištění sterilního krytí.

3.5.2. Indikace zevní kardiostimulace

- kompletní AV blokáda s idioventrikulárním náhradním rytmem, asystolie, Av blokáda 2. stupně Mobitzova 2. typu
- progredující symptomatická AV blokáda 2. stupně Wenckebachova typu nereagující na atropin
- alternující blok Tawarových ramének
- bradyaritmie nekorigovatelné atropinem a provázené hemodynamickou nestabilitou u nemocných s akutním infarktem myokardu

3.5.3. Komplikace zevní kardiostimulace

- dislokace elektrody
- perforace myokardu
- exit blok
- fraktura elektrody
- infekce [\[6\]](#)

3.6. Indikace pro implantaci kardiostimulátoru

Kardiostimulátory jsou obecně indikovány k léčbě:

- Symptomatické paroxysmální nebo trvalé AV blokády druhého, nebo třetího stupně
- Symptomatické bifascikulární raménkové blokády
- Symptomatické paroxysmální nebo přechodné dysfunkce sinusového uzlu s přidruženými poruchami AV vedení nebo bez nich (např. sinusová bradykardie, zástava, sinoatriální blokáda)

- Syndrom bradykardie-tachykardie, prevence symptomatických bradykardií nebo některých forem symptomatických tachykardií [\[1\]](#)

3.7. Kontraindikace

Kardiostimulátory jsou kontraindikovány pro tyto situace:

- Použití senzoru minutové ventilace (MV) u pacientů s ICD (Implantable Cardioverter-Defibrillator = Implantabilní kardioverter-defibrilátor)
- Použití senzoru MV u pacientů, kteří mají pouze unipolární elektrody, protože k detekci MV je potřeba bipolární elektrody v síni nebo v komoře
- Jednodutinová stimulace síně u pacientů se zhoršeným AV vedením
- Síňové převáděcí režimy u pacientů s chronickou refrakterní síňovou tachykardií, které by mohly spustit stimulaci komor
- Dvoudutinová a jednodutinová stimulace síně u pacientů s chronickými refrakterními tachykardiemi síní
- Asynchronní stimulace v přítomnosti rozporu mezi stimulovaným a vlastním rytmem [\[1\]](#)

3.8. Příklady moderních kardiostimulátorů [\[8\]](#)

3.8.1. Kardiostimulátor ADAPTA

Kardiostimulátory ADAPTA jsou plně automatické, neustále kontrolují činnost myokardu a optimálně přizpůsobují léčbu momentálním požadavkům a podmínkám. Klíčovou vlastností tohoto přístroje je MVP (Managed Ventricular Pacing), což výrazně snižuje nepotřebnou pravokomorovou stimulaci a tím podporuje vlastní srdeční převod. Další vlastností je frekvenční odpověď, tzn. přístroj obsahuje speciální senzor s automatickým nastavováním stimulační odpovědi podle Vaší, či srdeční aktivity. Mezi poslední vlastnost patří Cardiac Compass, který poskytuje lékařovi dlouhodobá data o funkci myokardu.



Obrázek 7 Kardiostimulátor Adapta

3.8.2. Kardiostimulátor Advisa MRI and Ensura MRI SureScan

Advisa MRI a Ensura MRI patří do druhé generace kardiostimulátorů a SuraScan technologií. Technologie SureScan znamená, že jako první na světě dovozuje pacientům za určitých podmínek podstoupit celotělové vyšetření magnetickou rezonancí (MR). Klíčovými vlastnostmi tohoto přístroje je opět MVP, kompletní automatika, která u těchto kardiostimulátorů se systémem SuraScan poskytuje automatickou a kompletní kontrolu činnosti myokardu a poskytují léčbu aktuálním požadavkům.



Obrázek 8 Kardiostimulátory Advisa MRITM and Ensura MRITM SureScanTM

3.8.3. Systém vzdálené kontroly Medtronic CareLink

Tento systém poskytuje včasnou identifikaci klinického problému, např. asymptomatickou fibrilaci síní, nebo technického problému implantovaného systému. Tento systém nám pomocí internetu umožní poslat data na určenou internetovou stránku, kde si lékaři mohou prohlédnout aktuální stav kardiostimulátoru. Mezi data, která přístroj vyšetří patří:

- úplný souhrn parametrů
- procento stimulace
- EGM v reálném čase
- napětí baterie a odhad životnosti přístroje
- histogram A-V převodu
- souhrn arytmií
- impedanci elektrod a trendy.



Obrázek 9 Systém vzdálené kontroly Medtronic CareLink®

3.9. Elektrody

Kardiostimulační elektrody jsou nejkritičtější částí implantabilních systémů. Protože zajišťují snímání srdeční aktivity a přenos kardiostimulačních impulzů z implantabilních přístrojů na tkáň, tedy z hlediska účinnosti jsou důležitější než samotné přístroje. Jsou implantovány přímo do srdečních oddílů, endokraniálně či epimyokardiálně, takže oproti přístrojům implantovaným pouze pod kůži či sval představují při technickém či klinickém selhání mnohem větší riziko. Elektrody musí splňovat mnohé podmínky, např. použité materiály a konstrukce nesmějí způsobovat žádné alergické či zánětlivé reakce nebo životnost musí být doživotní.

V dnešní době se používají elektrody endokardiální (intrakardiální). Zavádějí se žilní cestou do pravé komory, pravé síně nebo přes koronární sinus do koronárních žil, kde se fixují. Výhodou těchto elektrod je jejich jednoduchá metoda zavádění, která nevyžaduje kardiochirurgický zákrok. Před konečným zavedením, jsou elektrody samozřejmě sterilovány plynným ethylenoxidem.

Kardiostimulační elektrody jsou určeny ke stimulaci snímání pravé síně, nebo komory a musejí být používány s kompatibilním přístrojem. Základními požadavky jsou malý průměr, dobrá mechanická poddajnost, spolehlivá fixace a dlouhodobá elektrická stabilita.

Kontraindikací použití endokardiálních elektrod je u pacientů s hypersensitivitou na steroid obsažený v hrotu elektrody, u pacientů s onemocněním trojcípé chlopně a nebo u pacientů, kteří mají mechanické trojcípé chlopně. [\[1\]](#)

3.9.1. Konstrukce elektrod

Konstrukčně se implantabilní elektrody skládají z fixačního mechanismu, stimulačních a výbojových pólů, vodiče, izolace a konektoru (koncovky). Elektrody rozlišujeme na síňové, komorové či levokomorové a jejich délka je od 40 cm do 10cm (což je nejdelší levokomorová elektroda).

Standardně se používá délka 45 - 55 cm pro síň, 50 - 60 cm pro pravou komoru a 75 - 90 cm pro levou komoru. Kvůli nežádoucím účinkům zánětlivé reakce jsou elektrody na distálním konci opatřeny steroidním kroužkem. Jedná se o manžetu, ve které je vložen steroid, který obsahuje asi 1,0 mg dexamethazon-acetátu, který potlačuje zánětlivou reakci.[3]

3.9.2. Fixační mechanismy

Nejpoužívanější mechanismus byl i dříve tzv. pasivní, kdy se elektrody tzv. trámčinou okamžitě po implantaci zachytily, což se potvrdilo zataháním za elektrodu. Pasivní fixace je technicky nenáročná na implantaci, především v hrotu komory, práci však ztěžuje rychle se pokrývající fibrózní tkáň, která znemožňuje pozdější extrakci elektrody asi 6 měsíců po implantaci. Hroty také zvětšují vnější průřez těla elektrody. Porézní pól elektrody s pasivní fixací, která slouží jako katoda pro snímání stimulaci, může mít mnohem větší plochu, než jiná fixační metoda. Stimulační práh je tedy menší.

Aktivní fixace je založená na principu šroubovice, která se vysune do endokardu, výhodou však je, že je ji možné znovu zasunout zpět a tedy fixaci uvolnit. Šroubovice se zasouvá či vysouvá za pomoci mechanismu spojeného vodiče elektrody s konektorem. Otáčením konektoru ve směru hodinových ručiček se elektroda vysunuje, naopak, otáčením proti směru hodinových ručiček zasouvá. K otáčení slouží nástroj ve tvaru kleští. Existuje také konstrukce s nevodivou šroubovicí a pólem elektrody na konci těla elektrody. Elektrody jsou v blízkosti distálního hrotu opatřeny fluorescenčními značkami nepropouštějící rtg záření a tyto značky lze pozorovat při skiaskopii, kdy vyznačují, zda je šroubovice zcela zasunuta či vysunuta.

Jiným způsobem se fixují levokomorové elektrody určené pro stimulaci v koronárním řečišti. U tohoto typu neuvažujeme o nějaké další invazivní fixaci, protože stimulační póly elektrod zůstávají v koronárním řečišti. Proto bývají distální konce levokomorových elektrod preformovány buď do zvlněného tvaru (pig-tail), nebo zahnutého tvaru (J-curve), případně opatřena dvěma tenkými hroty, aby vyvíjely mírnou sílu na úzkou stěnu koronární žíly pro zabránění zpětného pohybu. Při zasouvání je preformovaný tvar vyrovnán pomocí vodičího drátku či manžety a teprve po jeho vysunutí distální konec elektrody zaujme preformovaný tvar.[3]

3.9.3. Konstrukce kardiostimulačních výbojových pólů

Stimulační práh závisí na proudové hustotě, která vzniká na pólu elektrody. Čím menší je průměr pólu elektrody, tím je větší proudová hustota a tedy nižší stimulační práh.

Také malý povrch pólu zvyšuje přechodový odpor mezi pólem elektrody a tkání a tedy snižuje proudový odběr ze zdroje. Jenomže na druhé straně pro dobré snímací vlastnosti je lepší větší povrch elektrody, což zmenšuje snímací impedanci a polarizaci. Právě kvůli polarizaci na styku pólu elektrody a tkáně je nutné používat elektrody s větším povrchem. V dnešní době je možné vytvořit póly, které mají malý průměr, ale velký celkový povrch, což lze uskutečnit zkonstruováním porézní textury (tzn. prostorové mikroskopické zvrásnění) na stimulačním pólu. Tento texturní povrch minimalizuje polarizační jevy a přitom zvyšuje účinnost stimulace a snímání. [3]

3.9.4. Konstrukce vodiče elektrody

Vodič určuje mechanické vlastnosti celé elektrody a její manipulovatelnost. Také je spolu s izolací nejvíce namáhán jak stahy srdečních oddílů, tak pohyby pacienta z celkového implantovaného systému. Při stimulaci, která má rychlost asi 70/min. musí snést náhamu v objemu 36 milionů srdečních stahů za rok. Tyto mechanické vlastnosti elektrod závisejí na vnitřní struktuře vinutí. Z hlediska uspořádání jednoho svazku rozlišujeme jednochodové a vícechodové spirální vinutí vodiče. Vyšší stoupání každé spirály zajišťuje nižší mechanické namáhání, také je snížen celkový elektrický odpor paralelním spojením a navíc, pokud by došlo k přerušení jednoho vinutí, nepřeruší se celý svazek.

U bipolárních elektrod, které se dnes už tolik nepoužívají, se rozlišuje koaxiální či koradiální uspořádání dvou svazků ve vodiči, tyto svazky jsou vzájemně izolovány např. tetrafluorethylenem. Uvnitř vinutí vodiče je dutina, kterou se zavádí vodičí drát či mandren, který umožňuje manipulaci s elektrodou.

Nejvíce náchylným místem pro mechanické poškození implantované elektrody je přechod podklíčkové žíly a žebra, nebo příliš silná fixace v místě vstupu elektrody do žíly, což může poškodit izolaci.

Vodič elektrody se stimulačními póly určují rovněž elektrické vlastnosti elektrody. Celkové elektrické odpory vodiče mezi konektory a stimulačními póly elektrody se v závislosti na délce pohybují v rozsahu 30 až 150 Ω . Tato hodnota tvoří podstatnou část impedance stimulačního okruhu. [3]

3.9.5. Konstrukce konektorů elektrody

V dnešní době se používají konektory, které musí projít mezinárodní normou ISO 5841-3:2000 Implants of surgery-Cardiac pacemakers-Part 3-Low-profile connectors(IS-1)for implantable pacemakers. Konektor je dutý, aby umožňoval zavádění mandrenu či vodičího drátu.[3], [17]

3.9.6. Materiály elektrod

Implantabilní elektroda je heterogenní těleso, na které je na každou součást kladen odlišný požadavek, podle kterého je pak volen použitý materiál. Základní částí implantabilní elektrody jsou stimulační výbojové póly, vodiče elektrody, izolace a konektory pro připojení k implantovanému přístroji.[3], [17]

3.9.7. Materiály kardiostimulačních výbojových pólů

Stimulační póly se nacházejí od přístroje nedál, tzn. jsou uloženy v srdečních oddílech. Funkcí je přenášet elektrickou energii na tkáň. Musí být biologicky a mechanicky neškodné a nesmí jakýmkoli způsobem poškozovat stimulovanou tkáň. To splňují drahé kovy-platina, zlato a korozivzdorné slitiny. Z hlediska kardiostimulační funkce je důležité zabývat se polarizačním napětím. Mezi kovovým stimulačním pólem elektrody vzniká dvojrvtva nosičů náboje, ve které elektronová vodivost kovů přechází na iontovou vodivost tkáně. Tato dvojrvtva se elektricky chová jako kapacitor s velkou kapacitou, která se nabíjí proudem kardiostimulačního impulzu a tak ovlivňuje průběh napětí na stimulačním pólu. Polarizační napětí je napětí vytvořené na pólu elektrody nutné k překonání nabitě dvojrvtvy. Nejvyšší polarizační napětí mají nerezavějící oceli a slitiny, nižší pak zlato a ještě nižší platina. Pro stimulační póly se dnes používají pouze slitiny platiny a iridia.

Jako anoda pro snímání a stimulaci slouží distální výbojový pól elektrody a naopak katody jsou kardioverzní výboje. Pomocí výbojů je také možné snímat elektrogramy, které lze používat pro sledování a hodnocení morfologie rytmu. Výbojový pól je tvořen navinutým drátem tvořícím cívku na těle elektrody. Požadavky jsou podobné jako u stimulačních pólů, ale navíc je zde nutným požadavkem snést vysokou proudovou hustotu a zabránit prorůstání tkáně kolem vláken výbojového pólu a mezi ně. Zarůstání tkáně by mohlo způsobit znemožnění pozdějších extrakcí a mít vliv na elektrické parametry systému. Materiálem výbojových pólů je opět slitina platiny a iridia, nebo tažený mosazný drát, a proti prorůstání tkáně jsou cívkové póly elektrod pokryty vhodným materiálem, např. expandovaným polytetrafluorethylenem (ePTFE).[3], [17]

4. Biosignály monitorované u pacientů s kardiostimulátorem

V Bohunicích, tedy ve Fakultní nemocnici Brna, jsou pacientům před operací snímány tyto tělesné biosignály:

- EKG
- tlak (systolický/diastolický)
- teplota.

Při příjmu do nemocnice, pacient projde tzv. předoperačním vyšetřením, které se skládá z laboratorního vyšetření krevního obrazu, minerálů, cukru, jaterních testů, srážlivosti krve, moče, EKG vyšetření, vyšetření krevní skupiny a fyzikálním vyšetřením pacienta obvodním lékařem. Díky tomuto vyšetření srovnáme laboratorní hodnoty s anamnézou, které se nevztahují k chronickým onemocněním pacienta. Cílem tohoto vyšetření, je vyloučit jakékoliv infekční nebo jiné onemocnění, které by u pacienta znamenalo riziko při operaci. [\[5\]](#) Na základě předoperačního vyšetření je pacient puštěn k implantačnímu zákroku.

Při implantaci jsou pacientovi provedeny následující obecné kroky:

- V horní části hrudníku, v oblasti těsně pod kliční kostí bude pacientovi proveden řez o délce asi 5-10 cm.
- Přes vhodnou žílu bude do srdce zavedena jedna, či dvě elektrody, které budou následně zapojeny k přístroji.
- Dále bude naprogramováno nastavení kardiostimulátoru a bude provedena zkouška, zda přístroj funguje správně a vyhovuje potřebám pacienta.
- Nakonec bude kardiostimulátor vložen pod kůži a řez hrudníku bude uzavřen. [\[4\]](#)

Po zákroku jsou pacientovi opět snímány tyto biosignály:

- EKG
- tlak (systolický/diastolický)
- teplota.

U pacientů, kteří nemají žádné pooperační problémy (např. vysoký krevní tlak, bolesti) jsou po výkonu do 24 hodin propuštěny bez jakéhokoli dalšího vyšetření. Implantace kardiostimulátoru se provádí při lokální anestezii.

4.1. Sycení hemoglobinu kyslíkem

Sycení hemoglobinu kyslíkem, nebo-li saturace hemoglobinu kyslíkem, závisí na jeho afinitě ke kyslíku. Afinita je dána uspořádáním molekuly hemoglobinu, a nebo aktuální hodnotou pH krve. Fyziologická hodnota saturace je asi 96%. 100% saturaci nelze dosáhnout, protože asi 0,5% hemoglobinu se vyskytuje ve formě methemoglobinu, 1 - 5% hemoglobinu se vyskytuje ve formě karboxihemoglobinu a asi 1/4 hemoglobinu se vyskytuje ve formě karbaminohemoglobinu.

Nejdůležitějším faktorem pro vazbu kyslíku na hemoglobin je pO_2 arteriální krve, tzn. fyzikálně rozpuštěný kyslík. 97% saturace je tehdy, pokud je pO_2 12 - 13 kPa, což znamená, že jeden litr arteriální krve je obsahuje asi 195 ml kyslíku vázaného na hemoglobin a asi 3 ml kyslíku v rozpuštěné formě.[\[13\]](#)

4.2. Krevní tlak

Krevní tlak je síla, která působí na stěnu cév. Je výsledkem součinnosti srdeční aktivity a periferního odporu.

Krevní tlak lze charakterizovat hodnotou systolického, diastolického a středního tlaku. Tlak systolický je tlak, který zajišťujeme ve velkých cévách při vypuzování krve do oběhu. Tlak diastolický je tlak, který naměříme v arteriálním řečišti při srdeční diastole. U zdravého dospělého člověka činí normální hodnota systolického tlaku 120 mm Hg a diastolického tlaku 80 mm Hg. Střední tlak je efektivní tlak působící v arteriálním řečišti.

Střední tlak lze odhadnout z hodnot systolického a diastolického tlaku podle vztahu:

$$\text{střední tlak} = \text{diastolický tlak} + (\text{systolický} - \text{diastolický tlak})/3$$

Hodnota středního tlaku u dospělého zdravého člověka je v klidových podmínkách zhruba 93 mm Hg.

Krevní tlak je dynamická hodnota, která se mění v závislosti na metabolických nárocích organismu. Krevní tlak stoupá při tělesné námaze, v těhotenství, vlivem hormonů a vegetativního nervstva.[\[14\]](#)

4.3. Srdeční puls

Tlaková vlna postupující od aorty k arteriím se označuje jako arteriální pulz. Tvar arteriální pulzové křivky - arteriogramu, závisí na rychlosti krevního proudu. Kvalita tepu určujeme zpravidla palpací na končetinových tepnách : arteria radialis a arteria ulnaris.

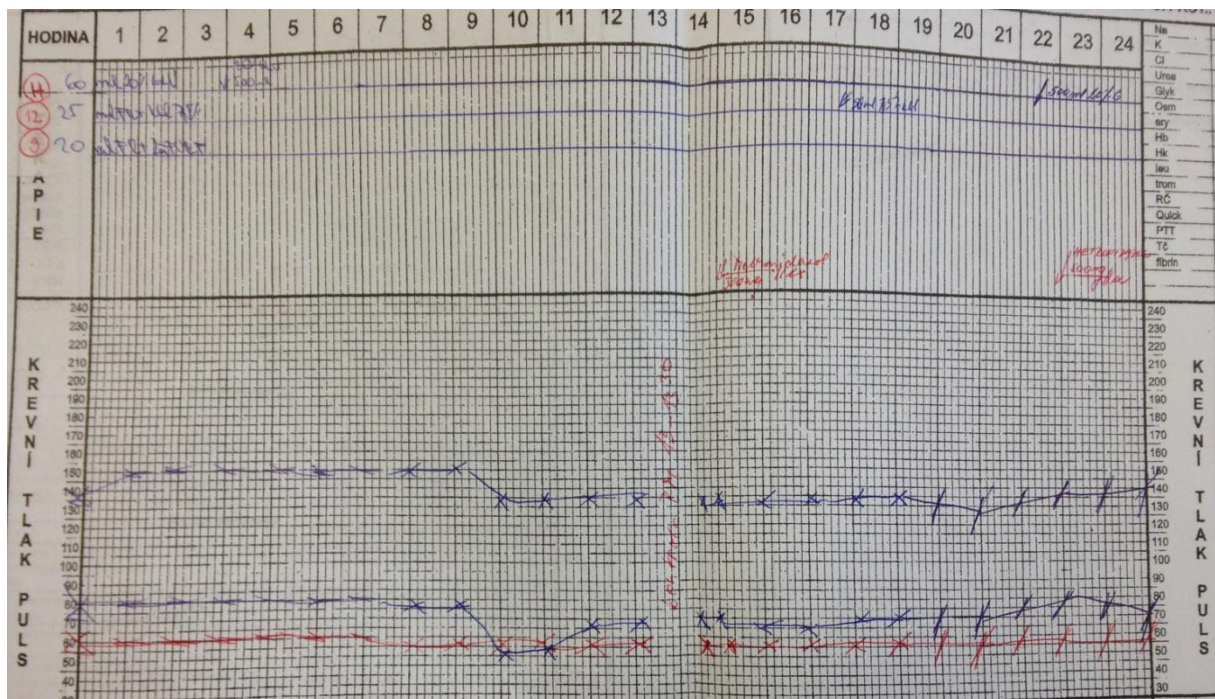
Klidová tepová frekvence, nebo -li srdeční puls, se pohybuje v rozmezí 65 - 75 tepů za minutu, u trénovanějších jedinců se tepová frekvence pohybuje kolem 50 tepů za minutu.

[\[13\]](#)

4.4. Seznámení se způsobem zaznamenávání biosignálů

Pacienti, kteří jsou přijati k implantaci kardiostimulátoru jsou vyšetřeni a poté se jim měří krevní tlak a tepová frekvence, které jsou zaznamenávány na arch papíru tzv. tabulkovou metodou. Krevní tlak a tepová frekvence jsou měřeny 24 hodin po dobu pobytu pacienta v nemocnici. Hodnoty v tabulce jsou poté spojeny a výsledkem je křivka, kterou se lékaři řídí. Tato křivka zcela přesně poukazuje na to, zda-li je možné pacienta propustit, nebo je nevyhnutné, aby zůstal pod dohledem lékařů.

Moje práce se zaměřuje pouze na pacienty, kteří mají velmi nestabilní měřené hodnoty biosignálů, tzn. že je nevyhnutné aby byli pod dohledem jednotky intenzivní péče. V dalších bodech práce, budu sledovat příčiny, vývoj a důsledky implantace.



Obrázek 10 Ukázka zaznamenávání biosignálů pacienta po dobu 24 hodin

5. Cíl práce

Cílem práce je vytvoření literární rešerše včetně seznamu literárních zdrojů k tématu bakalářské práce, tedy Terapie srdeční synchronizace - hodnocení biosignálů a kvality přístrojů, s ohledem na současné trendy v tomto odvětví implantační medicíny a podpůrných medicínských systémů.

Dalším cílem předkládané práce je seznámení se s druhy kardiostimulátorů používaných na vybraném pracovišti.

Mým úkolem je také zjistit, které druhy biosignálů jsou u jednotlivých pacientů monitorovány. Těchto biosignálů je několik druhů a měří se před i po implantaci. V prvním případě se jedná o pacienty, kteří nemají žádné zdravotní problémy a jsou propuštěni z nemocnice do 24 hodin. V druhém případě se jedná o pacienty s komplikacemi. Z pohledu sběru a následné analýzy dat jsou vhodnější na pozorování pacienti, kteří mají již zmíněné komplikace po implantaci dlouhodoběji a to z toho důvodu, že měřitelných hodnot biosignálů je v právě těchto případech daleko více. Proto jsem se rozhodla pozorovat jednotlivé měřené biosignály právě u těchto pacientů, kteří jsou pozorováni dokud se zdravotní stav nezlepší. Všechny biosignály budou zapisovány ručně a následně vkládány do tabulky. Jedná se konkrétně o tyto biosignály : srdeční tlak, tepová frekvence a teplota.

Posledním cílem je statisticky vyhodnotit naměřené hodnoty pacientů, které pravděpodobně poukáží na zlepšení zdravotního stavu pacienta a jeho návrat do běžného života.

6. Teorie ke statistickým metodám

U zaznamenaných klinických dat, se budeme dále zabývat těmito operacemi :

6.1. Aritmetický průměr

Průměr z naměřených hodnot lze jednoduše spočítat jako soubor pozorovaných hodnot dělených jejich počtem :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x^i$$

Rovnice 1 Aritmetický průměr

Kde \bar{x} je průměr, n je počet hodnot a x^i jsou jednotlivá čísla. [\[10\]](#), [\[12\]](#)

6.2. Medián

Medián \tilde{x} je prostřední pozorovaná hodnota, která dělí celý soubor naměřených hodnot na dvě poloviny. Jedna polovina naměřených hodnot je menší než medián a naopak druhá polovina naměřených hodnot je větší než medián.

Při výpočtu mediánu se musejí data vzestupně či sestupně uspořádat. Medián můžeme vypočítat dvěma způsoby: pokud máme lichý počet hodnot, mediánem je prostřední hodnota. Pokud je sudý počet hodnot, musí se prostřední dvě hodnoty podělit dvěma.

V našem případě, kdy počítáme s více hodnotami, je vhodné použít tento vzorec:

$$\tilde{x} = \frac{n + 1}{2}$$

Rovnice 2 Medián

Kde \tilde{x} je medián a n je počet hodnot. [\[10\]](#), [\[12\]](#)

6.3. Rozptyl

Rozptyl s^2 je průměrem čtverců odchylek od průměru. Pokud se počítá výběrový rozptyl (sample variance), dělí se součet čtverců odchylek výrazem $(n-1)$, což je počet stupňů volnosti rozptylu.

Rozptyl vypočítáme pomocí vzorce:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

Rovnice 3 Rozptyl

Kde s^2 rozptyl, n je počet hodnot, x_i jsou jednotlivá čísla a \bar{x} je průměr. [\[11\]](#)

6.4. Směrodatná odchylka

Směrodatná odchylka s se vypočítá jako druhá odmocnina rozptylu:

$$s = \sqrt{s^2}$$

Rovnice 4 Směrodatná odchylka

Kde s je směrodatná odchylka a s^2 je rozptyl. [\[10\]](#)

6.5. Neparametrický test pro jeden výběr - Wilcoxonův párový test

Wilcoxonův párový test je testem o mediánu a jeho jediným předpokladem je symetrie rozdělení náhodné veličiny X , z něhož pochází náhodný výběr. Nulová hypotéza Wilcoxonova párového testu se týká mediánu rozdělení sledované náhodné veličiny.

Princip Wilcoxonova párového testu je jednoduchý, zpravidla se hodnotí, zda je přibližně polovina hodnot x_1, x_2, \dots, x_n menší než předpokládaná hodnota x_0 a přibližně polovina hodnot x_1, x_2, \dots, x_n větších než tato konstanta s tím, že předpokládá obdobné kolísání hodnot napravo i nalevo od mediánu, předpokládá se tedy symetrie.

Při samotném výpočtu, Wilcoxonův párový test, převádí pozorované hodnoty x_1, x_2, \dots, x_n na difference od x_0 , tedy na hodnoty y_i , $i=1, \dots, n$ definované jako

$$y_i = x_i - x_0,$$

které jsou následně seřazeny podle velikosti absolutních hodnot od nejmenší difference po největší.

Wilcoxonův párový test byl vytvořen v programu *STATISTICA*, kde se u pacientů rozdělil do dvou skupin a to vždy před implantací kardiostimulátoru a po implantaci kardiostimulátoru. Jak již bylo zmíněno, u Wilcoxonova párového testu se hypotézy týkají mediánu rozdílů: H_0 : Medián rozdílů je nulový

H_1 : Medián rozdílů je různý od nuly. [\[11\]](#)

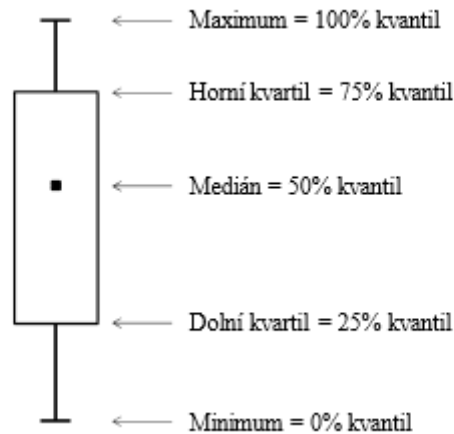
6.6. Shapirův-Wilkův test

Jedná se o proložení seřazených pozorovaných hodnot regresní přímkou vzhledem k očekávaným hodnotám normálního rozdělení.

Tento test je důležitým nástrojem právě v situacích, kdy máme k dispozici omezený počet pozorování a na základě vizualizace pomocí Q-Q diagramu nejsme schopni jednoznačně rozhodnout o tom, zda data jsou či nejsou normálně rozdělena. [12]

6.7. Krabicový graf (Box and Whisker plot)

Krabicový graf znázorňuje nejčastěji medián, kvartilové rozpětí, nejmenší a největší hodnoty, případně odlehlé hodnoty. Obdélník vymezuje kvartily a jeho čtvereček uvnitř medián. Fousky sahají k jeho nejmenšímu a největšímu pozorování. [11]



Obrázek 11 Příklad krabicového grafu s vyznačením významných kvantilů pozorovaných hodnot

Krabicové grafy byly vytvořeny v programu *STATISTICA*. V těchto grafech lze také pozorovat rozptyl, který bude vyznačen zvlášť.

6.8. Hodnocení kvality nalezeného řešení

Hodnota spolehlivosti, tzn. koeficient determinace R^2 , udává procento, jakým je směrodatná odchylka hodnot závisle proměnné veličiny Y vysvětlen změnami nezávisle proměnné veličiny X .

Tento koeficient nabývá hodnot od 0 do 1. Čím je vyšší, tím je nalezený model kvalitnější.

[15]

| | | | | | | | | |
|----------------|---------------------|------------------|----------------|---------------------|------------------|----------------|---------------------|----------------|
| 110 | 50 | 55 | 130 | 75 | 65 | 95 | 70 | 65 |
| 110 | 50 | 55 | 160 | 55 | 65 | 100 | 65 | 65 |
| 165 | 75 | 45 | IMPL. | IMPL. | IMPL. | 100 | 65 | 60 |
| 165 | 75 | 45 | 150 | 90 | 70 | 100 | 70 | 60 |
| 135 | 75 | 45 | 130 | 80 | 70 | 105 | 75 | 63 |
| 135 | 75 | 45 | 130 | 80 | 70 | 135 | 75 | 65 |
| 115 | 60 | 45 | 120 | 75 | 70 | 130 | 75 | 65 |
| 115 | 60 | 45 | 120 | 75 | 70 | 135 | 75 | 65 |
| 110 | 75 | 55 | 130 | 85 | 70 | 135 | 80 | 70 |
| 110 | 75 | 55 | 130 | 85 | 70 | 135 | 80 | 70 |
| 120 | 70 | 45 | 125 | 80 | 60 | 130 | 80 | 60 |
| 120 | 70 | 45 | 125 | 80 | 60 | 130 | 60 | 60 |
| 135 | 80 | 60 | 125 | 80 | 55 | 110 | 60 | 60 |
| 135 | 80 | 60 | 135 | 80 | 55 | 110 | 65 | 60 |
| 135 | 80 | 55 | 135 | 70 | 55 | 110 | 65 | 60 |
| 127 | 85 | 55 | 120 | 70 | 55 | 110 | 65 | 60 |
| 130 | 85 | 45 | 120 | 75 | 55 | 6.den: | | |
| 135 | 75 | 45 | 5.den: | | | systol. | | srdeční |
| 120 | 60 | 45 | systol. | | | tlak | diastol.tlak | puls |
| 115 | 60 | 45 | tlak | diastol.tlak | srdeční | [mmHg] | [mmHg] | puls |
| 4.den: | | srdeční | [mmHg] | [mmHg] | [tep/min] | | | |
| systol. | | puls | | | | | 70 | 60 |
| tlak | diastol.tlak | [tep/min] | | | | 130 | 80 | 60 |
| [mmHg] | [mmHg] | | 120 | 75 | 55 | 130 | 80 | 60 |
| 115 | 60 | 45 | 140 | 85 | 55 | 125 | 80 | 60 |
| 120 | 70 | 45 | 140 | 85 | 55 | 125 | 80 | 60 |
| 125 | 80 | 40 | 160 | 95 | 55 | 140 | 90 | 60 |
| 125 | 80 | 45 | 160 | 95 | 55 | 140 | 90 | 60 |
| 122 | 80 | 40 | 135 | 90 | 55 | 135 | 85 | 60 |
| 130 | 80 | 57 | 135 | 90 | 55 | 135 | 85 | 60 |
| | | | 145 | 95 | 70 | | | |
| | | | 145 | 70 | 70 | | | |

7.1. Pacient 2

Druhý pacient byl opět přijat na JIP kvůli špatnému systolickému krevnímu tlaku. V nemocnici byl celkem tři dny a kardiostimulátor mu byl implantován _ den. Po úspěšné implantaci kardiostimulátoru a následného pozitivního pozorování zdravotního stavu byl pacient puštěn z nemocnice.

Tab 2 Pacient 2 - v tabulkách se nachází naměřené hodnoty systolického a diastolického tlaku v jednotkách mmHg a naměřené hodnoty srdečního pulsu v jednotkách tep/min..

Červeně vyznačená zkratka IMPL. značí, kdy byl pacientovi implantován kardiostimulátor.

| | | | | | | | | |
|----------------|---------------------|----------------|----------------|---------------------|------------------|---------------|----|----|
| 1.den: | | | 110 | 65 | 60 | [mmHg] | | |
| systol. | | | 110 | 65 | 60 | 115 | 75 | 60 |
| tlak | diastol.tlak | srdeční | 120 | 75 | 60 | 120 | 70 | 60 |
| [mmHg] | [mmHg] | puls | 120 | 75 | 60 | 120 | 70 | 60 |
| 170 | 75 | 0 | 115 | 75 | 60 | 125 | 80 | 60 |
| 130 | 70 | 65 | 115 | 75 | 60 | 125 | 80 | 60 |
| 130 | 70 | 65 | 2.den: | | | 115 | 85 | 60 |
| 120 | 60 | 65 | systol. | diastol.tlak | srdeční | 115 | 85 | 60 |
| 120 | 63 | 60 | tlak | [mmHg] | puls | 115 | 85 | 60 |
| | | | | | [tep/min] | | | |

| | | |
|-----|----|----|
| 120 | 90 | 60 |
| 120 | 90 | 60 |
| 120 | 85 | 60 |
| 125 | 80 | 65 |
| 120 | 80 | 65 |
| 110 | 80 | 70 |
| 105 | 75 | 70 |
| 115 | 75 | 70 |
| 120 | 75 | 75 |
| 120 | 80 | 70 |
| 130 | 80 | 70 |
| 130 | 85 | 65 |
| 115 | 85 | 65 |
| 115 | 60 | 65 |
| 110 | 60 | 65 |

| | | |
|----------------|---------------------|------------------|
| 110 | 60 | 65 |
| 3.den: | | srdeční |
| systol. | diastol.tlak | puls |
| tlak | [mmHg] | [tep/min] |
| 100 | 50 | 70 |
| 110 | 50 | 70 |
| 110 | 50 | 70 |
| IMPL. | IMPL. | IMPL. |
| 115 | 80 | 70 |
| 115 | 80 | 70 |
| 115 | 80 | 70 |
| 125 | 80 | 70 |
| 125 | 80 | 70 |
| 120 | 80 | 70 |
| 115 | 80 | 70 |

| | | |
|-----|----|----|
| 120 | 80 | 70 |
| 125 | 80 | 70 |
| 115 | 80 | 70 |
| 110 | 80 | 70 |
| 120 | 85 | 70 |
| 130 | 90 | 70 |
| 135 | 80 | 70 |
| 135 | 80 | 70 |
| 130 | 80 | 70 |
| 120 | 85 | 80 |
| 125 | 85 | 80 |
| 130 | 85 | 80 |
| 130 | 85 | 80 |
| 130 | 90 | 80 |

7.2. Pacient 3

Systolický i diastolický tlak 210mmHg/140mmHg si vyžádaly hospitalizaci třetího pacienta do Fakultní nemocnice Brno a okamžité použití kyslíkové masky a nepřímé kardiostimulace.

Tab 3 Pacient 3 - v tabulkách se nachází naměřené hodnoty systolického a diastolického tlaku v jednotkách mmHg a naměřené hodnoty srdečního pulsu v jednotkách tep/min.. Červeně vyznačená zkratka IMPL. značí, kdy byl pacientovi implantován kardiostimulátor.

| 1.den: | diastol. | srdeční | | 3.den: | diastol. | srdeční |
|----------------|-----------------|------------------|-----|----------------|-----------------|------------------|
| systol. | tlak | puls | | systol. | tlak | puls |
| tlak | [mmHg] | [tep/min] | | tlak | [mmHg] | [tep/min] |
| [mmHg] | [mmHg] | [tep/min] | | [mmHg] | [mmHg] | [tep/min] |
| 210 | 140 | 30 | 220 | 105 | 65 | |
| 220 | 150 | 30 | 220 | 130 | 65 | |
| 210 | 140 | 60 | 200 | 130 | 65 | |
| 210 | 140 | 60 | 210 | 120 | 65 | |
| 220 | 140 | 60 | 210 | 120 | 65 | |
| 230 | 140 | 60 | 210 | 140 | 65 | |
| 235 | 140 | 60 | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 135 | 65 | |
| | | | 210 | 135 | 65 | |
| | | | 210 | 145 | 65 | |
| | | | 210 | 145 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 150 | 65 | |
| | | | 210 | 150 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 140 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | 210 | 130 | 65 | |
| | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|----|----|
| 200 | 165 | 60 | 205 | 145 | 65 | 130 | 60 | 60 | | | |
| 200 | 165 | 60 | 205 | 145 | 65 | 130 | 75 | 60 | | | |
| 200 | 175 | 60 | 205 | 145 | 65 | 150 | 85 | 60 | | | |
| 200 | 175 | 60 | 205 | 150 | 65 | 150 | 70 | 60 | | | |
| 200 | 160 | 60 | 205 | 150 | 65 | 145 | 70 | 60 | | | |
| 200 | 160 | 60 | 205 | 150 | 65 | 145 | 70 | 60 | | | |
| 4.den: systol. tlak [mmHg] | diastol. tlak [mmHg] | srdeční puls [tep/min] | 205 | 150 | 65 | 140 | 70 | 60 | | | |
| | | | 205 | 145 | 65 | 140 | 85 | 60 | | | |
| | | | 205 | 145 | 65 | 145 | 85 | 60 | | | |
| | | | 205 | 135 | 65 | 145 | 80 | 60 | | | |
| O2:230 | 160 | 60 | 205 | 135 | 65 | 150 | 80 | 60 | | | |
| 205 | 155 | 60 | 6.den: systol. tlak [mmHg] | srdeční puls [tep/min] | diastol. tlak [mmHg] | 150 | 70 | 60 | | | |
| 205 | 155 | 60 | | | | 140 | 70 | 60 | | | |
| 205 | 145 | 60 | | | | 140 | 75 | 60 | | | |
| 205 | 145 | 60 | | | | 140 | 75 | 60 | | | |
| 205 | 150 | 60 | 140 | 60 | 80 | 140 | 75 | 60 | | | |
| 205 | 150 | 60 | 140 | 55 | 70 | 140 | 75 | 60 | | | |
| 205 | 155 | 60 | 140 | 55 | 70 | 8.den: systol. tlak [mmHg] | diastol. tlak [mmHg] | srdeční puls [tep/min] | | | |
| 205 | 155 | 60 | 140 | 55 | 70 | | | | 140 | 80 | 60 |
| 205 | 145 | 60 | 140 | 55 | 70 | | | | 140 | 80 | 60 |
| 205 | 140 | 60 | 140 | 60 | 70 | | | | 140 | 80 | 60 |
| 205 | HD | | 140 | 60 | 70 | 140 | 80 | 60 | | | |
| 205 | 140 | 65 | 140 | 60 | 70 | 140 | 80 | 60 | | | |
| 205 | 135 | 65 | 140 | 60 | 70 | 145 | 80 | 60 | | | |
| 205 | 130 | 65 | 140 | 60 | 70 | 145 | 80 | 60 | | | |
| 205 | 135 | 65 | 140 | 60 | 70 | 150 | 80 | 60 | | | |
| 205 | 135 | 65 | 140 | 60 | 70 | 150 | 80 | 60 | | | |
| 205 | 160 | 65 | 140 | 60 | 70 | 145 | 80 | 60 | | | |
| 205 | 160 | 65 | IMPL. | IMPL. | IMPL. | 140 | 80 | 60 | | | |
| 205 | 160 | 65 | 145 | 60 | 75 | 140 | 80 | 60 | | | |
| 205 | 160 | 65 | 145 | 60 | 70 | 140 | 80 | 60 | | | |
| 205 | 150 | 65 | 145 | 60 | 70 | 135 | 80 | 60 | | | |
| 205 | 145 | 65 | 140 | 60 | 75 | 130 | 80 | 60 | | | |
| 5.den: systol. tlak [mmHg] | diastol. tlak [mmHg] | srdeční puls [tep/min] | 135 | 60 | 80 | HD | | 60 | | | |
| | | | 135 | 60 | 75 | 135 | 70 | 60 | | | |
| | | | 140 | 65 | 70 | 125 | 70 | 60 | | | |
| | | | 140 | 65 | 70 | 125 | 70 | 60 | | | |
| O2 | 140 | 65 | 140 | 65 | 70 | 150 | 70 | 60 | | | |
| 225 | 155 | 65 | 7.den: systol. tlak [mmHg] | diastol. tlak [mmHg] | srdeční puls [tep/min] | 150 | 70 | 60 | | | |
| 205 | 155 | 65 | | | | 150 | 70 | 60 | | | |
| 205 | 140 | 65 | | | | 150 | 65 | 60 | | | |
| 205 | 140 | 65 | | | | 150 | 65 | 60 | | | |
| 205 | 140 | 65 | 135 | 65 | 60 | 150 | 75 | 60 | | | |
| 205 | 140 | 65 | 135 | 70 | 55 | 150 | 75 | 60 | | | |
| 205 | 140 | 65 | 140 | 80 | 60 | 9.den: systol. tlak [mmHg] | diastol. tlak [mmHg] | srdeční puls [tep/min] | | | |
| 205 | 140 | 65 | 140 | 80 | 55 | | | | 135 | 70 | 55 |
| 205 | 130 | 65 | 138 | 85 | 60 | | | | 140 | 75 | 55 |
| 205 | 130 | 65 | 135 | 85 | 60 | | | | 145 | 75 | 55 |
| 205 | 125 | 65 | 125 | 65 | 60 | 135 | 70 | 55 | | | |
| 205 | 125 | 65 | 150 | 65 | 60 | 140 | 75 | 55 | | | |
| 205 | 145 | 65 | 150 | 60 | 60 | 145 | 75 | 55 | | | |

| | | | | | | | | |
|-----|----|----|--|-------------------------------------|---------------------------------------|--|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 145 | 65 | 55 | 10.den: <i>systol. tlak [mmHg]</i> | <i>diastol. tlak [mmHg]</i> | <i>srdeční puls [tep/min]</i> | 120 | 60 | 60 |
| 145 | 70 | 55 | | | | 120 | 60 | 60 |
| 150 | 75 | 55 | | | | 135 | 70 | 60 |
| 155 | 70 | 55 | | | | 135 | 70 | 60 |
| 120 | 70 | 55 | | | | 130 | 70 | 60 |
| 120 | 75 | 55 | | | | 130 | 70 | 60 |
| 150 | 80 | 55 | | | | 135 | 75 | 60 |
| 150 | 80 | 55 | | | | 150 | 65 | 60 |
| 140 | 65 | 55 | | | | 150 | 65 | 60 |
| 140 | 65 | 55 | | | | 150 | 65 | 60 |
| 140 | 65 | 55 | 145 | 65 | 60 | | | |
| 140 | 65 | 55 | 155 | 75 | 60 | | | |
| 140 | 65 | 55 | 155 | 75 | 60 | | | |
| 140 | 65 | 55 | 135 | 70 | 60 | | | |
| 140 | 65 | 55 | 135 | 70 | 60 | | | |
| 140 | 65 | 55 | 125 | 65 | 60 | | | |
| 140 | 65 | 55 | 125 | 65 | 60 | | | |
| 165 | 65 | 55 | 130 | 70 | 60 | | | |
| 125 | 65 | 55 | 130 | 70 | 60 | | | |
| 125 | 65 | 55 | 130 | 70 | 60 | | | |
| 130 | 70 | 55 | 135 | 60 | 60 | | | |
| 135 | 75 | 55 | 135 | 60 | 60 | | | |
| 135 | 75 | 55 | 115 | 55 | 60 | | | |
| 135 | 75 | 55 | 115 | 55 | 60 | | | |
| | | | | | | 11.den: <i>systol. tlak [mmHg]</i> | <i>diastol. tlak [mmHg]</i> | <i>srdeční puls [tep/min]</i> |
| | | | | | | 150 | 75 | 60 |
| | | | | | | 150 | 75 | 60 |
| | | | | | | 150 | 75 | 60 |
| | | | | | | 140 | 75 | 60 |
| | | | | | | 140 | 75 | 60 |
| | | | | | | 130 | 75 | 60 |
| | | | | | | 130 | 65 | 60 |
| | | | | | | 130 | 65 | 60 |
| | | | | | | 130 | 65 | 60 |
| | | | | | | 130 | 60 | 60 |
| | | | | | | 130 | 60 | 60 |
| | | | | | | 120 | 60 | 60 |
| | | | | | | 120 | 60 | 60 |

7.3. Pacient 4

Čtvrtému pacientovi byl implantován kardiostimulátor již dvě hodiny po příjmu a po vydařené implantaci byl již hned druhý den pacient propuštěn domů.

Tab 4 Pacient 4 - v tabulkách se nachází naměřené hodnoty systolického a diastolického tlaku v jednotkách mmHg a naměřené hodnoty srdečního pulsu v jednotkách tep/min..

Červeně vyznačená zkratka IMPL. značí, kdy byl pacientovi implantován kardiostimulátor.

| | | | | | | | | |
|---|-------------------------------------|---------------------------------------|---|-------------------------------------|---------------------------------------|-----|----|----|
| 1.den: <i>systol. tlak [mmHg]</i> | <i>diastol. tlak [mmHg]</i> | <i>srdeční puls [tep/min]</i> | 140 | 70 | 75 | 140 | 80 | 80 |
| 140 | 80 | 65 | 140 | 70 | 65 | 140 | 80 | 80 |
| 130 | 75 | 70 | 130 | 60 | 65 | 110 | 5 | 80 |
| IMPL. | IMPL. | IMPL. | 130 | 60 | 65 | 110 | 55 | 80 |
| 120 | 60 | 75 | 130 | 50 | 65 | 125 | 55 | 75 |
| 120 | 65 | 75 | | | | 125 | 65 | 75 |
| 120 | 65 | 75 | 2.den: <i>systol. tlak [mmHg]</i> | <i>diastol. tlak [mmHg]</i> | <i>srdeční puls [tep/min]</i> | 100 | 65 | 75 |
| 120 | 65 | 75 | 120 | 70 | 75 | 100 | 40 | 75 |
| 120 | 65 | 75 | 120 | 70 | 75 | 120 | 40 | 90 |
| 120 | 80 | 75 | 120 | 70 | 75 | 120 | 65 | 90 |
| 130 | 85 | 75 | 120 | 70 | 75 | 140 | 65 | 90 |
| 130 | 80 | 75 | 120 | 70 | 75 | 140 | 65 | 90 |
| 130 | 80 | 75 | 120 | 70 | 75 | 140 | 65 | 85 |
| 130 | 80 | 75 | 140 | 75 | 90 | 140 | 65 | 80 |
| 130 | 80 | 75 | 140 | 75 | 90 | | | |

7.4. Pacient 5

Vzhledem k nepravidelnému kolísání jak systolického, tak diastolického tlaku byl pátý pacient přijat na JIP. I v tomto případě byla požita nepřímá kardiostimulace. Nerovnoměrný tlak byl důvodem k prodloužení pobytu pacienta v nemocnici a jeho podrobného pozorování a měření vškerých biosignálů. Nakonec však byla implantace úspěšná a pacient byl ve stabilizovaném stavu propuštěn domů.

Tab 5 Pacient 2 - v tabulkách se nachází naměřené hodnoty systolického a diastolického tlaku v jednotkách mmHg a naměřené hodnoty srdečního pulsu v jednotkách tep/min.. Červeně vyznačená zkratka IMPL. značí, kdy byl pacientovi implantován kardiostimulátor.

| 1.den: systol. tlak [mmHg] | diastol. tlak [mmHg] | srdeční puls [tep/min] | | | | | | |
|--|-------------------------------------|---------------------------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|
| 180 | 70 | 70 | 130 | 60 | 75 | 125 | 55 | 70 |
| 180 | 70 | 70 | 125 | 55 | 75 | 125 | 55 | 70 |
| 150 | 70 | 70 | 115 | 55 | 75 | 130 | 55 | 70 |
| 150 | 70 | 70 | 115 | 55 | 75 | 135 | 55 | 70 |
| 140 | 65 | 70 | 115 | 55 | 75 | 135 | 55 | 70 |
| 140 | 65 | 70 | 115 | 55 | 75 | 140 | 55 | 70 |
| 140 | 60 | 70 | 120 | 55 | 75 | 130 | 55 | 70 |
| 140 | 60 | 70 | 135 | 60 | 75 | 120 | 55 | 70 |
| 145 | 60 | 70 | 135 | 55 | 80 | 4.den: | diastol. | srdeční |
| 150 | 55 | 70 | 120 | 55 | 80 | systol. | tlak | puls |
| 150 | 55 | 70 | 120 | 55 | 80 | tlak | [mmHg] | [tep/min] |
| 150 | 55 | 70 | 120 | 55 | 80 | 130 | 50 | 70 |
| 145 | 50 | 70 | 120 | 55 | 80 | 115 | 50 | 70 |
| 2.den: | | | 3.den: | diastol. | srdeční | 110 | 50 | 70 |
| systol. | diastol. | srdeční | systol. | tlak | puls | 100 | 40 | 70 |
| tlak | tlak | puls | tlak | [mmHg] | [tep/min] | 145 | 40 | 70 |
| [mmHg] | [mmHg] | [tep/min] | [mmHg] | [mmHg] | | 150 | 55 | 70 |
| 150 | 50 | 75 | 140 | 60 | 70 | 160 | 60 | 70 |
| 140 | 50 | 75 | 140 | 60 | 70 | 140 | 50 | 70 |
| 135 | 50 | 75 | 145 | 60 | 70 | 140 | 50 | 60 |
| 125 | 60 | 75 | 145 | 60 | 70 | 130 | 60 | 60 |
| 125 | 60 | 75 | 145 | 65 | 70 | 130 | 60 | 60 |
| 125 | 50 | 75 | 110 | 70 | 70 | 135 | 45 | 60 |
| 125 | 50 | 75 | 110 | 65 | 70 | 135 | 45 | 60 |
| 130 | 50 | 75 | 140 | 65 | 70 | 145 | 50 | 60 |
| 135 | 50 | 75 | 140 | 55 | 70 | 145 | 50 | 60 |
| 140 | 50 | 75 | 140 | 55 | 70 | 110 | 45 | 60 |
| 140 | 55 | 75 | 140 | 55 | 70 | 160 | 45 | 60 |
| 135 | 60 | 75 | 135 | 55 | 70 | 160 | 70 | 60 |
| 135 | 55 | 70 | 135 | 55 | 70 | 140 | 70 | 60 |
| 130 | 55 | 70 | 130 | 55 | 70 | 130 | 65 | 60 |
| 135 | 60 | 75 | 130 | 55 | 70 | 130 | 55 | 60 |

Tab 6 Pacient 6 - v tabulkách se nachází naměřené hodnoty systolického a diastolického tlaku v jednotkách mmHg a naměřené hodnoty srdečního pulsu v jednotkách tep/min..

Červeně vyznačená zkratka IMPL. značí, kdy byl pacientovi implantován kardiostimulátor.

| <i>1.den:</i> <i>systol. tlak</i> <i>[mmHg]</i> | <i>diastol.tlak</i> <i>[mmHg]</i> | <i>srdeční</i> <i>puls</i> <i>[tep/min]</i> |
|---|--------------------------------------|---|
| 225 | 60 | 30 |
| 225 | 60 | 35 |
| 225 | 60 | 35 |
| 225 | 70 | 35 |
| 225 | 70 | 35 |
| 225+O2 | 45 | 35 |
| 205 | 45 | 35 |
| 225 | 55 | 35 |
| 225 | 55 | 35 |
| 220 | 55 | 35 |
| 220 | 55 | 35 |
| <i>2.den:</i> <i>systol. tlak</i> <i>[mmHg]</i> | <i>diastol.tlak</i> <i>[mmHg]</i> | <i>srdeční</i> <i>puls</i> <i>[tep/min]</i> |
| 215 | 60 | 40 |
| 140 | 60 | 40 |
| 140 | 60 | 40 |
| 215 | 60 | 40 |
| 215 | 60 | 40 |
| 200 | 60 | 40 |
| 200 | 60 | 40 |
| IMPL. | IMPL. | IMPL. |
| 210 | 75 | 55 |
| 185 | 65 | 55 |

| 135 | 80 | 55 |
|---|---|----|
| 150 | 80 | 55 |
| 150 | 60 | 55 |
| 160 | 60 | 55 |
| 140 | 65 | 55 |
| <i>3.den:</i> <i>systol. tlak</i> <i>[mmHg]</i> | <i>srdeční</i> <i>puls</i> <i>[tep/min]</i> | |
| 185/60 | 55 | |
| 150/70 | 55 | |
| 140/80 | 55 | |
| <i>4.den:</i> <i>systol. tlak</i> <i>[mmHg]</i> | <i>srdeční</i> <i>puls</i> <i>[tep/min]</i> | |
| 170/70 | 50 | |
| <i>5.den:</i> <i>systol. tlak</i> <i>[mmHg]</i> | <i>srdeční</i> <i>puls</i> <i>[tep/min]</i> | |
| 150/70 | 55 | |
| <i>6.den:</i> <i>systol. tlak</i> <i>[mmHg]</i> | <i>puls</i> | |
| 110/60 | 70 | |
| <i>7.den:</i> <i>systol. tlak</i> <i>[mmHg]</i> | <i>srdeční</i> <i>puls</i> <i>[tep/min]</i> | |
| 145/70 | 70 | |

7.6. Pacient 7

Sedmý pacient patřil mezi lehčí případy, který přijal implantaci kardiostimulátoru velmi pozitivně a po rychlé rekonvalescenci byl již hned třetího dne propuštěn z nemocnice.

Tab 7 Pacient 7 - v tabulkách se nachází naměřené hodnoty systolického a diastolického tlaku v jednotkách mmHg a naměřené hodnoty srdečního pulsu v jednotkách tep/min..

Červeně vyznačená zkratka IMPL. značí, kdy byl pacientovi implantován kardiostimulátor.

| <i>1.den:</i> <i>systol. tlak</i> <i>[mmHg]</i> | <i>diastol.tlak</i> <i>[mmHg]</i> | <i>srdeční</i> <i>puls</i> <i>[tep/min]</i> |
|---|--------------------------------------|---|
| 110 | 50 | 60 |
| IMPL. | IMPL. | IMPL. |
| 125 | 65 | 60 |
| 125 | 65 | 60 |
| 125 | 70 | 60 |

| | | |
|-----|----|----|
| 125 | 70 | 60 |
| 125 | 65 | 60 |
| 125 | 65 | 60 |
| 130 | 65 | 60 |
| 130 | 65 | 60 |
| 135 | 70 | 60 |
| 135 | 70 | 60 |
| 125 | 60 | 60 |

| <i>2.den:</i> systol. tlak [mmHg] | diastol.tlak [mmHg] | srdeční puls [tep/min] |
|---|------------------------|------------------------------|
| 125 | 60 | 60 |
| 125 | 65 | 60 |
| 135 | 70 | 60 |
| 135 | 70 | 60 |
| 130 | 70 | 60 |
| 130 | 70 | 60 |
| 130 | 75 | 60 |
| 130 | 75 | 60 |
| 140 | 70 | 60 |
| 140 | 70 | 55 |
| 140 | 70 | 55 |
| 140 | 70 | 55 |
| 140 | 70 | 55 |
| 140 | 70 | 55 |
| 140 | 70 | 55 |
| 140 | 70 | 55 |
| 140 | 70 | 55 |
| 140 | 70 | 55 |
| 140 | 70 | 55 |
| 140 | 70 | 55 |
| 140 | 70 | 55 |
| 140 | 70 | 55 |

| <i>3.den:</i> systol. tlak [mmHg] | diastol.tlak [mmHg] | srdeční puls [tep/min] |
|---|------------------------|------------------------------|
| 140 | 70 | 60 |
| 140 | 70 | 60 |
| 155 | 90 | 60 |
| 160 | 85 | 60 |
| 150 | 85 | 60 |
| 140 | 75 | 60 |
| 130 | 70 | 60 |
| 130 | 70 | 60 |
| 130 | 70 | 60 |
| 130 | 70 | 60 |
| 130 | 70 | 60 |
| 120 | 70 | 60 |
| 120 | 70 | 60 |
| 110 | 60 | 60 |
| 120 | 70 | 60 |
| 130 | 75 | 60 |
| 130 | 75 | 60 |
| 130 | 70 | 70 |
| 155 | 80 | 65 |
| 155 | 80 | 65 |

7.8. Pacient 8

Tomuto pacientovi byla podána kyslíková maska ihned po přijetí do nemocnice, protože měl velmi špatné hodnoty obou tlaků. Kyslíková maska ihned nezabrala, následná nepřímá kardiostimulace byla také bezúspěšná a proto se muselo přikročit k okamžitému zákroku implantace kardiostimulátoru. Dále následovalo rychlé zlepšení zdravotního stavu a pacient byl propuštěn.

Tab 8 Pacient 8 - v tabulkách se nachází naměřené hodnoty systolického a diastolického tlaku v jednotkách mmHg a naměřené hodnoty srdečního pulsu v jednotkách tep/min..

Červeně vyznačená zkratka IMPL. značí, kdy byl pacientovi implantován kardiostimulátor.

| <i>1.den:</i> systol. tlak [mmHg] | diastol.tlak [mmHg] | srdeční puls [tep/min] |
|---|------------------------|------------------------------|
| 215+O2 | 165 | 80 |
| 215 | 145 | 70 |
| 215 | 145 | 70 |
| 220 | 145 | 70 |
| 225 | 145 | 70 |
| 205 | 145 | 70 |
| 210 | 145 | 70 |
| 225 | 145 | 70 |
| 215 | 135 | 60 |
| 215 | 130 | 60 |
| 220 | 130 | 70 |

| <i>2.den:</i> systol. tlak [mmHg] | diastol.tlak [mmHg] | srdeční puls [tep/min] |
|---|------------------------|------------------------------|
| 220 | 115 | 70 |
| 210 | 100 | 50 |
| 225+O2 | 50 | 85 |
| 105 | 60 | 85 |
| 110 | 65 | 85 |
| 120 | 70 | 85 |
| IMPL. | IMPL. | IMPL. |
| 150 | 65 | 85 |
| 120 | 60 | 85 |
| 115 | 75 | 85 |
| 145 | 75 | 85 |

7.9. Pacient 9

Devátému pacientovi byla úspěšně provedena implantace a bez jakýchkoli komplikací byl pacient propuštěn.

Tab 9 Pacient 9- v tabulkách se nachází naměřené hodnoty systolického a diastolického tlaku v jednotkách mmHg a naměřené hodnoty srdečního pulsu v jednotkách tep/min..

Červeně vyznačená zkratka IMPL. značí, kdy byl pacientovi implantován kardiostimulátor.

| 1.den: systol. tlak [mmHg] | diastol.tl ak [mmHg] | srdeční puls [tep/mi n] | | | | | | |
|--|-------------------------------------|--|--|-------------------------------------|--|-----|----|----|
| 130 | 70 | 40 | 100 | 50 | 30 | 130 | 60 | 70 |
| 110 | 60 | 35 | 110 | 55 | 40 | 130 | 70 | 60 |
| 110 | 60 | 35 | 110 | 55 | 40 | 125 | 70 | 60 |
| 100 | 55 | 35 | 100 | 75 | 30 | 120 | 70 | 60 |
| 100 | 55 | 35 | 100 | 75 | 30 | 120 | 70 | 60 |
| 90 | 45 | 35 | 115 | 80 | 60 | 120 | 70 | 85 |
| 95 | 45 | 35 | 100 | 55 | 60 | 120 | 70 | 85 |
| 100 | 55 | 35 | 110 | 65 | 60 | 130 | 70 | 75 |
| 100 | 50 | 35 | 125 | 65 | 60 | 130 | 70 | 75 |
| 95 | 45 | 35 | 110 | 55 | 60 | 120 | 70 | 75 |
| 95 | 45 | 40 | 110 | 55 | 60 | 120 | 70 | 75 |
| 110 | 70 | 40 | 120 | 65 | 60 | 120 | 80 | 85 |
| 110 | 70 | 45 | 130 | 70 | 60 | 120 | 80 | 85 |
| 90 | 50 | 45 | IMPL. | IMPL. | IMPL. | 110 | 70 | 75 |
| 90 | 50 | 40 | 120 | 65 | 70 | 110 | 70 | 75 |
| | | | 120 | 65 | 70 | 125 | 80 | 70 |
| | | | 110 | 65 | 70 | 125 | 80 | 70 |
| | | | 110 | 65 | 70 | 125 | 80 | 80 |
| | | | 110 | 50 | 70 | 125 | 80 | 80 |
| | | | 110 | 50 | 70 | 125 | 60 | 80 |
| | | | 130 | 60 | 70 | 125 | 60 | 80 |
| | | | | | | 130 | 80 | 80 |
| | | | | | | 130 | 80 | 80 |
| | | | | | | 125 | 80 | 80 |
| | | | | | | 125 | 80 | 80 |
| 2.den: systol. tlak [mmHg] | diastol.tl ak [mmHg] | srdeční puls [tep/mi n] | | | | | | |
| 100 | 50 | 30 | 3.den: systol. tlak [mmHg] | diastol.tl ak [mmHg] | srdeční puls [tep/mi n] | | | |

7.10. Pacient 10

Poslední pacient byl přijat na JIP s předpoklady zhoršujícího se zdravotního stavu, ale po podání medikace se zdravotní stav pacienta velice zlepšil a pacientovi byl okamžitě implantován kardiostimulátor. Hned druhého dne byl pacient propuštěn z nemocnice.

Tab 10 Pacient 10 - v tabulkách se nachází naměřené hodnoty systolického a diastolického tlaku v jednotkách mmHg a naměřené hodnoty srdečního pulsu v jednotkách tep/min.. Červeně vyznačená zkratka IMPL. značí, kdy byl pacientovi implantován kardiostimulátor.

| <i>1.den: systol. tlak [mmHg]</i> | <i>diastol.tlak [mmHg]</i> | <i>srdeční puls [tep/min]</i> |
|---|--------------------------------|---------------------------------------|
| 145 | 75 | 65 |
| 135 | 80 | 70 |
| IMPL. | IMPL. | IMPL. |
| 125 | 80 | 90 |
| 120 | 70 | 90 |
| 130 | 70 | 90 |
| 135 | 70 | 90 |
| 125 | 70 | 75 |
| 110 | 70 | 75 |
| 110 | 70 | 75 |

8. Statistické vyhodnocení klinických dat

V této kapitole se zabývám statistickým vyhodnocením klinických dat jednotlivých pacientů v programu STATISTICA 12 (výrobce StatSoft) a MATLAB. V programu Statistica jsem použila několik testů, které budu v dalších podkapitolách podrobně popisovat.

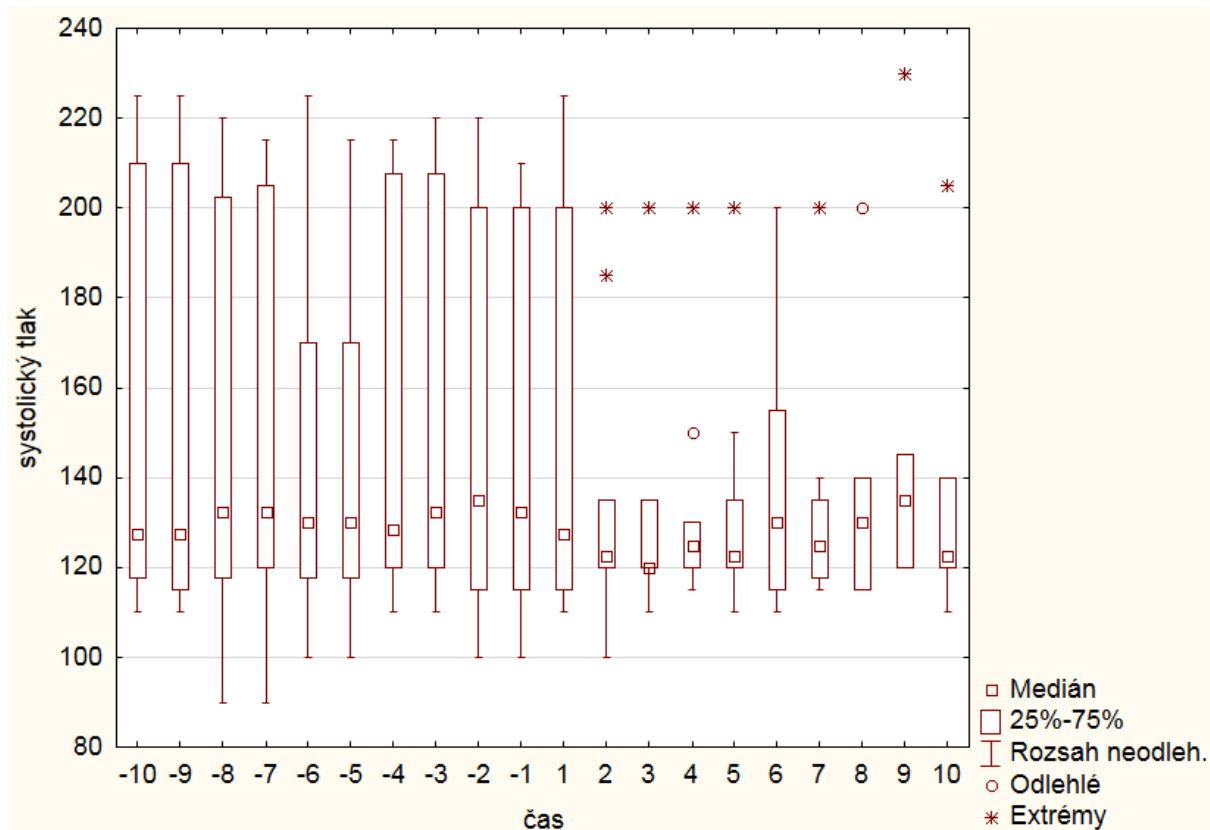
8.1. Boxploty

Z naměřených údajů, jsem vytvořila boxploty, které jsem následně rozdělila do tří kategorií : systolický tlak, diastolický tlak a srdeční puls.

Díky nízkému počtu pacientů jsou výsledky pouze orientační. Přesnější hodnoty by byly naměřené v průměru u vyššího počtu pacientů.

Ve Fakultní nemocnici Bohunice, jsem měla k dispozici společnou kartotéku, z které jsem za pomoci vrchní sestry čerpala potřebné údaje. Vzhledem k tomu, že případ hospitalizace pacientů k implantaci kardiostimulátoru na jednotku intenzivní péče je velmi ojedinělý, bylo možné vypracovat statistiku pouze z hodnot deseti pacientů. [\[12\]](#)

8.1.1. Boxplot - systolický tlak



Obrázek 12 Boxplot - systolický tlak
Jednotky systolického tlaku jsou uvedeny v mmHg a čas v hodinách.

Tento boxplot popisuje vývoj systolického tlaku některých pacientů z naměřených hodnot od deseti hodin před implantací a následně deseti hodin po implantaci kardiostimulátorů.

Z grafu je jasně vidět, že medián se pohybuje v rozmezí od 125 mmHg do 138 mmHg před zákrokem a následně pozorujeme, že medián se po zákroku pohybuje v hodnotách od 121 mmHg, přes hodnoty kolem 130 mmHg a poté se vrací do původních čísel, tedy do 121 mmHg.

Viditelné jsou také maximální a minimální hodnoty systolického tlaku. Před implantací se maximální hodnoty pohybují v rozmezí 210 mmHg až 225 mmHg, přes 170 mmHg až 225 mmHg, do hodnot 200 mmHg až 225 mmHg. Minimální hodnoty jsou v rozsahu od 115 mmHg do 118 mmHg, přes 90 mmHg až 120 mmHg, do 100 mmHg až 118 mmHg. Po zákroku je rozsah maximálních hodnot zaznamenán pouze třikrát a to v rozmezích od

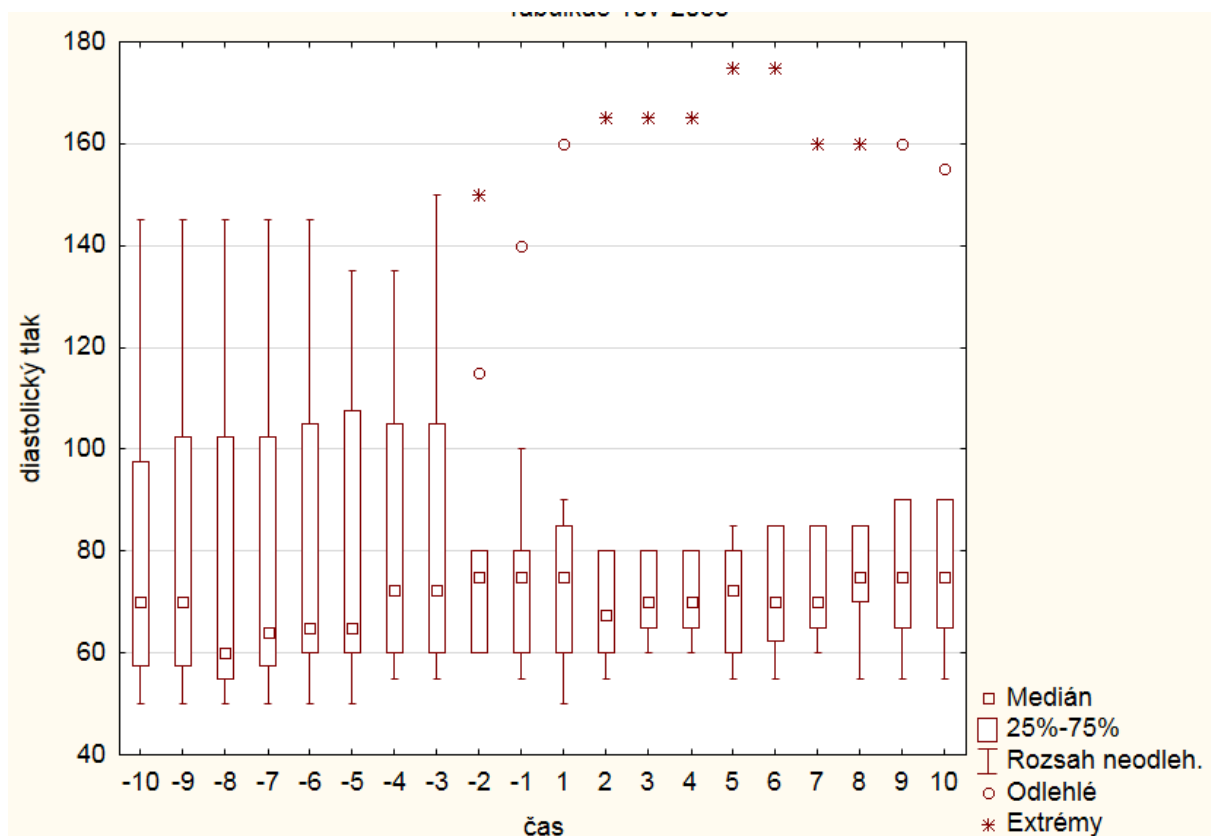
135 mmHg do 150 mmHg, dále 155 mmHg až 200 mmHg, a naposledy 135 mmHg až 140 mmHg.

Minimální rozsah hodnot po implantaci je od 115 mmHg do 118 mmHg, přes 100 mmHg do 120 mmHg a následně 110 mmHg do 120 mmHg. V osmé i deváté hodině pozorování měření po implantaci nejsou zaznamenány žádné maximální či minimální rozsahy hodnot.

Nebylo možné udělat boxploty u všech pacientů ve stejné časové ose, vzhledem k rozdílnému času přijetí i zákroku (viz tabulky jednotlivých pacientů).

Uvedené grafy představují situaci, kde systolický tlak pacientů byl před implantací opravdu velmi vysoký. Hned ve druhé hodině po zákroku sledujeme na grafu zlepšení v podobě snížení systolického tlaku. Je to způsobené tím, že v první hodině po implantaci ještě výsledky zkrsluje působící medikace. V následujících hodinách už lze pozorovat pouze zlepšení, které se v závěru grafu stabilizují na normální hodnoty krevního tlaku.

8.1.2. Boxplot - diastolický tlak



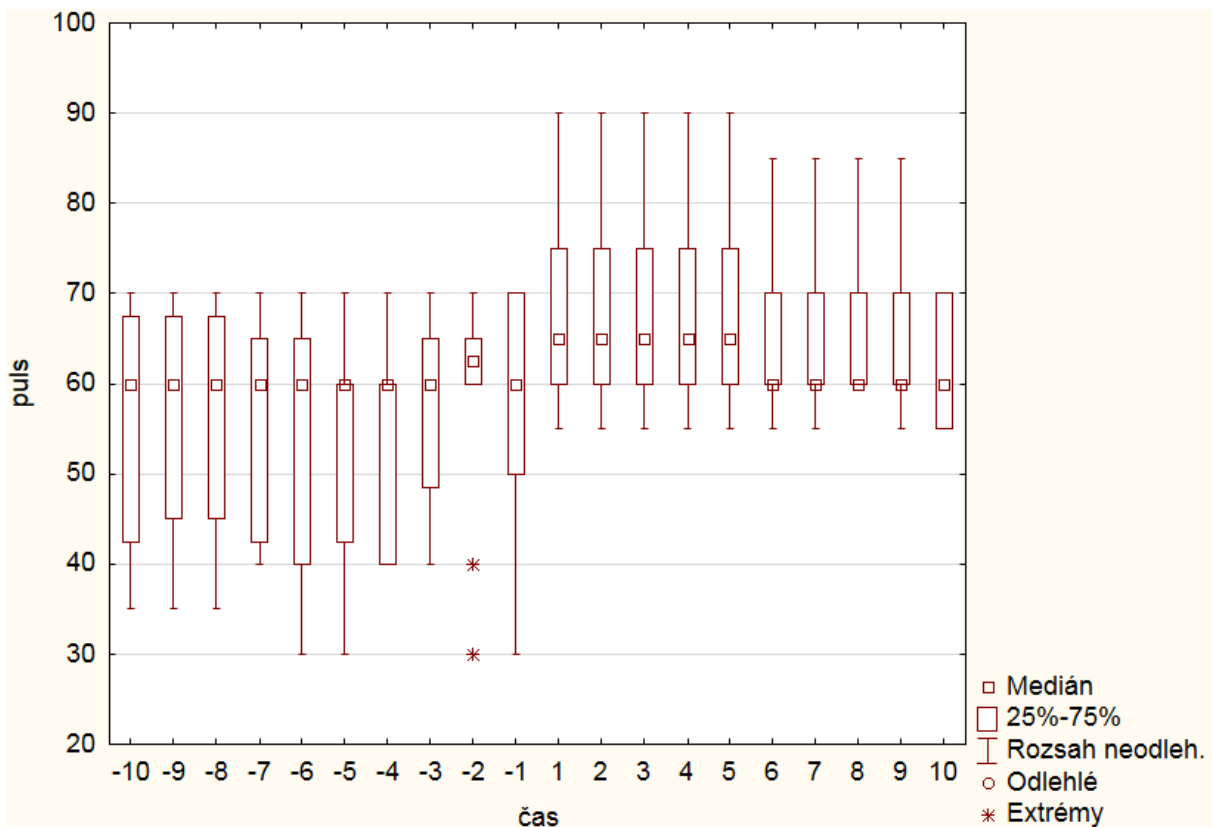
Obrázek 13 Boxplot - diastolický tlak
Jednotky systolického tlaku jsou uvedeny v mmHg a čas v hodinách.

U tohoto grafu je vývoj srovnatelný s grafem systolického tlaku, kde můžeme pozorovat stejný průběh, tzn. u pacientů je diastolický tlak před implantací velmi vysoký.

Z grafu můžeme pozorovat vývoj mediánu naměřených hodnot v časovém horizontu před implantací, a to konkrétně v hodnotách od 70 mmHg, přes 60 mmHg, až po 75 mmHg. Po implantaci následuje snížení rozsahu mediánu a to od hodnot 65 mmHg, přes 70 mmHg, až po 75 mmHg. Dalším ukazatelem je maximální rozsah hodnot, které se pohybují před zákrokem v hodnotách od 98 mmHg do 145 mmHg, přes 105 mmHg do 150 mmHg, po konečný údaj od 80 mmHg do 100mmHg. Jak je vidět, dvě hodiny před zákrokem, při podání medikace se zdravotní stav pacientů zlepšil. Minimální rozsahy hodnot jsou od 50 mmHg do 58 mmHg až po hodnoty 45 mmHg do 60 mmHg.

Po implantaci jsou statisticky vyhodnoceny pouze dvě maximální hodnoty, což je výsledek úspěšné práce a funkce kardiostimulátoru. Minimální rozsahy hodnot se objevují vždy a to od 50 mmHg do 60 mmHg, přes 60 mmHg do 65 mmHg, až do hodnoty 55 mmHg do 65 mmHg. Následně po implantaci a odeznívání medikace, tedy jednu hodinu po zákroku, vidíme negativní výkyv, který postupně přechází do normálních hodnot, což je výsledek povedené implantace kardiostimulátoru.

8.1.3. Boxplot - srdeční puls



Obrázek 14 Boxplot - srdeční puls
Jednotky systolického tlaku jsou uvedeny v mmHg a čas v hodinách.

Tento boxplot, vzhledem k nízkému počtu pacientů ukazuje pouze mírné výkyvy srdečního tepu, které mohou být navíc ovlivněné pohlavím. Na pozitivní hodnoty pulsu má vliv i podaná medikace a z grafu tak nízkého počtu pacientů nelze udělat směřodané výsledky.

Lze pouze předpokládat, že výkyvy pulsu nejsou tak dramatické, jak změny systolického i diastolického tlaku.

V tomto grafu medián nemá před implantací takové výkyvy hodnot jako v předešlých grafech pro systolický, či diastolický tlak, ale pohybuje se ve vyvážených hodnotách kolem 60 tepů/min. s minimální odchylkou.

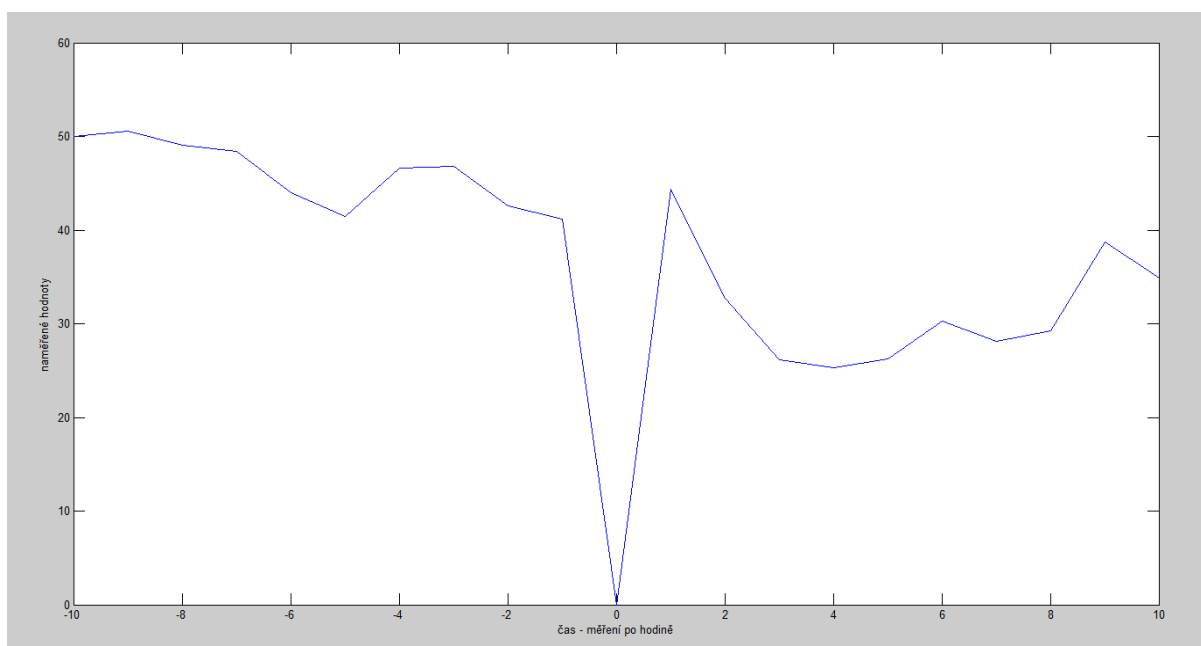
Po zákroku pozorujeme pouze drobné odchylky v prvních pěti hodinách a to v rozmezích kolem 65 tepů/min., zbylých pět hodin jsou hodnoty opět ve stabilních číslech kolem 60 tepů/min.. Zajímavostí tohoto statistického vyhodnocení jsou maximální rozsahy naměřených hodnot, které nepřesáhnou 70 tepů/min. u pacientů před zákrokem. Dále můžeme pozorovat, že v prvních pěti hodinách po zákroku jsou rozsahy naměřených údajů 75 - 90 tepů/min., v dalších čtyřech měřeních je rozsah 70 - 90 tepů/min. a v poslední desáté hodině se žádné maximální rozsahy neobjevují. Minimální rozsahy hodnot po zákroku jsou vyhodnoceny vždy od 55 - 60 tepů/min..

8.2. Matlab

V této části jsem pomocí programu MATLAB zpracovala údaje z předcházejících grafů, které jednotlivě v následující části popisují. Jedná se o zpracování zjištěných hodnot, které jsou vyjádřené v grafu křivkou. Jde o výpočet směrodatné odchylky, která je v časové ose zaznamenána do grafu. Ke každému grafu je přiložena tabulka s přesnými výpočty směrodatné odchylky.

8.2.1. Matlab - systolický tlak

Z následujícího grafu je viditelné, jak se systolický tlak pacientů výrazně zlepšuje. Po příjmu pacientů do Fakultní nemocnice Brno, byla po výpočtu směrodatná odchylka 50,031 a při propuštění jsou výsledné hodnoty pacientů 34,881. Mírné výkyvy během pozorování jsou ovlivněné podáním medikace, každopádně v dlouhodobém horizontu křivky je viditelný vývoj k pozitivním hodnotám. Náhlý sestup do bodu nula značí implantaci kardiostimulátoru.



Obrázek 15 Matlab - systolický tlak. Uvedený graf poukazuje na výpočet směrodatné odchylky se skládá z naměřených hodnot systolického tlaku vztažených na čas měřený v hodinách.

Tab 11 Tabulka s konkrétními výpočty směrodatné odchylky systolického tlaku v časovém horizontu deset hodin před zákrokem a následně deset hodin po zákroku.

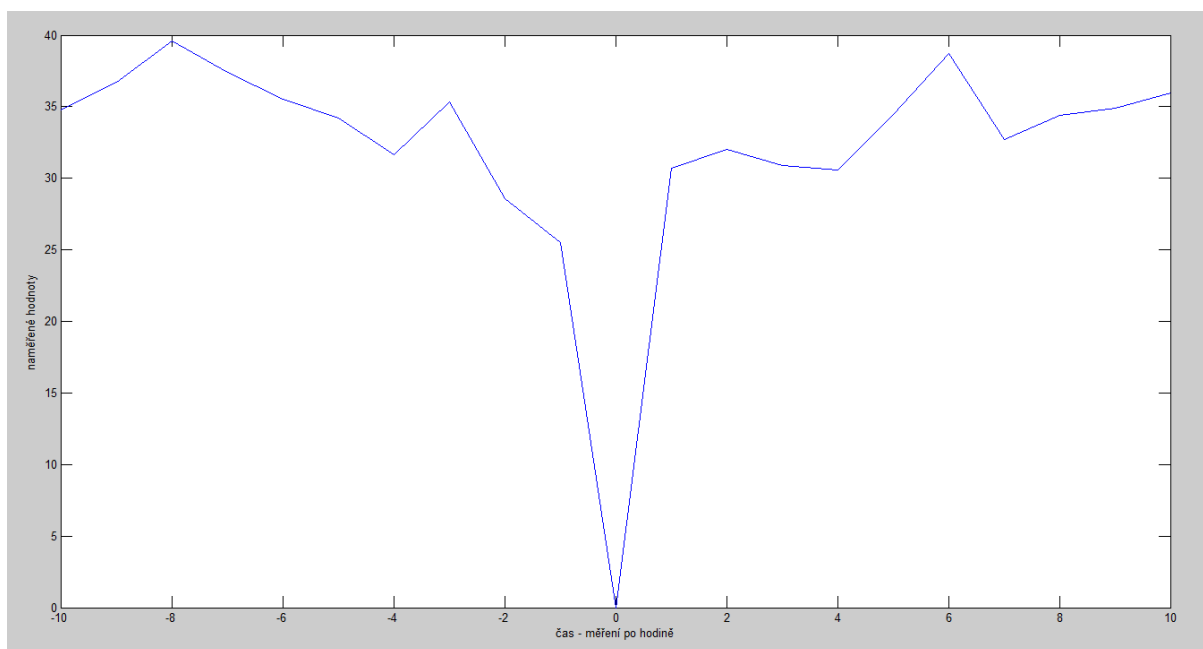
| | |
|---------|-------------|
| minus10 | 50,03124024 |
| minus9 | 50,56820006 |
| minus8 | 49,05809239 |
| minus7 | 48,40306956 |
| minus6 | 43,99675313 |
| minus5 | 41,46857674 |
| minus4 | 46,58000031 |

| | |
|--------|-------------|
| minus3 | 46,80888194 |
| minus2 | 42,62563131 |
| minus1 | 41,16700405 |
| plus1 | 44,34712 |
| plus2 | 32,72783 |
| plus3 | 26,14065 |
| plus4 | 25,28175 |

| | |
|--------|----------|
| plus5 | 26,27314 |
| plus6 | 30,32561 |
| plus7 | 28,12599 |
| plus8 | 29,277 |
| plus9 | 38,72983 |
| plus10 | 34,88075 |

8.2.2. Matlab - diastolický tlak

Diastolický tlak v provedení programu MATLAB, po výpočtu směrodatné odchylky, poukazuje také na pozitivní vývoj léčby pacienta, avšak v šesté hodině po implantaci je křivka náhle zvýšena na hodnotu 38,724, což způsobil velmi vysoký diastolický tlak jednoho z pacientů. V průměru má křivka stejný vývoj, jak křivka systolického tlaku.



Obrázek 16 Matlab - diastolický tlak. Uvedený graf poukazující na výpočet směrodatné odchylky se skládá z naměřených hodnot systolického tlaku vztažených na čas měření v hodinách.

Tab 12 Tabulka s konkrétními výpočty směrodatné odchylky diastolického tlaku v časovém horizontu deset hodin před zákrokem a následně deset hodin po zákroku.

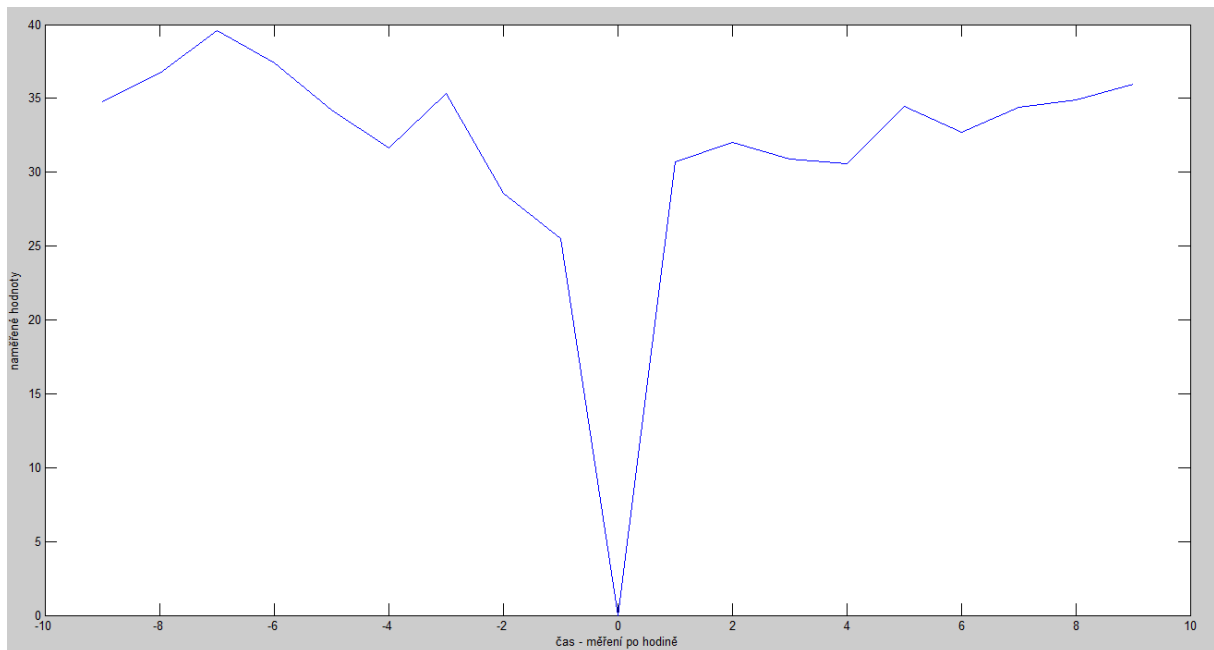
| | |
|---------|-------------|
| minus10 | 34,78890422 |
| minus9 | 36,73627052 |
| minus8 | 39,61871852 |
| minus7 | 37,39341997 |
| minus6 | 35,55051738 |
| minus5 | 34,20004177 |
| minus4 | 31,61571716 |
| minus3 | 35,35533906 |

| | |
|--------|-------------|
| minus2 | 28,6016705 |
| minus1 | 25,51687895 |
| plus1 | 30,73181 |
| plus2 | 31,98958 |
| plus3 | 30,89408 |
| plus4 | 30,5505 |
| plus5 | 34,46415 |

| | |
|--------|----------|
| plus6 | 38,72407 |
| plus7 | 32,73268 |
| plus8 | 34,39961 |
| plus9 | 34,88075 |
| plus10 | 35,97453 |

8.2.3. Matlab - diastolický tlak (bez problematického pacienta)

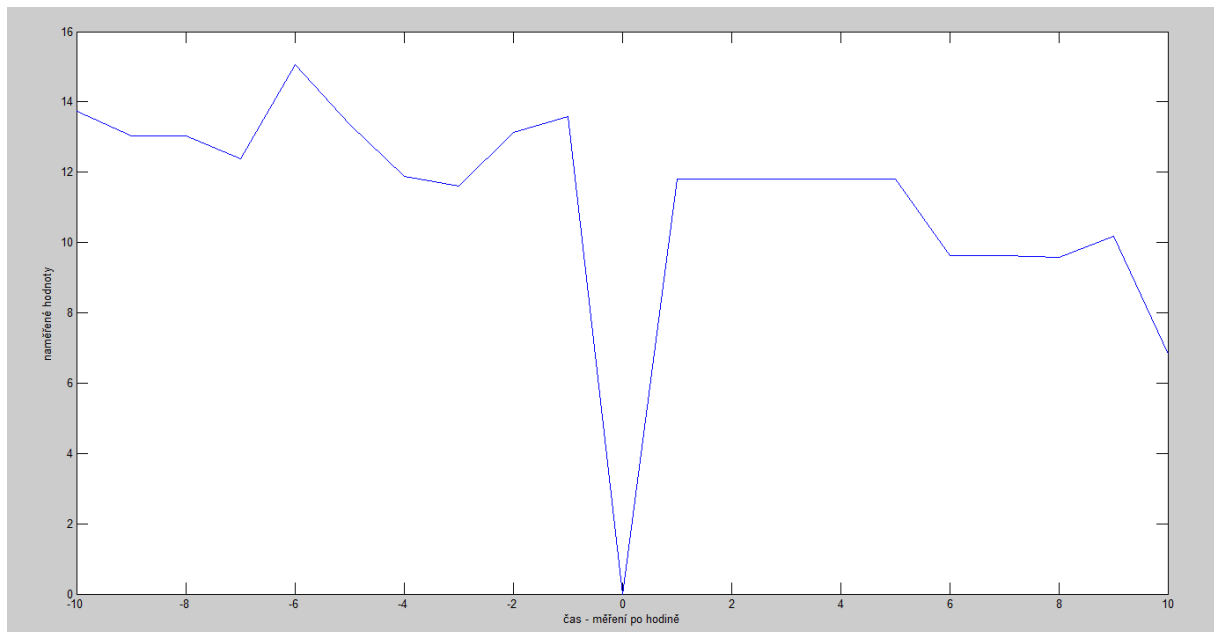
V tomto grafu jsem provedla změnu. Vynechala jsem problematického pacienta číslo šest, který zkresloval celkové údaje křivky. Nyní můžeme pozorovat pravidelný pozitivní vývoj křivky. Nepatrná odchylka v grafu je způsobena dozníváním medikace.



Obrázek 17 Matlab - diastolický tlak - bez problematického pacienta. Uvedený graf poukazující na výpočet směrodatné odchylky se skládá z naměřených hodnot diastolického tlaku vztažených na čas měřený v hodinách.

8.2.4. Matlab - srdeční puls

Graf srdečního pulsu má od začátku pozitivní vývoj. Díky výpočtu směrodatné odchylky můžeme velmi dobře vidět zlepšení pulsu pacientů, než v předcházejícím boxplotu. Kvůli velmi častým rozlišným hodnotám pulsů jednotlivých pacientů je křivka před implantací nerovnoměrná a následně po zákroku se stabilizuje a vyvíjí se již pouze k normálním hodnotám.



Obrázek 18 Boxplot - srdeční puls. Uvedený graf poukazuje na výpočet směrodatné odchylky se skládá z naměřených hodnot systolického tlaku vztažených na čas měření v hodinách.

Tab 13 Tabulka s konkrétními výpočty směrodatné odchylky srdečního pulsu v časovém horizontu deset hodin před zákrokem a následně deset hodin po zákroku.

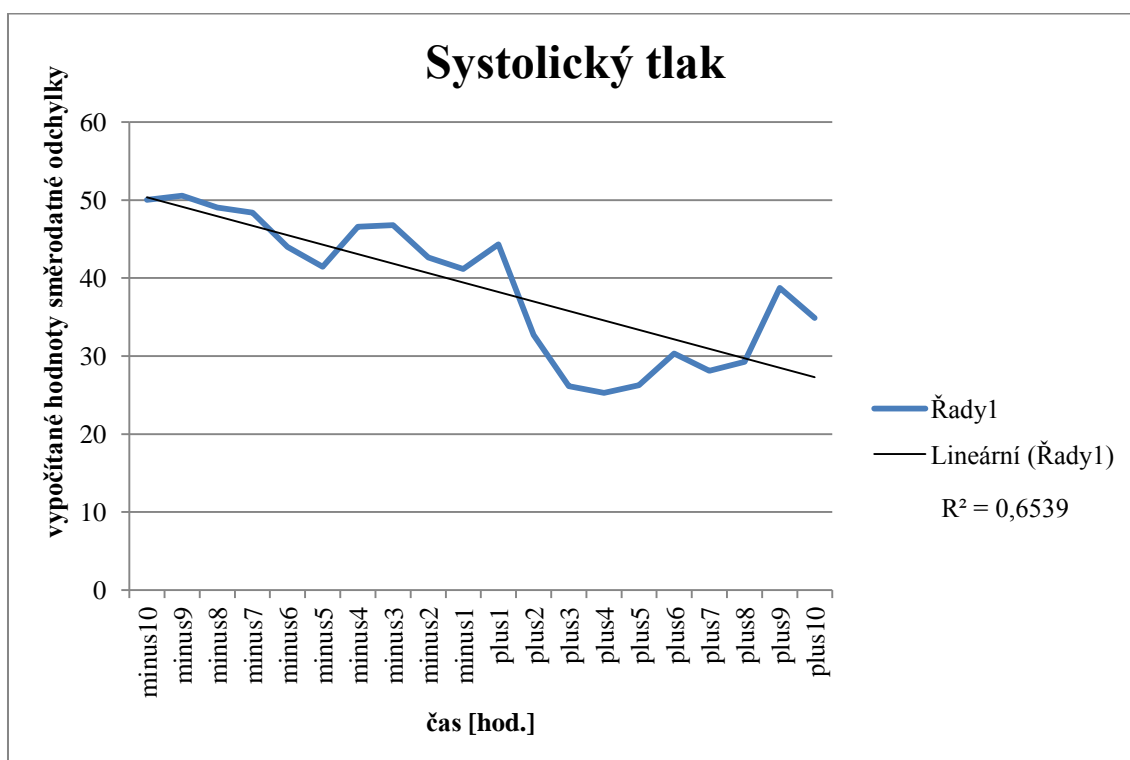
| | |
|---------|-------------|
| minus10 | 13,74188072 |
| minus9 | 13,02470181 |
| minus8 | 13,02470181 |
| minus7 | 12,37436867 |
| minus6 | 15,05940617 |
| minus5 | 13,34634782 |
| minus4 | 11,87734939 |
| minus3 | 11,60587905 |
| minus2 | 13,13392554 |
| minus1 | 13,59125536 |

| | |
|--------|----------|
| plus1 | 11,79689 |
| plus2 | 11,79689 |
| plus3 | 11,79689 |
| plus4 | 11,79689 |
| plus5 | 11,79689 |
| plus6 | 9,636241 |
| plus7 | 9,636241 |
| plus8 | 9,574271 |
| plus9 | 10,177 |
| plus10 | 6,831301 |

8.3. Hodnocení kvality nalezeného řešení (koeficient determinace R^2)

8.3.1. R^2 - systolický tlak

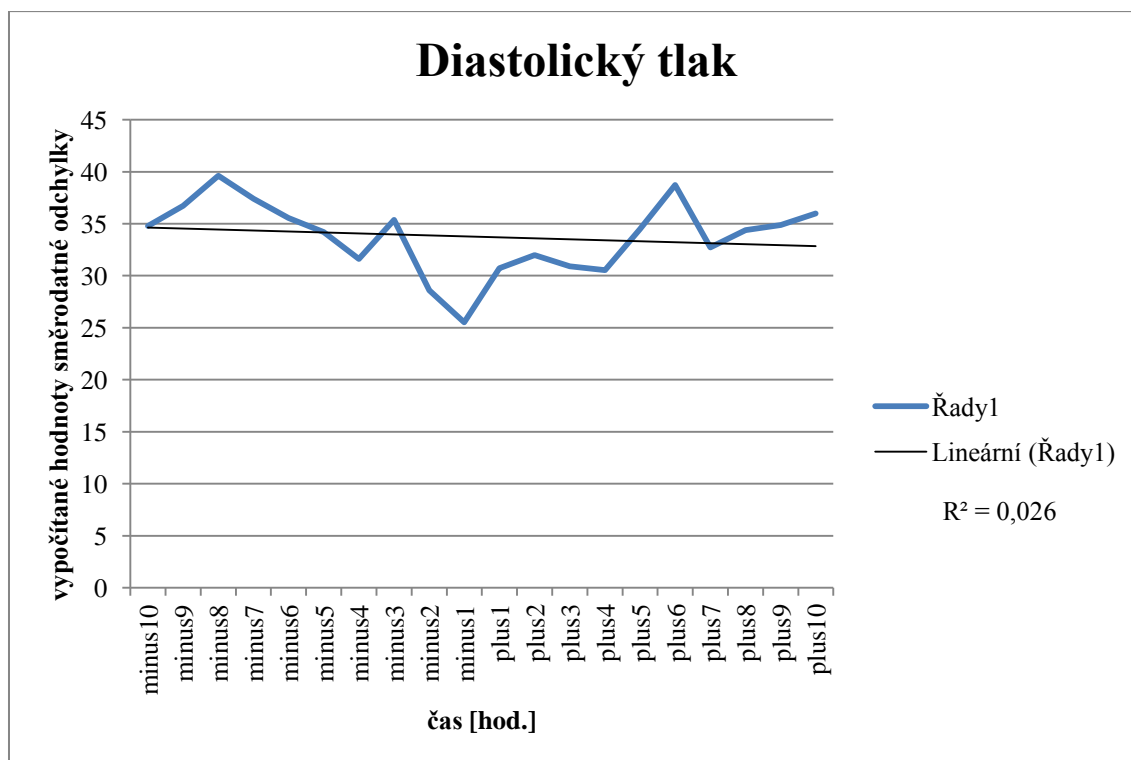
Pro výpočet a znázornění hodnocení kvality nalezeného řešení, neboli koeficient determinace R^2 , jsem použila opět sledované hodnoty směrodatné odchylky, jako v předcházejících grafech. Použila jsem lineární funkci a kontrolu vhodnosti jsem provedla pomocí koeficientu determinace R^2 , který v tomto případě vyšel 0,6539.



Obrázek 19 R^2 systolického tlaku

8.3.2. R^2 - diastolický tlak

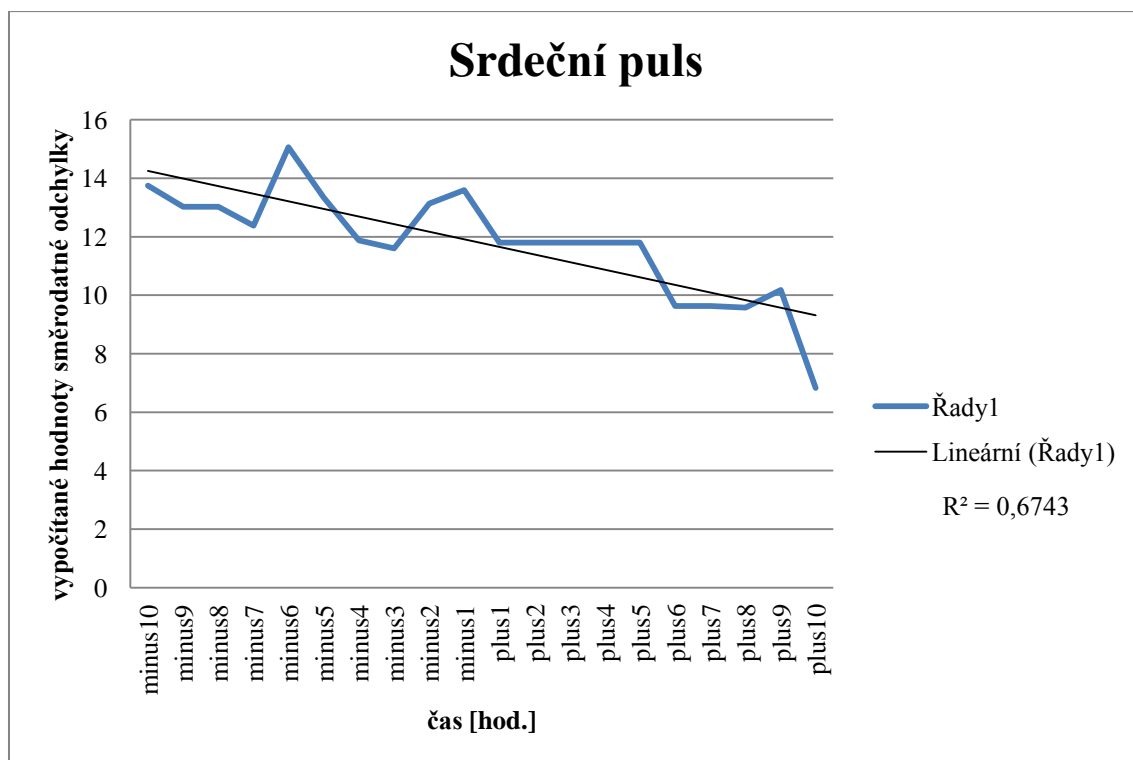
Tento graf je znázorněn na stejném principu měření jako u systolického tlaku. Koeficient determinace při sledování hodnot směrodatné odchylky a využití kontroly vhodnosti vyšel 0,026.



Obrázek 20 R^2 diastolického tlaku

8.3.3. R^2 - srdeční puls

Hodnocení kvality nalezeného řešení je měřitelný i v případě srdečního pulsu. Základem pro výpočet R^2 jsou ukazatele směrodatné odchylky v závislosti na čase. Koeficient determinace v tomto případě vyšel 0,6743.



Obrázek 21 R^2 srdečního pulsu

9. Srovnajte použité přístroje pro podporu srdeční akce v rámci hodnocené skupiny pacientů

V dnešní době je na trhu nespočetné množství, druhů a značek kardiostimulátorů. Každé zdravotnické zařízení včetně Fakultní nemocnice Brno má skladem více druhů kardiostimulátorů.

Z mnoha zmíním jen pár významných značek a to: Boston Scientific (Australia); Sorin Group (Francie); Vitatron (Nizozemsko); St. Jude Medical (USA); Medtronic (Česká republika). I když kardiostimulátory vyrábí několik světových značek, tak funkčnost a použití funguje na stejném principu.

Každý z kardiostimulátorů obsahuje elektrické obvody a baterii, které jsou uloženy v kovovém pouzdře. Stimulační elektroda umožňuje elektrické vedení mezi kardiostimulátorem a srdcem. Ve všeobecnosti můžeme tyto kardiostimulátory rozdělit na jednodutinové a dvoudutinové, kde jejich použití závisí na konkrétním problému jednotlivého pacienta.

Konkrétní použití uvedeného přístroje určuje a vybírá lékař. V dokumentech, které jsem měla k dispozici pro vypracování této práce nebyly uvedené značky použitých přístrojů. K tomu slouží speciální pracoviště, kde jsou v evidenci použité přístroje, které je možné díky technologii naprogramovat.

Samotným programováním se již zabývají techničtí inženýři, kteří jsou také nápomocní při konzultaci s lékařem v těžších případech onemocnění pacientů.

10. Diskuze nad získanými výsledky

V diskuzi bakalářské práce bych chtěla shrnout celkový postup a dosažené výsledky. Celá práce spočívala v měření biosignálů a to především systolického, diastolického tlaku i srdečního pulsu, které jsem z dostupné dokumentace zpracovala do tabulek a poté jsem je za pomoci programů STATISTICA a MATLAB vyhodnocovala. Měření bylo aplikované na deseti pacientech, kteří vyhledali Fakultní nemocnici při řešení svého zdravotního problému. Zaměřila jsem se na těžší zdravotní stavy pacientů, kteří byly hospitalizováni na jednotce intenzivní péče a tedy měly mnohem více záznamů, ze kterých jsem mohla vycházet, než pacienti bez hospitalizace na JIP.

Mnou pozorovaní pacienti byli těžké případy kterým například hned po příjmu musela být aplikována kyslíková maska, či jim byla podána medikace, což se u běžného pacienta nedá říct. U těchto pacientů jsou velice dobře měřitelné a zapisovatelné hodnoty, které nám dokazují úspěšnost celého procesu od implantace až po rekonvalescenci. Samozřejmě nemůžeme na vzorku deseti pacientů počítat s úplně přesnými a směrodatnými údaji, jelikož je toto číslo velice nízké. Při podrobném statickém vyhodnocování bychom museli rozlišovat věk pacientů, pohlaví či použité druhy kardiostimulátorů. Proto bych moji práci nazvala jako všeobecný výsledek úspěšnosti použití kardiostimulátoru v dnešním moderním zdravotnictví.

Celkový postup měření začal u pacientů při příjmu a následné hospitalizace ve Fakultní nemocnici Brno, kde zdravotnický personál přesně a podrobně zapisoval hodnoty systolického tlaku, diastolického tlaku, včetně srdečního pulsu, které jsem následně měla k dispozici. Pak jsem je vkládala do tabulek v Excelu a vyhodnocovala, jak jsem již zmínila. V jedné části jsem hodnoty zpracovávala do boxplotů a v další části jsem tyto hodnoty aplikovala do křivek.

V první části zpracování jsem zapisovala a měřila systolický tlak, který se následně v grafu měnil dle situace. Kvůli rozdílnému času pozorování pacientů, jsem začala vyhodnocovat hodnoty stejně u všech a sice deset hodin před implantací a deset hodin po implantaci. Díky tomu jsem dosáhla výsledku, který ukázal, že použití kardiostimulátoru mělo své opodstatnění. Vývoj grafu jasně poukazuje na pozitivní směr úspěšného zákroku a následné stabilizace hodnot systolického tlaku do hodnot blízcím se fyziologickým číslem.

Další graf vycházel z měření a pozorování diastolického tlaku, kde bylo možné pozorovat podobný vývoj jako v případě tlaku systolického. Z výsledku lze vyčíst, že pacienti měli po přijetí tento tlak velmi vysoký. Při podání medikace se samozřejmě křivka grafu změnila, každopádně konečný pozitivní stav je výsledkem úspěšného zákroku.

U posledního boxplotu, jsem měřila a pozorovala hodnoty pulsu. Mohu konstatovat, že tento graf je dle mého názoru nejméně přesný, jelikož na hodnoty pulsu má vliv mnoho faktorů, a to zejména pohlaví, věk pacientů, podávání medikace před zákrokem, atd.. Všeobecně lze opět říci, že úspěšná implantace kardiostimulátoru stabilizovala i hodnoty pulsu do pozitivních a normálních čísel.

V další části mé práce jsem stejné hodnoty aplikovala do křivek pomocí programu MATLAB, kde jsem chtěla poukázat na jasné zlepšení stavu pacienta po implantaci kardiostimulátoru. Díky výpočtu směrodatné odchylky jsou křivky přesnější a lépe tak poukazují na celkový vývoj a průběh celého procesu od hospitalizace až po propuštění pacienta.

V poslední části statistického měření jsem se zabývala hodnocením kvality nalezeného řešení, tedy koeficientem determinace R^2 . Pro srovnání jsem využila měření hodnot zobrazených v grafech systolického, diastolického tlaku i srdečního pulsu. Pro lepší znázornění jsem použila v grafech lineární závislost. Vedle každé křivky je uveden výsledek R^2 , kde testování ukazuje, že zvolená lineární funkce nejlépe popisuje právě vývoj srdečního pulzu v čase.

Všechny postupy a výsledky jsou zahrnuty v této práci a pro lepší znázornění také doplněny grafy.

11. Závěr

Pozorování a měření biosignálů ve Fakultní nemocnici Brno pro mě bylo velice přínosné. Mohla jsem aplikovat veškerou teorii v praxi.

Téma, které jsem si zvolila, tzn. problematiku kardiostimulátorů, jakožto v dnešní době jeden z nejpoužívanějších zdravotnických přístrojů a technologií, které mění přístup k léčbě u chronických onemocnění, lze označit za profesionální přístroje, které monitorují srdeční rytmus a léčí případnou bradykardii. Jak jsem již zmiňovala, tyto přístroje detekují problém v srdečním rytmu a poté vyšlou do srdce malé, nezjistitelné elektrické signály.

Výsledkem mé práce je podložený důkaz toho, že kardiostimulátory mají ve zdravotnictví velký význam. Dosáhla jsem toho na základě konkrétních měření v této práci, kde pomocí použití všech programů a výpočtů vše jasně poukazuje na viditelné zlepšení zdravotního stavu pacientů po implantaci kardiostimulátorů. Následný návrat a začlenění pacientů do normálního života také dokazuje to, že tyto přístroje dokážou fungovat s lidským tělem a prodloužit tak život pacienta.

V závěru mé práce také konstatuji, že dnešní pracné zapisování biosignálů zdravotnickým personálem je složité a má do budoucna prostor pro zlepšení a zjednodušení, a to zejména využitím počítačové techniky.

12. Použitá literatura

- [1] FIŠEROVÁ, Jaroslava a Jan PAVLOVIČ. *Akutní kardiologie*. 1. vyd. Praha: Avicenum, 1989, 381 s.
- [2] ROKYTA, Richard. *Fyziologie: pro bakalářská studia v medicíně, přírodovědných a tělovýchovných oborech*. 1. vyd. Praha: ISV nakladatelství, 2000, 359 s. ISBN 80-858-6645-5.
- [3] KORPAS, David. *Kardiostimulační technika*. 1. vyd. Praha: Mladá fronta, 2011, 206 s. ISBN 978-802-0424-921.
- [4] KOLÁŘ, Jiří. *Kardiologie pro sestry intenzivní péče a studenty medicíny*. 3., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Akcenta, 2003, 415 s. ISBN 80-86232-06-9.
- [5] [online]. [cit. 2013-11-25]. Dostupné z: <http://www.ulekare.cz/clanek/predoperacni-vysetreni-1100>
- [6] KVASNIČKA, Jiří a Aleš HAVLÍČEK. *Arytmologie pro praxi*. 1. vyd. Praha: Galén, c2010, vi, 165 s. ISBN 978-80-7262-678-6.
- [7] AUGUSTYNEK, Martin, Ondřej ADAMEC a Marek PENHAKER. *Přístrojová zdravotnická technika I*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2010, 152, lii s. ISBN 9788024823645.
- [8] Život s kardiostimulátorem: Pomáháme Vám žít plnohodnější život. In: [online]. [cit. 2013-11-24]. Dostupné z: http://www.medtronic.cz/wcm/groups/mdtcom_sg/@mdt/@eu/documents/documents/contrib_157060.pdf
- [9] *The biomedical engineering handbook: Biomedical engineering fundamentals*. 3rd ed. Boca Raton: Taylor, 2006, 1 sv. (různé stránkování). ISBN 08-493-2121-2.
- [10] ZVÁROVÁ, Jana. *Základy statistiky pro biomedicínské obory*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 1998, 218 s. ISBN 8071847860.
- [11] ZVÁRA, Karel. *Biostatistika*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 1998, 210 s. ISBN 80-7184-773-9.
- [12] MELOUN, Milan a Jiří MILITKÝ. *Statistické zpracování experimentálních dat*. Praha: Plus, 1994, 23, 839 s.

- [13] HRAZDIRA, Ivo a Vojtěch MORNSTEIN. *Lékařská biofyzika a přístrojová technika*. 1. vyd. Brno: Neptun, 2001, 381 s. ISBN 80-902896-1-4.
- [14] HRAZDIRA, Ivo. *Biofyzika: učebnice pro lékařské fakulty*. 1. vyd. Praha: Avicenum, 1983, 362 s.
- [15] [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://ulb.upol.cz/praktikum/statistika3.pdf>
- [16] ROZMAN, Jiří. *Elektronické přístroje v lékařství*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2006, 406 s., xxiv s. barev. obr. příl. ISBN 80-200-1308-3.
- [17] ROZMAN, Jiří. *Terapeutická technika*. Vyd. 1. Brno: Vysoké učení technické, 2000, 126 s. ISBN 80-214-1488-x.
- [18] LECLERCQ C, MABO C, DAUBERT J C. Cardiac resynchronization therapy: which device to implant? *Archives of Cardiovascular Diseases* 101. 1 (2008): 55-60.
- [19] KOIDE H, KOBAYASHI S, KITANI M, TSUNEMATSU T, NAKAZAWA Y, et al. Improvement of cerebral blood flow and cognitive function following pacemaker implantation in patients with bradycardia. *Gerontology* 40. 5 (1994): 279-285.