

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2024

Denisa Hrubá

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

Studijní program: Všeobecné ošetřovatelství

Denisa Hrubá

**HISTORIE KARDIOSTIMULÁTORU A JEHO VÝVOJ
DO SOUČASNOSTI**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. Jana Nová Holoubková, DiS, MBA

PLZEŇ 2024

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval/a samostatně a všechny použité zdroje jsem uvedl/a v seznamu použitých zdrojů.

V Plzni dne 25. 3. 2024.


.....

vlastnoruční podpis

Abstrakt

Příjmení a jméno: Hrubá Denisa

Katedra: Ošetrovatelství a porodní asistence

Název práce: Historie kardiostimulátoru a jeho vývoj do současnosti

Vedoucí práce: Mgr. Jana Nová Holoubková, DiS., MBA

Počet stran – číslované: 50

Počet stran – nečíslované: 23

Počet příloh: 4

Počet titulů použité literatury: 62

Klíčová slova: Kardiostimulátor, historický vývoj kardiostimulátoru, evoluce kardiostimulátoru, historie kardiostimulátoru, historie srdeční stimulace.

Souhrn:

Bakalářská práce se zabývá souhrnem nejdůležitějších mezníků, které nastaly ve vývoji kardiostimulátoru a kdo a jak se na něm podílel. Práce je rozdělena do několika kapitol, které nám přišly jako vhodné k přiblížení této problematiky. Vývoj kardiostimulátoru je rozdělen podle časových intervalů. Popisuje indikace k implantaci, ošetrovatelskou péči a rozdělení kardiostimulace. Souhrn vývoje kardiostimulátoru a co mu předcházelo může posloužit jako zajímavý doplňkový materiál nejen všeobecným sestřám, ale i studentům zdravotnických škol, ostatnímu zdravotnickému personálu nebo i laické veřejnosti.

Abstract

Surname and name: Hrubá Denisa

Department: Department of nursing and midwifery

Title of thesis: History of the pacemaker and its evolution to the present

Consultant: Mgr. Jana Nová Holoubková, DiS, MBA

Number of pages – numbered: 50

Number of pages – unnumbered: 23

Number of appendices: 4

Number of literature items used: 62

Keywords: Pacemaker, historical development of the pacemaker, evolution of pacemakers, history of cardiac pacing.

Summary:

The bachelor thesis deals with a summary of the most important milestones that occurred in the development of the pacemaker and who and how participated in it. The thesis is divided into several chapters that we felt were appropriate to introduce the subject. The development of the pacemaker is divided by time intervals. It describes the indications for implantation, nursing care and the distribution of pacing. A summary of the development of the pacemaker and what preceded it may serve as additional material of interest not only to general nurses, but also to medical students, other health care personnel, and the general public.

Poděkování

Děkuji Mgr. Janě Nové Holoubkové, DiS, MBA za odborné vedení práce, poskytování rad a podkladů.

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ	9
SEZNAM TABULEK	10
SEZNAM ZKRATEK	11
ÚVOD.....	12
1 FORMULACE PROBLÉMU	14
2 CÍL PRÁCE	15
2.1 Výzkumné otázky	15
3 METODIKA	16
3.1 Postup rešeršní strategie	17
3.1.1 Klíčová slova	17
3.1.2 Časové období	17
3.1.3 Informační zdroje a databáze.....	17
3.2 Hodnocení relevance vyhledaných vědeckých důkazů	17
3.2.1 Hodnocení kvality studií.....	17
3.2.2 Vylučovací a zahrnovací kritéria	18
4 ANATOMIE A FYZIOLOGIE SRDCE	19
4.1 Stavba srdce.....	19
4.2 Plicní oběh	19
4.3 Tělní oběh	19
4.4 Historické milníky výzkumu anatomie a fyziologie srdce	20
5 ELEKTOFYZIOLOGIE SRDCE	22
5.1 Převodní srdeční systém	23
5.2 Akční a klidový potenciál srdce	23
6 HISTORIE KARDIOLOGIE.....	25
6.1 Arytmologie.....	25
6.2 Vyšetřovací metody	25
6.2.1 Historie	25
6.2.2 EKG – elektrokardiografie	26
6.2.3 Holterova monitorace EKG	28
6.2.4 Echokardiografie	28
6.2.5 Elektrofyzilogické vyšetření.....	29
7 PORUCHY SRDEČNÍHO RYTMU – BRADYARYTMIE.....	30
7.1 Poruchy funkce sinusového uzlu	30
7.1.1 Sinusová bradykardie	30
7.1.2 Sick sinus syndrom – syndrom chorého sinu	30

7.1.3	Sinusová pauza	31
7.2	Atrioventrikulární blokády	31
7.2.1	AV blokáda I. stupně	31
7.2.2	AV blokáda II. stupně.....	31
7.2.3	AV blokáda III. stupně	32
7.2.4	Raménkové blokády	32
8	KARDIOSTIMULÁTORY A KARDIOSTIMULACE.....	33
8.1	Historie kardiostimulace ve světě.....	33
8.2	Historie a vývoj kardiostimulace v Československu/ České republice	36
8.3	Rozdělení kardiostimulátorů.....	38
8.4	Dočasná kardiostimulace.....	38
8.4.1	Indikace k zavedení dočasné kardiostimulace.....	39
8.4.2	Druhy dočasné kardiostimulace podle místa zavedení.....	39
8.5	Trvalá kardiostimulace	40
8.6	Komplikace trvalé kardiostimulace	42
8.7	Implantace kardiostimulátoru	42
8.7.1	Předoperační příprava.....	42
8.7.2	Průběh výkonu	43
8.7.3	Ošetrovatelská péče po výkonu	44
8.8	Kontroly a programování kardiostimulátoru	44
8.9	Život s kardiostimulátorem a režimová opatření	45
8.10	Nové trendy v kardiostimulaci	47
8.10.1	Leadless pacemaker	47
8.10.2	Kardiostimulátor podmíněný MRI	49
8.10.3	Dálková monitorace – telekardiologie (CardioMessengert Smart)	49
	DISKUZE.....	51
	ZÁVĚR.....	61
	SEZNAM LITERATURY.....	62
	SEZNAM PŘÍLOH	69
	PŘÍLOHY	70
	Příloha A, Otevřená data NZIP 2022	70
	Příloha B, Vývoj kardiostimulátoru	71
	Příloha C, Vývoj kardiostimulátoru	72
	Příloha D, Označení kardiostimulátorů	73

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Schéma znázornění postupu vyhledávání relevantních zdrojů	18
Obrázek 2 Otevřená data NZIP 2022	70
Obrázek 3 Vývoj kardiostimulátoru	71
Obrázek 4 Evoluce kardiostimulátoru	72

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Důležité milníky vývoje kardiostimulátoru.....	58
Tabulka 2 Označení kardiostimulátorů.....	73

SEZNAM ZKRATEK

$\mu\text{A/h}$ mikroampér za hodinu

AP..... akční potenciál

AV..... atrioventrikulární

EKG..... elektrokardiograf

g..... gram

IKEM..... Institut klinické a experimentální medicíny

Ing..... inženýr

LPC..... Leadless Cardiac Pacemaker

min..... minuta

mm..... milimetr

mm^2 milimetr čtverečný

V..... volt

ÚVOD

Kardiostimulátor je používán od 50. let 20. století. Jeho implantace je léčebný postup při stavech, kdy je srdeční frekvence příliš pomalá, tzv. bradykardie. Bradykardií u dospělých pacientů označujeme teple pod 60 za minutu. Může pak hrozit nedostatečné přečerpání krve podle potřeb organismu, nebo srdeční zástava. Častý je i výskyt u vrcholových sportovců. Podle charakteru bradykardie je možno implantovat kardiostimulátor s jednou nebo dvěma elektrodami (Kölbel, 2011).

Plnohodnotnému rozvoji kardiostimulace předcházelo období výzkumů a testování. Omezení nebylo ve znalostech elektrické srdeční činnosti, ale spíše v možnostech tehdy dostupné techniky, zejména ve vývoji spolehlivých elektrod, nalezení spolehlivého energetického zdroje a zjednodušení implantace. Nejdříve se museli inženýři a konstruktéři přizpůsobit technickým podmínkám a až poté se začali na dalším vývoji techniky svými návrhy a znalostmi fyziologie podílet i lékaři.

V posledních letech došlo k významnému pokroku v přístupu kardiologie k léčbě srdečních arytmií. Kardiostimulace je jednou z nejčastěji používaných metod. Největším technologickým pokrokem bylo nahrazení epikardiálních elektrod elektrodami endovasálními. Ze složitého několikahodinového kardiokirurgického výkonu v celkové anestezii pomocí sternotomie, kdy pacient byl ohrožen spoustou rizik, se stal výkon probíhající necelou jednou hodinu, kdy je pacientovi podána jen lokální anestezie. Dnes se zkracuje doba hospitalizace na minimum a tím se přispívá obecně ke zlepšení kvality života nemocných.

Hlavním cílem mé bakalářské práce je na základě analýzy historických zdrojů zjistit vývoj kardiostimulátoru, co mu předcházelo, kdo a jak se na vývoji podílel a jak vypadá kardiostimulátor v současnosti. Toto téma jsem si vybrala především z důvodu, že pracuji na Kardiologické klinice Fakultní nemocnice v Plzni, daná problematika mě zajímá a chtěla bych si tak prohloubit znalosti, které mohu využít ve svém profesním životě.

Vstupní studijní literatura:

ČÍHALÍK, Čestmír. *Kardiologie v průběhu staletí*. Praha:Maxdorf, 2022. ISBN 978-80-7345-702-0.

BENNETT, David H. *Srdeční arytmie: praktické poznámky k interpretaci a léčbě*. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-5134-4.

STANĚK, Vladimír. *Kardiologie v praxi. 2. aktualizované a rozšířené vydání*. Axonite CZ s.r.o., 2020. ISBN 978-80-88046-21-9.

1 FORMULACE PROBLÉMU

Implantace kardiostimulátoru je nejúčinnější a nejspolehlivější léčebnou metodou chronických pomalých rytmů srdce. Provádí se při významném zpomalení srdeční frekvence způsobené poruchou tvorby nebo šířením vlastních srdečních vzruchů svaloviny srdce. Implantace zachraňuje tisíce životů ročně. Za rok 2022 v České republice bylo implantováno 10 345 kardiostimulátorů. Nejčastější věkovou skupinou byli pacienti od 75 do 79 let. V Plzeňském kraji se implantovalo 530 kardiostimulátorů (viz příloha 1) (Ústav zdravotnických informací a statistik ČR, 2023).

První kardiostimulátor měl průměr hokejového puku, vážil okolo dvou kilogramů a životnost baterie byla 6 hodin. Současná medicína přináší nové a modernější kardiostimulátory. Lékaři mají k dispozici mnoho typů kardiostimulátorů od různých výrobců, rozmanité možnosti programování jednotlivých funkcí, paměťové funkce a telemonitoring. Výběr vhodného kardiostimulátoru se odvíjí i od lepších možností podrobnější diagnostiky. Během vývoje kardiostimulátoru došlo k velkému pokroku a také k mnoha změnám v ošetrovatelské péči a její kvalitě. Ze složitého výkonu se stal mnohem jednodušší a šetrnější, který zkracuje dobu hospitalizace na minimum. Cílem této léčebné metody je nejen záchrana života, ale také zlepšení kvality života pacientů.

2 CÍL PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je poskytnout přehled o vývoji kardiostimulátoru a co vývoji předcházelo.

Dílčím cílem je publikace výsledků v odborném časopise nebo na odborné konferenci.

2.1 Výzkumné otázky

Nastaly změny od počátku kardiostimulace po současnost?

Co všechno předcházelo vzniku kardiostimulátoru?

3 METODIKA

Pro tuto bakalářskou práci jsme zvolili historický výzkum. Jedná se o metodu, jež může být použita k získání informací, které pro výzkum nejsou jinak dostupné. Poskytuje nám prostředky k zodpovězení otázek a přináší řešení, která často zůstávají opomíjena. Jeho síla spočívá v tom, že je aplikovatelný v široké škále oblastí a nabízí velké množství informací a poznatků, které jím můžeme získat (Hendl, 2005).

Výzkumné otázky pro tuto bakalářskou práci zní:

Nastaly změny od počátku kardiostimulace po současnost? Co všechno předcházelo vzniku kardiostimulátoru?

3.1 Postup rešeršní strategie

Nejprve byla určena klíčová slova a časové rozmezí. Poté jsme zažádali o vypracování rešerše v Národní lékařské knihovně v Praze. Další zdroje byly vyhledávány v elektronických databázích zaměřených především na zdravotnická témata. Prvním krokem bylo vyřazení studií, které podle názvu článku nesouvisely s vyhledávaným tématem. Dále byly u publikací pročitány abstrakty a na závěr u vybraných publikací byly detailně prostudované obsahy. Vyhovující studie byly následně zařazeny do naší bakalářské práce.

3.1.1 Klíčová slova

Klíčová slova byla vyhledávána v českém a anglickém jazyce. K rozšířenému hledání byly použity booleovské operátory „OR“ a „AND“.

Česky: Kardio stimulátor, historický vývoj kardio stimulátoru, evoluce kardio stimulátoru, historie kardio stimulátoru, historie srdeční stimulace.

Anglicky: Pacemaker, historical development of the pacemaker, evolution of pacemakers, history of cardiac pacing.

3.1.2 Časové období

Časové období pro vyhledávání publikací bylo zvoleno od nejstarších až po nejnovější, protože v práci je popisován historický vývoj kardio stimulátoru.

3.1.3 Informační zdroje a databáze

Zdroje jsme vyhledávali pomocí klíčových slov. Knižní zdroje jsme vyhledávali v katalogu Národní lékařské knihovny v Praze a Studijní a vědecké knihovně v Plzni. K vyhledání elektronických zdrojů byly využity databáze jako ScienceDirect, PubMed, Theses, BookPort.

3.2 Hodnocení relevance vyhledaných vědeckých důkazů

Relevantní zdroje byly vyhledávány od října roku 2023 do ledna roku 2024 v databázích zaměřujících se na publikace zdravotnických a medicínských studií, v katalogu Národní lékařské knihovny v Praze a Studijní a vědecké knihovně v Plzni. Vyřazovány byly ty zdroje, které neodpovídaly mému tématu, nebo nebyly dostupné v plno-textové formě. Celkem bylo použito 61 zdrojů.

3.2.1 Hodnocení kvality studií

Zdroje byly hodnoceny pomocí obsahové analýzy dat. Pro dosažení zadaného cíle byly zpracovány materiály a ostatní dostupné zdroje, které byly vyhledány pomocí klíčo-

vých slov v katalogu Národní lékařské knihovny v Praze a Studijní a vědecké knihovně Plzeňského kraje. ScienceDirect, PubMed, Theses a BookPort byly využity k vyhledání elektronických zdrojů.

3.2.2 Vylučovací a zahrnovací kritéria

Vyloučeny byly ty články, které se nevěnovaly historii a vývoji kardiostimulace. Pro vybrané zdroje byla zvolena tato kritéria: vydané v anglickém nebo českém jazyce, zobrazení v plnotextového článku, odborné publikace a články. Zahrnuty byly přehledové studie, výzkumné články a patentované zprávy. Kritéria pro vyřazení byla: nedostupnost plného textu a nevyhovující obsah.

Obrázek 1 Schéma znázornění postupu vyhledávání relevantních zdrojů



Zdroj: Vlastní, 2024

4 ANATOMIE A FYZIOLOGIE SRDCE

4.1 Stavba srdce

Srdce, latinsky cor, je dutý orgán, který se nachází za hrudní kostí mezi plícemi. Stěna srdce se skládá ze čtyř vrstev – vnitřní endokard, střední myokard, epikard a zevní obal perikard (Kölbel, 2011).

Endokard tvoří vnitřní výstelku srdce a mezi síněmi a komorami přechází v cípate chlopně. Srdeční svalovina se nazývá myokard. Je složena z příčně pruhovaných vláken, která umožňují dokonalý rozvod vzruchů. Povrch srdce tvoří epikard, který podél vstupujících a vystupujících cév srdce přechází v zevní vazivový obal tzv. perikard. Mezi epikardem a perikardem je osrdečnicková dutina, která je vyplněná malým množstvím tekutiny, což umožňuje hladký, klouzavý pohyby obou vrstev (Čihák, 2016).

U dospělého člověka má srdce velikost sevřené pěsti a hmotnost okolo 330 gramů. Rozdělujeme ho na pravé a levé srdce. Pravé srdce tvoří pravá síň a komora, levé srdce tvoří levá síň a komora. Pravou síň a komoru rozděluje trojcípá chlopeň. Levou síň a komoru rozděluje dvojcípá (mitrální) chlopeň (Dylevský, 2019).

4.2 Plicní oběh

Plicní neboli malý krevní oběh je oběh krve mezi srdcem a plícemi. Začíná v pravé komoře, ze které je krev vedena přes poloměsíčitou chlopeň plicní tepnou do plic k okysličení. Okysličená krev se poté vrací plicními žilami do levé síně (Dylevský, 2019).

4.3 Tělní oběh

Tělní neboli velký krevní oběh zajišťuje tok krve mezi srdcem a tělem. Začíná v levé komoře, ze které je krev vypuzována přes aortální chlopeň do aorty. Z oblouku aorty vystupují věnčité tepny zásobující srdce, párové krkavice a párové tepny vedoucí do horních končetin. V oblasti břicha z aorty vystupují další velké tepny zásobující orgány břišní dutiny. Nakonec se aorta rozděluje na dvě velké stehenní tepny zásobující dolní končetiny. Odkysličená krev se zpět do srdce vrací žilami. Ze spodní části těla žíly vedou do velké dolní duté žíly a z horní poloviny do horní duté žíly. Obě duté žíly ústí do pravé síně (Dylevský, 2019).

4.4 Historické milníky výzkumu anatomie a fyziologie srdce

1580- Girolamo Mercuriale jako první upozornil na fakt, že v případě nepřítomnosti pulzu lze očekávat nástup synkopy.

1717- Marcuz Gerbezius charakterizoval klinický obraz synkopy spojenou s bradykardií.

1769- Americko-britský lékař Edward Bartholomew Bancroft poprvé poukázal na existenci elektřiny v živém organismu. Své poznatky a zkušenosti shrnul v eseji „*Natural History of Guiana*“. Za pobytu v Guyaně měl možnost pozorovat pokusy na jihoamerických úhořích a rejnocích. Byl první, kdo vyslovil hypotézu, že tyto ryby vytvářejí ve svém těle elektřinu, kterou pak omračují kořist.

1791- Luigi Galvani ve svém díle „*De viribus electricitalis in motu muscolari commentarius*“ poukazuje na pokusech na žábách na skutečnost, že ve svalovině probíhá elektrický impulz.

1839- Jan Evangelista Purkyně zkoumal specializovaná vlákna převodní tkáně na srdci ovcí. Jeho žák Palička je poté popsal jako Purkyňova vlákna.

1842- Carlo Matteucci prokázal, že každá srdeční ozva je provázena slabým elektrickým proudem. Ukázal to pomocí žabiho stehýnka, kde tyto elektrické impulsy způsobovaly stahy svalů.

1856- Rudolf Albert von Kolliker poukazoval na to, že nejprve v srdci proběhne elektrický proud a až poté následuje svalová kontrakce.

1856 - Rudolph von Koelliker a Heinrich Müller galvanometrem měřili a potvrdili elektrické proudy při stahu srdce. Přišli na to, že intenzivnější proudy vznikají jak před systolickým stahem komory srdce, tak i po něm. Tyto proudy byly později popsány elektrickými vlnami, které se nyní označují na elektrokardiogramu jako QRS komplex a vlna T.

1865- Emil du Bois – Reymond zavedl pojem akční potenciál svalové a nervové buňky.

1868- Julius Bernstein specifikoval klidový a akční potenciál a taktéž dokázal, že podkladem pro šíření vzruchu je lokalizovaná depolarizace způsobená existencí transmembránového potenciálu.

1870- Alexander Muirhead poprvé zachytil pomocí Thomsonova sifonu elektrický signál srdečního rytmu.

1876- Giovanni Paladino charakterizoval svalová vlákna vyskytující se na povrchu síňokomorových chlopní. Myslel si, že jde o síňokomorové spojení. Dnes jsou tato vlákna považována za možné přídatné spojky později definovaného Kentova svazku.

1878 - John Burden Anderson britský fyziolog a Frederick Page zaznamenali kapilárním elektrometrem elektrické impulsy srdce a potvrdili, že jsou složeny ze dvou fází (později nazývané QRS komplex a vlna T na elektrokardiogramu).

1893- Wilhelm His Jr. a Albert Frank Stanley Kent nezávisle na sobě charakterizovali síňokomorové spojení, dnes známé jako Hisův svazek.

1906- Sunao Tawara popsal atrioventrikulární uzel a Tawarova raménka.

1907- Martin William Flack a Sir Arthur Berridele Keith nejprve popsali na zvířecím modelu a poté na lidském srdci primární centrum tvorby vzruchů. Název sinoatriální uzel použil až Carl Eduard Walter Koch v pozdější době.

1913- Albert Frank Stanley Kent charakterizoval síňokomorové spojení dnes nazývané jako Kentův svazek.

1941- Ivan Mahaim charakterizoval parahisální a nodofascikulární vlákna.

(Číhalík, 2022).

5 ELEKTOFYZIOLOGIE SRDCE

Elektrofyzologie srdce je oblast medicíny zabývající se tím, jak elektrické signály ovlivňují srdeční tkáň a jakým způsobem jsou tyto signály generovány, šířeny a regulovány (Čihák, 2016).

Srdce obsahuje buňky převodního systému, které vzruchy vytvářejí a vedou, ale i buňky svalové, které na tyto podněty odpovídají stahem. Funkce srdce jako pumpa je umožněna díky buňkám myokardu a jejich vlastnostem: automacií (což je schopnost stahu bez vnějších podnětů, která je dána spontánní elektrickou aktivitou buněk převodního systému), rytmicitou (pravidelné střídání systoly a diastoly), vodivostí (schopnost šíření akčního potenciálu), dráždivostí a stažlivostí. Dráždivost je schopnost srdečního svalu se na daný podnět zkrátit. Za normálních okolností je podnětem elektrický impulz vycházející z dané oblasti myokardu. Smrštění srdečního svalu vede ke zmenšení objemu dutiny síně nebo komory a dochází k vypuzení krve. Systolou nazýváme stah myokardu. Opakem je diastola, kdy svalovina je ochablá a tím se zvětšuje objem síní nebo komor. Pro smršťování je důležité, aby podnět (elektrický impulz) byl dostatečný. Systola a diastola na sebe přesně navazují. Myokard tak pracuje nepřetržitě a rytmicky a zajišťuje trvalé přečerpávání krve (Dylevský, 2019).

Rozdíl mezi pracovním myokardem a převodním systémem je takový, že napětí na membráně pracovního myokardu mezi akčními potenciály je stejné, takže kardiomyocyty zůstávají v klidovém membránovém potenciálu mezi jednotlivými akčními potenciály. U buněk převodního systému dochází ke spontánní depolarizaci, a tím se právě průběh akčního potenciálu liší. Postupným snižováním napětí na membráně, při dosažení prahové hodnoty, dojde k vyvolání akčního potenciálu. Tento akční potenciál je nejrychleji vyvolánu sinoatriálního uzlu, a proto se také nazývá jako primární pacemaker (Bureš, 2014).

Elektrofyzologie zahrnuje dva pojmy: depolarizace a repolarizace. Depolarizace představuje změnu elektrického náboje buňky, která vyvolává kontrakci svalových vláken. Repolarizace pak znamená návrat buňky do původního elektrického stavu (Čihák, 2016).

5.1 Převodní srdeční systém

Specializovaný systém svalové tkáně na tvorbu a přenos impulzů vyvolávajících kontrakci srdečního svalu se nazývá převodní srdeční systém.

Převodní systém se skládá ze sinoatriálního uzlu, internodálních síňových spojů, atrioventrikulárního uzlu, z Hisova svazku, pravého a levého Tawarova raménka a Purkyňových vláken (Čihák, 2016).

Sinoatriální uzel (SA) je hlavní řídicí složkou, která vysílá pravidelné impulzy (cca 60-80/minutu) a nazývá se sinusový rytmus. Stavbou se jedná o podlouhlý útvar délky 10-20 mm, šířky asi 3 mm a tloušťky asi 1 mm. Nachází se ve stěně pravé síně před ústím horní duté žíly. Vzruchy se vytvářejí v centrálních nodálních myocytech, které jsou drážděny parasymptikem a sympatikem. Vzruchy se pak šíří internodiálními spoji a vzniká tak postupný stah síní a vypuzení krve (Čihák, 2016).

Atrioventrikulární uzel (AV) se nachází na rozhraní síní a komor při ústí trojcípé chlopně. Je oválného tvaru o délce asi 7-8 mm, šířce asi 1 mm a tloušťce 3 mm. Skládá se z myocytů a kolagenního vaziva. Úkolem AV je zpomalovat šíření vzruchu přijímaného z SA uzlu na 30-40/min. Zpomalení funkce zabraňuje předčasnému převodu na komory, a tak zajišťuje kompletní přečerpání krve ze síní před stahem komor (Čihák, 2016).

Dále navazuje Hisův svazek, který je složen ze seskupení buněk srdečního svalu specializovaných na převod signálu. Při vstupu do septa se rozděluje na pravé a levé Tawarovo raménko. Jedná se o svazky směřující do odpovídající svaloviny komor, kde se postupně větví na Purkyňova vlákna. Ty převádějí signál svalovým buňkám. Komory se stahují odzdoła nahoru a krev je tak jednodušeji vypuzena do velkých tepen. Přenos impulzů převodního systému lze v blízkosti srdce monitorovat přístrojem zvaným EKG (elektrokardiografie) (Čihák, 2016).

5.2 Akční a klidový potenciál srdce

Akční a klidový potenciál jsou dva základní elektrické stavy, kterými srdce prochází během své elektrické činnosti (Staněk, 2020).

Klidový potenciál je stav, kdy má srdeční buňka negativní elektrický náboj uvnitř vnitřní části buňky v porovnání s vnější částí. Tento stav je udržován přítomností iontů

(draslík, sodík, vápník) a aktivitou iontových kanálů, které jsou vybrány pro tyto ionty (Staněk, 2020).

Akční potenciál je stav, kdy se jedná se o krátkou změnu elektrického potenciálu, která vzniká jako odpověď na stimulaci nebo elektrický impulz. Začíná depolarizací buňčné membrány kardiomyocytu, kdy dochází k prudké změně náboje z negativního na pozitivní, což způsobí otevření sodíkových kanálů a vstup sodíkových iontů do buňky. Následuje proces repolarizace, kdy dochází k návratu srdeční buňky do negativního stavu. To způsobuje otevření draselných kanálů a výstupem draselných iontů z buňky (Staněk, 2020).

Tento koloběh je klíčový pro správnou kontrakci srdeční svaloviny. Akční potenciály se šíří srdcem a koordinují kontrakci síní a komor, umožňující efektivní pumpování krve. Poruchy tvorby elektrických vzruchů mohou vést k arytmií a jiným srdečním problémům (Staněk, 2020).

6 HISTORIE KARDIOLOGIE

Dějiny kardiologie sahají až do starověku, kdy se lidé začínali zajímat o srdce. Jako první popsal krevní oběh Avicenna v 11. století. W. Harvey v 17. století definoval první moderní teorii krevního oběhu. 18. a 19. století bylo obdobím rozvoje anatomie a fyziologie. Začaly se objevovat první poznatky o srdci a cévách a R. Laennec vynalezl stetoskop, což lékařům umožnilo poslouchat srdeční ozvy (Číhalík, 2022).

6.1 Arytmologie

Arytmologie se stala v průběhu 20. století samostatným lékařským oborem, který se specializuje na studium, diagnostiku a léčbu poruch srdečního rytmu. Příkladem je fibrilace síní, bradykardie, tachykardie. Arytmologové využívají různé diagnostické metody, aby správně identifikovali a léčili poruchy srdečního rytmu (Kautzner, 2009).

6.2 Vyšetřovací metody

Vyšetřovací metody je možné rozdělit na invazivní a neinvazivní. Mezi invazivní metody řadíme například elektrofyzilogické vyšetření, srdeční katetrizaci a laboratorní metody. Neinvazivní vyšetřovací metody jsou například fyzikální vyšetření, elektrokrdiografie, echokardiografie.

6.2.1 Historie

Posuzování pulzu se stalo pravděpodobně prvním fyzikálním vyšetřením v historii kardiologie kvůli své jednoduchosti a snadné proveditelnosti. První zmínky již najdeme ve starověké čínské medicíně v 5. století př. n. l., tak i v antickém Řecku. Hérofilos z Chalkédonu (cca 330-260 př. n. l.) podal odborný spis, v němž rozlišil čtyři základní vlastnosti pulzu: rytmus, frekvenci, velikost a sílu. Problém byl ale ve stanovení frekvence, jelikož chyběla přiměřená, reprodukovatelně vyjádřená časová osa. Bylo proto nutné se spokojit s obecným konstatováním pomalý či rychlý pulz. Claudius Galén řešil otázku místa vzniku pulzu. Předpokládal, že pulz je odpovědí aktivní činnosti tepen. Dle svých zkušeností z pitev zamítl, že by v žilách proudil vzduch. Nedokázal ale pochopit, jak funguje plicní oběh a domníval se, že krev se z pravého do levého srdce dostává skrz póry v srdeční přepážce. Právě Galén představoval na dlouhá staletí absolutní a nezpochybnitelnou autoritu, a tak vyvrácení jeho mylných představ muselo počkat až na příchod renesance na konci 15. a 16. století (Číhalík, 2022).

William Harvey jako první prolomil Galénovo učení a prokázal, že krev se v tepnách pohybuje díky činnosti srdce, nikoliv jejich vlastní aktivitě. Rovněž podal důkaz, že aktivní činností srdce je systola nikoliv diastola (Číhalík, 2022).

V roce 1580 Girolamo Mercuriale definoval své výsledky pozorování tak, že když není přítomen dostatečný pulz, můžeme očekávat synkopu. Marcus Gerbezius v roce 1717 charakterizoval klinický obraz významné bradykardie (jednalo se o AV blok III. stupně) spojené se synkopou. Tato klinická příhoda byla popsána o 150 let dříve než nález nazývaný dnes jako Adamsův-Stokesův syndrom (Číhalík, 2022).

V druhé polovině 19. století Pierre Charles Édouard Potain, vůdčí osobnost francouzské kardiologické školy, popsal řadu auskultačních fenoménů. Jako první zaznamenal arteriální a venózní pulz, a tak položil základy pro polygrafické metody, využívané v předelektrokardiografickém období. O další rozvoj se zasloužil kardiolog Sir James Mackenzie. Vyvinul svůj vlastní inkoustový polygrafický přístroj, který registroval na dlouhém záznamu arteriální a venózní pulz. V roce 1890 popsal předčasnou komorovou systolu a rozlišoval neškodlivé a nebezpečné poruchy rytmu (Číhalík, 2022).

Karel Frederik Mackebach v roce 1899 dokazoval síňokomorové blokády pouze na základě pulzu. Dnes jsou známe jako Wenckebachovy periody. Jedná se o masáž karotického sinu jako léčbu záchvatů anginy pectoris, kdy se předpokládá příznivý účinek zpomalení tepové frekvence a pokles krevního tlaku (Číhalík, 2022).

Pomocí polygrafických metod podal John Hay v roce 1906 popis síňokomorového bloku typu Mobitz II. Dpracoval se k tomu analýzou radiálního arteriálního pulzu pomocí sfygmogamu a jugulárního pulzu s využitím flebogramu. Stejný děj byl popsán Woldemarem Mobitzem v roce 1924 pomocí EKG (Číhalík, 2022).

6.2.2 EKG – elektrokardiografie

Historie elektrokardiografie úzce souvisí s poznáním elektřiny a bioelektrických potenciálů. V druhé polovině 18. století Luigi Galvani objevil, že elektrická stimulace může způsobit stah svalů u mrtvých žab, což bylo klíčové pro vznik elektrokardiografie. Jeho práce vedla k vývoji měřícího přístroje nazývaném galvanometr, který slouží k měření elektřiny. Elektrokardiografy, které se dnes používají, mají vysoce citlivý a upravený galvanometr (Vyskočil, 2008).

Britský fyziolog Augustus Waller jako první v 19. století zaznamenal elektrické impulzy z povrchu těla pomocí kapilárního elektrometru. EKG křivka byla zaznamenána na fotografické desce. Také jako první vyzkoumal, že dokáže snímat elektrické potenciál z končetin, a nejen z elektrod položených na hrudníku. Pokus prováděl na svém psovi, kdy měl ponořené tlapy v elektrolytu. Walter ale svojí práci považoval za nedokonalou, protože viděl pouze minimální klinický význam. Williem Einthovena ale výsledky inspirovaly, a proto je považován za objevitele a zakladatele EKG (Táborský, 2021).

Na konci 19. století byl poprvé Einthovenem použit termín elektrokardiogram. Roku 1895 poprvé popsal křivku EKG a na registrované potenciály aplikoval aritmetickou korekci. Výchyly označil písmeny P, Q, R, S, T. Roku 1902 použil strunový galvanometr, který sloužil na delší dobu jako vzor pro klinicky používané přístroje. Einthoven při vývoji a uvedení do praxe definoval dodnes platné standardy. Jedná se o posun papíru 25 mm/s nebo výchylku 1 cm, která odpovídá 1mV. V roce 1906 bylo publikováno několik nálezů, např. AV blokády, flutter síní a komorové extrasystoly. Nejdůležitější je jeho publikace z roku 1913. Jde o princip „Einthovenova trojúhelníku“, díky kterému je stanovena elektrická osa srdce. Za své objevy dostal v roce 1924 Nobelovu cenu (Táborský, 2021).

U nás bylo EKG poprvé použito roku 1913 v Praze Václavem Libenským. O rok později popsal AV blokádu. Největší zásluhu na rozvoji má prof. Bohumil Prusík a František Herles. Herles v roce 1928 úspěšně diagnostikoval infarkt myokardu pomocí EKG a v roce 1929 rozpoznal infarkt myokardu od perikarditidy. Byl také prvním vydavatel učebnic o EKG v roce 1934, které byly velmi populární. MUDr. Jiří Kolář pak dále přispěl k rozvoji tím, že pořádal vzdělávací kurzy ohledně EKG pro sestry v intenzivní péči a na koronárních jednotkách a také vydával učebnice (Bělohávek, 2014).

Běžná svodová technika používaná k registraci se skládá z dvanácti svodů, které se rozdělují na tři skupiny.

První jsou bipolární končetinové svody, podle Einthovena se označují také jako standardní. Zachycují projekci srdečních potenciálů ve frontální rovině, a proto je nelze pro běžnou praxi odmítnout. Bipolárním zapojením právě měříme rozdíl potenciálů mezi dvěma aktivními elektrodami. Svody jsou označeny římskými číslicemi I, II, III. Svod I spojuje pravou a levou ruku. Svod II spojuje pravou a levou nohu. Svod III spojuje levou ruku a levou nohu. Spojením těchto tří svodových míst získáme Einthovenův trojúhelník (Hampton, 1996).

Druhé jsou unipolární končetinové svody. Jelikož končetinové svody snímané pomocí techniky Wilsona (označení V_R , V_L , V_F) mají nevýhodu malých výkyvů, používají se zvětšené unipolární svody podle Goldebergera (označení aV_R , aV_L , aV_F). Každý svod má za úkol udávat potenciál jedné z příslušné elektrody. Písmenko „a“ označuje augmentaci. Symboly R, L, F byly převzaty z anglosaské literatury a označují: R – pravá horní končetina, L – levá horní končetina, F – levá dolní končetina (Hampton, 1996).

Třetími jsou unipolární hrudní svody podle Wilsona. Na rozdíl od končetinových svodů sledují elektrickou aktivitu srdce v horizontální rovině. Společně umožňují prostorovou představu o elektrickém srdečním poli. Svody zachycují potenciály z jednoho místa proti druhému místu, které má téměř nulový potenciál, protože střed je uprostřed srdce. Svody se přikládají takto: V_1 -4. mezižebří parasternálně vpravo, V_2 -4. mezižebří parasternálně vlevo, V_3 – mezi V_2 a V_4 , V_4 -5. mezižebří medioklavikulární čára, V_5 -5. mezižebří přední axilární čára, V_6 -5. mezižebří střední axilární čára (Hampton, 1996).

6.2.3 Holterova monitorace EKG

Tato metoda je pojmenována po Normanu J. Holterovi, který ji v roce 1961 jako první popsal a použil.

Podstatou Holterovského monitoringu je zaznamenávat srdeční frekvenci, rytmu a pravidelnost při běžných denních činnostech pacienta. Jedná se o neinvazivní vyšetřovací metodu, kterou lze provádět i ambulantně. Ze záznamu lékař může diagnostikovat arytmií, anebo sledovat účinky při zahájení nebo změně antiarytmické léčby. Oproti klasickému EKG je možné snímat srdeční aktivitu minimálně po dobu 24 hodin, maximálně 7 dnů. Pacientovi je napojeno na hrudník 6 svodů, které registrují křivku do záznamníku, který má pacient připevněný na těle (Holterovská monitorace, nedatováno).

6.2.4 Echokardiografie

Základní neinvazivní zobrazovací metodou v kardiologii je echokardiografie. Princip je založen na proudění a odrazech ultrazvukových vln v srdci. Umožňuje zobrazení srdečních oddílů se zaměřením na jejich rozměry: tloušťku komorových stěn, mezikomorové septum, všechny chlopně, aortu, plicnici a porovnání kinetik myokardu. Touto metodou lze diagnostikovat ischemickou chorobu srdeční, kardiomyopatii, chlopní vady, myokarditidu a endokarditidu. Vyšetření se může provádět jako transthorakální nebo jícnové. Historie echokardiografie proniká do roku 1953. První zobrazení levé komory publikoval Dr. Elder v roce 1955 (Rambousková, 2015).

V 19. století byla poprvé popsána rakouským fyzikem Christianem Dopplerem Dopplerovská technika používaná k měření a vizualizaci rychlosti a směru krevního toku v srdci a cévách. Umožňovala barevné zachycení průtoku krve v jednotlivých srdečních oddílech (Kolář, 2009).

6.2.5 Elektrofyziologické vyšetření

Elektrofyziologické vyšetření (EFV) je invazivní diagnostický postup v kardiologii, který se provádí za účelem zmapování elektrické aktivity srdce a identifikace různých srdečních arytmií. Během vyšetření je zaveden katetr přes femorální tepnu až do nitra srdce. Katetrem je zavedena trubice s elektrodami, které mohou registrovat elektrické signály v různých částech srdce (Bulava, 2017).

Základní principy elektrofyziologického vyšetření byly poprvé popsány ve 40. a 50. letech 20. století. První vyšetření pomocí katétru bylo provedeno až v roce 1967 lékařem Michaelem L. Leshem (Bulava, 2017).

Elektrofyziologické vyšetření prošlo mnoha vylepšeními a inovacemi včetně pokroku v technologii katétrů a elektrod a zlepšení obrazové techniky. Dnes je toto vyšetření běžným postupem v kardiologické praxi a hraje velkou roli při diagnostice a léčbě srdečních arytmií (Bulava, 2017).

7 PORUCHY SRDEČNÍHO RYTMU – BRADYARYTMIE

Pokles srdeční frekvence pod 60/minutu se označuje jako bradykardie. Vzniká buď na podkladě poruchy převodu vzruchu mezi síněmi a komorami (atrioventrikulární blokády), nebo na podkladě poruchy funkce sinoatriálního uzlu nebo důvodem mohou být oba mechanismy (Staněk, 2020).

Nitrokomorové blokády mohou být varovným signálem před možným vznikem pokročilejší AV blokády do budoucna. Mohou předpovídat i možné strukturální srdeční onemocnění nebo jeho rozvoj předvídat (Kettner a Kautzner, 2021).

7.1 Poruchy funkce sinusového uzlu

Mezi poruchy funkce sinusového uzlu, které vedou k implantaci kardiostimulátoru řadíme sinusovou bradykardii, sick sinus syndrom a sinusovou pauzu (Staněk, 2020).

7.1.1 Sinusová bradykardie

Jedná se srdeční akci pod 60 tepů za minutu. Fyziologicky k ní dochází ve spánku, kdy může klesnout až na 35-40 tepů/min a u trénovaných sportovců. Bradykardii mohou vyvolat i některé léky např. betablokátory a digoxin. Můžeme se s ní i setkat při podchlazení, hypotyreóze, u akutního infarktu myokardu spodní stěny a u autonomních poruch. Při poklesu srdeční frekvence mají pacienti známky hypotenze, zmatenosti a je možná i synkopa (Staněk, 2020).

7.1.2 Sick sinus syndrom – syndrom chorého sinu

Syndrom chorého sinu je porucha funkce sinoatriálního uzlu, kdy se střídají epizody pomalé a rychlé srdeční akce. Charakteristickým znakem je nemožnost zrychlit srdeční frekvenci při zvýšené námaze. Mezi symptomy patří únava, mdloba, synkopy, slabost (Vojáček, 2020).

Nejčastější příčinou vzniku je ateroskleróza věnčitých tepen, ischemická choroba srdeční a záněty. Porušená funkce tvorby vzruchu se v SA uzlu projevuje pomalou a rychlou frekvencí. Pomalý rytmus nazýváme sinusová bradykardie. K rychlým rytmům patří paroxysmální fibrilace síní, flutter síní, síňová tachykardie. Střídání pomalých a rychlých epizod nazýváme brady – tachy syndrom.

EKG křivka vypadá tak, že P-QRS-T komplexy jsou pravidelné, ale mají pomalou frekvenci (Kettner a Kautzner, 2021).

7.1.3 Sinusová pauza

Sinusovou pauzu je způsobena zástavou elektrické aktivity sinoatriálního uzlu nebo stavem, kdy se vzruch ze sinoatriálního uzlu nemůže z důvodu blokace převést na síně. Jedná se o přechodnou poruchu, většinou trvá několik sekund a poté ji nahradí jiný rytmus (junkční bradykardie). Na EKG křivce je náhlý výpadek celého komplexu P-QRS-T (Vojáček, 2020).

7.2 Atrioventrikulární blokády

Atrioventrikulární blokáda je porucha vedení vzruchu ze síní na komory přes atrioventrikulární uzel. Rozlišují se tři stupně podle závažnosti (Bulíková, 2015).

7.2.1 AV blokáda I. stupně

Na EKG je prodloužený PQ interval nad 0,2 s a každá další vlna P je vždy následována jedním QRS komplexem. AV blokáda se může objevit ve vyšším věku v důsledku onemocnění, užíváním betablokátorů nebo blokátorů kalciových kanálů. Pacienti většinou nepocítují žádné potíže (Bulíková, 2015).

7.2.2 AV blokáda II. stupně

Jedná se o částečnou blokádu vedení mezi síněmi a komorami. Dělí se na I. typ – Wenckebachova blokáda a II. typu – Mobitz 1 a Mobitz 2.

Wenckebachova blokáda – na EKG křivce dochází k postupnému prodlužování PQ intervalu, po určitém počtu P-QRS komplexů jeden QRS komplex vypadne a zůstane jen vlna P. K výpadkům komplexu QRS dochází pravidelně. QRS komplexy mají normální tvar, jen výjimečně mohou být rozšířené, a to při současné blokádě raménka. Příčinou bývá porucha převodu vzruchu v atrioventrikulárním uzlu, u IM spodní stěny, nejčastěji během prvních hodin po IM, po několika dnech odeznívá nebo může být znamením pro úplný AV blok (Vítek a Pohanka, 1982).

Mobitzova blokáda – dochází k nepravidelným výpadkům jednoho nebo více QRS komplexů, aniž by předcházela prodloužená doba PQ. Vlivem Tawarových ramének bývají komplexy QRS rozšířené. Většinou je porucha vedení pod Hisovým svazkem. Blokáda bývá většinou trvalá, protože je příčinou anatomické postižení převodní tkáně. Vznik bývá často u pokročilých forem ischemických chorob srdce, při IM na přední stěně (Vítek a Pohanka 1982).

7.2.3 AV blokáda III. stupně

Třetí stupeň je nejzávažnější, protože k převodu vzruchu ze síní na komory vůbec nedochází. Nejčastějším důvodem je akutní infarkt myokardu spodní stěny. Na EKG se projevuje QRS komplexy nezávislými na vlnách P (Bulíková, 2015).

Rozlišujeme proximální a distální blokádu. Proximální blokáda je lokalizovaná suprahisálně (QRS komplex je úzký), účastní se junkční rytmus s činností 40-60/min. Distální blokáda je lokalizovaná infrahisálně (QRS komplex je široký), účastní se náhradní komorový rytmus s frekvencí 30/min. V případě nepřítomnosti náhradního rytmu nastává asystolie. Na EKG křivce je pouze aktivita síní (Kettner a Kautzner, 2021).

7.2.4 Raménkové blokády

Porucha vedení vzruchu pod Hisový svazkem až po Tawarova raménka. Může být postiženo pouze pravé nebo levé raménko. Způsobuje vedení vzruchu a opoždění depolarizace komor (Bulíková, 2015).

Rozlišují se tři typy blokády: **Fascikulární blokády (hemiblokády)**, kdy jsou poruchy lokalizované v jednom ze dvou svazků levého Tawarova raménka. Dochází k opožděné aktivaci levé komory a septa. **Blokády Tawarových ramének** rozdělujeme na poškození pravého raménka, kdy je opožděná reakce pravé komory. Na EKG je rozšířený QRS komplex, abnormální tvar QRS komplexu na svodech V1 a V2 (připomíná tvar M). Při poškození levého raménka je opožděná reakce levé komory, Jedná se o závažnou blokádu, která je často přítomná u ischemické choroby srdeční, u akutního IM a při stavech vedoucích k hypertrofii nebo dilataci levé komory. Dále máme **bifascikulární blokády**, kdy převod vzruchu je blokován pravým raménkem a současně jedním ze svazků levého Tawarova raménka. Dělí se na blokádu pravého raménka a hemiblokádu převodního svazku levého raménka a na blokádu pravého raménka a hemiblokádu zadního svazku levého raménka (Táborský, 2009).

8 KARDIOSTIMULÁTORY A KARDIOSTIMULACE

8.1 Historie kardiostimulace ve světě

Skotský filozof J. A. MacWilliam podal v roce 1889 zprávu o tom, že aplikoval elektrické impulzy do lidského srdce při asystolii a vyvolal tak kontrakce komor o stejné frekvenci (60-70/min), jako byla frekvence stimulace. V roce 1928 provedl první léčebnou stimulaci srdce australský anesteziolog při resuscitaci dítěte. Provedl ji pomocí jehly, kterou zavedl do srdce a aplikoval elektrické výboje. Albert Salisbury Hyman v roce 1932 použil k vytváření výbojů ručně poháněné dynamo a výboje aplikoval přes jehlu do pravé síně. V roce 1951 kanadský chirurg W. G. Bigelow a jeho spolupracovník Ing. J. A. Hopps vynalezli první kardiostimulátor, který použili na zvířecím modelu. Zařízení bylo velké a neskladné. O rok později použil P. M. Zoll první zevní stimulaci. Jedna elektroda byla zavedena do podkoží a druhá na povrchu hrudníku. Samotný přístroj byl menší, ale vždy musel být připojený do trvalého zdroje elektrického napětí, což limitovalo pacienta v pohybu ale i bolestí při elektrické stimulaci. Vývoji nešlo ale zabránit, a tak v roce 1956 britský kardiolog A. G. Leatham přišel s konstrukcí prvního zevního stimulatoru s funkcí „on demand“ a o rok později americký kardiochirurg C. W. Lillehei a jeho spolupracovník E. Bakken vynalezli zevní stimulator s torakoskopicky zavedenými elektrodami. Rok 1958 byl přelomovým pro kardiostimulaci. Americký kardiolog S. Furman použil první transvenózní stimulaci se zevním stimulatorem (Číhalík, 2022).

První implantace kardiostimulátoru byla v roce 1958. Konstrukteřem byl R. Elmqvist. Výkon provedl ve Stockholmu A. Senningem a probíhal tak, že ocelová elektroda potažená teflonem byla našita přímo na povrch srdce při torakotomii. Pacient se jmenoval Arne Larssen přežil do roku 2001 a vystřídal 26 kardiostimulátorů (Lipoldová, 2006).

Baterie prvního implantátu se vybila už po 8 hodinách, a tak bylo nutné implantovat druhý předem vyrobený exemplář, u kterého vydržela baterie 6 týdnů. Cylindrický unipolární asynchronní implantabilní generátor měl průměr 52,5mm, výšku 17,5mm a vážil 64,3g. Skládal se ze dvou dobíjecích nikl-kadmiových článků, elektrického obvodu a nabíjecí antény a celý byl zalitý v epoxidové pryskyřici. Elektroda se skládala z jádra z vyztuženého nylonu obaleného čtyřmi proužky nerezavějící oceli. Vše bylo izolováno pod polyetylenovým povrchem. Platinová destička měla funkci katody s aktivním povr-

chem 63,3mm² a byla našita na levou komoru přímo na srdce. 10 mm prstenec na pouzdře generátoru sloužil jako anoda. Každý ze dvou nikl-kadmiových článků vyráběl proud o 50 µA/h. Nabíjení probíhalo pomocí střídavého proudu 150 kHz, který vyráběla externí jednotka připojená do sítě na napájení 220 V. Proud byl vyvolán externí cívkou o průměru 25 cm. Cívka poté nabíjela interní cívku kardiostimulátoru o průměru 50 mm. Baterie potřebovala 1krát týdně po dobu 12 hodin nabít (Lipoldová, 2006).

Téhož roku (1958) byl implantován trvalý kardiostimulátor v USA chirurgem W. M. Chardeckem, jehož vynálezce byl Ing. W. Greatbatch. Roku 1959 irsko-americký profesor S. Hunter poprvé použil nerezovou transvenózní elektrodu v ochranném kaučukovém pouzdru, která byla sestrojena vedoucím inženýrem firmy Medtronic Norman Roth. Přístroj měl svůj zevní bateriový zdroj a připojenou dočasnou transvenózní elektrodu zavedenou do cefalické žíly. Jednalo se o podstatně multifunkčnější přístroj. Model 902M měl schopnost vnímat vlastní srdeční aktivitu, ale neuměl inhibovat stimulaci jako reakci na vnímání. Další byla schopnost stimulace v rozsáhlém spektru stimulačních frekvencí a stimulačního výdeje, měření impedance elektrodového systému a podávání informací o množství vlastních vnímaných událostí. Tento přístrojem měl implantovaný 67letý muž a výkon proběhl roku 1959. O 4 roky déle z důvodu infekce a zlepšení kvality života podstoupil pacient torakotomii a zavedení implantabilního systému. Bohužel se pacient po výkonu neuzdravil a po 20 dnech zemřel (Lipoldová, 2006).

Předcházející forma současné trvalé kardiostimulace byla zevní kardiostimulace. Mezi roky 1958 a 1959 vyvinuli radiofrekvenční pacemaker s implantovaným bateriovým zdrojem. Srdce bylo stimulováno přes elektrody přilepené na hrudníku (Číhalík, 2022).

Doktor R. Rubin v únoru 1960 poprvé implantoval Seeningův model upravený podle nových technologií a znalostí. Germaniový tranzistor byl nahrazen silikonovým a celý generátor byl zalit do Aralditu (nového typu pryskyřice). Přístroj měl dobíjecí nikl-kadmiovou baterii. Téhož roku byl vynalezen a implantován model s novým energetickým zdrojem zinko-rtuťového článku. Výkon provedl W. Greatbatche. Jednalo se o náročnou implantaci, protože k dispozici byly jen epimyokardiální elektrody. Nutná byla levostranná torakotomie s obnažením srdce, a proto musel být lékař zkušený kardiochirurg. Pacienti indikovaní k implantaci kardiostimulátoru měli většinou opakované synkopy s AV blokádou vyššího stupně a jejich celkový stav byl zhoršený. Výkon byl pro pacienta hodně náročný a rizikový, proto si ho troufalo provést je pár kardiochirurgů (Číhalík, 2022).

Bez ohledu na přirozenou srdeční činnost dokázaly první kardiostimulátory vysílat impulsy v pravidelných, předem definovaných intervalech. V té době byly označovány jako "asynchronní" nebo "stimulace s pevnou frekvencí"; v současné kategorizaci by byly označeny jako V00. Spotřeba energie kardiostimulátorů byla výrazně vyšší, než bylo nutné. Cílem bylo čistě stimulovat srdce. Dvojice ocelových stočených drátů obalených teflonem byla na počátku 60. let 20. století široce používanou elektrodou. Vysoká četnost zalomené elektrody byla hlavní příčinou její značné nespolehlivosti (Lipoldová, 2006).

Britský kardiochirurg L. D. Abrams spolu s inženýrem R. Lightwoodem v roce 1960 vyvinul a implantoval alternativní typ kardiostimulátoru vyráběný firmou Lucas. Výhodiskem byla implantace sekundární indukční cívky pod kůži s vodiči vedenými do srdce. Předěšlo se tak dvěma nevýhodám tehdejších způsobů kardiostimulace: infekci šířící se kolem zevně vyvedených elektrod a nepříjemným svalovým záškubům způsobených během stimulace. V krabičce uložený vlastní stimulátor byl pak připevněn mimo tělo na opasku a primární cívka stimulátoru byla přes kůži přiložena na implantovanou sekundární část. Velkou nevýhodou bylo, že když se cívka stimulátoru oddálila od implantované části pod kůží, dostavila se bradykardie nebo synkopa. Tento typ stimulátoru byl implantován do roku 1966 celkem 56 pacientům s průměrnou délkou dožití 5,5 let (Lipoldová, 2006).

Victor Parsonnet v USA v roce 1962 poprvé provedl transvenózní stimulaci s implantovaným kardiostimulátorem v režimu VVO. Téhož roku v Československu byla provedena první implantace kardiostimulátoru v pražské Thomayerově nemocnici. Operátorem byl americký chirurg Takaro, který přivezl s sebou z USA Chardackův stimulátor. O dva roky později americký kardiolog L. Lemberg implantoval první „on demand“ kardiostimulátor, který se zabýval základním problémem tehdejší kardiostimulace. B. V. Berkowitz v roce 1969 navrhl zdokonalení kardiostimulace a vyvinul systém DVI. Systém umožňoval obnovu síňokomorové synchronizace se zachováním Starlingova mechanismu. Berkowitz se také podílel na vývoji dynamické kardiostimulace, která umožňovala měnit stimulovanou srdeční frekvenci podle potřeb organismu. V roce 1982 navrhl a implantoval A. F. Rickards první dynamický kardiostimulátor založený na principu měření změn intervalu QT v průběhu zátěže (Lipoldová, 2006).

Koncem 20. století poskytla radionuklidová ventrikulografie popis mechanismu, jak blokáda Tawarova levého raménka prodlužuje dobu diastolického plnění. Zároveň byla rozpoznána významná funkce mezikomorového septa při vypuzování krve z levé komory.

Existence Tawarova raménka vede ke snížení preloadu, což vede ke ztrátě schopnosti uplatnit Starlingovo pravidlo. V souvislosti na tenhle poznatek se objevily první zmínky o tom, že hemodynamicky je lepší stimulovat levou komoru (Číhalík, 2022).

B. Befeler s kolektivem v roce 1979 publikovali práci, v níž studovali mechanismus intraventrikulárního centra a jako první použili při vyšetření programovanou biventrikulární stimulaci. O této hemodinamické výhodě biventrikulární stimulace referoval v roce 1983 E. de Teresa a spol (Číhalík, 2022).

Morton M. Mower v roce 1989 získal patent na koncept biventrikulární stimulace zaměřené jen na léčbu srdečního selhání. Zlepšování stimulační techniky vedlo k rozvoji současné doby resynchronizační léčby selhání srdce (Číhalík, 2022).

Rakouská lékařka Margarethe Hochleiter publikovala v roce 1990 první pozitivní výsledky zlepšení hemodynamických parametrů u nereagujícího na podnět srdečního selhání v počtu 16 pacientů s idiopatickou dilatační kardiomyopatií za pomoci resynchronizační biventrikulární stimulace (Číhalík, 2022).

8.2 Historie a vývoj kardiostimulace v Československu/ České republice

Dr. Takaro, americký chirurg původem z Maďarska, byl ve spolupráci s profesorem Chardackem z Buffala na studijní cestě v bývalém Sovětském svazu. Dr. Takara se podařilo přesvědčit, aby si udělali zastávku v Praze. První kardiostimulátor výrobců Chardack-Greatbatch byl implantován právě Dr. Takarem v roce 1962. Při zákroku asistovali Dr. B. Peleška a profesor B. Špaček, přednosta kliniky (Historie, nedatováno).

Ve stejné době byla založena výzkumná instituce Modelová laboratoř nacházející se v Praze Krči a vedením byl pověřen Dr. Peleška. Název institutu byl později změněn na výzkumný ústav pro elektroniku a modelové lékařství. Vznikl zde první československý kardiostimulátor. K první implantaci tohoto kardiostimulátoru došlo v roce 1965. Pracoval spolehlivě dva roky a poté byl úspěšně vyměněn (Historie, nedatováno).

První kardiostimulátor vyrobený v Československu, byl asynchronní VOO s nastavenou frekvencí. Byl napájen čtyřmi rtuťovými články, obsahoval dva tranzistory, jedenáct pasivních součástek a blokovací oscilátor. Aby bylo možné externě měřit stav baterie, bylo zapojení konstruováno tak, aby s klesajícím napětím baterie klesala frekvence tepů. K zapouzdření byla použita epoxidová pryskyřice, která se v té době testovala ke spojování zlomenin kostí. Údaje o biokompatibilitě určitého epoxidu byly dostupné, přestože lepení

zlomenin nezískalo velkou popularitu. Podobným postupem byl vybrán materiál pro elektrodu. Použil se totožný kov, ze kterého se vyráběly kostní hřeby využívané v ortopedické traumatologii (Bičík, nedatováno).

Brzy se ukázalo, že elektrická stimulace nesmí narušit spontánní rytmus srdce. Vojtěch Berkowitz objevil princip, který se ujal a kardiostimulátory VVI, nazývané dříve On-demand byly široce uplatněny. Tento kardiostimulátor měl obvody pro měření srdeční frekvence. Časovací obvody generátoru zastavily vysílání stimulačního impulsu, když zjistily příznaky komorové depolarizace, a obnovily cyklus na začátek. VVI byl vytvořen v několika verzích (Demand I, II, III a IV). Testování probíhalo v roce 1968 a o rok později byl VVI kardiostimulátor implantován pacientovi (Bičík, nedatováno).

Každý rok se podařilo získat jen několik kusů kardiostimulátorů ze zahraničí. Bylo jasné, že dovoz nepostačí pokrýt jejich potřebu, a proto se snažili navázat spolupráci s naším domácím průmyslem. Zájem podniků zůstal však na úrovni verbálního vyjádření bez reálné odezvy. Prvních cca 100 ks bylo vyrobeno „na koleni“ na vývojovém pracovišti díky technikovi A. Veselém. Protože byla velká poptávka, bylo třeba výrobu zvýšit. Vzniklo tak provozní oddělení PLE IKEM, kde bylo vyrobeno přes 3 000 kusů kardiostimulátorů VOO a VVI. V roce 1971 vznikl IKEM složením dvou výzkumných ústavů a dvou laboratorních celků, kde vývoj a výroba kardiostimulátorů pokračovala (Historie, nedatováno).

Spolupráci s podnikem Tesla Valašské Meziříčí se podařilo navázat až v roce 1972 a výroba kardiostimulátorů sem byla předána. V IKEMu dále pokračoval vývoj elektrických obvodů a elektrod a technici v Tesle pod vedením Ing. V. Thomayera se věnovali technologické výrobě. Kardiostimulátory značky Tesla dostaly kovové pouzdro, naštěstí nikoli plně propustné. Rtuťové napájecí články totiž produkovaly při vybíjení plyny, které prostupovaly epoxidovým pouzdem, ale mohly nepropustné pouzdro roztrhnout. Československo tak bylo poslední zemí, kde se ještě vyráběly kardiostimulátory napájené rtuťovými články. Tento druh kardiostimulátoru vyráběla Tesla do roku 1985. Nakonec se podařilo prosadit lithiové napájecí zdroje s použitím kovového nepropustného pouzdra (Historie, nedatováno).

Tesla Rožnov realizovala neprogramovatelný VVI kardiostimulátor s jednoúčelovým integrovaným obvodem. Po objevení potíží začala výroba tenkého litinového VVI. Rok 1989 byl pro českou ekonomiku zásadní změnou. Objevily se na trhu zahraniční firmy, které konkurovaly Tesle nejen v kvalitě, ale i ceně. Skupina vedená

Ing. Petrem Numannem se snažila navazovat spolupráce s firmou Siemens, kdy Tesla vyráběla několik typů ve vlastním pouzdře a uvnitř byl švédský čip a průchodka. Spolupráce netrvala ale dlouho a výroba kardiostimulátorů v České republice musela být ukončena (Bičík, nedatováno).

8.3 Rozdělení kardiostimulátorů

Kardiostimulátory můžeme rozdělit na základě několika kritérií, a to na kardiostimulátory podle doby trvání stimulace (klinické a implantabilní), podle způsobu stimulace srdečního svalu (přímé a nepřímé), podle funkce stimulatoru (řízený, neřízený a programovatelný), podle počtu zavedených elektrod do srdce (jednodutinové, dvoudutinové a biventrikulární), podle typu stimulce elektrod (bipolární a unipolární) a podle typu napájení (bateriový a vysokofrekvenční) (Bennett, 2014).

8.4 Dočasná kardiostimulace

Tato metoda je využívána při stavech ohrožující život, kdy je nutný okamžitý zásah. Dočasná stimulace hraje v léčbě bradykardií velkou roli. Je určena pacientům s hemodynamicky významnou pomalou frekvencí srdce, s rizikem asystolie nebo srdečního bloku. Pomocí zevní jednodutinové stimulace udržíme srdce v pravidelném rytmu. Elektroda se zavádí nejčastěji přes vena jugularis, vena subclavia nebo vena femoralis. Místo „ukotvení“ elektrody je v pravé komoře srdeční, přesněji v hrotu. Celý proces probíhá pod RTG kontrolou. Elektroda je dále napojena na malý externí generátor, který udává stimulační výdej a frekvenci stimulace (Dočasná kardiostimulace, 2011).

Jelikož se jedná o invazivní výkon, jsou s ním spojené určité komplikace. Možné jsou komplikace: srdeční tamponáda při perforaci myokardu, hemotorax, pneumotorax, arteriální krvácení, žilní trombóza nebo embolie, tromboflebitida, jiná infekce, dislokace elektrody a následné poranění okolních orgánů, nebo může indukovat komorovou tachykardií či asystolií. Pokud bradykardie přetrvává, je nutné zvažovat trvalou kardiostimulaci (Mořovská, 2016).

U těžkého srdečního selhání se můžeme setkat i s dvoudutinovým síňokomorovým stimulatorem. Nahradí se tak síňokomorový převod. První elektroda převádí impuls v síni a po určité době přístroj vyše vzruch pomocí druhé elektrody do hrotu pravé komory. Stimulátor napodobuje převodní systém srdeční (Kolář, 2009).

8.4.1 Indikace k zavedení dočasné kardiostimulace

Jednou z indikací zavedení dočasné kardiostimulace je akutní infarkt myokardu. V případech postižení přední stěny (s AV blokádou II. a III. stupně) nebo postižení střední stěny (s AV blokádou II. a III. stupně pouze při hypotenzi s pomalou frekvencí 40 tepů/min). Druhou z indikací je chronické onemocnění převodního systému, kde je první nezbytné opatření právě zavedení dočasné kardiostimulace (Bennett, 2014)

Dále máme zvláštní situace, kdy je dočasná kardiostimulace indikována. Je to absolutní nebo dočasná zástava srdce, sick sinus syndrom, symptomatická sinusová bradykardie, TAVI (katetrizační náhrada aortální chlopně), jako podpora hemodynamické optimalizace po KCH výkonu, při výměně trvalé kardiostimulace (St. JudeMedical: Dvoudutinový dočasný kardiostimulátor: uživatelský manuál, nedatováno).

8.4.2 Druhy dočasné kardiostimulace podle místa zavedení

Tranevénozní kardiostimulace je invazivní metoda, která se nejčastěji používá v nemocničním prostředí. První zavedení proběhlo v roce 1959. Postup je takový, že lékař zavede sheat a elektrodu pod skiaskopickou kontrolou a pravidelným monitorováním EKG křivky. Punkční jehlou je zaveden vodič, díky němuž se mohou zavést vhodné katétry přes v. jugularis interna dextra nebo v. subclavia. V mimořádných případech je možnost zavedení přes v. femoralis a v. jugularis externa (Knechtová, 2017).

Transkutánní stimulace je neinvazivní stimulace, která byla používána už před mnoha lety. Tato metoda byla obvykle neúspěšná a způsobovala potíže kosterního svalstva. Dnes se používají dvě jednorázové nalepovací elektrody, které jsou umístěny na hrudník v anterolaterální a anteroposteriorní pozici. Elektrody jsou napojeny na externí defibrilátor. Tato metoda se nejvíce využívá v terénu, kdy zajišťuje bezpečný převoz pacienta do nemocnice (Kettnera a Kautzner, 2021).

Tato stimulace může být použita 4-6 hodin nebo kontinuálně na 24 hodin. Jelikož je stimulace bolestivá, je proto důležité v pravidelných intervalech hodnotit bolest. Pokud je pacient v bezvědomí, zajistí se monitorace fyziologických funkcí (Táborský, 2016).

Epikardiální stimulace je invazivní výkon, který se provádí na kardiochirurgickém sále. Při zavádění elektrod je nutná chirurgická torakotomie, což je velká nevýhoda této stimulace. Lékař zavede a našije elektrody do perikardu, které jsou vyvedeny skrz kůži na povrch a připojeny ke kardiostimulátoru. Tyto elektrody mohou být zavedeny 4-6 dnů.

Jedním z hlavních důvodů, proč se tato stimulace zavádí, jsou časté poruchy srdečního rytmu po kardiochirurgických operacích (Handl, 2011).

Transezofageální stimulace byla poprvé provedena v roce 1969. Důvodem byla supraventrikulární tachykardie a sinusová bradykardie. Elektrody mohly být zavedeny dvěma způsoby: přes nos anebo přes ústa. Konec elektrody byl vždy v jícnu (Handl, 2011).

Tato metoda s sebou nesla mnoho rizik, jako například velké bolesti, perforaci jícnu a nespolehlivou stimulaci, proto se dnes již nevyužívá (Kettner, 2021).

8.5 Trvalá kardiostimulace

Trvalá kardiostimulace je indikací k nefarmakologické léčbě chronických bradykardií. Jde o malý operační zákrok pod rentgenovou kontrolou. Pacient před výkonem lační minimálně 6 hodin. Výkon je prováděn na arytmiologickém sále. Pod místním znecitlivěním je vypreparována tzv. podkožní kapsa, nejčastěji v podklíčkové oblasti vpravo, kam je kardiostimulátor vložen (Implantace kardiostimulátoru, nedatováno).

Kardiostimulátor má za úkol vytvářet elektrické výboje, které jsou poté přeneseny na srdeční svalovinu. Tím je nahrazen srdeční stah. Tento typ výkonu je realizován u lidí všech kategorií, od novorozenců až po pacienty starší 100 let. Kardiostimulátor se skládá z baterie, která má životnost 6-10 let a výpočetního systému, který trvale sleduje elektrické chování srdce a podle potřeby vydáváním impulzů, buď sám řídí, nebo doplňuje srdeční frekvenci. Mohou z něj vystupovat 1–3 elektrody, kdy o počtu rozhoduje lékař (Kryza, 2011).

Pro označení režimů kardiostimulátorů se používá mezinárodní kód obsahující tři až pět písmen (viz. tabulka č. 1).

Mezi nejčastěji užívané kódy patří: AAI – označení pro jednodutinovou stimulaci s vlastním sinusovým rytmem. Stimulátor dodává impulzy do pravé síně, pokud není přítomna aktivita síní a sám kardiostimulátor není schopen zvýšit frekvenci v závislosti na zátěži. Tento typ se využívá u pacientů se sick sinus syndromem, pokud je zachována funkce síňokomorového uzlu (Bulava, 2017).

Impulz je vždy před vlnou P. Pokud existuje vlna P, kardiostimulátor ji rozezná a impulz nevydá (Sovová, 2006).

VVI kód označuje jednodutinovou stimulaci komor. Indikuje se u pacientů s AV blokádou II. a III. stupně a u občasné bradykardie se špatnou funkcí síňokomorového uzlu. Impulz je vždy před QRS komplexem (Bennet, 2014) (Sovová, 2006).

8.6 Komplikace trvalé kardiostimulace

Implantace kardiostimulátoru je invazivní metoda, se kterou souvisí vznik operační rány. Samotná operace s sebou nese riziko problémů pro pacienta. V důsledku punkce véna subclavia může být způsoben pneumotorax nebo hemotorax a v samotné ráně může vzniknout hematoma. Akutní infekce v ráně vzniká při nedodržení základních aseptických postupů. Infekce zavedená pomocí elektrod ohrožuje pacienta vznikem akutní infekční endokarditidy. Nesprávnou fixací elektrody může vzniknout její dislokace. Nejzávažnější komplikací je perforace srdce se srdeční tamponádou, která vzniká nesprávnou manipulací s elektrodami (Vojáček a Kettner, 2019).

Mohou se objevit i pozdní komplikace po implantaci kardiostimulátoru. Patří sem infekce v kapse stimulátoru, infekční endokarditida, dislokace, penetrace a porušení elektrody a celého přístroje. Déle je možný vznik okluze či stenózy vény subclavia a horní duté žíly. Výskyt těchto komplikací je cca 2-5 %. V případě výskytu infekce celého kardiostimulačního systému, je potřeba jeho odstranění a výměna (Bulava, 2017).

8.7 Implantace kardiostimulátoru

Implantace kardiostimulátoru je invazivní metoda. Provádí se za účelem zavedení kardiostimulátoru, který pomáhá regulovat srdeční rytmus a zlepšuje funkci srdce u pacientů trpících srdečními arytmiemi nebo srdečními bloky. Výkon se provádí za krátkodobé hospitalizace, a pokud nenastanou žádné komplikace, je pacient druhý nebo třetí den po implantaci propuštěn (Šenkýřová, Fišerová, Ludka, Špinar, 2014).

8.7.1 Předoperační příprava

Dlouhodobá předoperační příprava před samotným výkonem představuje komplexní předoperační vyšetření na specializovaných pracovištích, které nesmí být starší déle než 14 dnů. Lékař informuje pacienta o užívání medikace především antikoagulancií (Schneiderová, 2014).

Období krátkodobé předoperační přípravy probíhá 24 hodin před zákrokem. Při plánovaném příjmu se pacient dostaví na kardiologické oddělení den před výkonem. Všeobecná sestra s pacientem sepíše anamnézu, provede odběr biologického materiálu dle ordinace lékaře, provede základní vyšetření fyziologických funkcí a registruje EKG. Dle zvyklostí pracoviště se připraví operační pole (oholení hrudníku) a je zaveden intravenózní vstup. Před výkonem je nutné, aby byl pacient dostatečně informovaný o své diagnóze, seznámený s výkonem a možnými riziky, která mohou vzniknout. Po edukaci ošetřující

lékař podepíše s pacientem informovaný souhlas. Všeobecná sestra pacienta poučí, jaký režim bude následovat po implantaci a zda dojde k nějakému omezení a že minimálně 6 hodin před výkonem nesmí nic per os (nepít, nejíst, nekouřit). V předoperační přípravě je nutné klást důraz především na psychickou přípravu pacienta. Neustále se ujišťujeme, že pacient všem informacím porozuměl (Burda, 2016).

Bezprostřední předoperační příprava se odehrává přibližně 2 hodiny před zákrokem. Zahrnuje celkovou kontrolu pacienta připraveného k výkonu. Ujistíme se, zda je pacient lačný, došel se vyprázdnit, má sundané všechny šperky a vyjmutou zubní protézu. Pacient se vysleče do naha, provede se kontrola operačního pole a podá se premedikace, pokud je indikována od anesteziologa. S sebou na operační sál všeobecná sestra připraví pacientovu dokumentaci, čisté prostěradlo pro lepší manipulaci s pacientem po výkonu a sáček s pískem k zatížení operační rány. Dále ošetřující lékař zkontroluje výsledky biologického materiálu, pokud byl náběr indikován v den výkonu a podepsaný informovaný souhlas. Důležité jsou například výsledky protrombinového testu a glykémie, pokud je pacient diabetik (Burda, 2016).

8.7.2 Průběh výkonu

Výkon začíná kontrolou identity pacienta, kontrolou operačního pole, podepsaných informačních souhlasů, optáním se na možné alergie a zda je pacient lačný. Dále se pacient položí na operační lůžko, kde je připojen na EKG. Výkon je proveden pod lokální anestézií. Lékař provede dezinfekci operačního pole a zarouškování (Bennett, 2014).

V první fázi lékař provede znecitlivění operačního místa, nejčastěji pod levou klíční kostí. Po znecitlivění je proveden řez o velikosti 2-4 cm a vytvoří se v podkoží pod prsním svalem kapsa. Seldingerovou technikou se punktuje podklíčková žíla. Pomocí zavaděče je zvedena stimulační elektroda, přes ústí horní duté žíly do pravé síně a dál přes trojčípou chlopeň do pravé komory. Před zafixováním elektrod na určitém místě je vždy provedena kontrola elektrických parametrů. Konec elektrody je poté zafixován u jednodutinového kardiostimulátoru na mezikomorové přepážce. V případě dvoudutinového kardiostimulátoru je druhá elektroda umístěna v pravé síni a u bivertikulárního kardiostimulátoru je třetí elektroda v koronárním sinu. Celý výkon probíhá pod RTG kontrolou. Elektrody jsou pak napojeny na kardiostimulátor, který lékař uloží do vytvořené kapsy, ránu následně zašije a překryje sterilním krytím. Délka výkonu trvá přibližně 1 hodinu (Kvasnička a Havlíček, 2010).

Výměna kardiostimulátoru při vyčerpání baterie se provádí při krátkém výkonu. Elektrody se nevyměňují pouze se vyjme tělo kardiostimulátoru a elektrody se k novému stimulátoru připojí. Při poškození nebo známkách infekce elektrod se musejí vyměnit (Březina, 2013).

8.7.3 Ošetřovatelská péče po výkonu

Po příjezdu pacienta z výkonu všeobecná sestra vyhotoví EKG záznam s magnetem a bez magnetu, monitoruje fyziologické funkce a sleduje stav pacienta a pooperační rány. Pacienta poučíme o nutnosti klidového režimu obvykle do druhého dne, nebo podle ordinace lékaře, aby se minimalizovalo riziko uvolnění elektrod/y. Na ránu je nutné přiložit zátěž (pytlík s pískem), která je sejmuta na pokyn lékaře. Poloha pacienta je na zádech, při podávání stravy můžeme zvýšit polohu do polosedu. Při případných potížích okamžitě kontaktujeme lékaře (Juřeníková, 2010).

Každému pacientovi po implantaci kardiostimulátoru musí být proveden kontrolní RTG, zda se elektroda/ elektrody nedislokovaly a jsou na správném místě. Druhý den se provede registrace EKG s magnetem a bez magnetu, záleží na zvyklostech pracoviště, zkontroluje se stav rány a když je vše v pořádku, pacient je propuštěn domů.

8.8 Kontroly a programování kardiostimulátoru

Kontroly kardiostimulátoru se provádějí ihned po implantaci přístroje, následně před propuštěním z hospitalizace a poté za měsíc nebo jednou za půl roku. Doba odstupu kontrol záleží na daném pracovišti. Pokud nastanou komplikace, musí být kontrola provedena ihned. Před propuštěním z nemocnice je zkontrolována funkce a nastaví se konečný režim pomocí programátoru. Během první návštěvy v arytmologické ambulanci se kontrolují stimulační parametry elektrod, stav baterie a jak se operační rána hojí. Při pravidelné kontrole se zjišťuje stav baterie a správná funkčnost, která je generována z uložení v kardiostimulátoru. Po každé kontrole musí být paměť přístroje vymazána (Korpas, 2011).

Přístroj, pomocí kterého můžeme načíst data uložená v softwaru kardiostimulátoru nazýváme programer. Přes toto spojení jsou informace z kardiostimulátoru přeneseny do programeru a zde jsou i vyhodnoceny. Vyhodnocení poté umožní upravení a rozšíření sledovaných parametrů. Mezi nastavitelné parametry patří: tepová frekvence v klidu a při zátěži, hodnota vydaného impulzu, změna počtu stimulů v noci, změna typu stimulace a režimu, reakce kardiostimulátoru při vystavení magnetickému poli a jeho reakce na tachy-

kardii a extrasystol. Programer jednoho výrobce nelze aplikovat na kardiostimulátor jiného výrobce (Korpas, 2011).

8.9 Život s kardiostimulátorem a režimová opatření

Každý pacient po implantaci kardiostimulátoru obdrží identifikační kartu, kterou musí nosit neustále při sobě. Jsou na ní uvedeny: údaje pacienta, typ kardiostimulátoru a elektrod, název a kontakt na zdravotnické pracoviště, samotné nastavení funkčních parametrů. Úkolem lékaře a všeobecné sestry je seznámit pacienta s následnými opatřeními a se všemi možnými nástrahami každodenního života. Několik dní by pacient neměl zdvihat a namáhat končetinu na implantované straně. Na kardiostimulátor se nesmí přímo tlačit, posouvat ho, lehat na něj a kroutit jím. Rána se po implantaci udržuje v suchu a čistotě, nesmí se přímo sprchovat a omývat mýdlem. Pokud zjistí pacient začervenání rány a známky infekce, neprodleně musí kontaktovat lékaře (Balvínová a Michálková, 2012).

Implantace kardiostimulátoru není překážkou ve sportování, pacient by si měl najít vhodný typ sportu. Nedoporučují se kontaktní sporty (bojové sport, házená), jízda na koni či autodráze, střelba, silové cvik a vzpírání. Naopak se doporučuje jízda na rotopedu, běh. Implantace nebrání ani sexuálnímu životu, naopak by měla být přínosná a měla by pomoci při zvýšené námaze. Pacienti mohou pociťovat pohyby elektrod při určitých pohybech. Je důležité, aby se pacient vyhnul prudkým pohybům, kdy hrozí poškození nejčastěji v místě spojení kardiostimulátoru se stimulační/mi elektrodou / elektrodami. O dalších sportech a aktivitách je vhodné se poradit s lékařem, který má přehled o kardiostimulátoru a jeho režimu, možnostech a rizicích (Špínar, 2007).

Mobilní telefon by se neměl nosit v náprsní kapse, doporučuje se držet minimálně 15 cm od kardiostimulátoru. Při telefonování je vhodné ho mít na straně, která je vzdálenější od místa implantace. Důležité je také pacienta upozornit, aby nenosil doplňky, které obsahují magnety. Například jsou v bezdrátových sluchátkách nebo přenosných přehrávačích. Pacient by s nimi měl zacházet opatrně a nepřibližovat je ke stimulátoru v blízkosti menší 3 cm. Domácí přístroje v dobrém stavu se považují za bezpečné (mikrovlnná trouba, mixér). Od indukční varné desky je doporučená vzdálenost 60 cm (Bennet, 2014).

Přeprogramování nebo poruchu přístroje může ovlivnit přítomnost většího elektromagnetického pole. Za možné zdroje se považují letištní kontroly, bezpečnostní brány a ochranné systémy proti krádeži v obchodě. Doporučuje se jim vyhnout, nebo rychle projít a vzdálit se. Hrozí i spuštění alarmu, ale proto pacient u sebe nosí identifikační kartičku k

prokázání. Pokud chce pacient odcestovat do zahraničí, kde je jiné časové pásmo, je vhodné se domluvit s lékařem na přeprogramování vnitřních hodin kardiostimulátoru (Dobrovská, 2012).

Rizikovými zaměstnáními je práce s elektrickou obloukovou svářečkou, práce s těžkými vibrujícími stroji, pohyb v blízkosti silného elektromagnetického pole nebo vysoké elektrické napětí. Pacientům žijícím se obloukovým svářením se doporučuje nosit nevodivé rukavice, vyhýbat se práci ve vlhkém prostředí a připojit si uzemňovací svorku co nejbližší k místu sváření na přilehlý kov (Bennet, 2014).

Před každým lékařským vyšetřením nebo zákrokem je pacient povinen informovat lékaře nebo zdravotnického pracovníka o skutečnosti, že má implantovaný kardiostimulátor. Vyšetření jako RTG a CT by mělo být konzultováno v kardiostimulační poradně. Bezpečné je vyšetření pomocí ultrazvuku, RTG končetin, mamografie a vrtání zubů (Kryza, 2011).

Vyšetření MRI dříve pro pacienta s kardiostimulátorem bylo nebezpečné. Dnes je možné tohle vyšetření provádět u typů kardiostimulátorů ProMRI (Kryza, 2011).

Podle zákona č. 297/2011 Sb. o provozu na pozemních komunikacích a v jeho §89 a zákona je stanoveno, že lékař, který zjistí, že žadatel o řidičské oprávnění není zdravotně způsobilý, nebo způsobilý s omezením, je povinen tuto skutečnost nahlásit obecnímu úřadu s rozšířenou působností podle místa bydliště držitele řidičského oprávnění. Tento úřad má pravomoc odebrat řidičské oprávnění a poté je jeho držitel, pacient, povinen podstoupit přezkoumání zdravotní způsobilosti. Bezprostředně po implantaci je pacient povinen dodržet určité období, kdy nesmí řídit. Česká kardiologická společnost vypracovala odborné stanovisko posuzující způsobilost kardiologicky nemocných do skupin podle nemocí. Pro soukromého řidiče s implantovaným kardiostimulátorem je zákaz řízení jeden týden od propuštění do domácí péče a pro profesionální řidiče je zákaz řízení jeden měsíc. Dále jsou řidiči povinni absolvovat pravidelné kontroly v kardiostimulačním centru minimálně jednou za rok (Hradec, 2013).

8.10 Nové trendy v kardiostimulaci

Pravidelně se v oblasti kardiostimulace objevují inovativní trendy, systémy a technologie, které přinášejí zajímavé a převratné pokroky.

8.10.1 Leadless pacemaker

Touha po vývoji kardiostimulátoru, který by mohl být implantován přímo do srdce a nebylo by zapotřebí zavádět elektrody, je poměrně stará. Už v roce 1970 byl v časopise *Journal of Electrocardiography* zveřejněn článek Williama Spicklera, který popisoval vývoj prototypu skutečného „leadless“ stimulátoru. Tento stimulátor by se zaváděl aktivní fixací do hrotu pravé komory a samotné zařízení by sloužilo jako elektroda. Protože technické omezení v období před více než čtyřiceti lety neumožňovalo dostatečnou miniaturizaci baterií při zachování dostatečné životnosti pro přístroj s ohledem na tehdejší technické limity, projekt pro vývoj tohoto stimulátoru nebyl nikdy uskutečněn. I když celkový koncept bezdrátového stimulátoru se v podstatě nelišil od současných systémů, nedostatečně výkonné baterie bránily jeho realizaci. Původní koncept využíval nejprve rtuťové baterie, které vydržely v intrakardiální kapsli implantované na psím biomodelu po dobu 66 dní. Druhá generace původního bezdrátového stimulátoru měla využívat nukleární energii dodávanou laboratořemi firmy McDonald W. Douglas zaměřenými na vesmírný program NASA a měly potenciál životnosti až 5 let (Neužil, 2015).

S rozvojem nanotechnologií a nových materiálů bylo možné dosáhnout opravdové miniaturizace baterií a znovu zahájit vývoj plně intrakardiálně implantovaného kardiostimulačního systému. V posledních několika letech s tímto systémem přišly na trh dvě firmy Nanostim Inc a Medtronic Inc. Podnětem k vývoji byla meta-analýza FDA, která vyhodnotila stoupající počet komplikací spojených se zavedením elektrod do srdce, a to jak u kardiostimulátorů, tak i implantabilních defibrilátorů. Analýza byla publikována Maislem v *JAMA* v roce 2006 a shrnovala data získaná analýzou 17 323 elektricky aktivních implantátů za období 1990–2002. Prokázaly se poruchy izolace stimulačních elektrod a mechanické fraktury, ale i mírný nárůst infekčních komplikací, rizika perforace srdeční stěny a ruptury stěny horní duté žíly. Elektrody v cévním řečišti pak ohrožují nemocného vznikem chronického uzávěru horní duté žíly, který následně vede k život ohrožující situaci. Další riziko je spojené s punkcí podklíčkové žíly, kdy hrozí pneumotorax, a hemotorax a komplikace s krvácením do podkožní kapsy (Neužil et al, 2013).

Téměř současně došlo k vývoji dvou odlišných kardiostimulačních systémů, které překonávají toto omezení tím, že umožňují intrakardiální implantaci. V první fázi vývoje byly tyto systémy založeny na VVI typu stimulace, což je jednodutinová, pravokomorová stimulace, přičemž přístroj je zaveden spirálou pro aktivní fixaci do první komory. Leadless Cardiac Pacemaker (dále jen LCP) od firmy Nanostim Inc. byl poprvé použit k trvalé implantaci u člověka 2. prosince 2012 v České republice. Operační tým byl veden prof. Petrem Neužilem a výkon probíhal v Nemocnici Na Homolce. Tento výkon byl proveden v rámci klinické prospektivní ověřovací studie „Leadless“ (Neužil et al, 2013).

Prof. Petr Neužil se také podílel na vývoji LCP a vynalezl katétr, který slouží nejen k implantaci přístroje, ale také k jeho vyjmutí. Průběh implantace je takový, že přístroj o velikosti mikrotužkové baterie je implantován přímo do stěny pravé komory. Po punkci vény femoralis v třísele je zaveden vodící katétr, na kterém je upevněna stimulační kapsle a je aplikována v oblasti hrotu pravé srdeční komory. Výkon je prováděn v místní anestezii a trvá 15-20 min. Baterie kardiostimulátoru jsou přibližně dvacetkrát menší a vydrží až 10 let (První pacient dostal na Homolce nový typ bezdrátového (Leadless) kardiostimulátoru, 2023).

Kardiologové z Nemocnice Na Homolce nadále aktivně přispívali k vývoji nových kardiostimulačních systémů, což vedlo k dalšímu globálnímu prvenství implantaci dvoudutinové leadless stimulace. Tento pokrok zahrnoval zavedení dvou stimulačních kapslí do pravé komory a síně, které spolu komunikují. Implantace se poprvé uskutečnila v únoru roku 2022 a vedla k rozšíření indikací pacientů s poruchami srdečního rytmu a zlepšil medicínskou péči (Dvoudutinový kardiostimulátor dostali první pacienti na Homolce, 2022).

Do roku 2022 bylo celém světě zavedeno 250–300 tisíc bezdrátových stimulačních systémů. V Nemocnici Na Homolce bylo od roku 2012 implantováno 418 přístrojů. Ročně je implantováno zhruba 20-30 bezdrátových kardiostimulátorů (Deset let od první implantace bezdrátového kardiostimulátoru na světě, 2022).

Světový lídr v oblasti zdravotnických technologií, společnost Medtronic, oznámila 5. ledna 2024, že pro své kardiostimulátory Micra AV2 a Micra VR získala značku CE (Conformité Européenne). Jedná se o generaci špičkových miniaturních bezsvodových kardiostimulátorů. Mají snadnější programování, životnost baterie se odhaduje na 16–17 let (Medtronic Receives CE Mark for its Next Generation Micra Leadless Pacing Systems, 2024).

Bezelektrodotový stimulátor Nanostim je od roku 2016 stažen z trhu, vzhledem k jeho poruchám. Objevila se nefunkčnost baterie, vznik komplikací – perikardiální výpotek a perforace srdečního svalu (Dvoudutinový kardiostimulátor dostali první pacienti na Homolce, 2022).

8.10.2 Kardiostimulátor podmíněný MRI

Pro pacienty s implantovaným kardiostimulátorem je vyšetření magnetickou rezonancí mnoho let kontraindikací. V roce 2009 obdržela firma Biotronik jako jedna z předních výrobců zdravotnických prostředků, první povolení s označením řady kardiostimulátorů a příslušných elektrod jako ProMRI, Pacient s tímto typem kardiostimulátoru může za určitých podmínek podstoupit vyšetření magnetickou rezonancí. Před vyšetřením magnetickou rezonancí je nutná kontrola kardiologem. Zjistí se, zda je kardiostimulátor podmíněn pro MRI a naprogramuje se na režim MRI. Režim je speciálně navržen tak, aby umožňoval snímání magnetickou rezonancí, ale má omezené některé funkce. Naprogramování lékařem a podstoupení MRI by mělo být pečlivě naplánováno. Některé přístroje mohou mít funkci MRI AutoDetect (ProMRI, nedatováno).

Kardiostimulátory s touto funkcí mají v sobě zabudovaný senzor pro detekci prostředí magnetické rezonance. Zařízení tak automaticky přepne na režim přizpůsobený vyšetření MRI. Pro aktivaci senzoru a naprogramování režimu je nutná návštěva kardiologa před vyšetřením MRI (Šnorek a Bulava, 2014).

Chceme-li zjistit, zda je kardiostimulátor vhodný pro podstoupení MRI, je možné navštívit webovou stránku ProMRI®Configurator. Existuje i seznam se schválenými zařízeními, se kterými je možné celotělové skenování nebo jen skenování s vyloučenou oblastí hrudníku (ProMRI, nedatováno).

8.10.3 Dálková monitorace – telekardiologie (CardioMessengert Smart)

V dnešní době jsou na dálku sledovány miliony pacientů. K odeslání informací se používá malý přenosný monitor nebo aplikace na telefonu či tabletu. Studie Trust, Compass a In-Time poukázaly na to, že systém pro dálkovou monitoraci výrazně snižuje riziko hospitalizace, mrtvice a úmrtí (Lipoldová a Lipold, 2011).

1. července 2008 byl poprvé v České republice v pražské Ústřední vojenské nemocnici implantován nový typ kardiostimulátoru značky Biotronic Cyclos 990. Pacientem byl 67letý muž. Výkon provedl kardiolog primář interní kliniky MUDr. Libor Kameník (Koukal, 2009).

Existuje několik systémů pro dálkové monitorování implantovaných přístrojů. Patří mezi ně například MyCareLink od irské společnosti Medtronic nebo HomeMonitoring od německé společnosti Biotronic. Společnost Biotronic funguje od roku 2001 a je považována za nejstarší evropský systém pro monitoring implantovaných srdečních přístrojů. Přenos mezi kardiostimulátorem a jednotkou nazývanou CardioMessenger probíhá bezdrátově. Přenášeny jsou údaje o zdravotním stavu pacienta a technické informace o jeho zařízení. Do centrální databáze mohou nahlížet specializovaní technici nebo pověření lékaři. Pokud některé naměřené hodnoty překračují povolené limity, je okamžitě ošetřující lékař informován přes e-mail, fax nebo SMS zprávu. Blikající dioda na CardioMessengeru upozorní pacienta v případě, kdy je nutná návštěva lékaře (Koukal, 2009).

MyCareLink vznikl v roce 2009 a je používán také u nás v České republice. Jedním z pracovišť je Kardiologická klinika IKEM. Umístěn je ve všech implantabilních přístrojích od firmy Medtronic. Data se přenášejí bezdrátově pomocí základní stanice, která se pouze přiblíží k implantovanému přístroji. Prostřednictvím telefonní sítě se data přenášejí do datového centra. Zvukový signál vždy upozorní pacienta v případě, kdy je nutné kontaktovat lékaře nebo centrum monitoringu (Šebo, 2014).

K roku 2015 bylo v České republice sledováno 3100 pacientů. Od roku 2014 pojišťovny proplácejí úhrady pro dálkovou monitoraci kardiaků. Dálkový monitoring se používá zejména u pacientů s implantovaným kardiostimulátorem a u pacientů, kde je možné riziko náhlé srdeční smrti (Koukal, 2009).

DISKUZE

První zmínky o „kardiostimulátoru“ pocházejí z doby starých Řeků. K léčení využívali pozoruhodných vlastností některých ryb, které produkují elektrické výboje o napětí až několika set voltů. Když se lidé naučili vyrábět elektřinu, začali ji zkoumat jako potenciální léčebnou metodu.

Vzniku kardiostimulace předcházelo velké množství anatomických objevů. Aby se vyvinuly účinné metody léčby srdečních onemocnění, bylo nutné mít dobré znalosti anatomie a fyziologie srdce. V 18. století docházelo k postupnému rozšiřování znalostí o anatomii a funkci srdce, přestože vědecké a technické možnosti této doby omezovaly rozsah a přesnost těchto poznatků. Někteří vědci prováděli experimenty s elektřinou a zkoumali její vliv na tělo, včetně srdce. Marcus Gerbezius v roce 1717 přesně analyzoval pulz, popis a příznaky bradykardie, pravděpodobně vyvolané úplnou AV bloádou. Lékař Edward Bartholomew Bancroft poprvé poukázal ve své esejí v roce 1769 na existenci elektřiny v živém organismu. Roku 1791 Luigi Galvani prováděl experimenty na svalové tkáni žab a zjistil, že ve svalovině probíhá elektrický impulz a vyvolává její kontrakci. Roku 1800 sestrojil Alessandro Volta první baterii, aby mohli vědci provádět další experimenty s elektřinou na biologických tkáních. Přestože elektrofyziologie srdce jako samotná disciplína neexistovala, experimenty s elektřinou a výzkum elektrických jevů v těle velmi přispěly pro budoucí výzkumy v 19. století. Britský fyziolog Augustus Walter v roce 1887 provedl experiment s elektrickou stimulací srdce u zvířat a zaznamenal elektrickou aktivitu srdce pomocí elektrod.

Carlo Matteuci publikoval v roce 1838 poznatek, že každý stah srdeční svaloviny je doprovázen vznikem elektrického proudu. 19. století přineslo řadu dalších důležitých objevů, jako například popis Tawarových ramének, Hisova svazku, popis srdečního cyklu a funkce chlopní. Klíčovým objevem bylo zjištění, že srdce produkuje elektrické impulzy, které řídí jeho rytmickou činnost. Vědci, kteří se zabývali těmito studiiemi byli například Williem Eithoven a Augustus Desire Waller. Waller zaznamenal roku 1887 první povrchový elektrokardiogram pomocí Lippmannova kapilárního elektrometru. Jeho zjištěním bylo, že každý úder srdce vyvolává elektrickou změnu, která začíná na jednom konci srdce a končí na druhém. Byl přesvědčen, že tyto elektromotorické vlastnosti může měřit na povrchu kůže a dostal se k tomu s elektrometrem připojeným mezi levou a pravou rukou nebo mezi přední a zadní tlapkou svého psa Jimmieho. Eithoven roku 1903 zavedl elektro-

kardiografii tím, že vyvinul první přístroj nazývaný elektrokardiograf. Přístroj umožňoval zaznamenávat elektrickou aktivitu srdce pomocí tří elektrod umístěných na končetinách a jedné na hrudi a graficky ji zobrazovat pomocí elektrokardiogramu. Tento vynález položil základy moderní kardiologie a umožnil zlepšení diagnostiky a léčby srdečních onemocnění. O několik let později byly vyvinuté nové elektrody pro EKG, zahrnující dvanáct svodů, které umožňovaly získat záznamy z různých úhlu pohledů na elektrickou aktivitu srdce. Dnes je dvanácti svodové EKG používáno jako standardní diagnostický nástroj.

První zmínky o kardostimulaci podal J. A. MacWilliam v roce 1889, kdy aplikoval elektrické impulzy do lidského srdce při asystolii a vyvolal tak kontrakci komor o stejné frekvenci, jako byla frekvence stimulace. V 18. a 19. století bylo významné tím, že přineslo spoustu diagnostických poznatků (například popis příznaků bradykardie způsobené úplnou atrio-ventrikulární bloádou nebo příčinnou souvislost mezi pomalým pulzem a synkopou). První pokusy s kardiosimulací u pacienta s bradykardií byly provedeny Dr. Markem C. Lidwillem v roce 1926. Experimenty tak ukázaly možnost použití elektrické stimulace k reakci na srdeční rytmus. V roce 1928 použil Lidwell externí kardiosimulaci pomocí zavedené jehly do srdce a zachránil tak dítě narozené se zástavou srdce, ale o jeho použití informoval až v roce 1929. Podle dostupných zdrojů můžeme říct, že předchůdcem implantovaného kardiosimulátoru byla externí kardiosimulace.

První externí kardiosimulační přístroj pojmenovaný Hymanotor předvedl v roce 1932 Albert Hyman. Přístroj umožňoval ruční ovládání frekvence stimulace a používal se pro srdeční léčbu asystolie, jak uvádí Lipoldová (2006). Koncem 40. let 20. století si Bigelow při svých pokusech všiml, že stálými rytmickými poklepy kovovou sondou na zastavené srdce, lze udržet uspokojivý srdeční rytmus. Kanadský elektroinženýr John Hopps vyvinul v roce 1950 první zevní kardiosimulátor. Zařízení bylo velké a neskladné. O dva roky později připojil Paul Zolla přístroj určený také k zevní stimulaci pacientovi s úplnou AV bloádou. Negativní jehlová elektroda byla zavedena v blízkosti srdečního hrotu a pozitivní drátová elektroda byla připojena na kůži 4. mezižebří v pravé axilární čáře. Později byly používány elektrody připojené k hrudníku a ke snížení odporu byl použit vodivý elektrolytový roztok. Vždy se jednalo o přístroje připojené do trvalého zdroje elektrického napětí, což limitovalo pacienty v pohybu, někteří pociťovali bolest při stimulaci přes hrudník a byli ohroženi možnými výpadky elektrického proudu. Nevýhody stimulace přes hrudník se podařilo odstranit v roce 1957, kdy Lillehei začal s našíváním myokardiálních a epykardiálních elektrod vyvedených přes kůži na povrch těla. Další nevýhoda stálého připojení do

elektrické sítě byla odstraněna Bakkenovem, který sestrojil zevní zdroj pro kardiostimulátor. Tím se odstranilo riziko nefunkčnosti stimulátoru při výpadku proudu a nemožnost pacienta opustit lůžko. Postupem času přišli ale na to, že operace pomocí torakotomie je velkým rizikem pro pacienta, jak po technické stránce, tak z hlediska komfortu a bezpečí. Operační rána byla zašita pomocí kovových svorek a častou komplikací byla infekce nebo dislokace elektrody. Vzhledem k těmto nedostatkům bylo nezbytné vyvinout alternativní způsob, jak elektrody zavádět. V roce 1958 chirurgové ve spolupráci s katetrizačními lékaři vyvinuli elektrody zaváděné transvénozně a napájené ze zevního zdroje. Téhož roku se konala první implantace kardiostimulátoru. Konstrukteřem byl Elmquis a výkon provedl Senning. Pacientem byl Arne Larsenn, který trpěl závažnou formou srdeční blokády včetně opakovaných kolapsů a s kardiostimulátorem žil 43 let. Za celý jeho život mu bylo implantováno 26 přístrojů, v roce 2001 zemřel. Implantace probíhala tak, že ocelová elektroda potažená teflonem byla našita přímo na povrch srdce při levostranné torakotomii a zařízení bylo uloženo v břišní stěně. Později byly elektrody zavedeny transvénozně. První implantovaný kardiostimulátor vydržel 8 hodin, některé zdroje uvádějí, že vydržel jen 3 hodiny.

Celosvětovým rozvojem implantace se začaly objevovat nové problémy a nevýhody, projevující se až v klinické praxi. Jednalo se například o zalamování nebo dislokaci elektrody a o rychlé vybíjení baterie z důvodu nastavené pevné funkce kardiostimulátoru. Další nevýhodou byla nejen velikost, ale i netěsnost obalu propouštějící tekutinu dovnitř. Vzhledem k těmto problémům a nespolehlivosti stimulátoru byla využívána i stimulace se zevním zdrojem a elektrodou zavedenou transvenózně.

60. léta 20. století přinesly nový energetický zdroj, a to zinkortuťový článek. Využívaly se nadále elektrody našívané epimyokardiálně, což vyžadovalo stále levostrannou torakotomii a obnažení srdce. Výkon byl závažný a z důvodu nespolehlivosti elektrody a možným komplikacím byl výkon indikován pouze pacientům s opakovanými synkopami a s AV blokádou II. a III. stupně. Pro oslabené pacienty v závažném stavu by reimplantace přinášel velká rizika možných komplikací

Elektroda zavedená transvenózně do hrotu srdce, která se používala od 50. let k dočasné kardiostimulaci, byla poprvé použita v roce 1962 k trvalé kardiostimulaci. Téhož roku byla provedena implantace synchronního kardiostimulátoru. To znamená, že impulzy byly spouštěny pomocí potenciálů síně. Chardack a Greatbach sestrojili první přístroje

„on demand“, které byly schopné snímat vlastní srdeční aktivitu a stimulovaly pouze v její nepřítomnosti.

Vývojem kardiostimulátorů se zabýval i československý lékař Bohumil Peleška. V březnu 1965 ve Výzkumném ústavu pro elektroniku a modelování v lékařství byl vyroben první československý kardiostimulátor vážící 250 g. Obal tvořila epoxidová pryskyřice a elektrody byly z kovu, ze kterého se vyráběly kostní hřeby. Nový design, vykrojená část v oblasti elektrod zabránila zalamování elektrod. Ing. Miroslav Neužil v roce 1968 sestrojil první československou elektrodu, u které byla stimulační plocha zmenšena z 90 mm² na 20 mm². Ing. Blažek v IKEMU koncem 60. let vynalezl přístroj na měření kardiostimulačního prahu.

Na počátku 70. let došlo k vývoji spolehlivějšího energetického zdroje a na trh byl uveden nukleární generátor. Doba životnosti byla předpokládána na 20 let, jenže z důvodu nejistoty ohledně bezpečnosti bylo používání ukončeno. To přispělo k zavedení lithium-jodového článku a výraznému zmenšení přístroje. Životnost přístroje byla odhadována na 5–10 let. Pouzdro se začalo používat titanové, místo epoxidové pryskyřice. Zlepšení technického provedení stimulatoru vedlo k rozšíření indikací k trvalé kardiostimulaci a tím se stával implantace běžnou léčebnou metodou.

Uvedení prvních oboustranně programovatelných kardiostimulátorů bylo výrazným pokrokem v roce 1972. Kardiostimulátor komunikoval s programátorem. Bylo tím umožněno získávat informace o stavu nastavení kardiostimulátoru, ale také nastavení měnit. Vzhledem k možnosti nastavení stimulačního výdeje, se prodloužila životnost přístroje. Rozvoj kardiostimulační techniky a její dostupnost umožnila lepší naplánování výkonu a lepší přípravu pacienta. Výroba kardiostimulátorů v Československu nestačila na pokrytí poptávky, a proto musela být přenesena (1972) k výrobcí Tesla do Velkého Meziříčí. I přes zvýšení výroby byl počet kardiostimulátorů nedostačující. V Československu bylo nutné zřídit několik kardiostimulačních center.

80. léta 20. století přinesla řadu softwarových vylepšení a zdokonalení elektronických obvodů. Zvýšilo se množství programovatelných parametrů, které měly za cíl prodloužit životnost baterie a rozšířit indikace. Vývoj vedl k individuálnímu nastavení kardiostimulátoru pro konkrétního člověka. V roce 1980 se objevila na trhu bipolární elektroda a tím rozvoj dvoudutinové stimulace (stimulace v síni i v komoře). Druhá elektroda byla zavedena stejnou žilou, ale jejím ukotvením vznikaly problémy. Síňová elektroda musela

být přeformovaná do tvaru písmene J a tím problém vymizel. Vývoj elektrod přinesl nové materiály k povrchové úpravě a izolaci. Silikonová pryž byla nahrazena polyuretanem. Elektrody se tak staly pevnějšími, menšími a kluzčími. Pozornost byla také věnována novému způsobu ukotvení. Buď měly povrch členitý se zpětnými háčky nebo vysouvací šroubovici.

Zdokonalení probíhalo i ve výzkumu biosenzorů reagujících na pohyb pacienta. K tomuto účelu byl využit piezoelektrický krystal, který detekuje tlakové vlny na základě fyzické aktivity pacienta a modifikuje parametry stimulace. Výsledkem bylo automatické zvyšování frekvence stimulace při aktivitě pacienta.

Neustále pokračující vývoj kardiostimulátoru se stává sofistikovanějším, jejich velikost se neustále zmenšuje a mohou nabídnout vyspělejší technologii. Stále se rozšiřuje možnost jejich využití a zvyšuje se životnost baterie. Po Sametové revoluci roku 1989 došlo v Československu nejen k politickým změnám, ale i změnám v medicíně. Otevření zahraničního trhu umožnilo neomezený dovoz kardiostimulátorů. Výroba v Tesle musela být zastavena, protože kardiostimulační centra používaly výhradně dovezené přístroje. Roku 1999 byla zavedena bivertikulární stimulace pro léčbu těžké srdeční nedostatečnosti, což rozšířilo indikace kardiostimulace než jen pro arytmie. Česká republika se v polovině 90. let zařadila mezi vyspělé země Evropy v počtu implantovaných stimulačních přístrojů. Od konce 90. let jsou vyvíjeny speciální senzory a algoritmy pro monitoraci celkového kardiálního stavu pacienta. Přístroje mají v sobě zabudovanou paměť, která uchovává záznamy o frekvenci výskytu různých kardiálních výkyvů, arytmií včetně intrakardiálního EKG a optimalizuje detekci fyzické a psychické aktivity. V léčbě kardiovaskulárních onemocnění se více spoléhá na implantabilní přístroje k léčbě bradykarytmií, tachyarytmií a srdečního selhání. Systém kontinuální dálkové monitorace implantovaného stimulátoru je využíván k včasnému přenosu dat lékaři v případě abnormalit a co nejrychlejšímu léčebnému zakročení.

Přítomnost kardiostimulátor v těle pacienta byla absolutní kontraindikací pro vyšetření magnetickou rezonancí. Pacientů potřebujících toto vyšetření bylo mnoho, a tak bylo nutné vyvinout implantabilní přístroj, který je za určitých podmínek kompatibilní k MRI. První ProMRI kardiostimulátor (2008) byl od společnosti Medtronic. V únoru 2011 byl schválen pro běžné používání.

V současné době je trvalá kardiostimulace běžnou léčebnou metodou pro bradykardie. Přestože tato metoda přináší jednoznačný prospěch, existují i určité omezení, nevýhody a možný vznik komplikací. Patří mezi ně pneumotorax, hemotorax, infekce stimulační soustavy, trombóza a spousta dalších. Nově vzniklá technologie bezelektroodového kardiostimulátoru „leadless“ má potenciál tyto rizika snížit nebo eliminovat. Implantace bezelektroodového stimulátoru je provedena v lokální anestezii, katetrizačním přístupem z vény femoralis. Stimulátor je zaveden do hrotu pravé komory, kde je i zafixován. Tým Kardiologického oddělení Nemocnice Na Homolce jako první v Evropě v prosinci roku 2012 implantoval bezelektroodový systém Micra AV. Systém snímá v trojrozměrném prostoru mechanickou aktivitu trojcípé chlopně, nikoliv elektrickou akci. Tím je dosažena následná stimulace komory, která je synchronizována s akcí síní. Ze stimulace VVI se dostaneme na stimulaci VDD. Proces implantace je poměrně rychlá a nenáročná metoda, výrazně zvyšuje komfort a kvalitu života pacienta. 3. února 2022 v Nemocnice Na Homolce tým kardiologů pod vedením MUDr. Nežila a Vivekem Reddym z nemocnice Mount Sinai v New Yorku zavedli jako první na světě nový typ dvoudutinového bezdrátového kardiostimulátoru. Nadarajah (2019) porovnal parametry transvénózního kardiostimulátoru a bezelektroodového kardiostimulátoru Micra. Transvénózní kardiostimulátor má rozměry 42,5 mm x 50,8 mm x 7,4 mm a hmotnost 22,5g, kdežto Micra má jen 25,9 mm x 6,7 mm a hmotnost 2 g.

Jedním dnes běžně užívaným algoritmem je funkce TVI (transvalvulární impedance). Slouží k neustálé monitoraci hemodynamiky srdce za účelem optimální terapie pacienta. Principem je měření impedance na elektrodách umístěných mezi pravou síní a komorou a jejich vyhodnocení pro určení nejvhodnější hodnoty impedance. Frekvence stimulace je regulována podle potřeby.

Dnes je nejlepší léčbou arytmií implantace kardiostimulátorů. Ty však přináší nevýhodu, jako je omezená životnost baterie, a proto přišla myšlenka biologického kardiostimulátoru. Do budoucna se očekává, že nahradí elektronické přístroje a sníží se riziko možných komplikací. Princip „implantace“ je takový, že zdravé kardiostimulační buňky jsou vstříknuty do srdce na poškozené místo, kde pak iniciují a řídí spontánní rytmus srdce. Doposud byl biokardiostimulátor testován na zvířatech, ale klinickému využití pro léčbu u lidí má ještě daleko.

Myslím si, že implantace kardiostimulátoru přináší pacientům zlepšení jejich kvality života. Stimulace pomůže vyřešit často ohrožující stavy. V dnešní době je spousta vý-

robců, druhů kardiostimulátorů a typů naprogramování a pro každého pacienta se najde ten správný. Důležitou součástí je samozřejmě i správná diagnostika. Lékaři mají v dnešní době možnosti moderních technologií, za kterých mohou detailně určit bradyarytmii (arytmii). Samotný kardiostimulátor prošel velkým vývojem, jak po stránce technické, tak i vzhledové. Pokrokem je dálková monitorace stavu pacientů s kardiostimulátory, možnost absolvovat MRI vyšetření. Cílem kardiostimulace do budoucna je neustálé zlepšování léčby a poskytování bezpečnější a účinnější terapie.

Na výzkumné otázky byly nalezeny odpovědi a cíl byl splněn.

LIMITY VÝZKUMU/PRÁCE

Limitem práce je nízká znalost anglického jazyka, proto byla většina zdrojů vyhledávána v českém jazyce. Nedostatek relevantních zdrojů, studií.

DOPORUČENÍ PRO DALŠÍ VÝZKUM

Doporučením pro další výzkum je zmapovat historii a výzkum srdečních arytmii.

DOPORUČENÍ PRO PRAXI/VÝSTUP Z PRÁCE

Práce bude prezentována na odborné konferenci. Dále bude vytvořen odborný článek prezentovaný v odborném periodiku.

Vytvořená tabulka níže by mohla sloužit jako zajímavý doplňkový materiál pro zdravotnický personál.

Tabulka 1 Důležité milníky vývoje kardiostimulátoru

OBDOBÍ	UDÁLOST
30. léta 20. století	Hymanotor – první přístroj pro elektrickou stimulaci, pomocí jehlové elektrody
50. léta 20. století	První zevní kardiostimulátor – velké externí zařízení, které dodávalo impulzy prostřednictvím elektrod (jedna zavedena do srdce, druhá stimulovala na povrchu hrudníku) - později byly obě připojené na povrch hrudníku (transtorakální stimulace). Přístroj závislý na kontinuálním připojení do sítě
1957	První kardiostimulátor napájený baterií
1958	První implantace kardiostimulátoru (Sennig a Elmqvist)
1959	Kardiostimulátor patentovaný firmou Greatbatch

	Implantace dobíjecího kardiostimulátoru
60.léta 20. století	<p>První našité elektrody myokardiálně a epikardiálně pomocí levostranné torakotomie</p> <p>První dlouhodobá korekce blokády pomocí samostatného implantovaného kardiostimulátoru</p> <p>Zdrojem energie jsou články ze zinku a rtuti</p> <p>Zavedení permanentních transvénozních bipolárních elektrod</p> <p>Implantace kardiostimulátorů s indukčním spojením</p>
70. léta 20. století	<p>První československý nukleární kardiostimulátor s nuklidem plutonia</p> <p>Lithium-jodové baterie</p> <p>Titanové pouzdro kardiostimulátoru místo epoxidové pryskyřice</p> <p>Implantován radioizotopový kardiostimulátor vyrobený v USA</p> <p>Kardiostimulátory neinvazivně programovatelné</p> <p>Transvénozní bipolární elektrody</p>
80. léta 20.století	Kardiostimulátory regulující rychlost tepové frekvence
90. léta 20. století	Kardiostimulátor pohánějí mikroprocesory

	Vývoj algoritmů a speciálních senzorů (slouží k monitoraci celkového kardiálního stavu pacienta)
2000	Stimulace dvou komor
2002	Biologický kardiostimulátor
2013	Leadless kardiostimulátor
2014	Kardiostimulátor Micra (bezolovnatý kar- diostimulátor) Technologie Nanostim

(Zdroj: vlastní)

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo shrnout nejdůležitější mezníky vývoje kardiostimulátoru. Zmapovat jeho historii z volně dostupných zdrojů a archivů knihoven. Zjistit, co vývoji předcházelo, kdo a jak se na něm podílel a jaký nastal pokrok.

První část byla zaměřena na anatomii, fyziologii a elektrofyzioogii srdce. Druhá část byla zaměřena na obor kardiologie, vyšetřovací metody a poruchy srdečního rytmu – bradyarytmie. Třetí část se zabývá kardistimulací.

Práce popisuje vývoj kardiostimulátoru s důležitými poznatky, které vývoji předcházely. Po detailním prozkoumání dostupného materiálu jsme zjistili, že pokrok v technologiích a vývoji postupuje rychle vpřed. První zmínky o elektrické stimulaci se dochovaly z 18. století, kdy vědci přišli na to, že elektrická stimulace vyvolává záškuby. Dalším důkazem byla aplikace elektrického impulzu do lidského srdce při asystolii z 19. století.

Na počátku kardiostimulace byly přístroje poměrně jednoduché a jejich funkce byla omezená. Stimulátory měly pevně nastavené parametry, velké elektrody, omezenou životnost baterie a byly využívány pouze v akutních případech. Způsob implantace byl pro pacienta náročný. V současné době je kardiostimulace výrazně pokročilejší. Přístroje jsou malé, mikropočítačové řízené a mají široké spektrum programovatelných funkcí. Technologické inovace umožňují individuální nastavení léčby pro každého pacienta a zlepšují tak její bezpečnost a účinnost. Celkově lze říci, že kardiostimulace dnes představuje daleko sofistikovanější a efektivnější léčebnou metodu než v počátcích této disciplíny.

SEZNAM LITERATURY

1. BALVÍNOVÁ, H. a MICHÁLKOVÁ, H. Život s kardiostimulátorem. *Sestra*. Roč. 22 (2012), č. 2, s. 35-36. ISSN 1210-0404.
2. BĚLOHLÁVEK, J. *EKG v akutní kardiologii: průvodce pro intenzivní péči i rutinní klinickou praxi*. Praha: Maxdorf, 2012. ISBN 978-80-7345-287-2.
3. BENNETT, David H. *Srdeční arytmie: praktické poznámky k interpretaci a léčbě*. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-5134-4.
4. BŘEZINA, A. Invazivní kardiologické výkony z pohledu anesteziologa. *Intervenční a invazivní kardiologie*. Roč. 12 (2013), č. 4, s. 201-205. ISSN 1213-807 ROČNÍK V TEXTU?
5. BULAVA, Alan. *Kardiologie pro nelékařské zdravotnické obory*. Praha: Grada, 2017. ISBN 978-80-271-0468-0.
6. BULÍKOVÁ, Táňa. *EKG pro záchranáře nekardiology*. Přeložila Ludmila MÍČOVÁ. Praha: Grada Publishing, 2015. ISBN 978-80-247-5307-2.
7. BURDA, P. a ŠOLCOVÁ, L. *Ošetrovatelská péče: pro obor ošetrovatel*. Praha: Grada, 2016. ISBN 978-80-247-5333-1.
8. BUREŠ, Jan; HORÁČEK, Jiří; MALÝ, Jaroslav. *Vnitřní lékařství. 2. přepracované a rozšířené vydání*. Praha: Galén, c2014. ISBN 978-80-7492-145-2.
9. ČIHÁK, Radomír. *Anatomie. Třetí upravené a doplněné vydání*. Praha: Grada, 2016. ISBN 978-80-247-5636-3.
10. ČÍHALÍK, Čestmír. *Kardiologie v průběhu staletí*. Praha:Maxdorf, 2022. ISBN 978-80-7345-702-0.
11. DOBROVSKÁ, Libuše. Kardiostimulátory: Jsou pacienti dostatečně informováni? *Florence*. Roč. 8 (2012), č. 4, s. 14-16. ISSN 1801- 464X.
12. DYLEVSKÝ, Ivan. *Somatologie: pro předmět Základy anatomie a fyziologie člověka. 3. přepracované a doplněné vydání*. Praha: Grada Publishing, 2019. ISBN 978-80-271-2111-3.
13. HAMPTON, John R.; DOSTAL, Jiří a KADLECOVÁ, Barbora. *EKG: stručně, jasně, přehledně*. Praha: Grada, 1996. ISBN 978-80-7169-153-2.
14. HANDL, Zdeněk. *Externí transtorakální defibrilace a kardiostimulace: teorie a praxe. 2. přepracované vydání*. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2011. ISBN 978-80-7013-531-0.

15. HENDL, Jan. *Kvalitativní výzkum: Základní metody a aplikace*. 2005. ISBN 978-80-7367-485-4.
16. JUŘENÍKOVÁ, Petra. *Zásady edukace v ošetrovatelské praxi*. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-2171-2.
17. KETTNER, Jiří a KAUTZNER, Josef. *Akutní kardiologie. Třetí přepracované a doplněné vydání*. Praha: Grada Publishing, 2021. ISBN 978-80-271-3096-2.
18. KNECHTOVÁ, Zdeňka a SUKOVÁ, Olga. *Ošetrovatelské postupy v intenzivní péči: kardiovaskulární aparát*. Brno: Masarykova univerzita, 2017. ISBN 978-80-210-8789-7.
19. KOLÁŘ, Jiří et al. *Kardiologie pro sestry intenzivní péče. 4. doplněné a přepracované vydání*. Praha: Galén, c2009. ISBN 978-80-7262-604-5.
20. KÖLBEL, František. *Praktická kardiologie*. Praha: Karolinum, 2011. ISBN 978-80-246-1962-0.
21. KORPAS, David. *Kardiostimulační technika*. Praha: Mladá fronta, 2011. ISBN 978-80-204-2492-1.
22. KVASNIČKA, J. a HAVLÍČEK, A. *Arytmologie pro praxi*. Praha: Galén, c2010. ISBN 978-80-7262-678-6.
23. MOŤOVSKÁ, Zuzana. *Novinky v akutní kardiologii*. Praha: Mladá fronta, 2016. ISBN 978-80-204-3903-1.
24. SCHNEIDEROVÁ, Michaela. *Perioperační péče*. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4414-8.
25. SOVOVÁ, Eliška et al. *EKG pro sestry*. Praha: Grada Publishing, 2006. ISBN 978-80-247-6790-1.
26. STANĚK, Vladimír. *Kardiologie v praxi. 2. aktualizované a rozšířené vydání*. Axonite CZ s.r.o., 2020. ISBN 978-80-88046-21-9.
27. ŠPINAR, J. et al. *Jak dobře žít s nemocným srdce*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-6227-2.
28. TÁBORSKÝ, Miloš et al. *Kardiologie II. Vyšetřovací metody v kardiologii*. Praha: Česká kardiologická společnost, 2021. ISBN 978-80-271-1439-9
29. TÁBORSKÝ, Miloš. *Novinky v kardiologii*. Praha: Mladá fronta. Edice postgraduální medicíny, 2016. 978-80-204-3984-0.
30. VÍTEK, Bohumil a Pohanka, Ivo. *Dysrytmie: diagnostika pomocí elektrokardiografie, kardiostimulace a histopatologie*. Praha: Avicenum. 1982.

31. VOJÁČEK, J., KETTNER, J. *Klinická kardiologie. 4. vydání.* Praha: Maxdorf. Jessenius, 2019. ISBN 978-80-7345-600-9.
32. VOJÁČEK, Jan. *Akutní kardiologie do kapsy: přehled současných diagnostických a léčebných postupů v akutní kardiologii.3., přepracované a doplněné vydání.* Praha: Mladá fronta, 2020. ISBN 978-80-204-55765.

INTERNETOVÉ ZDROJE

34. *A brief history of cardiac pacing*. Online. Journal List. 2006, roč. 8, č. 2, s. 17-81. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3232561/>. [citováno 2024-03-14].
35. BIČÍK, Vladimír. *Historie implantací kardiostimulátorů v ČR*. Online. Česká kardiologická společnost. Nedatováno. Dostupné z: <https://www.kardio-cz.cz/historie-implantaci-kardiostimulatoru-v-cr-202/>. [citováno 2024-02-26].
36. *Deset let od první implantace bezdrátového kardiostimulátoru na světě*. Online. Nemocnice Na Homolce, 2022. Dostupné z: <https://www.homolka.cz/clanky/aktuality/10.-let.od-prvni-implntace-bezdratoveho-kardiostimulator-na-svete>. [citováno 2024-02-2].
37. *Dvoudutinový kardiostimulátor dostali první pacienti na Homolce*. Online. Nemocnice Na Homolce, 2022. Dostupné z: <https://www.homolka.cz/clanky/aktuality/dvoudutinovy-kardiostimulator-dostali-prvni-pacienti-na-homolce>. [citováno 2024-02-28].
38. HEMEL, N. M. a WALL, E. E. *8 October 1958, D Day for the implantable pacemaker*. Online. Neht. Heart J. 2006, roč. 16, č. 1, s. 3-4. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2572009/>. [citováno 2024-03-14].
39. *Historie*. Online. Institut klinické a experimentální medicíny. Nedatováno. Dostupné z: <https://www.ikem.cz/cs/kardiocentrum/klinika-kardiologie/o-nas/historie/a-173/>. [citováno 2024-02-26].
40. *Holterovská monitorace*. Online. Nedatováno. Dostupné z: <https://www.ikem.cz/cs/holterovska-monitorace/a-400>. [cit. 2024-03-02].
41. HRADEC, J. et al. *Assessing cardiac patients for fitness to drive motor vehicles. Expert consensus statement of the Czech Society of Cardiology- 2012 update*. Online. Cor et Vasa. 2013, roč. 55, č. 3, s.217–224. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010865013000593> [citováno 2024-02-28].
42. KAUTZNER, Josef. *Česká arytmologie v roce 2009- úvodní slovo předsedy PSAKS ČKS*. Online, Cor et Vasa. 2010, roč. 52, s. 1-2. Dostupné z: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.e-coretvasa.cz/pdfs/cor/2010/01/02.pdf>. [citováno 2024-02-26].

43. KOUKAL, Milan. *Unikát! Srdce na dálkové ovládání*. Online. 2009. 21. století. Dostupné z: <https://21stoleti.cz/2009/02/19/unikat-srdce-na-dalkove-ovladani/>. [citováno 2024-02-28].
44. KRYZA, Radim. *Implantace trvalého kardiostimulátoru*. Online. 2010. Dostupné z: [chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://www.mnof.cz/wp-content/uploads/2015/08/17_implantace_trvaleho_kardiostimulatoru .pdf](chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://www.mnof.cz/wp-content/uploads/2015/08/17_implantace_trvaleho_kardiostimulatoru.pdf). [citováno 2024-02-28].
45. LIPOLDOVÁ, J. a LIPOLD, H. *Home monitoring a implantáty*. Online. Kardiologická revue – Interní medicína. 2011, roč. 13, č. 3, s. 174-180. Dostupné z: <https://www.kardiologickarevue.cz/casopisy/kardiologicka-revue/2011-3/home-monitoring-a-implantaty-36626>. [citováno 2024-02-28].
46. LIPOLDOVÁ, Jolana a MIROSLAV NOVÁK. *Historie trvalé kardiostimulace*. Kardiologická revue. Online. 2006, roč. 8, č. 4, s. 166-173. ISN 1801-8653. Dostupné z: http://www.kardiologickarevue.cz/kardiologicka-revue-clanek/historietrvalé-kardiostimulace-31941?message=add&id_topic=31941&confirm_rules=1 [citováno 2024-02-28].
47. *Medtronic Receives CE Mark for its Next Generation Micra Leadless Pacing Systems*, 2024. Online. Dicardiology.com. Nedatováno. Dostupné z: <https://www.dicardiology.com/content/medtronic-receives-ce-mark-its-next-generation-micra-leadless-pacing-systems>. [citováno 2024-03-02].
48. MELLOR, Lise. *Lidwill, Mark C*. Online. Faculty of Medicine Online Museum and Archive. University of Sydney. 2008. Dostupné z: https://www.sydney.edu.au/medicine/museum/mwmuseum/index.php/Lidwill,_Mark_C. [citováno 2024-03-14].
49. NADARAJAH, Ramash. *Leadless pacemakers – The path to safer pacing?* Online. *Indiana Heart Journal*. 2019, roč. 71, č. 6, s. 431-433. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0019483219307011>. [citováno 2024-03-22].
50. NEUŽIL, Petr. *Bezdrátová kardiostimulace - budoucnost nebo fikce?* Online. 2015, roč. 17, č. 3, s. 194-201. ISSN 1803-6597. Dostupné z: <https://www.kardiologickarevue.cz/casopisy/kardiologicka-revue/2015-3/bezdratova-kardiostimulace-budoucnost-nebo-fikce-56022>. [citováno 2024-02-28].

51. NEUŽIL, Petr; PETRŮ, Jan; ŠKODA, Jan a ŠEDIVÁ, Lucie. „Leadless“ pacemaker - kardiostimulátor pro další desetiletí? Online. *Intervenční a akutní kardiologie*. 2013, roč. 12, č. 2, s. 99-101. Dostupné z: [chrome-extensi-on://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.iakardiologie.cz/pdfs/kar/2013/02/12.pdf](https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.iakardiologie.cz/pdfs/kar/2013/02/12.pdf). [citováno 2024-02-28].
52. *ProMRI*. Online. Biotornik. Nedatováno. Dostupné z: <https://www.biotronik.com/en-int/professionals/featured-technologies/promri>. [citováno 2024-02-28].
53. *První pacient dostal na Homolce nový typ bezdrátového (Leadless) kardiostimulátoru*. Online. Nemocnice Na Homolce. 2023. Dostupné z: <https://www.homolka.cz/clanky/aktuality/prvni-pacient-dostal-na-homolce-novy-ty-p-bezdratoveho-leadless-kardiostimulatoru>. [citováno 2024-02-28].
54. RAMBOUSKOVÁ, L. a NOVÁK, M. *Co přinesla nová evropská guidelines pro trvalou kardiostimulaci a srdeční resynchronizační léčbu v oblasti diagnostiky arytmií pomocí dlouhodobého monitorování EKG – současné technické aspekty a typy dlouhodobého monitorování EKG*. Online. *Kardiologická revue – Interní medicína*. 2015, roč. 17, č. 3, s. 245-248. Dostupné z: <https://www.kardiologickarevue.cz/casopisy/kardiologicka-revue/2015-3/co-prinesla-nova-evropska-guidelines-pro-trvalou-kardiostimulaci-a-srdecni-resynchronizacni-lecbu-2013-v-oblasti-diagnostiky-arytmii-pomoci-dlouhodobeho-monitorovani-ekg-soucasne-technicke-aspekty-a-ty-p-dlouhodobeho-monitorovani-ekg-56033>. [citováno 2024-03-02].
55. SCARASE, Richard. *History of the Pacemaker*. Online. 2005. Dostupné z: <https://www.understandinganimalresearch.org.uk/news/top-ten-medical-inventions-pacemakers>. [cit. 2024-03-14].
56. *St. Jude Medical: Dvoudutinový dočasný kardiostimulátor: Uživatelský manuál*. Online. Mediatrade. Nedatováno. Dostupné z: <https://www.cardion.cz/file/683/manual-externi-pm-3085.pdf> [citováno 2024-02-28].
57. ŠEBO, Vojta. *Ehealth a telemedicína: telekardiologie- 22. díl*. Online. *Zdraví.euro.cz*. 2014. Dostupné z: <https://zdravi.euro.cz/clanky/ehealth-a-telemedicina-telekardiologie-22-dil/>. [citováno 2024-02-28].
58. ŠENKYŘÍKOVÁ, M., H. FIŠEROVÁ, O. LUDKA a J. ŠPINAR. *Komplexní ošetrovatelská dokumentace při krátkodobé hospitalizaci pacientů indikovaných k trvalé*

- kardiostimulaci*. Online. Kardiologická revue – Interní medicína. 2014, roč. 16, č. 1, s. 44-46. ISSN 2336-288x. Dostupné také z: <http://www.prolekare.cz/kardiologicka-revueclanek/komplexni-osetrovatelska-dokumentace-pri-kratkodobe-hospitalizacipacientu-indikovanych-k-trvale-kardiostimulaci-47818> [citováno 2024-02-28].
59. ŠNOREK, Michal a BULAVA, Alan. *MR kompatibilní kardiostimulátory a implantabilní kardiovertery-defibrilátory*. Online. Vnitřní lékařství. 2014, roč. 60, č. 2, s. 123-127. Dostupné z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/vnitri-lekarstvi/2014-2-7/mr-kompatibilni-kardiostimulatory-a-implantabilni-kardiovertery-defibrilatory-48442>. [citováno 2024-02-28].
60. TÁBORSKÝ, K. et al. *Zásady pro implantace kardiostimulátorů, implantabilních kardioverterů – defibrilátorů a srdeční resynchronizační léčbu*. Online. Vypracovali členové výboru pracovní skupiny Arytmie a trvalá kardiostimulace České kardiologické společnosti. 2009. Dostupné z: http://www.kardio-cz.cz/resources/upload/data/186_Guidelineszasady_implantace_ICD_09.pdf [citováno 2024-02-28]
61. TÁBORSKÝ, M a KAUTZNER, J. *Souhrn doporučených postupů ESC pro implantaci kardiostimulátorů a srdeční resynchronizační léčbu*. Online. Česká kardiologická společnost. 2013. Dostupné z: https://www.kardiocz.cz/data/upload/Souhrn_Doporucenych_posupu_ESC.pdf. [citováno 2024-02-26].
62. Ústav zdravotnických informací a statistik ČR. *Otevřená data: Kardiostimulátory a implantabilní kardioverter-defibrilátor*. Online. Národní zdravotnický informační portál. 2023. ISSN 2695-0340. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/1661-kardiostimulatory-implantabilni-kardioverter-defibrilatory>. [citováno 2023-02-23].

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A, Otevřená data NZIP 2022

Příloha B, Vývoj kardiostimulátoru

Příloha C, Vývoj kardiostimulátoru

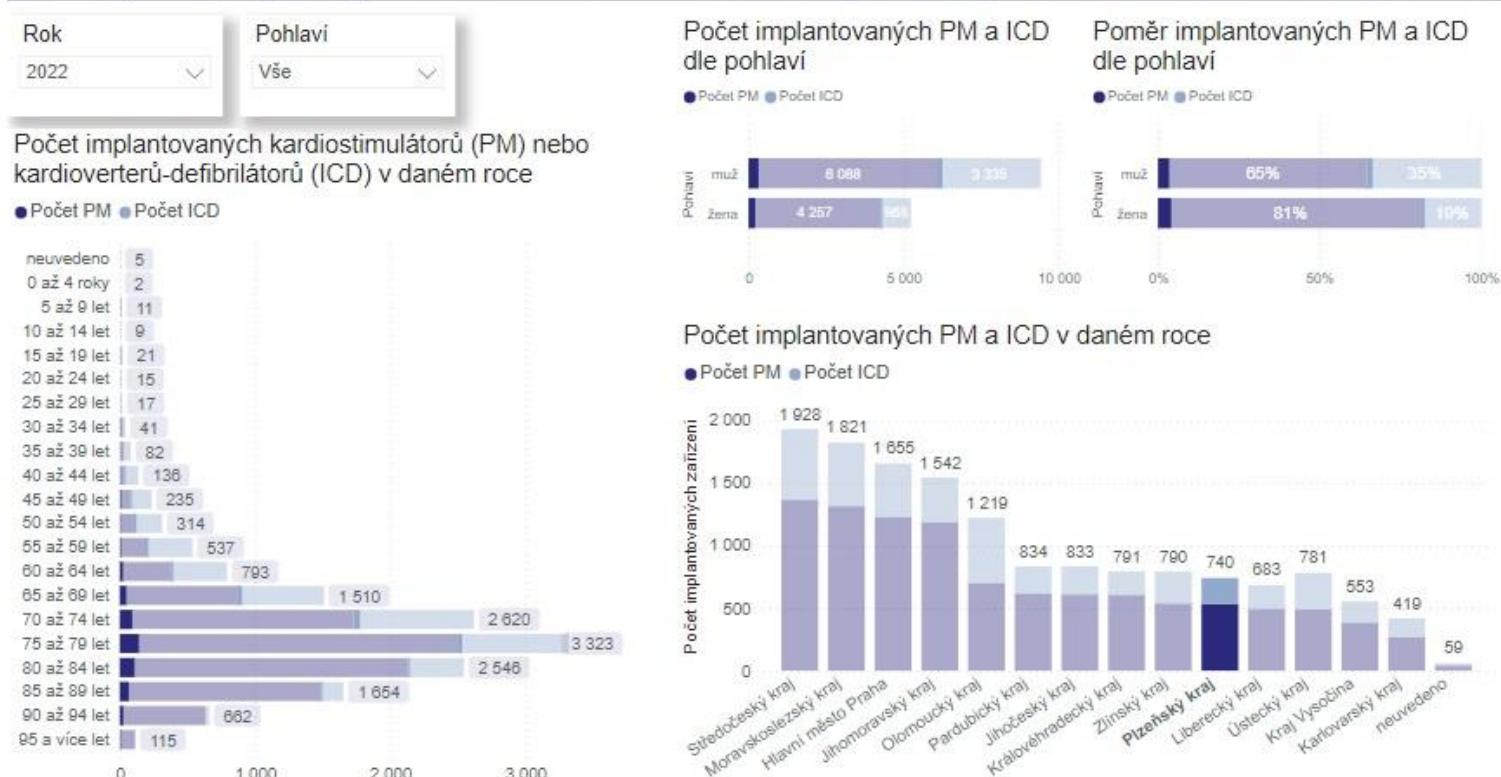
Příloha D, Tabulka označení kardiostimulátorů

PŘÍLOHY

Příloha A, Otevřená data NZIP 2022

Obrázek 2 Otevřená data NZIP 2022

Přehled počtu nových implantací PM nebo ICD v roce 2022 (incidence)



Zdroj: nzip.cz

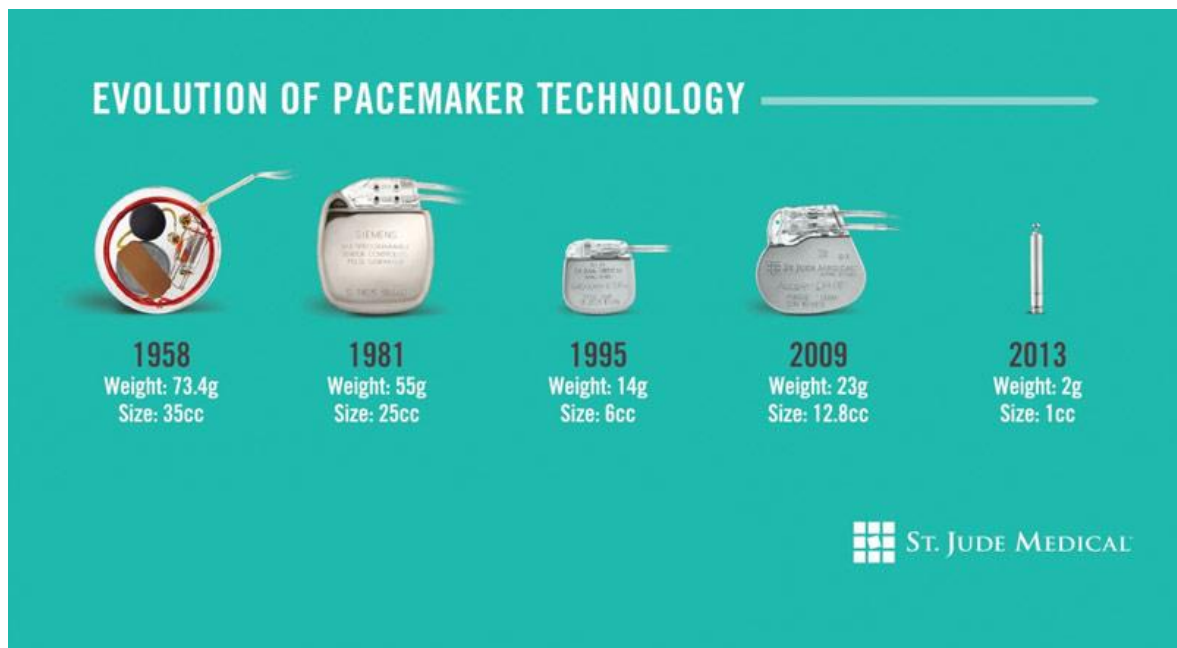
Příloha B, Vývoj kardiostimulátoru

Obrázek 3 Vývoj kardiostimulátoru



Příloha C, Vývoj kardiostimulátoru

Obrázek 4 Evoluce kardiostimulátoru



Zdroj: St. Jude Medical

Příloha D, Označení kardiostimulátorů

Tabulka 2 Označení kardiostimulátorů

První písmeno určuje stimulovaný srdeční dutinu, oddíl	A – atrium – síňová stimulace V – ventriculus – komorová stimulace D – double – obě dutiny stimulovány
Druhé písmeno určuje druhou srdeční dutinu, ze které je snímána elektrická aktivita	A – atrium – síňová stimulace V – ventriculus – komorová stimulace D – double – obě dutiny stimulovány 0 – žádný impulz není snímán
Třetí písmeno označuje režim stimulatoru	I – inhibiční (stimulace je utlumena stahem srdce) T – spouštěcí (stimulace je utlumena stahem srdce) D – obojí (dualdemand)
Čtvrté písmeno označuje typ kardiostimulátor	M – multiprogramovatelný P – programovatelný R – frekvenčně reagující (detekuje změny ve fyzické aktivitě a dokáže se jim přizpůsobit)
Páté písmeno označuje speciální funkce	například dálkovou monitoraci

(Vojáček, 2020).