

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI  
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

Bc. Markéta Kubínová

**Dávky záření při zavádění biventrikulárního stimulačního  
systému vs jednodutinový nebo dvoudutinový stimulační systém u  
srdečního selhání**

Diplomová práce

Vedoucí práce: Ing. Bc. Lenka Strouhalová

Olomouc 2023

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a použila jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

Olomouc 8. 5. 2023

Bc. Markéta Kubínová

Na tomto místě bych ráda poděkovala paní Ing. Bc. Lence Strouhalové za odborné vedení diplomové práce, podnětné a cenné rady, trpělivost a především lidský přístup a podporu.

## **ANOTACE**

**Typ závěrečné práce:** Diplomová práce

**Téma práce:** Srdeční selhání

**Název práce:** Dávky záření při zavádění biventrikulárního stimulačního systému vs. jednodutinový a dvoudutinový stimulační systém u srdečního selhání

**Název práce v AJ:** Radiation doses for biventricular pacing system vs. single-chamber and dual-chamber pacing system in heart failure

**Datum zadání:** 28-1-2022

**Datum odevzdání:**

**Vysoká škola, fakulta, ústav:** Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav radiologických metod

**Autor práce:** Bc. Markéta Kubínová

**Vedoucí práce:** Ing. Bc. Lenka Strouhalová

**Oponent práce:** Mgr. Iva Bokůvková

**Abstrakt v ČJ:** Předkládaná diplomová práce se zabývá problematikou dávek při zavádění stimulačních systémů v rámci srdečního selhání, konkrétně biventrikulárních, jednodutinových a dvoudutinových kardiostimulátorů či implantabilních kardioverter-defibrilátorů. Teoretická část spočívá v popisu pravostranného srdečního selhání, jeho příznaků, diagnostiky a především léčby prostřednictvím stimulačních systémů. Jedna kapitola teoretické části se věnuje dávkám záření a faktorům, které ovlivňují dávku záření na pacienta. V praktické části je popsán celý proces implantace stimulačních systémů od zarouškování, přes zavedení elektrod do jednotlivých srdečních oddílů, uzavření kapsy se

zavedeným přístrojem až po pooperační péči a možné komplikace. V návaznosti na teoretickou a praktickou část bylo hlavním cílem výzkumné části zjistit, jak se změní dávka záření v závislosti na velikosti prozařovaného objemu. Dílčími cíly bylo zjistit, do jaké míry se změní dávka záření při zvětšení obrazu či změně úhlu, a zda je dávka záření na pacienta při zavádění biventrikulárního stimulačního systému vyšší, než při zavádění jednodutinového či dvoudutinového stimulačního systému. Jednalo se o kvantitativní výzkum, který byl realizován na katetrizačních sálech 1. interní klinice FNOL prostřednictvím přímoodečítacích dozimetrů přiložených na pacienta v PA a LAO projekci. Výzkumu se účastnilo celkem 60 respondentů (38 mužů, 22 žen). Výsledky tohoto výzkumu ukázaly, že mezi zvětšujícím se objemem a dávkou záření není signifikantní souvislost. Dalšími výsledky studie byla fakta, že mezi dávkou záření při zavádění biventrikulárního stimulačního systému a dávkou při zavádění jednodutinového, nebo dvoudutinového stimulačního systému není signifikantní rozdíl a, že při změně úhlu během vyšetření se dávka záření signifikantně nezvyšuje.

**Abstrakt v AJ:** The presented diploma thesis deals with the issue of doses during the introduction of stimulation systems, specifically biventricular, single-cavity and double-cavity pacemakers or implantable cardioverter-defibrillators. The theoretical part consists of a description of right-sided heart failure, its symptoms, diagnosis and, above all, treatment through stimulation systems. One chapter of the theoretical part is devoted to radiation doses and factors that affect the radiation dose to the patient. In the practical part, the entire process of implantation of stimulation systems is described, from disinfection of the operating field, through the introduction of electrodes into individual heart compartments, closing the pocket with the inserted device, to post-operative care and possible complications. Following the theoretical and practical part, the main goal of the research part was to find out how the radiation dose changes depending on the size of the irradiated volume. The sub-goals were to determine to what extent the radiation dose changes when the image is enlarged or the angle is changed, and whether the radiation dose per patient is higher when a biventricular pacing system is introduced than when a single-cavity or double-cavity pacing system is introduced. It was a quantitative research that was carried out in the catheterization rooms of the 1st internal clinic of FNOL through direct reading dosimeters attached to the patient in PA and LAO projection. A total of 60 respondents (38 men, 22 women) participated in the research. The results of this research showed that there is no significant relationship between increasing volume and dose. Other results of the study were the facts that there is no significant difference between the radiation dose during the introduction of a biventricular stimulation

system and the dose during the introduction of a single-cavity or double-cavity stimulation system and that the radiation dose does not increase significantly when the angle is changed during the examination.

**Klíčová slova v ČJ:** Srdeční selhání, léčba, implantace stimulačního systému, biventrikulární stimulační systém, jednodutinový stimulační systém, dvoudutinový stimulační systém, radiační dávka

**Klíčová slova v AJ:** Heart failure, therapy, treatment, stimulation system implantation, biventricular stimulation system, single-cavity stimulation system, double cavity stimulation systém, radiation dose

**Rozsah:** 93 stran/18 příloh

# OBSAH

Úvod.....	9
1 Rešeršní činnost.....	12
TEORETICKÁ ČÁST .....	14
2 Pravostranné srdeční selhání .....	14
3 Diagnostika pravostranného srdečního selhání .....	16
4 Farmakologická léčba.....	22
5 Přístrojová léčba .....	24
5.1 Trvalá kardiostimulace .....	24
5.2 Implantace kardioverter-defibrilátoru .....	25
5.3 Srdeční resynchronizační léčba (biventrikulární stimulace) .....	27
6 Dávky záření.....	30
7 Shrnutí teoretické části .....	33
PRAKTICKÁ ČÁST .....	35
8 Předoperační příprava a potřebné vybavení při implantaci elektronických zařízení.....	36
9 Postup při chirurgickém výkonu.....	37
10 Perioperační komplikace a jejich řešení .....	45
11 Shrnutí praktické části.....	47
VÝZKUMNÁ ČÁST .....	49
12 Výzkumné cíle, otázky a hypotézy .....	49
13 Charakteristika výzkumného vzorku .....	50
14 Metoda sběru dat.....	54
15 Realizace výzkumu .....	56
15.1 Možná rizika či zátěž pro účastníky výzkumného šetření.....	56
15.2 Etické aspekty studie .....	56

16	Metody zpracování dat.....	57
17	Výsledky výzkumu .....	59
18	Diskuse.....	63
19	Závěr .....	68
	Referenční seznam .....	70
	Seznam zkratk .....	76
	Seznam grafů a tabulek.....	78
	Seznam příloh .....	79
	Přílohy.....	80



## Úvod

Srdeční selhání lze definovat jako soubor klinických symptomů, které je možné popsat nejen poruchou srdeční funkce, ale také celou řadou neurohumorálních reakcí (Lukl, 2004, s. 53). Málek a Málek (2018, s. 7) ve své knize uvádí, že srdeční selhání lze z pohledu patofyziologie klasifikovat jako stav abnormální funkce srdce, v důsledku kterého srdce není schopné zabezpečit metabolicky aktivním tkáním adekvátní přívod krve.

Srdeční selhání je možné klasifikovat hned několika způsoby. Podle rychlosti manifestace symptomů, lze srdeční selhání rozdělit na akutní a chronické. Zatímco akutní srdeční selhání (SS) vzniká náhle a vyžaduje rychlý medicínský zákrok, chronické SS se vyvíjí pozvolna nebo může vzniknout následkem akutního SS (Málek, Málek, 2018, s. 8).

Dle klinických příznaků se srdeční selhání člení na pravostranné a levostranné, tyto dva typy se mezi sebou velmi často kombinují (Češka a kol, 2020, s. 85-86). Levostranné SS lze chápat jako selhání funkce levé komory srdeční a projevuje se městnáním krve v plicích. Naopak městnáním krve ve velkém oběhu se projevuje pravostranné srdeční selhání.

Selhání srdce lze dále rozdělit na systolické a diastolické. Systolické SS je spjato s poklesem ejekční frakce levé komory. Při diastolickém SS vede porucha plnění levé někdy i pravé komory k vzestupu tlaků v plicích, což se projevuje rozvojem symptomů městnání krve v plicích i velkém oběhu při současné normální či zachovalé systolické funkci komor. Tento typ srdečního selhání je označován také jako SS se zachovalou ejekční frakcí (Málek, Málek, 2018, s. 7-8).

Klasifikace NYHA (New York Heart Association), která má čtyři stupně (I-IV), slouží především ke zhodnocení závažnosti symptomů srdečního selhání a zároveň má velký prognostický význam. V rámci NYHA I jsou pacienti bez omezení činností, každodenní námaha jim nezpůsobuje pocit vyčerpání, palpitace ani dušnost. Naopak u pacientů se srdečním selháním funkční třídy NYHA IV se objevuje dušnost či palpitace i v klidu a v důsledku toho nejsou schopni samostatného života (Nussbaumerová, Rosolová, 2018, s. 850-851).

Srdeční selhání patří k jednomu z nejvýznamnějších zdravotních a veřejných problémů na celém světě (Bauersachs, Bulter, Sandner, 2017, s. 16). Incidence i prevalence srdečního selhání roste s rostoucím věkem. Prevalence srdečního selhání v populaci se pohybuje

v rozmezí 1-2 %. V České republice je každoročně diagnostikováno srdeční selhání přibližně u čtyřiceti tisíc nových pacientů.

Srdeční selhání je velmi obsáhlé a široké téma. Proto se tato diplomová práce bude zabývat pouze pravostranným srdečním selháním, jeho léčbou pomocí implantace stimulačních systémů a dávkami, které při implantacích stimulačních systémů pacient obdrží.

### **Cíle diplomové práce**

Hlavním cílem této diplomové práce je zjistit, jak se změní dávka záření v závislosti na velikosti prozařovaného objemu. Mezi dílčí cíle této diplomové práce patří:

- Zjistit do jaké míry se změní dávka záření při zvětšení obrazu či změně úhlu.
- Zjistit, zda je dávka záření na pacienta při zavádění biventrikulárního stimulačního systému vyšší, než při zavádění jednodutinového či dvoudutinového stimulačního systému.

### **Metodika diplomové práce**

V rámci studie bude využit kvantitativní výzkum – observační studie, analytická studie, v přítomném čase. Sběr dat bude probíhat v průběhu samotného implantačního výkonu pomocí přímoodečítacích dozimetrů v zadopřední a levé šikmé projekci. Získaná data budou zaznamenána a zpracována formou tabulek a grafů, ze kterých bude následně na základě statistické analýzy vyhodnocen závěr.

Pro výběr subjektů bude zvolena metoda záměrného výběru. Subjekty budou vybrány na základě indikace k zavedení stimulačního systému bez ohledu na pohlaví, věk, výšku, váhu a závažnosti indikace. Výzkum bude probíhat na 1. Interní klinice ve FN v Olomouci. Do výzkumného projektu budou zařazeny všechny subjekty, které podepíší písemný souhlas s výzkumem.

Subjekty budou požádány a informovány o provádění výzkumného projektu v rámci jejich vyšetření přímo autorkou práce. Samotná autorka práce bude rovněž ta, která bude data sbírat. Subjekty budou muset podepsat informovaný souhlas s prováděním výzkumu v průběhu jejich vyšetření. Před podepsáním písemného souhlasu budou subjekty informovány o účelu a zaměření výzkumu, o zajištění anonymity a ochrany osobních údajů. Veškerá data budou získávána, hodnocena a prezentována anonymně. V tabulkách budou informace o dávce zaznamenány pouze pod identifikačními čísly, které nebudou žádným

způsobem spojeny s identifikačními údaji pacienta. Tím bude dosaženo anonymity zúčastněných subjektů. Po ukončení budou data bezpečně uložena či smazána.

# 1 Rešeršní činnost

Před zahájením rešeršní činnosti byla pro prostudování problematiky použita následující studijní literatura:

1. ŠTEJFA, Miloš. 2006. Kardiologie: 3., přepracované a doplněné vydání. Grada, 1 online zdroj (776 stran). ISBN 978-80-247-7034-5.
2. KAUTZNER, Josef a Vojtěch MELENOVSKÝ. 2015. Srdeční selhání: aktuality pro klinickou praxi. Praha: Mladá fronta, 366 s. Edice postgraduální medicíny. ISBN 978-80-204-3573-6.
3. MÁLEK, Filip a Ivan MÁLEK. 2018. Srdeční selhání. Vydání druhé. Praha: Karolinum, 84 s. Učební texty Univerzity Karlovy. ISBN 978-80-246-3823-2.
4. TÁBORSKÝ, Miloš, Josef KAUTZNER, Aleš LINHART, Robert HATALA, Eva GONSALVESOVÁ a Peter HLIVÁK, ed. 2021. Kardiologie. I., Základní elementy kardiovaskulárních onemocnění. Praha: Česká kardiologická společnost, xv, 71 s. ISBN 978-80-271-1439-9.

**Vyhledávací kritéria:**

- **Klíčová slova v ČJ:** srdeční selhání, léčba, implantace stimulačního systému, biventrikulární stimulační systém, jednodutinový stimulační systém, dvoudutinový stimulační systém, radiační dávka
- **Klíčová slova v AJ:** heart failure, therapy, treatment, stimulation system implantation, biventricular stimulation system, single-cavity stimulation system, double cavity stimulation system, radiation dose
- **Jazyk:** český, anglický, polský
- **Další vyhledávací kritéria:** plný text práce, abstrakt v českém/anglickém jazyce
- **Vyhledávací období:** 2000-2023



**Využité databáze:** EBSCO, Medvik, Pubmed, Google Scholar



**Celkem zalezeno:** 110 článků



**Vyřazující kritéria:**

- Duplicita článků
- Články neodpovídající tématu
- Nedostupný plný text publikace



**Použité publikace:**

- 25 článků
- 12 knižních publikací

# TEORETICKÁ ČÁST

## 2 Pravostranné srdeční selhání

Srdeční selhání představuje stav, v rámci kterého srdce není schopné efektivně pumpovat krev do celého krevního oběhu. Pravostranné SS vzniká nejčastěji v důsledku selhání levé komory skrze tlakové a oběhové přetížení. Z klinického hlediska se tento stav u pacientů projeví pocitem tlaku na hrudi, dušností, bušením srdce či otoky různých částí těla, nejčastěji dolních končetin. Diagnostika pravostranného SS se opírá především o neinvazivní zobrazovací metody, kterými jsou echokardiografie, nukleární angiografie, magnetická rezonance (MRI) či výpočetní tomografie (CT). Mezi invazivní vyšetřovací metody využívané v rámci pravostranného srdečního selhání patří hemodynamická měření. Léčba pravostranného SS spočívá především ve snaze zvýšit kontraktilitu pravé komory srdeční a optimalizaci stavu jejího objemu (Mandras, Desai, 2022).

### **Etiologie**

Prevalence dysfunkce pravé komory u pacientů se srdečním selháním se sníženou funkcí levé komory pohybuje okolo 48 %. Naopak u pacientů se SS se zachovalou funkcí levé komory prevalence RVF velmi kolísá a pohybuje mezi 33-50 % (Táborský a kol., 2021, s. 668).

Selhání pravé komory srdeční je nejčastěji způsobeno selháním levé komory prostřednictvím objemového a tlakového přetížení. Mezi další příčiny vzniku RVF lze zařadit zápal plic, plicní embolii, syndrom akutní respirační tísně. K vzniku selhání pravé komory mohou vést taktéž stavy tlakového přetížení chronického rázu. Do těchto stavů patří primární plicní arteriální hypertenze, sekundární plicní hypertenze, CHOPN, plicní fibrózy či vrozené vady srdce. RVF může být vyvoláno intrinsickým onemocněním myokardu pravé komory. Mezi tyto onemocnění řadíme ischemii pravé komory, infarkt myokardu, infiltrativní onemocnění (amyloidóza, sarkoidóza) nebo kardiomyopatie (Mandras, Desai, 2022).

Dalšími možnými příčinami, které vedou k rozvoji akutní RVF, je myokarditida, triskupidální regurgitace a onemocnění chlopně plicnice. K vzniku akutního RVF může dojít taktéž vlivem nekardiálních operací a to kvůli náhle vzniklé plicní hypertenzi či intraoperační ischemie srdeční svaloviny pravé komory (Táborský a kol., 2021, s. 669).

## Symptomy

Z klinického pohledu se u pacientů s RVF nejčastěji objevují symptomy systémového žilního městnání a hypoxémie. Tyto příznaky zahrnují dušnost, nepohodlí na hrudi, palpitaci či otok (Mandras, Desai, 2022). Mezi další možné ale méně typické příznaky patří sípání, noční kašel, deprese, závratě, ztráta chuti k jídlu a zmatenost (Nussbaumerová, Rosolová, 2018, s. 848).

Příznaky pravostranné srdeční slabosti jsou oproti výsledku fyzikálního vyšetření většinou případů velmi nenápadné. Zvýšená náplň jugulárních žil v rámci nálezu při fyzikálním vyšetření je jedním z nejspolehlivějších příznaků pravostranné srdeční slabosti. Dále se může objevovat hepatomegalie, symetrické otoky dolních končetin či fyzická nevykonnost (Lukl, 2004, s. 57). Mezi méně specifické známky srdečního selhání je možné zařadit hepatojugulární reflux, nárůst hmotnosti či hubnutí, srdeční šelest, plicní krepitaci, tachykardii, nepravidelný pulz a podobné (Nussbaumerová, Rosolová, 2018, s. 848).

V závažných případech, kdy pravá komora není schopná udržet dostatečný srdeční výdej, se může objevit presynkopa či dokonce synkopa. Pro tyto stavy je typická hypotenze, tachykardie, studené končetiny, opožděné plnění kapilár i útlum centrálního nervového systému (Mandras, Desai, 2022).

### 3 Diagnostika pravostranného srdečního selhání

V dřívějších dobách se v diagnostice srdečního selhání uplatňovaly hlavně invazivní vyšetřovací metody, konkrétně aortografie či ventrikulografie. Dnes se díky rychlému rozvoji používají především neinvazivní zobrazovací metody (Kautzner, 2015, s. 54-68). Nejčastěji se pro diagnostiku pravostranného srdečního selhání využívá magnetická rezonance a echokardiografie (Ryan, Tedford, 2015, s. 4).

Mezi počáteční vyšetření pro stanovení diagnózy SS patří elektrokardiografie, rentgenový snímek hrudníku a laboratorní rozbor krve (Kostura a kol., 2022, s. 108). Vyšetření krevního obrazu by mělo být zaměřeno především na hemoglobin a leukocyty. Biochemické testy by měly být zaměřeny na mineralogram, konkrétně sodík a draslík, testy renálních (kreatinin, urea) a jaterních funkcí, glykemii, spidogram, natriuretické peptidy, tyreostimulační hormon a parametry metabolismu železa (Nussbaumerová, Rosolová, 2018, s. 848). Jednu z hlavních rolí při prognostickém hodnocení SS hrají biomarkery. Mezi tyto biomarkery patří natriuretický peptid B, sérový kreatinin a troponin (Tomasoni a kol., 2019, s. 1106). Natriuretický peptid typu B a srdeční troponin jsou velmi citlivé pro včasnou detekci RVF a poškození srdeční svaloviny. Jsou-li hodnoty těchto markerů zvýšené, RVF má velmi špatnou prognózu především kvůli plicní arteriální hypertenzi (Mandras, Desai, 2022). Diagnostická přesnost natriuretického peptidu je snižená u starších pacientů s akutní dušností, protože peptidy nerozlišují kardiální či respirační původ této dušnosti (Tomasoni a kol., 2019, s. 1106).

#### **Elektrokardiografie**

Elektrokardiografie (EKG) se při diagnostice srdečního selhání využívá k posouzení strukturálního poškození srdce a funkčních poruch (poruch rytmu). EKG záznam bez přítomnosti abnormalit téměř určitě diagnózu srdečního selhání vylučuje. Avšak zároveň neexistují žádné specifické nálezy na EKG, které jsou pro srdeční selhání typické. Dvanáctisvodové EKG poskytuje informace o rytmu srdce, srdeční frekvenci a funkci jeho převodního systému.

Prodloužení QRS komplexu  $> 150$  ms či  $> 130$  ms se známkami blokády levého Tawarova raménka na EKG je charakteristickým znakem mechanické dyssynchronie. U pacientů se symptomatickým systolickým SS NYHA II-IV s ejekční frakcí pod 35 % je tento nález indikací k resynchronizační terapii.



Mezi nejčastější nálezy na EKG patří tachykardie a fibrilace síní. Při fibrilaci síní na EKG záznamu úplně chybí P vlny a aktivita komor vyjádřená prostřednictvím QRS komplexu je zcela nepravidelná. U pacientů se srdečním selháním léčených prostřednictvím přístrojů se mohou na EKG objevit typické artefakty, které jsou způsobené stimulací komor a síní či biventrikulární stimulací. Pokud se na EKG objeví známky bradykardie, je nutností vyloučit atrioventrikulární blokádu.

P mitrale (deformace vlny P ve druhém a šestém svodu) představuje charakteristický nález u pacientů se SS a sinusovým rytmem. P mitrale nasvědčuje zvětšení levé síně či zvýšení tlaku v levé síni.

Prodloužení QRS komplexu na dvanáct setin sekundy společně s jeho deformací je typické pro přítomnost ramínkové blokády. Tyto blokády se u pacientů se SS vyskytují velmi často.

Elevace či deprese ST úseku jsou známkou ischemie a akutního infarktu myokardu. Elevace ST úseku může být také způsobena perikarditidou (Táborský a kol., 2021, s. 631).

## **RTG hrudníku**

Rentgenový (RTG) snímek srdce a plic má v rámci diagnostiky srdečního selhání spíše podpůrný účel (Štejf, 2006, s. 432). Jedná se o levné a rychlé vyšetření vyžadující minimální množství záření. RTG snímek srdce a plic může být nápomocný při potřebě odlišit srdeční selhání od primárního plicního onemocnění. Žádný z nálezů na rentgenovém snímku nemůže definitivně vyloučit ani potvrdit diagnózu poruchy srdeční funkce (Eisen, 2017, s. 50). RTG snímek hrudníku je u srdečního selhání užitečný také ke sledování účinku terapie.

Na zadopředním snímku srdce a plic lze zhodnotit velikost a tvar srdečního stínu. Kardiotorakální index (KTI) představuje poměr, pomocí kterého se hodnotí velikost srdce. Jedná se o poměr maximální šířky srdečního stínu a maximální šířky hrudníku. Pokud je hodnota KTI menší než 0,5, jedná se o normální nález. Hodnota KTI větší než 0,6 poukazuje na výrazné zvětšení srdečního stínu.

Rentgenový snímek se využívá také pro hodnocení stupně plicní kongesce (zmnožení cévní kresby). Důvodem tohoto stavu je zmnožení tekutiny v plicních lalocích. Toto zmnožení vzniká v důsledku náhlého či postupného zvýšení tlaku v levé síni a tlaku v plicnici v zaklínění (PWP). V rámci srdečního selhání jsou rozlišovány tři stupně plicní kongesce. Prvním stupněm je překrvení plicních hilů odpovídající nárůstu PWP nad 18 mmHg. Druhý stupeň odpovídá intersticiálnímu plicnímu edému a PWP

nad 25 mmHg. Třetím stupněm je intraalveolární plicní edém s PWP nad 30 mmHg (Táborský a kol., 2021, s. 631-632).

U druhého stupně plicní kongesce mohou být na rentgenovém snímku patrné tzv. Kerleyho linie (A, B, C). Kerleyho linie A se velmi často nachází v horních plicních polích, bývají 5-10 cm dlouhé a jsou definovány jako štíhlé linie vedoucí z plicního hilu jakýmkoliv směrem. Kerleyho linie B odpovídají vodorovným, několik milimetrů dlouhým a silným lamelám, které jsou lokalizovány v oblasti plicní báze. Kerleyho linie C se vyskytují vzácně a vytváří obraz „plástve“ (Štejfa, 2006, s. 149). Kerleyho linie jsou typicky přítomné u kardiogenního plicního edému, řadí se tedy mezi charakteristický znak kardiálního plicního edému (Šedý, 2011, s. 147).

Na rentgenovém snímku lze také diagnostikovat pleurální výpotek, který je u srdečního selhání typicky lokalizován na pravé straně. Pokud se jedná o oboustranný pleurální výpotek, je zpravidla na pravé straně větší.

RTG snímek srdce a plic se také využívá u pacientů se srdečním selháním, kteří jsou léčeni prostřednictvím implantované přístrojové techniky. U těchto pacientů se RTG snímek hrudníku využívá k posouzení správnosti poloh jednotlivých implantovaných elektrod (Táborský a kol., 2021, s. 632).

## **Echokardiografie**

Echokardiografie je základní zobrazovací metodou v diagnostice srdečního selhání a slouží především ke zhodnocení funkce a morfologické struktury srdce. Své místo má také v prognostické stratifikaci pacientů a ve zhodnocení efektu farmakologické či nefarmakologické léčby. Výhodou této zobrazovací metody je neinvazivita, možnost opakování a její dostupnost (Táborský a kol., 2021, s. 632).

V rámci diagnostiky SS se používá jednorozměrná (M-mód), dvourozměrná a dopplerovská echokardiografie. Ve zvláštních případech lze také indikovat transezofageální echokardiografii. Dvourozměrná echokardiografie (2D) je využívána nejen pro zhodnocení velikosti srdečních oddílů, tloušťky srdeční svaloviny, systolické funkce levé komory, morfologie chlopní, ale také pro posouzení přítomnosti pleurálního výpotku. Dopplerovská echokardiografie umožňuje změřit rychlost průtoku krve a posoudit tlakové gradienty, tzn. tlakové rozdíly mezi jednotlivými oddíly srdce (Málek, Málek, 2018, s. 25).

Posouzení funkce pravé komory je velmi náročné díky jejímu tvaru a uložení. K posouzení velikosti, funkce a hemodynamiky pravé komory se nejčastěji používá právě

dvourozměrná echokardiografie. Jako součást tohoto vyšetření se provádí měření velikosti pravé síně a komory.

Vzhledem k tvaru pravostranných oddílů srdce je kvantitativní hodnocení funkce velmi obtížné. Proto je funkce pravé komory popisována kvalitativně v porovnání s funkcí levé komory. Fyziologická velikost pravé komory by neměla být větší než dvě třetiny velikosti levé komory. Součástí vyšetření je také hodnocení napětí pravé komory a TAPSE (tricuspid annular plane systolic excursion), které slouží k odhadu funkce levé komory. Mezi další měření, která jsou prováděna při 2D echokardiografii, patří myokardial performance index, jež odhaduje funkci pravé komory, index excentricity a další (Mandras, Desai, 2022).

### **Výpočetní tomografie**

Výpočetní tomografie (CT) srdce je velmi cennou vyšetřovací metodou v rámci vyšetřování možné ICHS (Eisen, 2017, s. 59). Srdce a jeho jednotlivé části lze na CT zobrazit pouze společně s EKG řízeným snímáním obrazu (EKG-gated). Důvodem nutnosti kontinuálního nahrávání EKG záznamu v průběhu CT vyšetření je neustálý pohyb srdeční svaloviny. Výsledný obraz se tedy vytváří rekonstrukcí snímků z několika postupně se opakujících stahů srdeční svaloviny. CT má v porovnání s ostatními zobrazovacími metodami výborné prostorové rozlišení, ale naopak špatné časové rozlišení (Kautzner, 2015, s. 66).

Velkou výhodou výpočetní tomografie je možnost podrobného zhodnocení anatomických struktur včetně měření průměru a objemu pravé i levé komory. I přesto tyto výhody se v diagnostice srdečního selhání dává přednost echokardiografii či magnetické rezonanci (Eisen, 2017, s. 59). Nevýhodou CT je nutnost aplikace jodové kontrastní látky pro získání kvalitních diagnostických informací.

Na rozdíl od magnetické rezonance mohou být na CT vyšetření i pacienti s implantovanými kovovými předměty (např. totální endoprotézy) či přístroji (kardiostimulátor, kardioverter-defibrilátor). Další výhodou oproti magnetické rezonanci je podstatně kratší čas vyšetření (Konstam a kol., 2018, s. 596).

## **Magnetická rezonance**

Echokardiografie je nejčastěji používanou zobrazovací metodou pro hodnocení pravé komory především kvůli nízké ceně, dostupnosti a snadnému používání. V posledních letech se ovšem zlatým standardem pro hodnocení pravé komory stala magnetická rezonance srdce (CMR). CMR se díky svému vývoji stala nejlepší zobrazovací metodou pro získání přesných údajů o velikosti a funkci pravé komory. CMR na rozdíl od 2D echokardiografie není ovlivněna anatomickými omezeními a umožňuje tedy získání kompletního obrazu celého srdce i pravé komory (Eisen, 2017, s. 72-74).

Zobrazení myokardu prostřednictvím magnetické rezonance lze rozdělit do čtyř skupin, a to na dynamické zobrazení, statické zobrazení, funkční CMR s fázovým kontrastem a MR angiografii. Jednotlivé fáze srdečního rytmu jsou rozpoznány díky kontinuálnímu EKG záznamu (EKG synchronizace, EKG rating). Výsledný obraz se vytváří z dat, která jsou získávána v průběhu několika srdečních cyklů současně s krátkodobým zadržením dechu (Solař a kol., 2008, s. 183).

Magnetická rezonance je používána pro získání informací o anatomických strukturách srdce, funkci srdečních oddílů a charakteristice srdeční tkáně. Tato zobrazovací metoda se nejčastěji využívá u pacientů s ischemickou dysfunkcí levé komory a slouží k posouzení viability myokardu. Vyšetření magnetickou rezonancí může být také přínosné v rámci diagnostiky infiltrativních či zánětlivých procesů v myokardu (Táborský a kol., 2021, s. 635). Magnetická rezonance srdce má výborné prostorové i časové rozlišení, díky kterému lze přesně hodnotit objemy v pravé komoře během srdečního cyklu (Eisen, 2017, s. 72-74). Nevýhodou CMR je nemožnost provedení tohoto vyšetření u pacientů s implantovaným kardioverter-defibrilátorem či kardiostimulátorem, který není možné vložit do silného magnetického pole magnetické rezonance. Dnes se již vyrábějí a implantují tzv. MR-kompatibilní kardioverter-defibrilátory nebo kardiostimulátory, díky kterým lze i pacienty s tímto přístrojovým vybavením vyšetřit pomocí magnetické rezonance (Málek, Málek, 2018, s. 31).

## **Hemodynamické vyšetření**

O stavu srdeční hemodynamiky nám přináší informace především pravostranná srdeční katetrizace, ale také některé neinvazivní zobrazovací metody, například echokardiografie. **Pravostranná srdeční katetrizace** je invazivní zobrazovací metoda, která slouží k přímému stanovení průtokových a tlakových parametrů. V rámci srdečního selhání se nejčastěji používá Swanův-Ganzův katétr, který se zavádí cestou v. jugularis interna nebo v. subclavia

pomocí Seldingerovy metody. Pravostranná srdeční katetrizace je využívána především u závažného akutního srdečního selhání (Táborský a kol., 2021, s. 635-636).

Pravostranná srdeční katetrizace je také zlatým standardem pro stanovení diagnózy plicní hypertenze. Díky pravostranné srdeční katetrizaci je možné od sebe snadněji odlišit jednotlivé podtypy plicní hypertenze (prekapilární, postkapilární, smíšená). Tato invazivní zobrazovací metoda umožňuje kromě přesného změření tlaku v zaklínění plicnice také stanovení tlaku v pravé síni, pravé komoře, plicnici a středního tlaku v plicnici (Tea, Hussian, 2021, s. 92).

### **Metody nukleární medicíny**

Pozitronová emisní tomografie (PET), jednofotonová emisní počítačová tomografie (SPECT) a radionuklidová ventrikulografie jsou metody nukleární medicíny, které mají uplatnění v kardiologii. Magnetická rezonance srdce společně s radionuklidovou ventrikulografií se považují za zobrazovací metody, které nejpřesněji zhodnotí funkci srdečních komor (Eisen, 2017, s. 60).

Metody nukleární medicíny se používají pro zhodnocení velikosti, funkce a infiltrace pravé komory. V současnosti se však díky horšímu prostorovému rozlišení v porovnání s ostatními zobrazovacími metodami používají méně často (Konstam a kol., 2018, s. 596).

Radionuklidová ventrikulografie slouží k hodnocení funkce pravé i levé komory. Perfuzní scintigrafie myokardu se používá pro posouzení zátěžové ischemie u pacientů s ischemickou chorobou srdeční. PET se v diagnostice srdečního selhání využívá ke zhodnocení viability myokardu (Málek, Málek, 2018, s. 33).

## 4 Farmakologická léčba

Základem farmakologické léčby **akutního selhání pravé komory** je optimalizace objemu (volumu), zvýšení kontraktility a snížení afterloadu pravé komory (Mandras, Desai, 2022).

Primární cíl představuje snížení tlaku v levé síni a zároveň snížení kongesci a pulzačního zatížení pravé komory (Konstam a kol., 2018, s. 600). Základní medikací, která slouží k dekonesci, jsou i.v. aplikovaná **diuretika** (Táborský a kol., 2021, s. 671).

Akutní pravostranné srdeční selhání je často doprovázeno zvýšením afterloadu, jež se projevuje zhoršením funkce pravé komory. Z toho důvodu je optimalizace afterloadu důležitým aspektem v léčbě pravostranného srdečního selhání.

Dalším bodem, který při akutním pravostranném srdečním selhání vede ke snížení afterloadu, je vazodilatace cévního řečiště plic. U pacientů s diagnostikovaným oboustranným srdečním selháním lze k vazodilataci aplikovat neselektivně účinkující vazodilatátory (Táborský a kol., 2021, s. 671-672). Intravenózně aplikované vazodilatátory, tedy nitráty a nitroprusid, způsobují rozšíření cév. V důsledku toho dochází k poklesu žilního návratu do srdce, menší kongesci, nižšímu afterloadu a nárůstu tepového objemu (McDonagh a kol., 2021, s. 3652- 3653).

Pro udržení optimálního prokrvení důležitých orgánů je velmi důležité, aby byl zajištěn dostatečný arteriální tlak. Ideální perfuzní tlak u pacientů s diagnostikovaným akutním pravostranným srdečním selháním je dosažen prostřednictvím aplikace noradrenalinu (Táborský a kol., 2021, s. 672-673).

V rámci farmakologické léčby **chronického srdečního selhání** se využívají hlavně léky tlumící účinek noradrenalinu a angiotensinu II. Díky těmto farmakům dochází ke snížení mortality. Mezi tyto léky patří ACEI (inhibitory angiotensin konvertujícího enzymu), AT1 blokátory (blokátory receptorů pro angiotensin I), antagonisté aldosteronu a betablokátory, které blokují adrenergní aktivaci. Další léky podávané při chronickém SS sice prokazatelně nesnižují úmrtnost, ale dochází díky nim ke zlepšení kvality života a snížení morbidity. Do této skupiny léků řadíme diuretika a digoxin (Heinc, 2007, s. 213).

Betablokátory tvoří jeden z hlavních pilířů farmakologické léčby chronického srdečního selhání. Léčba betablokátory je doporučována ve všech stádiích chronického srdečního selhání, výjimku představuje těžká dekompenzace či terminální stádium nemoci. Mezi běžně

užívané betablokátory patří karvedilol, metoprolol, bisoprolol či nebivolol. Nejlepší efekt léčby se projeví při kombinaci betablokátorů s inhibitory enzymu konvertující angiotensin.

Srdeční selhání často provází zvýšená produkce aldosteronu způsobující remodelaci levé komory. Z toho důvodu se podávají právě blokátory receptoru pro aldosteron (Málek, Málek, 2018, s. 38-41).

Diuretika, podobně jako je tomu u akutního pravostranného srdečního selhání, patří ke stěžejním lékům v rámci terapii chronického pravostranného srdečního selhání.

Pacientům s plicní hypertenzí a srdečním selháním lze podávat plicní vazodilatátory, analogy prostacyklinu, inhibitory fosfodiesterázy či antagonisté endotelinových receptorů (Konstam a kol., 2018, s. 601-602).

Digitalisové alkaloidy (digoxin) jsou jedny z nejdéle podávaných léků v kardiologii. V dnešní době již ale nepatří mezi medikamenty první volby u pacientů se srdečním selháním. Digoxin je užitečný pro pacienty se srdečním selháním, u nichž se vyskytuje fibrilace síní (Málek, Málek, 2018, s. 38-41).

## 5 Přístrojová léčba

Přístrojová terapie srdečního selhání, sestávající se především z implantace přístrojů pro resynchronizační léčbu (SRL) a implantabilních kardioverter-defibrilátorů (ICD), představuje jeden ze způsobů terapie u nemocných se symptomatickým srdečním selháním (Patwala, Wright, 2005, s. 286). Zavádění těchto implantabilních elektronických srdečních přístrojů je doporučováno v národních i mezinárodních pokynech pro terapii bradykardií, tachyariemií a chronického srdečního selhání (Gierula, Kearney, Witte, 2018, s. 92). Je prokázáno, že implantace ICD výrazně snižuje úmrtnost u pacientů s těžkým srdečním selháním. SRL snižuje počet hospitalizací, zlepšuje kvalitu života i funkční třídu (NYHA) srdečního selhání (Patwala, Wright, 2005, s. 286). U nemocných se symptomatickým chronickým srdečním selháním s ejekční frakcí levé komory <35 % a délkou QRS >120 ms snižuje srdeční resynchronizační léčba morbiditu i mortalitu (Gierula, Kearney, Witte, 2018, s. 92). Kombinované přístroje, které mají funkci SRL i ICD, poskytují synergické výhody u vybrané skupiny nemocných (Patwala, Wright, 2005, s. 286).

### 5.1 Trvalá kardiostimulace

Pacienti se srdečním selháním nezdávka trpí bradyarytmiemi, které představují indikaci ke konvenční kardiostimulaci (Riedlbauchová, 2015, s. 34). V rámci trvalé kardiostimulace se využívá implantace kardiostimulátoru spolu se zaváděním stimulačních elektrod do jednotlivých oddílů srdce. Stimulační elektrody jsou zaváděny cévní cestou, nejčastěji v. subclavia nebo v. jugularis. Podle místa a počtu umístěných elektrod rozlišujeme jednodutinovou (elektroda v PS či PK), dvoudutinovou (elektrody v PS a PK) či biventrikulární stimulaci (Vomáčka a kol., 2015, s. 110).

Trvalá kardiostimulace je nejčastěji indikována v případě chorob sinusového uzlu, atrioventrikulární blokády, neurokardiogenní synkopy či syndromu dráždivé karotidy. Jednodutinová síňová stimulace je vhodná pouze pro pacienty s chorobou sinusového uzlu bez poruchy atrioventrikulárního vedení. Implantace jednodutinového komorového nebo dvoudutinového kardiostimulátoru se využívá za dodržení určitých podmínek u všech čtyř typů indikací k trvalé kardiostimulaci (Heinc a kol., 2014, s. 17).

Konvenční kardiostimulace sice účinně odstraní bradykardii, na druhou stranu ovšem může dyssynchronie vyvolaná stimulací z hrotu pravé komory vyvolat zhoršení či dokonce nový vznik SS a dysfunkci levé komory srdeční. Čím vyšší procento komorové stimulace,



tím vyšší riziko vzniku SS a dalších komplikací spojených s dlouhodobou stimulací pravé komory (Riedlbauchová, 2015, s. 34). Proto se stimulace pravé komory srdeční omezuje všude tam, kde je to možné (Gierula, Kearney, Witte, 2018, s. 92).

Se srdeční resynchronizační léčbou se v souvislosti s konvenční kardiostimulací setkáváme ve dvou případech. **V první situaci** se jedná o upgrade konvenčního pacemakeru na SRL. Tato situace nastává v případě pacienta, kterému byl v minulosti implantován kardiostimulátor z bradykardické indikace, u kterého v delším časovém horizontu došlo k poklesu ejekční frakce levé komory a rozvoji symptomů srdečního selhání. Upgrade kardiostimulátoru na SRL tvoří až 25 % všech prováděných implantací přístrojů pro srdeční resynchronizační léčbu. **V druhém případě** se jedná o de novo implantaci SRL, kdy nemocný trpí jak bradykardií, tak symptomatickým srdečním selháním. V této situaci je vhodnější pacientovi ihned implantovat přístroj pro SRL, protože na rozdíl od konvenční kardiostimulace umožňuje současně řešit bradykardii, dysfunkci levé komory i případnou dyssynchronii (Riedlbauchová, 2015, s. 35).

Další možností v léčbě bradykardie je bezdrátová stimulace (leadless pacing), která využívá převod ultrazvukové energie na energii stimulační. Při tomto typu stimulace se zavádí kardiostimulátor přímo do srdce a není tedy závislý na implantaci vodičů elektrod. Systémy určené k bezdrátové srdeční stimulaci se zavádí prostřednictvím transfemorálního přístupu do apikoseptální části pravé komory. Velmi důležitou výhodou leadless pingu je monosložkový systém jedné „kapsle“, která zastává funkci stimulátoru, bateriového zdroje energie, stimulační a snímací elektrody. Díky faktu, že se při tomto způsobu implantace nepoužívají transvenózní elektrody, jsou vyloučeny možné akutní komplikace spojené s punkcí vena subclavia i chronické komplikace v podobě infekce či mechanického poškození stimulačních elektrod (Neužil, 2015, s. 194-196).

## 5.2 Implantace kardioverter-defibrilátoru

Implantace kardioverter-defibrilátoru by měla být zvážena u nemocných, kteří prodělali srdeční zástavu či u pacientů se symptomatickou trvalou komorovou arytmií. Nedávné studie ukazují, že větší přínos z léčby ICD mají pacienti s chronickým srdečním selháním ischemické etiologie, než nemocní s chronickým srdečním selháním neischemické etiologie (Gierula, Kearney, Witte, 2018, s. 94). ICD terapie se tedy stala metodou volby v primární a sekundární prevenci komorových arytmií (Patwala, Wright, 2005, s. 287).

Implantace ICD naopak není indikována u pacientů, kteří před nedávnou dobou prodělali akutní infarkt myokardu. Dále u nemocných s existujícím neischemickým SS, jenž nejsou dostatečně dlouhou dobu léčeny medikamentózně (Málek, Málek, 2018, s. 44). K implantaci ICD nejsou taktéž indikováni pacienti, u nichž se předpokládá přežití kratší než jeden rok. Implantace kardioverter-defibrilátoru se neindikuje u nemocných s pokročilým stupněm srdečního selhání (NYHA IV) v případě, že není současně indikace k srdeční resynchronizační terapii.

V rámci indikace k této terapii je nezbytné zvážit vybavenost a připravenost oddělení ke vzniku komplikací, které mohou v důsledku implantace ICD nastat. K těmto komplikacím se řadí například systémová infekce, nalomení elektrod či arytmiická bouře (Táborský a kol., 2009, s. 607-612).

Implantace ICD představuje velmi ekonomicky náročnou léčbu, proto je nutné indikaci k této terapii důkladně klinicky zvážit. Přístroj by měl být implantován pouze těm pacientům, u kterých lze předpokládat největší prospěch.

Elektroda určená k defibrilaci je zaváděna žilní cestou do pravé komory srdeční. Vlastní implantace kardioverter-defibrilátoru se v některých případech doplňuje zavedením stimulační elektrody do pravé síně (dvoudutinový ICD), nebo implantací dalších stimulačních elektrod do pravé síně a koronární žíly (biventrikulární ICD). Stimulační elektroda zavedená do koronární žíly slouží ke stimulaci levé komory.

Vlastní přístroj je obvykle umístěn do podkoží v oblasti pod levou klíční kostí. Implantace ICD probíhá v celkové či lokální anestezii. Po ukončení výkonu se provádí testování funkčnosti implantovaného ICD. ICD musí jednak rozpoznat fibrilaci komor, ale musí vyvolanou fibrilaci také bezpečně zrušit.

Pacient s implantovaným kardioverter-defibrilátorem není nijak výrazně omezen. Nutností jsou ovšem pravidelné kontroly v půlročních a ročních intervalech. Tyto kontroly obvykle probíhají v kardiocentrech, kde byl pacientovi přístroj implantován (Málek, Málek, 2018, s. 44).

### 5.3 Srdeční resynchronizační léčba (biventrikulární stimulace)

Biventrikulární stimulace (srdeční resynchronizační léčba) představuje velmi důležitou invazivní metodu v léčbě pokročilého srdečního selhání (Bulava, Lukl, 2005, s. 229). Srdeční resynchronizační léčba (SRT) se využívá především u pacientů s chronickým srdečním selháním, poklesem systolické funkce levé komory a rozšířeným QRS komplexem, hlavně v podobě bloku levého Tawarova raménka. Využití srdeční resynchronizační léčby u této skupiny pacientů vede k poklesu úmrtnosti, snížení množství hospitalizací způsobených zhoršením chronického srdečního selhání a zároveň vede ke zvýšení kvality života včetně výkonnosti (Kautzner a kol., 2015, s. 205).

Zpoždění převodního systému (např. blokáda levého Tawarova raménka) je u pacientů s chronickým SS způsobeno vlivem základního patofyziologického onemocnění. Toto zpoždění vede k dyssynchronii komorových kontrakcí (Patwala, Wright, 2005, s. 288). Prostřednictvím biventrikulární stimulace lze dyssynchronii upravit, a tím zajistit zlepšení systolické funkce levé komory, zmírnění funkční nedostatečnosti mitrální chlopně a upravit průběh plnění levé i pravé komory. Z dlouhodobého hlediska může implantace biventrikulárního stimulačního systému přispívat k reverzní remodelaci komor či ke zpomalení remodelace srdce. Všechny tyto pozitivní změny způsobené implantací biventrikulárního stimulačního systému, vedou ke snížení dušnosti, zvýšení ejekční frakce a dále k poklesu objemů levé komory srdeční (Riedlbauchová, 2015, s. 32-33).

Biventrikulární stimulace spočívá v tom, že se ke standardní stimulaci pravé komory srdeční přidá i stimulace levé komory (Málek, Málek, 2018, s. 43). Celý proces implantace probíhá v lehké analgosedaci a místním znecitlivění. Po desinfekci operačního pole a zarouškování následuje řez a preparace podkožní kapsy (obvykle pod levou klíční kostí) pro uložení přístroje. Prostřednictvím Seldingerovy metody jsou cestou podklíčkové žíly zavedeny elektrody do pravé síně a pravé komory. U pacientů indikovaných k BIV/ICD je konvenční pravokomorová elektroda nahrazena elektrodou s defibrilační cívkou (Kautzner a kol., 2015, s. 210). Ke stimulaci levé komory srdeční dochází díky další elektrodě, která je zavedena cestou koronárního sinu do periferní koronární žíly v postranní oblasti levé komory. Při biventrikulární stimulaci jsou tedy pacientovi typicky zavedeny celkem tři elektrody, které umožňují stimulaci levé komory, pravé síně a pravé komory (Málek, Málek, 2018, s. 43).

Srdeční resynchronizační léčba se indikuje u pacientů se srdečním selháním ischemického i neischemického původu ve funkční třídě NYHA III-IV, s významným

rozšířením a systolickou dysfunkcí levé komory (konečná diastolická velikost levé komory  $> 55\text{mm}$ , ejekční frakce levé komory  $\leq 35\%$ ), sinusovým rytmem či permanentní fibrilací síní při šíři QRS komplexu  $\geq 120\text{ms}$ , a to v případě vyčerpání standardních variant terapie. V případě permanentní fibrilace síní je SRL indikována při jakékoli šíři QRS komplexu, pokud je současně indikace i k ablaci AV junkce. K SRL jsou dále indikováni nemocní se srdečním selháním ischemického i neischemického původu s významným rozšířením levé komory a její systolickou dysfunkcí (konečný diastolický rozměr levé komory  $> 55\text{mm}$ , ejekční frakce levé komory  $\leq 35\%$ ) a indikací k implantování ICD (Táborský a kol., 2009, s. 607). Další možnou indikací k SRL je upgrade z klasického kardiostimulátoru či ICD. Upgrade konvenčního kardiostimulátoru na SRT představuje v dnešní době přibližně 25 % všech implantací SRL (Riedlbauchová, 2015, s. 35). Z výsledků nedávných studií vyplývá, že tento způsob léčby je přínosný i pro pacienty s méně pokročilým SS (Sedláček, Kautzner, 2012, s. 22).

Indikace k implantaci biventrikulárního ICD (BIV/ICD) či kardiostimulátoru se do určité míry překrývají. Srdeční resynchronizační léčba s použitím kardiostimulátoru vede k výraznému zlepšení prognózy. Implantování kardiverter-defibrilátoru s možností biventrikulární stimulace kromě zlepšení prognózy snižuje i výskyt náhlé srdeční smrti (Táborský a kol., 2009, s. 607). Snížení rizika náhlé srdeční smrti prostřednictvím kombinace srdeční resynchronizační léčby a ICD bylo prokázáno v případě primární i sekundární prevence. V primární prevenci jsou k implantaci BIV/ICD indikováni nemocní trpící symptomatickým chronickým srdečním selháním (NYHA II-III), s ejekční frakcí levé komory  $\leq 35\%$  se současně zavedenou farmakologickou léčbou (alespoň 3 měsíce) a předpokládaným přežitím delším než jeden rok. V případě těžkého srdečního selhání (NYHA IV) je doporučována implantace biventrikulárního kardiostimulátoru. Dalšími faktory, které předpovídají nižší prospěch z BIV/ICD ve srovnání s biventrikulárním kardiostimulátorem, jsou těžká renální nedostatečnost, pokročilý věk pacienta či fibrilace síní (Kautzner a kol., 2015, s. 209-210). Implantace BIV/ICD by měla být upřednostňována před implantací biventrikulárního kardiostimulátoru, především díky faktu, že implantace BIV/ICD snižuje mortalitu a riziko náhlé srdeční smrti (Riedlbauchová, 2015, s. 35). K průkazu nadřazenosti BIV/ICD nad biventrikulárním kardiostimulátorem ovšem zatím neexistují žádné randomizované studie, které by tento fakt potvrdily (Táborský a kol. 2021, s. 720).

Implantování přístrojů pro srdeční resynchronizační léčbu se řadí k bezpečným výkonům s velmi nízkým výskytem vážných procedurálních komplikací. Mezi nejčastější komplikace

spojené s implantací patří dislokace či špatná funkce implantovaných stimulačních a defibrilačních elektrod. Podle dostupných studií se dislokace týká zejména elektrod umístěných do větvi koronárního sinu. Vážnějšími komplikacemi spojenými se zaváděním přístrojů pro SRL je perikardiální výpotek a pneumotorax, který většinou vzniká jako následek poranění pleury v místě punkce vena subclavia. Disekce či perforace koronárního sinu patří mezi málo časté komplikace (riziko cca 1 %). K těmto komplikacím může dojít při zavádění elektrody do levé komory. Další možnou komplikací je krvácení s následným vznikem časného či pozdního hematomu v kapse. Riziko této komplikace se snižuje s rostoucími zkušenostmi operátora. Infekce kapsy, ve které je umístěn přístroj pro SRL, se vyskytuje přibližně u 1 % všech implantací. Při vzniku tohoto stavu, je ve většině případů nutná explantace celého stimulačního systému (Kautzner a kol., 2015, s. 211-212).

Prospěch ze zavedení přístroje pro SRL je patrný ihned po implantaci a zahájení stimulace v podobě vzestupu srdečního výdeje, zvýšení krevního tlaku či zmenšení regurgitace mitrální chlopně (Málek, Málek, 2018, s. 43). Po implantaci a zahájení stimulace dochází také k okamžitému zeštíhlení QRS komplexu (Kautzner a kol., 2015, s. 215). U 70 % pacientů se po implantaci dostaví dlouhodobý efekt, který spočívá především ve zmírnění symptomů chronického SS a zlepšení funkčnosti levé komory (tzv. reverzní remodelace) (Málek, Málek, 2018, s. 43). Z několika studií je také prokázáno, že SRL na rozdíl od většiny způsobů léčby chronického SS snižuje spotřebu kyslíku (Patwala, Wright, 2005, s. 288-289).

V kratším časovém intervalu po implantování přístroje pro SRL by se měl pacient vyvarovat nošení těžkých břemen a zatěžování ruky na příslušné straně, především kvůli riziku dislokace stimulačních elektrod.

Pacienti se zavedeným přístrojem pro SRL jsou pravidelně sledováni z důvodu posouzení terapeutického efektu SRL, funkčnosti zavedeného systému a nonrespondérů. V rámci pravidelného sledování je velmi důležité dvanáctisvodové EKG. Ideální bivetrikulární stimulace se na EKG projevuje zeštíhlením QRS komplexu, absencí morfologie typické pro blokádu levého Tawarova raménka a negativním QRS komplexem v prvním a šestém svodu. Abnormální morfologie QRS komplexu může být důsledkem dislokace elektrody, špatného umístění elektrody či nevhodně zvoleného stimulačního režimu.

V současné době jsou pacientům velmi často implantovány přístroje s možností sledování pomocí telemetrické monitorace (dálková monitorace pacientů). Dálková monitorace pacientů umožňuje včasnou detekci arytmií či dysfunkce stimulačního systému (Kautzner a kol., 2015, s. 211-216).

## 6 Dávky záření

Mezi základní dávkové veličiny v radiodiagnostice patří kerma ( $K$ ) a absorbovaná dávka ( $D$ ). Jednotkou obou těchto veličin je gray (Gy). Kerma ani absorbovaná dávka nepatří mezi přímoměřitelné veličiny, protože dávku nelze měřit přímo v pacientových orgánech. Z toho důvodu se využívají přímoměřitelné veličiny, mezi které patří mimo jiné součin kermy ve vzduchu a plochy ( $P_{KA}$ ). Jednotkou veličiny  $P_{KA}$  je  $Gy \cdot m^2$  ( $Gy \cdot cm^2$ ). Výsledná hodnota  $P_{KA}$  je nezávislá na vzdálenosti od zdroje, což znamená, že při výpočtu této veličiny není zapotřebí znát přesnou vzdálenost pacienta od zdroje záření.

Především pro potřeby radiační ochrany jsou zavedeny tzv. veličiny pro odhad rizika, které vychází z absorbované dávky. Mezi tyto veličiny se řadí orgánová (jednotka Gy), ekvivalentní a efektivní dávka (jednotka Sv – sievert).

Orgánovou dávku  $D_T$  lze vypočítat jako integrál absorbované dávky v bodě  $D_t$  v orgánu  $T$  vydělený hmotností  $dm$  tohoto orgánu:

$$D_T = \frac{1}{m_T} \int_{m_T} D_t \cdot dm$$

Ekvivalentní dávku  $H_T$  je možné definovat jako součin orgánové dávky  $D_T$  a radiačního váhového faktoru  $w_Q$ , který vyjadřuje radiobiologickou účinnost daného typu záření:

$$H_T = w_Q \cdot D_T$$

Pomocí orgánové dávky ( $D_T$ ) je popisována pouze dávka absorbovaná v daném orgánu. Není u ní nikterak zohledněno, jakým typem záření byla dávka způsobena. Ekvivalentní dávka, která na rozdíl od orgánové dávky již zohledňuje kvalitu využitého záření, je definována součinem orgánové dávky a radiačního váhového faktoru. Radiační váhový faktor, jenž vyjadřuje biologickou účinnost daného typu záření, se pro fotony i elektrony rovná jedné. Z toho vyplývá, že jsou si hodnoty orgánové a ekvivalentní dávky při použití tohoto typu záření rovny, liší se pouze jednotkami (Súkupová, 2018, s. 154-160).

V rámci průniku rentgenového záření látkou se část tohoto záření úplně absorbuje, část záření látkou prochází a u části záření dojde k jeho rozptýlení. U rentgenového záření platí, že čím větší je vlnová délka (čím je záření měkčí), tím více je toto záření pohlcováno.

Při průchodu rentgenové záření určitou látkou (objemem) dochází k jeho absorpci podle tohoto vztahu:

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu d}$$

$I_0$  představuje intenzitu rentgenového záření,  $I$  je intenzita rentgenového záření po průchodu absorbujičím prostředím. Základ přirozených logaritmů reprezentuje písmeno  $e$ ,  $d$  představuje tloušťku vrstvy, ve které je záření absorbováno.  $\mu$  je absorpční koeficient závisející na hustotě látky, v níž se záření absorbuje, a vlnové délce dopadajícího rentgenového záření (Rosina a kol., 2013, s. 160-161)

### **Faktory ovlivňující dávku záření pacientovi**

Na velikost dávky pacientovi má vliv typ zobrazovacího módu, přídavná filtrace, tloušťka prozařovaného objemu, velikost detektoru, šikmost projekce a kolimace. V neposlední řadě má na velikosti dávky pacientovi vliv také vzdálenost mezi ohniskem a pacientem či vzdálenost pacient-receptor obrazu.

Angiografické linky obsahují několik zobrazovacích módů, včetně nízkodávkového, který je vždy výhodnější, ale na druhou stranu poskytuje horší kvalitu obrazu. Pro získání dostatečné diagnostické informace se v některých případech musí využít módy s vyšší dávkou, které poskytují lepší kvalitu výsledného obrazu. V rámci zobrazovacího módu je také zohledňováno, jaký počet pulzů (framů) daný mód používá. Obecně platí, že čím méně framů, tím nižší dávka.

U tloušťky prozařovaného objemu platí, že čím je tloušťka tkáně větší, tím větší objem musí rentgenový svazek prozářit v prostoru mezi vstupem a výstupem svazku z pacienta. Zároveň platí, že s rostoucí tloušťkou tkáně se rentgenový svazek více zeslabuje. Aby byla dávka na výstupu rentgenového svazku z pacientova těla totožná u objemově odlišných pacientů, je u objemnějšího pacienta nutné zvýšit dávku na vstupu svazku do pacienta. Na velikosti dávky pacientovi má vliv také šikmost projekce při intervenčním výkonu. Mezi nejčastěji projekce používané v rámci intervenčních kardiologických výkonů patří posteroanteriorní ( $0^\circ$ ), pravá šikmá ( $10-40^\circ$ ) a levá šikmá ( $10-60^\circ$ ). Přičemž platí, že čím větší úhel projekce, tím větší objem je nutné prozářit a tím vyšší bude dávka na vstupu rentgenového svazku do pacienta.

Zoom (zvětšení, velikost aktivní plochy detektoru) patří k parametrům, které velmi významně ovlivňují dávku jak pacientům, tak i lékařům. V případě využití zesilovače obrazu platí, že při zoomu se dávka zvyšuje v poměru ploch. Z toho vyplývá, že čím větší zvětšení, tím větší dávka pacientovi i personálu.

Mezi ohniskem a pacientem, je doporučováno dodržovat co možná největší vzdálenost. Vzdálenost ohnisko-pacient měla činit alespoň šedesát centimetrů. Aby bylo došlo k detekci co největšího množství záření vycházejícího z pacientova těla, je nutné přiblížit receptor obrazu (detektor) co nejbližší k pacientovi. Čím dále se nachází receptor obrazu od místa výstupu rentgenového svazku z pacienta, tím klesá množství rentgenového záření vycházející z pacienta, které tento receptor zachytí (Súkupová, 2018, s. 108-111).



## 7 Shrnutí teoretické části

Pravostranné srdeční selhání vzniká nejčastěji v důsledku selhání levé komory. Další možnou příčinou vzniku tohoto stavu je například zápal plic, plicní embolie, chronická obstrukční plicní nemoc, plicní arteriální hypertenze, ischemie pravé komory, infarkt myokardu či kardiomyopatie.

Mezi nejčastější symptomy spojené s pravostranným srdečním selháním patří dušnost, palpitace, otoky dolních končetin, slabost, únava a v neposlední řadě se mohou nemocní setkávat také s nechutenstvím. Pokud je pravá komora neschopná udržovat potřebný srdeční výdej, může dojít k rozvoji synkopy, hypotenze či tachykardie.

K diagnostice srdečního selhání se dříve využívaly hlavně invazivní zobrazovací metody (ventrikulografie, aortografie). V dnešní době se využívají neinvazivní zobrazovací metody, především magnetická rezonance a echokardiografie. Mezi další neinvazivní zobrazovací metody používané ke stanovení diagnózy srdečního selhání patří výpočetní tomografie, radionuklidové vyšetření srdce, rentgen srdce a plic a elektrokardiografie. Echokardiografie slouží ke zhodnocení funkce a morfologické struktury srdce. Echokardiografie má také poměrně velký význam i v hodnocení efektu farmakologické a nefarmakologické léčby srdečního selhání. Rentgenový snímek srdce a plic má v diagnostice srdečního selhání spíše podpůrný charakter. Metody nukleární medicíny (PET, SPECT) se využívají pro hodnocení velikosti, funkce a infiltrace pravé komory. Invazivní metodou, která se i v dnešní době k diagnostice srdečního selhání používá, je hemodynamické vyšetření přinášející informace o stavu hemodynamiky.

Farmakologická terapie se využívá u akutního i chronického pravostranného srdečního selhání. V rámci farmakologické léčby chronického srdečního selhání jsou používány především léky tlumící účinek noradrenalinu a angiotensinu II. Do této skupiny farmak snižujících mortalitu patří ACEI, AT1 blokátory, antagonisté aldosteronu a betablokátory. Dalšími léky podávanými při léčbě chronického srdečního selhání jsou diuretika a digoxin.

Přístrojová terapie srdečního selhání se sestává z implantace kardiostimulátorů (trvalá kardiostimulace), kardioverter-defibrilátorů a přístrojů pro srdeční resynchronizační léčbu (biventrikulární stimulace).

Při trvalé kardiostimulaci je využíváno implantace přístroje spolu se zaváděním stimulačních elektrod do jednotlivých srdečních oddílů. Stimulační elektrody se implantují cestou jugulární nebo podklíčkové žíly. Podle místa a počtu zavedených elektrod se rozlišuje jednodutinová, dvoudutinová či biventrikulární stimulace. Trvalá kardiostimulace

se nejčastěji indikuje u pacientů s chorobou sinusového uzlu, atrioventrikulární blokádou, neurogenní synkopou a syndromem dráždivé karotidy.

Léčba prostřednictvím implantace ICD je metodou volby v rámci primární a sekundární prevence komorových arytmií. K implantaci ICD jsou indikováni nejčastěji pacienti, kteří prodělali významnou arytmiickou příhodu, nebo jsou vystaveny zvýšenému riziku vzniku této komplikace. Elektroda určená k defibrilaci je implantována cestou pravé podklíčkové žíly do hrotu pravé komory srdeční. V některých případech se implantace ICD doplňuje zavedením další elektrody do pravé síně (dvoudutinový ICD) či implantací dalších dvou elektrod do koronární žíly a pravé síně (biventrikulární ICD). Vlastní kardioverter-defibrilátor se stejně jako kardiostimulátor umísťuje do podkoží v oblasti pod levou klíční kostí a celý výkon probíhá nejčastěji v lokální anestezii.

Biventrikulární stimulace je nezastupitelným invazivním způsobem léčby pokročilého srdečního selhání. Zároveň se srdeční resynchronizační léčba využívá hlavně u pacientů s chronickým srdečním selháním, kteří mají sníženou systolickou funkci levé komory a rozšířený QRS komplex ( $\geq 120$  ms), především ve formě blokády levého Tawarova raménka. Principem biventrikulární stimulace je stimulace nejen pravé, ale i levé komory. Ke stimulaci levé komory se využívá elektroda, kterou zavádí operátor přes koronární sinus do periferní koronární žíly na postranní stěnu levé komory. V rámci biventrikulární stimulace jsou tedy pacientovi zavedeny celkem tři elektrody (stěna levé komory, pravá síň a komora). Implantace biventrikulárního ICD snižuje na rozdíl od implantace biventrikulárního kardiostimulátoru nejen mortalitu, ale i výskyt náhlé srdeční smrti. Implantace přístrojů pro srdeční resynchronizační léčbu patří mezi bezpečné výkony s velmi nízkou incidencí vážných procedurálních komplikací. Mezi nejčastější komplikace patří dislokace implantované elektrody, perikardiální výpotek, pneumotorax, direkce koronárního sinu hematom či infekce v oblasti kapsy.

Mezi základní veličiny, které poskytují informace o dávce, patří kerma a absorbovaná dávka (nepřímoměřitelné). Mezi přímoměřitelné veličiny se řadí součin kermy ve vzduchu a plochy, jehož výsledná hodnota je nezávislá na vzdálenosti od zdroje. Velikost dávky záření pacientovi ovlivňuje několik faktorů. Mezi nejvýznamnější faktory patří typ zobrazovacího módu, tloušťka prozařovaného objemu, velikost detektoru a šikmost projekce. Dalším faktorem ovlivňujícím dávku záření pro pacienta je přídavná filtrace, kolimace, vzdálenost ohnisko-pacient či vzdálenost mezi pacientem a receptorem obrazu.

## PRAKTICKÁ ČÁST

Při trvalé kardiostimulaci jsou stimulační elektrody implantovány cestou v. subclavia či v. jugularis do jednotlivých srdečních oddílů. Podle místa, kam jsou stimulační elektrody implantovány a jejich počtu se rozlišuje jednodutinová, dvoudutinová a biventrikulární stimulace. Při jednodutinové stimulaci je elektroda umístěna v pravé síni či pravé komoře. U dvoudutinové stimulace jsou elektrody implantovány do pravé síně a pravé komory (Vomáčka a kol., 2015, s. 110).

Při implantaci kardioverter-defibrilátoru se defibrilační elektroda implantuje cestou podklíčkové žíly do hrotu pravé komory srdeční. V některých případech je samotná implantace ICD doplněna zavedením přídatné elektrody do pravé síně (elektroda v pravé síni a pravé komoře - dvoudutinový ICD), nebo dalších dvou elektrod (elektroda v pravé síni, pravé komoře a koronární žíle – biventrikulární ICD) (Málek, Málek, 2018, s. 44).

V následujícím textu je popsán postup operačního výkonu při zavádění jednodutinového, dvoudutinového a biventrikulárního stimulačního systému, včetně předoperační přípravy, pooperační péče a možných komplikací spojených s těmito výkony.

## **8 Předoperační příprava a potřebné vybavení při implantaci elektronických zařízení**

### **Předoperační příprava**

Prvním krokem, který se před každou implantací musí vykonat, je posouzení indikace, analyzování možných rizik a přínosu pro každého nemocného. K tomu je nutné znát úplnou anamnézu, symptomy, současnou medikaci, výsledky vyšetření ze zobrazovacích metod, aktuální doporučovaný postup, alergie, lékovou intoleranci, EKG atd. Pacient se před implantací nesmí nacházet v aktivní fázi infekčního procesu a musí být bez febrílie po dobu alespoň dvaceti čtyř před výkonem. U všech typů implantací je nutná profylaxe antibiotiky (cefazolin, flucloxacilin). Pacienti trpící fibrilací síní nereumatické etiologie s nízkým rizikem tromboembolické příhody mohou v perioperačním období antikoagulační léčbu vysadit. U všech ostatních skupin pacientů se do operačního výkonu, během kterého je jako prevence vzniku hematomu podáván nízkomolekulární heparin, upřednostňuje kontinuální podávání antikoagulační léčby.

Před zahájením operačního výkonu si musí každý operátor zajistit, aby byl na operačním sále přítomný všechen potřebný hardware i ostatní vybavení nutné k implantačnímu výkonu. Na operačním sále se kromě operátora a sestry instrumentářky nachází ještě alespoň jeden odborný zdravotnický pracovník (nejlépe zdravotní sestra), který je seznámen se stylem podpory a podávání analgosedace v průběhu implantačního výkonu. Všechen personál, který je přítomen na operačním sále v průběhu výkonu, musí být proškolen v oblasti ochrany před ionizujícím zářením. V průběhu implantace je lékař provádějící výkon povinen, snažit se o co nejnižší expozici ionizujícím zářením. Operátor či jiný lékař přítomný na operačním sále musí být v případě potřeby schopen provádět kardiopulmonální resuscitaci a urgentní perikardiocentézu (Táborský a kol, 2021, s. 398-399).

## 9 Postup při chirurgickém výkonu

Před začátkem operačního výkonu je nutné ošetření rukou operující lékaře a sestry instrumentářky antimikrobiálním mýdlem a desinfekcí na bázi vody či alkoholu. Před samotnou implantací se dále rozhodne, zda se zařízení umístí na levou či pravou stranu hrudníku. Ve většině případů je dáována přednost implantaci přístroje na levou stranu hrudníku, protože jde u převážné části pacientů o nedominantní stranu. Rozhodnutí je však nutné učinit s ohledem na individualitu pacienta a jeho specifické požadavky (Táborský a kol., 2021, s. 400).

### Incize a vytvoření kapsy

Po desinfekci pacientovi kůže v místě, kam bude implantován přístroj, následuje lokální anestezie (nejčastěji 1 % lidocain). U neklidných či velmi nervózních pacientů je možné výkon provádět v hluboké sedaci či celkové anestezii. Operatér může volit mezi horizontální inferiorní, mírně šikmou mediální incizí nebo incizí podél mezery mezi prsním a deltovým svalem. Výhodou šikmého řezu je kvalitnější a snazší přístup pro preparaci cefalické žíly. Kapsa musí být zároveň vytvořena tak, aby nedocházelo ke kontaktu přístroje s ramenním kloubem.

Většina operatérů upřednostňuje vytvoření kapsy na přístroj hned na začátku výkonu, kdy lokální anestetikum působí nejvíce. A to z toho důvodu, že tvorba kapsy je velmi nepříjemná a bolestivá část vyšetření. Díky malým rozměrům implantátů se kardiostimulátory a ICD nejčastěji implantují do subkutánní kapsy. U velmi hubených pacientů, kterým hrozí eroze kapsy, z kosmetických důvodů a kvůli Twiddlerovu syndromu, může být kapsa pro přístroj vytvořena submuskulárně. Z kosmetického hlediska je možné vytvořit kapsu submamárně či axilárně, tyto techniky se ovšem využívají pouze výjimečně (Táborský a kol., 2021, s. 401).

### Žilní přístup

Žilní přístup při implantaci je zajištěn buď preparací cefalické žíly nebo punkcí podklíčkové žíly (eventuálně podpažní žíly). Implantující lékaři musí kvůli anatomickým rozdílům mezi nemocnými plně ovládat obě techniky zajištění žilního přístupu.

Z průzkumu Evropská asociace srdečního rytmu (EHRA) vyplývá, že až 60 % pracovišť využívá **preparaci cefalické žíly** jako metodu první volby. Po provedení podvazu cefalické žíly je možné provádět incizi žíly s přímou implantací elektrod. V případě potřeby může

být punkce žíly provedena aplikací zaváděcího pouzdra neboli sheathu. Pokud je implantována více jak jedna elektroda nebo nastanou potíže při zavádění elektrod, doporučuje se při implantaci použít vodící drát a zaváděcí katétr. Úspěšnost kanylace je velmi vysoká, pohybuje se okolo 60-80 % a při využití hydrofilních vodících drátů dosahuje až 90 %. Při preparaci cefalické žíly nemůže dojít k rozvoji pneumotoraxu a zároveň je riziko dysfunkce elektrody podstatně nižší než při punkci podklíčkové žíly, což představuje velkou výhodu tohoto typu žilního přístupu. Možnou komplikací, která může při preparaci cefalické žíly nastat, je krvácení.

**Punkce podklíčkové tepny** je sice spojena s vysokou úspěšností (cca 95 %). Při tomto typu žilního přístupu hrozí rozvoj pneumotoraxu či dysfunkce elektrody, která vzniká jako následek mechanického poškození. Implantace elektrody do určeného místa může být znesnadňována blízkým kontaktem podklíčkové žíly s klíční kostí, podklíčkovým svalem či kostoklavikulárním vazem. Punkci podklíčkové žíly je možné provést i pouze podle kostních orientačních bodů (např. pod skiaskopickou kontrolou, kdy jehla míří ke středu hlavice klíční kosti). K úspěšné punkci podklíčkové žíly lze využít také ultrazvuk, který snižuje celkovou expozici rentgenovým zářením pro pacienta, operátora i ostatní pracovníky přítomné na operačním sále. Pro lepší orientaci a snížení rizika vzniku komplikací se doporučuje před zahájením punkce zobrazit žilní systém. Pacientům, kterým je podávána antiagregační léčba, hrozí při punkci podklíčkové žíly vyšší riziko krvácivých komplikací. Dalšími, ovšem vzácnými komplikacemi spojenými s punkcí podklíčkové žíly, jsou arteriovenózní píštěl, paréza nervus phrenicus či poškození ductus thoracicus.

U pacientů, kterým již v dřívější době byly implantovány elektrody, se můžeme setkat se stenózou žíly či úplným žilním uzávěrem. Nemocným indikovaným k upgradu zařízení je před samotnou incizí doporučováno provést venogram, který slouží k ověření průchodnosti žilního systému. V případě stenózy či uzávěru jsou na hrudníku v oblasti srdečního stínu patrné povrchové kolaterální žíly. K průniku přes žilní stenózu lze využít hydrofilních vodících drátů, katétrů a dlouhých zaváděcích pouzder. Při žilním uzávěru lze venózní přístup získat provedením mediálně řízené punkce, venoplastiky, subkutánní tunelizace do kapsy, extrakce elektrody se současným použitím techniky „inside out“. U malé skupiny pacientů (0,5 %) se můžeme setkat s perzistující levostrannou horní dutou žílou, která vede krev do koronárního sinu. Tato anomálie může komplikovat umístění elektrody do pravé komory srdeční. V případě nutnosti lze kardiostimulátor či ICD implantovat i na pravou stranu. Při volbě tohoto postupu se doporučuje provést vyšetření pro ověření přítomnosti pravostranné horní duté žíly, protože u některých pacientů může zcela chybět.

Mezi alternativní místa (poslední záchranné řešení) zajištění žilního přístupu lze zařadit vnitřní nebo vnější jugulární žílu a iliofemorální přístup. Další možnou alternativou při řešení problémů se zajištěním žilního přístupu jsou bezdrátové kardiostimulátory či epikardiální elektrody (Táborský a kol., 2021, s. 401-404).

### **Umístění elektrody do pravé komory**

Komorová elektroda může být implantována do hrotu pravé komory (upřednostňuje 50 % pracovišť), mezikomorového septa (47 % pracovišť) nebo výtokového traktu (3 % pracovišť).

Elektrodu v **hrotu pravé komory** je možné situovat lehce proximálně k hrotu tak, aby mířila lehce inferiorně. Při implantaci elektrody do hrotu pravé komory je pro lepší vyobrazení dlouhé osy srdeční a ostřejšího stínu hrotu vhodné využít pravou šikmou projekci (RAO 30°). Špatná poloha pravokomorové elektrody může být na postero-anteriorní projekci snadno přehlédnutelná, proto se využívá zobrazení polohy elektrody pomocí levé šikmé projekce (LAO 40-60°). Pravokomorovou elektrodu lze omylem implantovat do některé z větví koronárního sinu nebo levé komory (prostřednictvím septálního defektu či punkce tepny). Na zavedenou elektrodu je mimo jiné vhodné zatlačit, aby došlo k jejímu prohnutí a vytvoření dostatečného průvěsu.

Cílové místo pro elektrodu umístěvanou do **septa pravé komory** představuje septomarginální trabekula/moderator band. Tato oblast pravokomorového septa se využívá především kvůli přirozené opoře pro elektrodu a přítomnosti vláken pravého Tawarova raménka, která mohou pomoci se zachováním elektrické synchronie. Elektrodu lze do cílového místa umístit „pullback“ technikou z plicnice, nebo přímo na pravokomorové septum. Elektroda určená k implantaci do pravokomorového septa může být nezkušeností operátora zavedena do anteroseptální komorové rýhy či na volnou stěnu pravé komory, což může způsobit špatnou funkci levé komory, infarkt myokardu či dokonce perforaci. Studie, jež ověřovala správnost umístění elektrody do septa pravé komory, ukázala, že pro potvrzení správné polohy elektrody je nutné provést její zobrazení v levé i pravé šikmé projekci. Pro stimulaci pravé komory z jejího septa jsou využívány především elektrody s aktivní fixací. Aby nedocházelo k nadměrnému pohybu hrotu elektrody, který může způsobit až dislokaci elektrody, je nutné provést úpravu jejího průvěsu.

Především kvůli malému trychtýřovitému tvaru **výtokového traktu pravé komory** může být proces implantace elektrody do tohoto místa složitější. Navíc je implantace elektrody do výtokového traktu pravé komory spojena s vyšším rizikem perforace. Proto se tato oblast stimulace pravé komory i přes dlouhodobou přijatelnou funkci elektrody příliš nevyužívá (Táborský a kol., 2021, s. 401-407).

### **Umístění elektrody do pravé síně**

Použití síňové elektrody umožňuje snadněji pozorovat epizody arytmií u implantovaného kardioverter-defibrilátoru. Z výsledků několika studií vyplývá, že použití dvoudutinového ICD snižuje incidenci nevhodných výbojů.

Elektroda určená ke stimulaci pravé síně je ve většině případů umisťována do jejího ouška. Ouško se nachází v anterolaterální části pravé síně a má trojúhelníkový tvar. Pravosíňová elektroda nemá být implantována na boční stěnu a hrot ouška pravé síně. Hrot ouška je opřen o kořen aorty a v případě implantace do tohoto místa hrozí lacerace aorty elektrodou, což je život ohrožující stav. Proto se jako nejvhodnější poloha pravosíňové elektrody v oušku jeví jeho přední stěna.

Mediální část ouška pravé síně je v těsném kontaktu se septem výtokového traktu pravé komory, čímž může být způsoben vznik far-field R-wave oversensingu (snímaní R-vlny ve vzdáleném poli). Důsledkem far-field R-wave oversensingu může být náhodné přepínání stimulačních režimů či vznik proarytmií s antitachykardickou stimulací síní.

Správnost polohy pravosíňové elektrody je ověřována v pravé/levé šikmé projekci, ve které může být pohyb podobající „pohybu stěrače“ lépe patrný než v postero-anteriorní projekci. Stabilita implantované elektrody se ověřuje vyjmutím styletu až do horní duté žíly a následným zatlačením do pravosíňové elektrody. Zároveň musí být zajištěn dostatečný průvěk elektrody, stejně jako je tomu u elektrody v pravé komoře.

Mezi alternativní místa stimulace pravé síně se řadí Bachmannův svazek, zóna ústí koronárního sinu nebo stimulace ze dvou oblastí síně. (Táborský a kol., 2021, s. 407-408).

### **Umístění elektrody na stěnu levé komory**

Levokomorovou elektrodu lze implantovat pomocí dvou typů transvenózních přístupů. První možností je endokardiální přístup, při kterém se prostřednictvím transseptální punkce pronikne do levé síně s následnou implantací elektrody na laterální stěnu levé komory. Vzhledem k náročnosti a komplexnosti endokardiálního přístupu je v dnešní době



upřednostňována implantace levokomorové elektrody cestou koronárního sinu do laterální větve. Tento přístup se také může nazývat transvenózní epikardiální a je při něm nutné provést kanylaci koronárního sinu. Na některých katetrizačních pracovištích se využívá elektrofyziologický přístup, při kterém je kanylace koronárního sinu provedena elektrofyziologickým katétre. Po tomto katétru se poté „navlékne“ speciální sheath, jenž dosahuje za ústí koronárního sinu, a tím zajišťuje stabilitu nutnou k bezpečné implantaci stimulační elektrody na stěnu levé komory.

Pro přesné určení anatomie koronárního sinu a jeho větví je nutné provést nástřik pomocí jodové kontrastní látky. K nástřiku lze využít zaváděcí sheath či venózní katétr (balónkový plovoucí katétr). V některých případech je pro přesné nalezení místa a úhlu laterální či posterolaterální větve koronárního sinu nutné provést více nástřiků kontrastní látkou v několika projekcích.

Úspěšnost implantace elektrody na povrch levé komory dosahuje díky zdokonalení zaváděcích nástrojů a speciálním over-the-wire elektrodám více než 90 %. Over-the-wire elektrody jsou užitečné pro případ překonání ostrého odstupu laterální větve koronárního sinu (Bulava, Lukl, 2005, s. 230-231).

### **Specifické aspekty implantace ICD**

Postup při implantaci ICD se až na některé specifické aspekty shoduje s postupem při implantaci kardiostimulátoru. Především kvůli riziku zvýšeného defibrinačního prahu a vyšší mortalitě při pravostranném přístupu v rámci implantace ICD, je nutné preferovat implantaci tohoto přístroje na levou stranu (Táborský a kol., 2021, s. 408).

### **Testování elektrických funkcí implantovaných elektrod**

Při sensingu  $\geq 1,5$  mV pro síň a  $\geq 4$  mV pro komoru, by měli být akutní prahové hodnoty v ideálním případě menší nebo rovno 1,5 V/0,5 ms. Impedance implantovaných elektrod se musí pohybovat v oblasti normálních specifikovaných limitů, obvykle se jedná o rozmezí 400-1200 ohmů. Kromě zaznamenávání naměřených hodnot musí být sledovány i tvary vln na EKG (například výskyt far-field R-wave na elektrodách zavedených do síně). Dostatečná fixace elektrody je potvrzena zřetelně viditelnou elevací úseku ST ve srovnání s jeho vstupní hodnotou. Testování elektrických funkcí u elektrod implantovaných do síně je značně obtížnější, než u komorových elektrod (Táborský a kol., 2021, s. 408).

## **Režimy srdeční stimulace**

V rámci výběru optimálního stimulačního režimu je doporučováno vycházet z posouzení několika faktorů, mezi které patří stav síňo-komorového převodu, stanovení chronotropní kompetence, přítomnost síňových arytmií, retrográdní vedení, hemodynamické aspekty a indikace k vyšetření magnetickou rezonancí. Chronická fibrilace či netypický flutter síní představuje kontraindikaci k síňové stimulaci. V případě přítomnosti retrográdního vedení z komor na síně není možné zvolit stimulační režim s izolovanou stimulací komory. Výběr nesprávného stimulačního režimu může způsobit řadu komplikací jako například pacemakerový syndrom, fibrilaci síní či tromboembolické komplikace (Táborský a kol., 2009, s. 608-609).

Režimy fungování kardiostimulátorů je možné rozdělit do kategorií jednokomorových a dvoukomorových. U jednokomorových režimů je stimulován vždy jen jeden srdeční oddíl (síně nebo komora).

Mezi jednokomorové režimy lze zařadit AOO, VOO, AAI a VVI. V režimu AOO je stimulována síně, snímání a odezva na snímání je vypnuta. V tomto režimu kardiostimulátor stimuluje síně zadanou frekvencí bez ohledu na elektrickou aktivitu srdce. V rámci režimu VOO je stimulována komora taktéž bez ohledu na vlastní elektrickou srdeční aktivitu. Stimulační režim VVI zahrnuje stimulaci komory, snímání elektrické aktivity v komoře a pozastavení stimulace v případě, že není zrovna potřeba. Stejným způsobem funguje také stimulační režim AAI s tím rozdílem, že je místo komory stimulována a snímána síně.

Dvoukomorové stimulační režimy lze dále rozdělit na režimy se sledováním (DDD, VDD) a bez sledování (DDI, DOO). V režimu DDD probíhá stimulace i snímání v komoře a síně. Tento režim je zároveň plně schopen se přizpůsobovat srdečnímu rytmu a imitovat normální vedení. Režim VDD se od DDD odlišuje pouze tím, že u něj probíhá stimulace pouze v komoře nikoliv i v síně. Režim DOO zahrnuje pouze stimulaci v komoře a v síně, ostatní funkce jsou vypnuté. Tento režim se využívá pouze v některých situacích, například když jde pacient na vyšetření magnetickou rezonancí (Lak, Goyal, 2021).

## **Fixace elektrod a přístroje**

Především kvůli prevenci vzniku krvácení se v blízkosti míst punkce žíly a implantace elektrod doporučuje využít hemostatické vstřebatelné stehy s pletenými vlákny. Nicméně je nutné, se vyvarovat utažení stehu přímo na tělo elektrody, protože by mohlo dojít k poškození její izolace. Plastový fixační element neboli sleeve je operátorem přesunut směrem vzhůru až k oblasti punkce podklíčkové žíly a nevstřebatelné stehy s pletenými

vlákny jsou použity pro upevnění elektrody ke svalu. Pro zajištění dostatečné fixace je nutné, aby sutury procházeli nejen podkožním tukem, ale i svalem společně s fascií. Pokud stehy projdou pouze vrstvou podkožního tuku, který je měkký a pohyblivý, hrozí vlivem nedostatečné fixace dislokace elektrody. K fixaci elektrody ke svalu se využívá techniky kotvícího uzlu. Použitím této techniky se výrazně snižuje riziko dislokace elektrody. Stabilitu zafixované elektrody je nutné ověřit jemným potažením.

Před samotným zapojením implantovaných elektrod ke kardiostimulátoru nebo ICD musí být piny elektrod důkladně očištěny suchým tamponem od krve, aby se tím předešlo jejich případnému „zatuhnutí“ v místě vstupu elektrod do hlavy přístroje (implantátu). Zbývající část elektrody mezi vstupem do podklíčkové žíly a přístrojem se musí vždy stočit pod implantát takovým způsobem, aby nedošlo k jejímu zalomení. Jedním z posledních kroků před uzavřením kapsy a kůže je fixace přístroje (Táborský a kol., 2021, s. 409).

### **Uzavření kapsy a kůže**

Kapsa, do které byl vložen přístroj, se obvykle uzavírá samostatně, a to dvěma až čtyřmi vstřebatelnými stehy. Díky tomuto postupu nehrozí migrace přístroje ani implantovaných elektrod. V případě vytvoření krevního výronu v místě kapsy tento postup snižuje napětí na povrchu operační rány.

Pro celkové uzavření operační rány je možné využít několik způsobů. Mezi tyto způsoby patří například jednotlivý steh v subkutánní vrstvě následovaný stehem kožním (samostatné sešítí subkutánní vrstvy a pokožky), kožní lepidlo či použití sešíváčky. Z výsledků dvou randomizovaných studií vyplývá, že využití kožního lepidla ve srovnání se stehy, není výrazně výhodnější.

Po uzavření rány a jejím sterilním zakrytí je nutné aplikovat tlakový obvaz, který slouží jako prevence vzniku hematomu v oblasti kapsy. Tlakový obvaz je nutné ponechat na sterilně zakryté ráně minimálně do následujícího dne (Táborský a kol., 2021, s. 409-410).

### **Pooperační péče**

Po uplynutí dvaceti čtyř hodin od operace se kvůli vyloučení vzniku pneumotoraxu a zaznamenání poloh jednotlivých elektrod provádí rentgenové vyšetření srdce a plic v zadopřední a bočné projekci. Před ukončením hospitalizace je dále pacientům natočeno dvanáctisvodové a EKG.

U některých pacientů je možné provést implantaci ambulantně. Jak hospitalizovaní, tak ambulantní pacienti se mohou okamžitě po vyprchání analgosedace pohybovat bez jakýchkoliv omezení. Výjimkou je závěs paže, kterému by se pacienti měli vyvarovat. Důkazy o snížení rizika dislokace elektrody při omezení hybnosti paže zatím neexistují.

Pacienti jsou o pooperační péči nejčastěji informováni cestou písemných pokynů a doporučení. Operační rána musí být sterilně zakrytá po dobu dvou až deseti dní od operačního výkonu. Pacienti se na kontrolu do ambulance dostaví v rozmezí jednoho až tří měsíců od implantace. Sledování funkčnosti přístroje na dálku může být velmi přínosné a využívá se pročasné odhalení technických problémů s kardiostimulátorem či ICD (Táborský a kol., 2021, s. 412).

## 10 Perioperační komplikace a jejich řešení

Mezi nejčastější perioperační komplikace vzniklé při implantaci kardiostimulátoru či ICD patří pneumotorax, perforace, perikardiální výpotek, srdeční tamponáda, krevní výron v místě kapsy, infekce a dislokace elektrody. K méně častým perioperačním komplikacím, které se vyskytují s incidencí menší než 0,5 %, se řadí například hemotorax, arytmie, pleurální výpotek, perikarditida, perforace kořene aorty, infarkt myokardu, plicní embolie a paréza nervus phrenicus. Incidence třicetidenní mortality se pohybuje v rozmezí 0,6-1,4 %. Mortalita spojená s výkonem je vzácná, její incidence činí 0-0,1 %. Perioperační úmrtnost téměř vždy velmi úzce souvisí s komorbiditami pacienta. Pro sledování a hodnocení četnosti výskytu perioperačních komplikací je vhodné spravovat elektronickou dokumentaci či registry, do níž se tyto komplikace zapisují.

### **Perforace, perikarditida a tamponáda**

Incidence perforace srdečního svalu elektrodou se zjišťuje velmi obtížně, ale je uváděna v rozmezí mezi 0,09 % a 1,5 %. Ve většině případů se perforace projeví do dvaceti čtyř hodin (akutní) nebo měsíce (subakutní) od operačního výkonu. Srdeční tamponáda, perforace plic, perikarditida, perikardiální a pleurální výpotek, pneumotorax, hemotorax mohou vzniknout v důsledku perforace srdečního svalu elektrodou. Nicméně je možné, že se perforace klinicky neprojeví.

Na vznik srdeční tamponády poukáže imobilní srdeční stín při skiaskopii nebo hemodynamická instabilita. Srdeční tamponáda musí být potvrzena prostřednictvím echokardiografického vyšetření. V případě jejího potvrzení je urgentně provedena perikardiocentéza. Perikardiální výpotek není u většiny pacientů (94 %) ani odhalen, protože bývá asymptomatický. Nemocní postižení mírným či středně významným perikardiálním výpotkem musí být poctivě monitorováni i po propuštění do domácí péče, aby byla případně včas odhalena recidiva výpotku. U velmi významných perikardiálních výpotků je stejně jako u tamponády nutné provést perikardiocentézu.

Mezi faktory, které zvyšují pravděpodobnost vzniku perforace srdečního svalu elektrodou, se řadí například vyšší věk, ženské pohlaví, zvýšená ejekční frakce levé komory, dočasná stimulace, užívání steroidů a léků proti srážlivosti krve, blokáda levého Tawarova raménka.

### **Arytmie a hematoma v oblasti kapsy**

Vznik arytmií je v průběhu implantace ihned patrný díky EKG monitoraci. Při implantaci elektrody do pravé komory, především v průběhu manipulace a povytahování elektrody ze septa výtokového traktu pravé komory, se operatéri velmi často setkávají s nesetrvanou komorovou tachykardií. V některých velmi vzácných případech může dojít až k vzniku setrvalé komorové tachykardie, fibrilace komor nebo síní. Z důvodu rychlého řešení těchto komplikací je doporučeno nalepit defibrilační elektrody na pacienta ještě před zahájením implantačního výkonu.

Hematoma v oblasti kapsy zvyšuje až devítinásobně riziko vzniku infekce. Vzniku hematoma v kapse se dá vyvarovat prostřednictvím optimální perioperační přípravy s využitím antikoagulancií a antiagregancií. Dalším důležitým faktorem, který snižuje riziko vzniku hematoma v kapse, je správná technika provedení chirurgického zákroku s co nejmenším poškozením okolních tkání. Pro předejití vzniku hematoma v kapse lze využít kompresní sáčky s pískem nebo jiné kompresní pomůcky (Táborský a kol., 2021, s. 410-412).

## 11 Shrnutí praktické části

Před každou implantací je nutné posoudit relevantnost indikace a zanalyzovat možná rizika a přínos pro každého pacienta indikovaného k zavedení stimulačního systému. Aby bylo možné implantaci provést, pacient nesmí být v aktivní fázi infekce a musí být bez teploty alespoň dvacet čtyři hodin před samotným výkonem. Před zahájením implantačního výkonu je rozhodnuto o místě, kam bude přístroj uložen (levá nebo pravá strana hrudníku v oblasti pod klíční kostí). U většiny pacientů se jedná o levou podklíčkovou oblast.

Samotný proces implantace probíhá v analgosedaci, u neklidných pacientů dokonce v celkové anestezii. Po desinfekci a zarouškování operačního pole následuje aplikace lokálního anestetika důležitého z hlediska znecitlivění operační rány. Následně je provedena incize a vytvoření kapsy (subkutánně, submuskulárně) pro uložení přístroje. Kapsa musí být zároveň vytvořena tak, aby nedocházelo ke kontaktu přístroje s ramenním kloubem.

Žilní přístup pro implantaci je zajištěn preparací cefalické žíly, punkcí podklíčkové žíly nebo eventuálně punkcí podpažní žíly. Přibližně 60 % pracovišť využívá právě preparaci cefalické žíly jako metodu první volby. V rámci tohoto typu žilního přístupu nemůže na rozdíl od punkce podklíčkové žíly dojít k rozvoji pneumotoraxu.

Pravokomorovou elektroda lze umístit do hrotu pravé komory, výtokového traktu a mezikomorového septa. Většina pracovišť dává přednost implantaci pravokomorové elektrody do hrotu (50 % pracovišť) nebo mezikomorového septa. Implantace elektrody do výtokového traktu pravé komory je spojena s vyšším rizikem perforace, proto se i přes dlouhodobou optimální funkčnost elektrody příliš často nevyužívá.

Elektroda určená ke stimulaci pravé síně je zpravidla umísťována do ouška pravé síně, konkrétně na jeho přední stěnu. Mezi alternativní místa stimulace patří Bachmannův svazek, oblast ústí koronárního sinu či stimulace ze dvou míst síně. Tyto alternativní místa stimulace se používají především v situaci, kdy stimulační elektrodu nelze umístit do ouška pravé síně.

Levokomorová elektroda může být implantována pomocí endokardiálního či transvenózního epikardiálního přístupu, který je vzhledem ke komplexnosti a náročnosti endokardiálního přístupu upřednostňován. V rámci transvenózního epikardiálního přístupu je nutné provést kanylaci koronárního sinu. Po kanylaci následuje implantace levokomorové elektrody cestou koronárního sinu do některé z laterálních větví na povrchu levé komory. Úspěšnost implantace elektrody na povrch levé komory se pohybuje okolo 90 %.

V rámci implantace elektrod do jednotlivých srdečních oddílů je nutné provádět testování elektrických funkcí. Konkrétně se jedná o sensing a impedanci implantovaných elektrod. Impedance by se měla ideálně pohybovat v rozmezí 400-1200 ohmů.

Po fixaci elektrod a přístroje následuje uzavření kapsy s přístrojem. Zašitá operační rána se překrývá sterilním krytím. Na sterilní krytí je aplikován tlakový obvaz sloužící jako prevence rozvoje hematomu v oblasti kapsy.

V rámci pooperační péče je pacientům po dvaceti čtyřech hodinách od implantace proveden rentgenový snímek srdce a plic v zadopřední a bočné projekci. RTG snímek slouží k vyloučení pneumotoraxu a zaznamenání poloh implantovaných elektrod. V některých případech je možné provést implantaci stimulačního systému i ambulantně.

Mezi nejčastější komplikace vznikající v rámci implantace ICD či kardiostimulátoru se řadí pneumotorax, perforace, perikardiální výpotek, srdeční tamponáda, krevní výron v místě kapsy, infekce a dislokace elektrody. Méně častými komplikacemi, jejichž incidence se pohybuje okolo 0,5 %, jsou hemotorax, pleurální výpotek, plicní embolie, paréza nervus phrenicus, perikarditida atd.



# VÝZKUMNÁ ČÁST

## 12 Výzkumné cíle, otázky a hypotézy

Hlavním cílem této diplomové práce bylo zjistit, jak se změní dávka záření v závislosti na velikosti prozařovaného objemu. Mezi dílčí cíle této diplomové práce patřilo:

- 1) Zjistit do jaké míry se změní dávka záření při zvětšení obrazu či změně úhlu.
- 2) Zjistit, zda je dávka záření na pacienta při zavádění biventrikulárního stimulačního systému vyšší, než při zavádění jednodutinového či dvoudutinového stimulačního systému.

K uvedeným cílům byly formulovány následující výzkumné hypotézy:

- H1: S rostoucí velikostí prozařovaného objemu se zvyšuje dávka záření.
- H2: Dávka záření při zavádění biventrikulárního stimulačního systému je vyšší než při zavádění jednodutinového, nebo dvoudutinového stimulačního systému.
- H3: Při zvětšení obrazu či změně úhlu během vyšetření se zvýší dávka záření na pacienta.
- H4: Při zavádění 1D/ICD/PM je mezi dávkami u žen a mužů rozdíl.
- H5: S rostoucí vahou pacienta se zvyšuje dávka záření.
- H6: Dávka v zadopřední projekci při zavádění biventrikulárního stimulačního systému je vyšší než dávka v levé šikmé (OBL) projekci.

## **13 Charakteristika výzkumného vzorku**

Pro výběr subjektů tohoto výzkumu byla využita metoda záměrného výběru. Sběr výzkumného vzorku probíhal na katetrizačních sálech 1. interní kliniky ve FN v Olomouci.

### **Zařazovací kritéria**

Subjekty byly vybrány na základě indikace k implantaci stimulačního systému bez ohledu na věk, pohlaví, výšku, váhu a závažnost indikace. Do výzkumného vzorku byly zároveň zařazeny pouze subjekty, které podepsaly informovaný souhlas (viz příloha 2 – informovaný souhlas) s prováděním výzkumu v průběhu jejich vyšetření.

### **Vyřazovací kritéria**

Do výzkumného souboru nebyly naopak zařazeny subjekty, které nesouhlasily se zařazením do výzkumného šetření (odmítli podepsat informovaný souhlas). Do výzkumného vzorku nebyly dále zařazeny subjekty neschopní podepsat informovaný souhlas s prováděním výzkumného šetření v rámci jejich vyšetření.

Vzhledem k tomu, že byli potenciální účastníci výzkumu vybráni pouze na základě indikace k implantaci stimulačního systému, nebylo nutné z výsledného výzkumného vzorku nikoho dalšího vyloučit.

### **Charakteristika výzkumného vzorku**

U jednotlivých subjektů byly sbírány informace o pohlaví, věku, ročníku narození, výšce, váze, výšce hrudníku, šířce hrudníku a typu implantovaného stimulačního systému ((biventrikulárního, jednodutinového či dvoudutinového kardiostimulátoru/defibrilátoru, leadless (MICRA), CCM, upgradu zařízení a jejich revizí)). Tabulka 1 přehledně znázorňuje, kolik účastníků výzkumu podstoupilo v rámci výzkumného šetření jednotlivé druhy implantací jednotlivých druhů stimulačních systémů.

Do výzkumného souboru bylo na základě zařazovacích a vyzárovacích kritérií zařazeno celkově 60 subjektů. Výzkumný vzorek byl v poměru zastoupení pohlaví nehomogenní, obsahoval 38 mužů (63 %) a 22 žen (37 %).

Průměrný věk výzkumného vzorku činil 73,9 let. Nejmladšímu účastníkovi výzkumu bylo 30 let, nejstaršímu 89 let. Modus věku výzkumného vzorku byl 75 let, medián 76 let.

Průměrná výška výzkumného souboru byla 171,9 cm, přičemž nejvyšší účastník výzkumu měřil 196 cm. Nejnižší účastník výzkumu měřil pouhých 150 cm. Průměrná váha celého výzkumného vzorku činila 83,8 kg. Porovnání těchto demografických údajů mezi muži a ženami je zahrnuto v Tabulce 2. Průměrná výška hrudníku všech účastníků výzkumu byla 22,7 cm. Průměrná šířka hrudníku výzkumného vzorku činila 35,5 cm. Další charakteristika těchto demografických údajů je popsána prostřednictvím výsečových grafů 2-4.

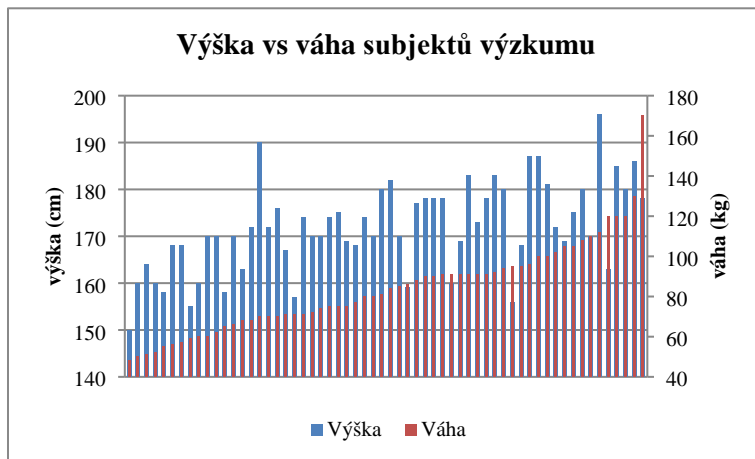
**Tabulka 1 - Druh stimulačního systému a počet účastníků výzkumu**

<b>Druh stimulačního systému</b>	<b>Počet účastníku výzkumu</b>
BIV/ICD/PM	14
1D/ICD/PM	17
2D/ICD/PM	7
2D/PM HIS	7
upgrade BIV/ICD/PM	6
upgrade 2D/ICD	1
BIV/ICD → 1D/ICD	2
leadless (MICRA)	2
revize	3
CCM	1

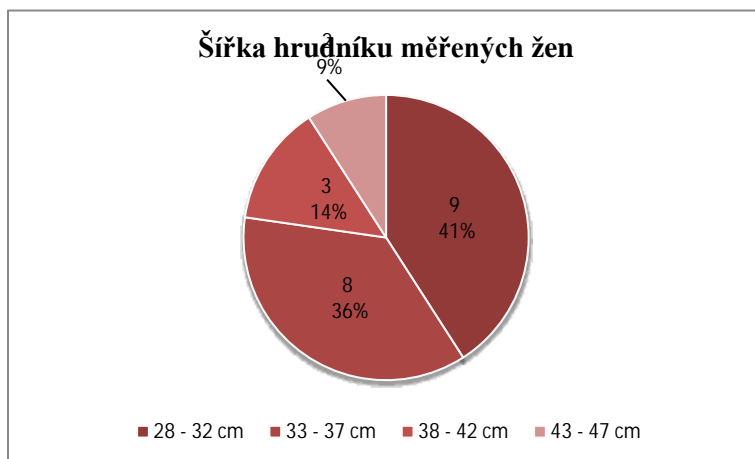
**Tabulka 2 - charakteristika výzkumného vzorku**

<b>Charakteristika souboru (n=60)</b>	<b>Muži</b>	<b>Ženy</b>
<b>Zastoupení pohlaví</b>	38 (63 %)	22 (37 %)
<b>Věk</b>	72,6 ± 9,9	76,1 ± 13,9
<b>Výška (cm)</b>	176,8 ± 7,3	163,3 ± 6,4
<b>Váha (kg)</b>	88,9 ± 22,3	75,2 ± 21,0

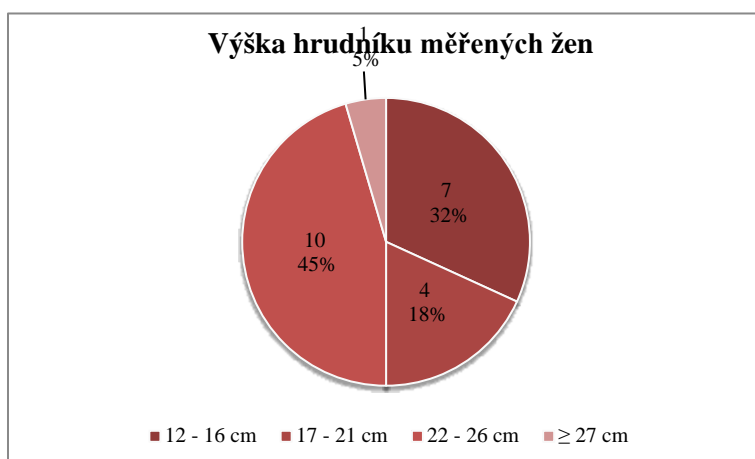
**Graf 1- Výška vs váha jednotlivých subjektů výzkumu**



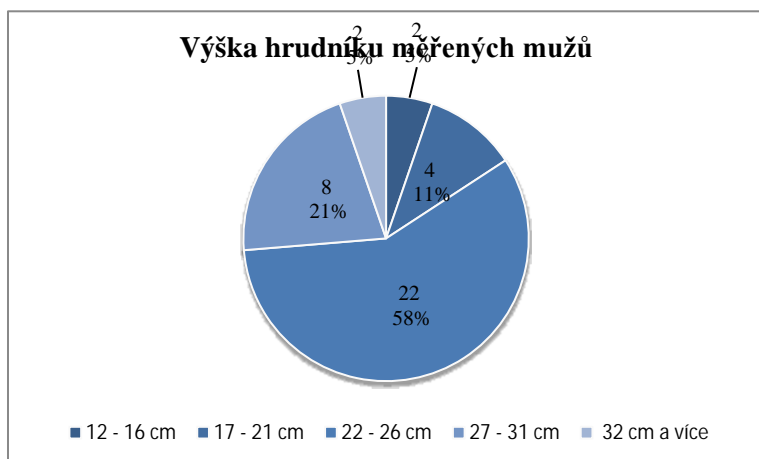
**Graf 2 - Šířka hrudníku měřených žen**



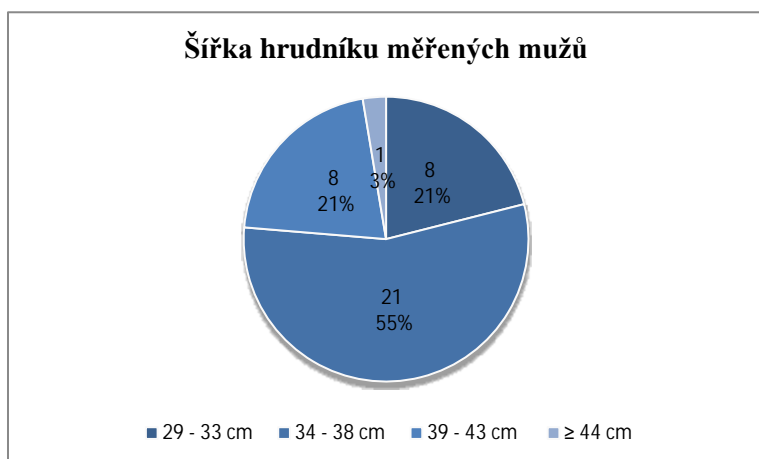
**Graf 3 - Výška hrudníku měřených žen**



Graf 4 - Výška hrudníku měřených mužů



Graf 5 - Šířka hrudníku měřených mužů



## 14 Metoda sběru dat

Výzkumné šetření bylo provedeno pomocí kvantitativního výzkumu, konkrétně se jednalo o observační analytickou studii. Celý výzkumný projekt byl realizován od července 2022 do března 2023 na katetrizačních sálech 1. interní kliniky ve FN v Olomouci. Samotný sběr dat probíhal v průběhu samotného implantačního výkonu prostřednictvím přímoodečítacích dozimetrů.

Pro realizaci tohoto výzkumného projektu byl využit pouze jeden přístroj, a to Philips Azurion 7 M12 vyrobený v roce 2020. V tomto přístroji je použita rentgenka MRC 200+ 0508 ROT-GS 1003. Maximální napětí této rentgenky při fluoroskopii činí 120 kV.

Jednotlivé implantační výkony standardně provádělo celkem 6 lékařů s relativně podobnými pracovními zkušenostmi.

Pro měření ekvivalentních dávek byly využity dva přímoodečítací dozimetry firmy Rados RAD-60S. Rozsah detekce energií rentgenového a gama záření tohoto přímoodečítacího dozimetru je v rozmezí  $60\text{keV} - 3\text{MeV} \pm 25\%$ . Přesnost měření těchto dozimetrů je vyšší než  $\pm 5\%$ . Teplotní rozsah dozimetrů se pohybuje v rozmezí  $- 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  až  $+ 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Rozsah měření ekvivalentní dávky byl v rámci tohoto výzkumného projektu nastaven v rozsahu  $0\text{ }\mu\text{Sv} - 9,99\text{ Sv}$ . Měření ekvivalentní dávky probíhalo prostřednictvím těchto dozimetrů v průběhu celého implantačního výkonu.

Oba přímoodečítací dozimetry byly před desinfekcí a zarouškovaním operačního pole umístěny na hrudník účastníka výzkumu. Konkrétně na levý bok hrudníku (levá šikmá projekce) a jeho pravou přední polovinu mimo srdeční stín (zadopřední projekce), tak aby implantujícímu lékaři nezabraňovaly v kvalitním zobrazení srdečního stínu a zavádění jednotlivých stimulačních elektrod.

Potenciální subjekty výzkumu byly před začátkem samotného implantačního výkonu informovány o výzkumném projektu a požádány o podepsání informovaného souhlasu s prováděním tohoto výzkumu v rámci jejich vyšetření. Před podepsáním písemného souhlasu byly subjekty informovány o účelu a zaměření výzkumu, o zajištění anonymity a ochrany osobních údajů. Subjekty, které odmítly nebo byly neschopni tento informovaný souhlas podepsat, nebyly do výzkumného vzorku zařazeny.

V rámci tohoto výzkumného projektu byla získávána data ze zavádění biventrikulárního, jednodutinového či dvoudutinového kardiostimulátoru/defibrilátoru, leadless, CCM, upgradu zařízení a jejich revizí ((BIV/ICD/PM, 1D/ICD/PM, 2D/PM/ICD, CCM (MICRA), leadless, upgrade zařízení a revizí těchto zařízení)). V průběhu implantačního výkonu byly zaznamenávány informace o vzdálenosti detektoru v zadopřední, pravé a levé šikmé projekci, úhlu sklonu pravé a levé šikmé projekce, zvětšení obrazu a zvýšení vstupní dávky. Po ukončení implantačního výkonu byla zaznamenána velikost ekvivalentní dávky z přímoodečítacích dozimetrů.

Demografická data, která byla v rámci výzkumného šetření použita, zahrnovala pohlaví, ročník narození, věk, výšku a váhu účastníka výzkumu. Pro ověření jednoho z výzkumných cílů bylo dále u účastníků výzkumu nutné odebrat výšku a šířku hrudníku účastníků výzkumu. To bylo učiněno prostřednictvím krejčovského metru, který byl přiložen na hrudník účastníka výzkumu před samotným začátkem implantačního výkonu.

## **15 Realizace výzkumu**

Výzkum zaměřený na dávky záření při zavádění biventrikulárního, jednodutinového nebo dvoudutinového stimulačního systému u srdečního selhání byl prováděn na základě souhlasného stanoviska Etické komise Fakulty zdravotnických věd Univerzity Palackého v Olomouci. (viz příloha 1 - etická komise). Výzkumné šetření probíhalo na katetrizačních sálech 1. interní kliniky ve FN Olomouc, konkrétně na přístroji Philips Azurion 7 M12 v období od července 2022 do března 2023.

Potenciální účastníci výzkumu byli vybíráni na základě indikace k implantaci stimulačního systému bez ohledu na věk, pohlaví, výšku, váhu a závažnost indikace. Celkem bylo osloveno 62 potenciálních účastníků výzkumu, z nichž dva nesouhlasili s prováděním výzkumného šetření v rámci jejich vyšetření. Celkem se tedy výzkumného šetření účastnilo 60 subjektů.

Po ukončení sběru dat, byla naměřená data převedena do elektronické podoby, konkrétně do tabulky v programu Microsoft Excel, kde došlo k jejich dalšímu zpracovávání. Ve vytvořených tabulkách byly informace zaznamenány pouze pod identifikačními čísly, které nebyly žádným způsobem spojeny s osobními údaji pacienta. Tímto způsobem bylo dosaženo anonymity zúčastněných subjektů. Po ukončení výzkumného šetření byla data bezpečně uložena či smazána.

### **15.1 Možná rizika či zátěž pro účastníky výzkumného šetření**

V rámci tohoto výzkumného projektu subjektům nehrozila žádná přídatná radiační zátěž či rizika. Výzkum byl prováděn v průběhu samotného implantačního výkonu, který by proběhl na základě indikace i bez tohoto výzkumného šetření.

### **15.2 Etické aspekty studie**

V rámci tohoto výzkumného šetření byla respektována osobní svoboda, všechny rasy i etnika. Do výzkumu zároveň nebyly zařazeny subjekty, které nepodepsaly informovaný souhlas s výzkumným projektem. Osoby neschopné podepsat informovaný souhlas s výzkumem, nebyly do výzkumného šetření taktéž zařazeny. Osoby zrakově postižené udělily souhlas s prováděním výzkumu za přítomnosti svědka ústně.



## 16 Metody zpracování dat

Po ukončení sběru dat, byla naměřená data převedena do elektronické podoby, konkrétně do tabulky programu Microsoft Office – Excel 2007, kde došlo k jejich dalšímu zpracovávání.

Ke statistickému zpracování byl použit statistický program TibcoStatistica. Konkrétně se jednalo o tyto testy: Studentův dvouvýběrový t-test, Mann-Whitney U-test, Wilcoxonův párový test a Pearsonův korelační koeficient.

Jednotlivá demografická data byla popsána prostřednictvím absolutních a relativních četností. Dále byla charakterizována pomocí průměrné hodnoty, směrodatné odchylky, modusu, mediánu, minima a maxima. Pro účely výzkumu byl z výšky a šířky hrudníků účastníků výzkumu vypočítán přibližný objem jejich hrudníku.

V závislosti k první hypotéze byl porovnáván objem hrudníku účastníků výzkumu, vypočtený z výšky a šířky jejich hrudníku vynásobený šesti (délka defibrilační cívky na defibrilační elektrodě firmy biotronic) se součtem ekvivalentních dávek. Součet ekvivalentních dávek byl spočítán z dávek naměřených přímoodečítacími dozimetry v zadopřední a levé šikmé projekci. Pro ověření platnosti této hypotézy byl použit Pearsonův korelační koeficient.

K ověření platnosti druhé hypotézy byly využity parametrické testy, konkrétně Studentův dvouvýběrový t-test. V rámci druhé hypotézy byly porovnávány ekvivalentní dávky v zadopřední projekci, levé šikmé projekci a jejich součty obdržené při zavádění biventrikulárního stimulačního systému s ekvivalentními dávkami v zadopřední a levé šikmé projekci, které účastník výzkumu obdržel při zavádění ostatních typů stimulačních systému zařazených do výzkumného šetření.

Součástí třetí hypotézy bylo zjistit, jak se změní dávka záření při zvětšení obrazu či změně úhlu projekce. V důsledku malého množství nasbíraných dat, kde došlo v rámci implantačního výkonu ke zvětšení obrazu, byla statisticky zpracována pouze závislost dávky záření na změně úhlu projekce. V závislosti k třetí hypotéze byly tedy porovnávány úhly pravé a levé šikmé projekce se součtem ekvivalentních dávek. K ověření platnosti této hypotézy byl stejně jako v případě první hypotézy použit Pearsonův korelační koeficient.

K ověření platnosti čtvrté hypotézy byl využit Mann-Whitneyho U- test. U této hypotézy byl porovnáván součet ekvivalentních dávek mezi muži a ženami při zavádění jednodutinového kardiostimulátoru či kardioverter-defibrilátoru. Ze stejných dat byla ověřena i pátá hypotéza, jejímž cílem bylo zjistit, zda se s rostoucí hmotností účastníků zvyšuje

i dávka záření při zavádění jednodutinového stimulačního systému (1D/ICD/PM). Pro ověření platnosti páté hypotézy byla využita korelace, konkrétně Pearsonův korelační koeficient.

Součástí šesté hypotézy bylo zjistit, zda je ekvivalentní dávka v zadopřední projekci při zavádění biventrikulárního stimulačního systému vyšší, než ekvivalentní dávka v levé šikmé projekci. K ověření platnosti této hypotézy byl použit Wilcoxonův párový test, který patří do skupiny neparametrických testů.

Všechny druhy statistických testů, které byly využity pro ověření platnosti hypotéz, byly provedeny na hladině signifikance (významnosti) 0,05.

## 17 Výsledky výzkumu

V závislosti na výzkumných hypotézách byly vytvořeny statistické hypotézy, které sloužili k ověření jejich platností.

### Statistické hypotézy k první výzkumné hypotéze:

- $H_01$ : Mezi rostoucí velikostí prozařovaného objemu a dávkou není signifikantní souvislost.
- $H_{A1}$ : Mezi rostoucí velikostí prozařovaného objemu a dávkou je signifikantní souvislost.

### Ověření platnosti a závěr první hypotézy:

Prostřednictvím Pearsonova korelačního koeficientu ( $r = -0,15$ ) bylo zjištěno, že mezi rostoucí velikostí prozařovaného objemu a dávkou není signifikantní souvislost ( $r > 0,05$ ). Vzhledem k zamítnutí alternativní hypotézy a přijetí hypotézy nulové, bylo nutné zamítnout také první výzkumnou hypotézu.

### Statistické hypotézy k druhé výzkumné hypotéze:

- $H_02$ : Mezi dávkou záření při zavádění biventrikulárního stimulačního systému a dávkou při zavádění jednodutinového, nebo dvoudutinového stimulačního systému není signifikantní rozdíl.
- $H_{A2}$ : Mezi dávkou záření při zavádění biventrikulárního stimulačního systému a dávkou při zavádění jednodutinového, nebo dvoudutinového stimulačního systému je signifikantní rozdíl.

### Ověření platnosti a závěr druhé hypotézy:

Dávky záření při zavádění biventrikulárního stimulačního systému v zadopřední, levé šikmé projekci a jejich součty byly porovnány prostřednictvím dvouvýběrového t-testu se stejnými typy dávek a jejich součty při zavádění ostatních druhů stimulačních systémů, které byly zařazeny do studie.

Tabulka 3 - Porovnání dávek v zadopřední (PA) projekci

	BIV/ICD/PM	Ostatní druhy zaváděných stimulačních systémů
Průměrná dávka ( $\mu\text{Sv}$ )	70,31	53,26
Směrodatná odchylka	46,00	60,50
p-hodnota	0,33	

Tabulka 4 - Porovnání dávek v levé šikmé projekci

	BIV/ICD/PM	Ostatní druhy zaváděných stimulačních systémů
Průměrná dávka ( $\mu\text{Sv}$ )	62,81	50,23
Směrodatná odchylka	73,89	91,07
p-hodnota	0,63	

Tabulka 5 - Porovnání součtu dávek

	BIV/ICD/PM	Ostatní druhy zaváděných stimulačních systémů
Průměrná dávka ( $\mu\text{Sv}$ )	133,13	103,48
Směrodatná odchylka	106,94	140,94
p-hodnota	0,46	

Vzhledem k velikostem všech p-hodnot (vždy  $> 0,05$ ) ve výše uvedených tabulkách došlo k zamítnutí alternativní hypotézy a přijetí nulové hypotézy. Srovnáním těchto dávek bylo zjištěno, že mezi dávkou záření při zavádění biventrikulárního stimulačního systému a dávkou při zavádění jednodutinového, nebo dvoudutinového stimulačního systému není signifikantní rozdíl. V závislosti na přijetí nulové hypotézy bylo nutné zamítnout druhou výzkumnou hypotézu.

#### Statistické hypotézy k třetí výzkumné hypotéze:

- $H_03$ : Při zvětšení obrazu či změně úhlu během vyšetření se dávka záření signifikantně nezvyšuje.
- $H_A3$ : Při zvětšení obrazu či změně úhlu během vyšetření se dávka záření signifikantně zvyšuje.

#### Ověření platnosti a závěr třetí hypotézy:

V závislosti na malém počtu nasbíraných dat, kde v průběhu implantačního výkonu došlo ke zvětšení obrazu, byla statisticky zpracována data pouze pro závislost mezi změnou úhlu (levá a pravá šikmá projekce) a součtem naměřených dávek. Tato závislost byla ověřována

prostřednictvím Pearsonova korelačního koeficientu. V případě porovnání součtu dávek s úhly v pravé šikmé projekci, se Pearsonův korelační koeficient rovnal  $-0,24$ . Při porovnání součtu dávek s úhly v levé šikmé projekci by Pearsonův korelační koeficient roven  $-0,13$ . V obou případech byla vypočítaná hodnota vyšší než stanovená hladina významnosti ( $0,05$ ). Z toho důvodu byla zamítnuta alternativní hypotéza a přijata nulová hypotéza. Statistické měření tedy prokázalo, že při změně úhlu během vyšetření se dávka záření signifikantně nezvyšuje. Vzhledem k přijetí nulové hypotézy bylo nutné zamítnout třetí výzkumnou hypotézu.

#### **Statistické hypotézy k čtvrté výzkumné hypotéze:**

- $H_04$ : Při zavádění 1D/ICD/PM není mezi dávkami u žen a mužů signifikantní rozdíl.
- $H_A4$ : Při zavádění 1D/ICD/PM je mezi dávkami u žen a mužů signifikantní rozdíl.

#### **Ověření platnosti a závěr čtvrté hypotézy:**

Srovnání součtu dávek při zavádění 1D/ICD/PM mezi ženami a muži byl proveden pomocí Mann-Whitney U-testu. Provedené statistické měření prokázalo, že při zavádění 1D/ICD/PM není mezi dávkami u žen a mužů významný signifikantní rozdíl ( $p = 1,00$ ;  $p > 0,05$ ). V závislosti na zamítnutí alternativní a přijetí nulové hypotézy, bylo nutné zamítnout i čtvrtou výzkumnou hypotézu.

#### **Statistické hypotézy k páté výzkumné hypotéze:**

- $H_05$ : S rostoucí vahou pacienta se dávka signifikantně nezvyšuje.
- $H_A5$ : S rostoucí vahou pacienta se dávka signifikantně zvyšuje.

#### **Ověření platnosti a závěr páté hypotézy:**

Ověření platnosti páté hypotézy bylo provedeno opět pomocí Pearsonova korelačního koeficientu, kdy byl porovnáván součet dávek s hmotností pacientů, kteří podstoupili implantaci jednodutinového kardiostimulátoru či kardioverter-defibrilátoru. Na základě výsledku vypočítaného Pearsonova korelačního koeficientu ( $r = -0,12$ ;  $r(p) > 0,05$ ) bylo zjištěno, že s rostoucí vahou pacienta se dávka signifikantně nezvyšuje. Vzhledem k přijetí nulové hypotézy bylo nutné zamítnout výzkumnou hypotézu.

### Statistické hypotézy k šesté výzkumné hypotéze:

- $H_06$ : Mezi dávkou záření v zadopřední projekci a dávkou záření v levé šikmé projekci není při zavádění biventrikulárního stimulačního systému signifikantní rozdíl.
- $H_{A6}$ : Mezi dávkou záření v zadopřední projekci a dávkou záření v levé šikmé projekci je při zavádění biventrikulárního stimulačního systému signifikantní rozdíl.

### Ověření platnosti a závěr páté hypotézy:

Dávky záření při zavádění biventrikulárního stimulačního systému v zadopřední a levé šikmé projekci byly porovnávány prostřednictvím Wilcoxonova párového testu. Provedené statistické měření prokázalo, že mezi dávkou záření v zadopřední a levé šikmé projekci není při zavádění biventrikulárního stimulačního systému signifikantní rozdíl ( $p = 0,40$ ;  $p > 0,05$ ). Na základě přijetí nulové hypotézy a zamítnutí alternativní hypotézy, bylo nutné zamítnout šestou výzkumnou hypotézu.

Tabulka 6 - Wilcoxonův párový test

Pair of Variables	Wilcoxon Matched Pairs Test			
	Valid (N)	T	Z	p-value
Dávka PA ( $\mu\text{Sv}$ ) & dávka OBL ( $\mu\text{Sv}$ )	14	39,00	0,847483	0,396727

## 18 Diskuse

Hlavním cílem tohoto výzkumného projektu bylo zjistit, jak se změní dávka záření v závislosti na velikosti prozařovaného objemu. Prvním dílčím cílem této studie bylo zjistit, do jaké míry se změní dávka záření při zvětšení obrazu či změně úhlu. Druhým dílčím cílem bylo zjistit, zda je dávka záření na pacienta při zavádění biventrikulárního stimulačního systému vyšší, než při zavádění jednodutinového či dvoudutinového stimulačního systému.

V závislosti výzkumných cílech byly stanoveny výzkumné hypotézy:

- H1: S rostoucí velikostí prozařovaného objemu se zvyšuje dávka záření.
- H2: Dávka záření při zavádění biventrikulárního stimulačního systému je vyšší než při zavádění jednodutinového, nebo dvoudutinového stimulačního systému.
- H3: Při zvětšení obrazu či změně úhlu během vyšetření se zvýší dávka záření na pacienta.
- H4: Při zavádění 1D/ICD/PM je mezi dávkami u žen a mužů rozdíl.
- H5: S rostoucí vahou pacienta se zvyšuje dávka záření.
- H6: Dávka v zadopřední projekci při zavádění biventrikulárního stimulačního systému je vyšší než dávka v levé šikmé (OBL) projekci.

Výsledky této studie, které jsou doloženy z výsledků provedeného statistického měření, prokázaly, že:

- S rostoucí velikostí prozařovaného objemu se nezvyšuje dávka záření.
- Dávka záření při zavádění biventrikulárního stimulačního systému není vyšší než při zavádění jednodutinového, nebo dvoudutinového stimulačního systému.
- Při změně úhlu během vyšetření se nezvýší dávka záření na pacienta.
- Při zavádění 1D/ICD/PM není mezi dávkami u žen a mužů rozdíl.
- S rostoucí vahou pacienta se nezvyšuje dávka záření.
- Dávka v zadopřední projekci při zavádění biventrikulárního stimulačního systému není vyšší než dávka v levé šikmé (OBL) projekci.

Jedním z výstupů této studie je skutečnost, že s rostoucí velikostí prozařovaného objemu se nezvyšuje dávka záření. Tento výsledek je v rozporu se Súpovou (2018, s. 108-111), která ve své knize tvrdí, že aby byla dávka na výstupu svazku z pacientova těla totožná u objemově odlišných pacientů, je u objemnějšího pacienta nutné zvýšit dávku na vstupu

RTG svazku do pacienta. Tedy čím větší tloušťka pacienta, tím větším objemem musí svazek rentgenového záření projít. Z tohoto faktu vyplývá, že s rostoucí velikostí prozařovaného se dávka záření zvyšuje. Vzhledem k anatomickému postavení srdce a jeho srdečních oddílů se při implantacích stimulačních systémů používají velmi malé úhly šikmých projekcí (maximálně 35°). Při použití malých úhlů šikmých projekcí nedochází k výraznému zvětšení prozařovaného objemu a z tohoto důvodu tedy nemusí dojít ani ke znatelnému zvýšení dávky záření. Další studie, které by sloužily k porovnání výsledků, nebyly nalezeny.

Srdeční resynchronizační léčba (biventrikulární stimulace) představuje terapeutickou možnost vhodnou pro pacienty s těžkým chronickým srdečním selháním. Benefitem tohoto typu terapie je nejen zlepšení kvality života, ale i prodloužení doby přežití. Implantace systému pro srdeční resynchronizační léčbu je ve srovnání s implantací jednodutinového či dvoudutinového stimulačního systému technicky mnohem náročnější. Z toho důvodu může při implantaci systému pro srdeční resynchronizační léčbu dojít k prodloužení skiaskopického času, což vede ke zvýšení celkové fluoroskopické expozice neboli dávky záření (Perisinakis a kol., 2005, s. 2335). Všechny dohledané studie neporovnávají radiační zátěž z implantací jednotlivých druhů stimulačních systémů pomocí ekvivalentní dávky ( $\mu\text{Sv}$ ), ale prostřednictvím DAPu (součin kermy a plochy;  $\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$ ). Bru a kol. (2019, s. 90) ve své studii uvádí, že nejvyšší průměrný DAP, konkrétně  $1410 \text{ cGy}\cdot\text{cm}^2$ , je přítomen u implantace systému pro srdeční resynchronizační léčbu. Průměrná hodnota DAPu u implantace jednodutinového a dvoudutinového stimulačního systému je podstatně nižší, než průměrný DAP při zavádění systému pro srdeční resynchronizační léčbu. Perisinakis a kol. (2005, s. 2337) ve studii uvádí, že průměrná hodnota DAPu je  $4765 \text{ cGy}\cdot\text{cm}^2$  pro biventrikulární stimulaci a  $1106 \text{ cGy}\cdot\text{cm}^2$  pro implantaci konvenčních stimulačních systémů. Průměrný DAP pro biventrikulární stimulaci je tedy přibližně pětinasobně vyšší. Steckiewicz a kol. (2017, s. 364-372) uvádí, že výkony související s implantací systémů pro SRL vykazovaly výrazně nejvyšší DAP, ve srovnání s DAPem z implantací 1D/2D kardiostimulátorů či implantabilních ICD. Výsledky dohledaných studií zcela popírají výsledek této studie, kterým je, že dávka záření při zavádění biventrikulárního stimulačního systému není vyšší než dávka záření při zavádění jednodutinového, nebo dvoudutinového stimulačního systému. Důvodem rozporu ve výsledcích může být malý počet pacientů, kteří podstoupili implantaci biventrikulárního stimulačního systému oproti počtu pacientů, kteří podstoupili implantaci jiných druhů stimulačních systémů zařazených do studie. Dalším důvodem rozporu ve výsledcích může



být špatná poloha přiložených dozimetrů - dozimetry nesmí bránit v monitoraci pacienta a zabraňovat v bezpečném provedení implantace.

Výstup této studie, že se při změně úhlu projekce nezvýší dávka záření, vyvrací ve své knize Súkupová (2018, s. 108-111). Uvádí, že se zvětšujícím se úhlem projekce, se zvyšuje objem, jenž je nutný prozářit. A jak je již uvedeno výše, s rostoucí velikostí prozařovaného objemu se zvyšuje dávka záření na vstupu rentgenového svazku do pacienta. Výsledek této části výzkumu mohl být ovlivněn několika faktory, například špatně zvolenou polohou přímoodečítacích dozimetrů nebo nepoužití šikmých projekcí při všech implantacích. Součástí této části výzkumu mělo být sledování závislosti dávky na zvětšení obrazu, kterou nebylo možné statisticky zhodnotit především z důvodu malého počtu provedených zvětšení obrazu v rámci implantačních výkonů zařazených do studie. Súkupová (2018, s. 108-111) ve své knize uvádí, že zvětšení obrazu neboli ZOOM zvyšuje dávku záření u pacientů i personálu. Studie, které by sloužily k porovnání výsledků této části výzkumu, se nepodařilo vyhledat.

Vysoká tělesná hmotnost (obezita) představuje rizikový faktor pro rozvoj síňových a komorových arytmií, fibrilací síní. Z tohoto důvodu jsou obézní pacienti vystaveni riziku, že jim během života bude muset být implantován kardiostimulátor či ICD (Attanasio a kol. 2016, s. 230). Žádná z dohledaných studií neporovnává závislost dávky na hmotnosti jako tento výzkum, ale závislost DAPu na BMI pacientů, což je pro orientační srovnání výsledků dostačující. Attanasio a kol. (2016, s. 230-234) ve své studii, jejímž cílem je porovnat úspěšnost implantace stimulačních systémů a celkovou dávku záření potřebnou pro implantaci stimulačního systému mezi obézními a neobézními pacienty, uvádí, že dávka záření nutná pro implantaci je u obézních pacientů výrazně vyšší než u neobézních pacientů ( $4012 \pm 5416$  cGcm<sup>2</sup> vs  $2692 \pm 5277$  cGcm<sup>2</sup>). Tito autoři vzhledem k výsledku jejich studie v závěru doporučují vyvinout úsilí ke snížení radiační dávky u obézních pacientů. V retrospektivní studii Osei a kol. (2019) tvrdí, že pacientům s BMI vyšším jak 30 kg/cm<sup>2</sup> (dolní hranice obezity – podle WHO) je nutné dodat 1,5 – 2,2krát více záření, než pacientům s normálním BMI, což potvrzuje i několik dalších výzkumných studií. Výsledky všech dohledaných studií jsou tedy v rozporu s výsledkem tohoto výzkumu. Důvodem rozporu ve výsledcích může být špatná poloha přiložených přímoodečítacích dozimetrů (přiložené dozimetry nesmí bránit ani ztěžovat implantační proces) nebo malý vzorek pacientů (n = 17), u kterých byla v rámci této studie porovnávána závislost mezi dávkou záření a hmotností.

Při zavádění 1D/ICD/PM není mezi dávkami u žen a mužů rozdíl. Výsledek této části výzkumu může být do určité míry zkreslený, především z důvodu malého počtu subjektů v

porovnávaných skupinách (muži = 12, ženy = 5). Nicméně v rámci této části výzkumu nebyl očekáván nikterak významný rozdíl mezi dávkami u mužů a žen. Studie, které by sloužily k porovnání výsledků, nebyly nalezeny.

Posledním výstupem studie je fakt, že dávka v zadopřední projekci při zavádění biventrikulárního stimulačního systému není vyšší než dávka v levé šikmé (OBL) projekci. Šikmé projekce jsou využívány především při implantaci elektrod do jednotlivých srdečních oddílů. V ostatních případech (např. nástřik koronárního sinu, nástřik subklaviální oblasti) se preferuje zobrazení v PA projekci. Podle Súkupové (2018, s. 108-111) platí vztah, že čím větší úhel projekce, tím větším objem je nutno prozářit a tím větší dávka záření je tedy potřeba na prozáření tohoto objemu. Výsledek této části výzkumu mohl být ovlivněn několika faktory. Jedním z faktorů může být již zmíněná špatně zvolená poloha přímoodečítacích dozimetrů nebo příliš malé úhly šikmých projekcí (RAO 21-30°, LAO 21-35°). Využití příliš malých úhlů šikmých projekcí mohlo způsobit, že přímoodečítací dozimetr umístěný v PA projekci mohl zůstat ve svazku záření i během snímkování v šikmých projekcích. Studie, které by sloužily k porovnání výsledků, nebyly nalezeny.

### **Limitace výzkumu**

Tento výzkumný projekt má několik velmi zásadních limitací. Prvním velmi významným limitem, který ovlivňuje validitu výstupů tohoto kvantitativního výzkumu, je nejstejnorodost v umístění přímoodečítacích dozimetrů na tělo pacienta, a z toho vyplývající nepřesnosti v naměřených ekvivalentních dávkách. U každého pacienta byly dozimetry nalepeny ve stejné oblasti (pravá přední strana hrudníku mimo srdeční stín a levý bok hrudníku), ale přesné místo muselo být vždy přizpůsobeno konkrétnímu pacientovi. V případě použití defibrilačních placek bylo nutné umístit dozimetry mimo tyto placky. Přiložené dozimetry dále musely být na pacienta umístěny tak, aby nepřekážely v monitoraci pacienta pomocí EKG. V některých případech se tedy přímoodečítací dozimetry nemusely nacházet v ideální poloze.

Druhou limitací výzkumného projektu je relativně malý počet pacientů, kteří podstoupili implantaci biventrikulárního stimulačního systému oproti počtu pacientů, kteří podstoupili implantace jiných stimulačních systémů zařazených do studie. Tento fakt mohl způsobit zkreslené výsledky v oblasti porovnávání dávek při zavádění biventrikulárního stimulačního systému s dávkami z implantací ostatních druhů stimulačních systémů.

Třetím poměrně důležitým limitem této studie, který ovlivňuje validitu výstupů tohoto kvantitativního výzkumu, je ne příliš vhodně zvolená metoda výpočtu objemu hrudníku

pacientů. Objem byl vypočítán vynásobením výšky hrudníku, šířky hrudníku a jako třetí rozměr byla použita délka defibrilační cívky na defibrilační elektrodě firmy biotronic.

Čtvrtou limitací, která ovlivňuje validitu výstupů tohoto výzkumu, je nepoužití šikmých projekcí (levá a pravá šikmá projekce) při všech implantacích stimulačních systémů. Dále v případě využití šikmých projekcí nebyl stanoven jejich přesný úhel. Velikosti úhlů jednotlivých šikmých projekcí měli velký rozptyl (RAO 21-30°, LAO 21-35°). Díky této limitaci mohlo dojít ke zkreslení výsledků třetí a šesté výzkumné hypotézy.

Se čtvrtou limitací úzce souvisí i pátá limitace této studie, kterou je použití příliš malých úhlů šikmých projekcí. Použitím malých úhlů mohlo dojít k tomu, že dozimetr umístěný v PA projekci mohl i při použití šikmých projekcích zůstat ve svazku záření. Tento fakt mohl způsobit zkreslení výsledků naměřených dávek v PA projekci. Při využití velmi malých úhlů šikmých projekcí nedochází k výraznému zvětšení prozařovaného objemu, a tudíž tedy nemusí dojít ani k patrnému zvýšení dávky záření.

Šestou limitací, která se taktéž váže k třetí hypotéze, je nedostatečný počet nasbíraných dat, kde v průběhu implantačního výkonu došlo ke zvětšení obrazu. Z tohoto důvodu nebylo možné statisticky zpracovat závislost mezi dávkou záření a zvětšením obrazu.

Další velmi podstatnou limitací tohoto výzkumu je nedostatek studií, se kterými by bylo možné výsledek tohoto výzkumného projektu porovnat. Tento výzkum je jeden z prvních, který se zabývá problematikou dávek záření na pacientovi při zavádění stimulačních systémů. Většina nalezených studií se týkala především dávek záření a dopadu ozáření na pacienta a personál z invazivních angiografických či ablativních výkonů.

### **Doporučení pro další výzkum**

Pro další výzkum bych doporučila zaměřit se pouze na implantaci jednoho druhu stimulačního systému, nejlépe na biventrikulární stimulační systém. Definovat si jasná pravidla při používání šikmých projekcí a přesněji stanovit objem hrudníku pacientů.

V jiném případě by se další výzkum mohl zaměřit na skiaskopické časy při implantacích jednotlivých implantačních systémů. Zda délka skiaskopického času významně ovlivňuje dávku záření.

Další výzkum by se také mohl zaměřit na závislost mezi počtem pulzů (framů) používaném v daném módu a dávkou záření.

## 19 Závěr

Tato diplomové práce se zabývá dávkami záření, které obdrží pacient se srdečním selháním při zavádění stimulačních systémů, konkrétně při implantaci biventrikulárního, jednodutinového a dvoudutinového stimulačního systému.

Teoretická část se zabývá pravostranným srdečním selháním. Konkrétně jeho etiologií vzniku, symptomy, diagnostikou a především léčbou prostřednictvím implantace stimulačních systémů. Závěrečná kapitola teoretické části se věnuje dávkám záření a faktorům ovlivňujícím dávku záření, kterou pacient během implantačního výkonu obdrží.

Praktická část diplomové práce se zaměřuje na praktický postup implantace stimulačního systému. V této části je popsán celý proces implantace od uložení pacienta, přes desinfekci operačního pole, vytvoření kapsy pro přístroj, implantaci elektrod do jednotlivých srdečních oddílů, až po uzavření kapsy s přístrojem, pooperační péči a možné komplikace.

V závislosti na teoretické a praktické části byly stanoveny výzkumné cíle a následně také výzkumné hypotézy. V návaznosti na nasbíraná data bylo provedeno statistické zhodnocení, které sloužilo ke splnění stanovených cílů a k potvrzení či vyvrácení výzkumných hypotéz.

Výsledky ze statistického měření ukazují, že s rostoucí velikostí prozařovaného objemu se nezvyšuje dávka záření. Z výsledků této studie dále vyplývá, že dávka záření při zavádění biventrikulárního stimulačního systému není vyšší než při zavádění jednodutinového, nebo dvoudutinového stimulačního systému. Další výstup této diplomové práce představuje fakt, že při změně úhlu projekce (LAO, RAO) se nezvyšuje dávka záření.

Další dva výsledky výzkumné části ukazují, že s rostoucí váhou pacienta se nezvyšuje dávka záření a, že při zavádění 1D/ICD/PM není mezi dávkami u žen a mužů rozdíl. Z provedeného statistického zhodnocení dále vyplývá, že dávka v zadopřední projekci při zavádění biventrikulárního stimulačního systému není vyšší než dávka v levé šikmé (OBL) projekci.

Provedená studie má několik zásadních limitů, které ovlivňují validitu jejich výsledků. V důsledku těchto limitací mohou být výsledky tohoto výzkumu v rozporu s dalšími studii na podobné téma. Nejzávažnějším limitem této studie je nestejnorodost v umístění dozimetřů na hrudník pacienta způsobená nutností přizpůsobit se konkrétním podmínkám na konkrétním účastníkovi výzkumu (EKG svody, defibrilační placky atd.).

Závěrem je nutné podotknout, že tato diplomová práce se nesnaží popřít již známé poznatky o dané problematice, nýbrž je vztáhnout na intervenční kardiologii, konkrétně na dávky záření při implantaci stimulačních systémů při srdečním selhání.

Předložená diplomová práce může sloužit především jako inspirace pro další výzkum na stejné či podobné téma. Dále by mohla být přínosná pro studenty nelékařských i lékařských zdravotnických oborů jako studijní materiál sloužící ke zdokonalení znalostí v oblasti srdečního selhání a jeho léčby prostřednictvím implantace stimulačních systémů.

## Referenční seznam

### Knížní zdroje

BAUERSACHS, Johann, Javed BUTLER, Peter SANDNER. 2017. *Heart Failure*. London: Springer London. ISBN 978-3-319-59659-4

ČEŠKA, Richard, Tomáš ŠTULC, Vladimír TESAŘ a kol. 2020. *Interna*. Svazek 1. 3., aktualizované vydání. Praha: Stanislav Juhaňák – Triton. 341 s. ISBN 978-80-7553-782-9.

EISEN, Howard. 2017. *Heart Failure: A Comprehensive Guide to Pathophysiology and Clinical Care*. London: Springer London. ISBN 9781447142195

KAUTZNER, Josef a Vojtěch MELENOVSKÝ. 2015. *Srdeční selhání: aktuality pro klinickou praxi*. Praha: Mladá fronta, 366 s. Edice postgraduální medicíny. ISBN 978-80-204-3573-6.

KOSINA, Jozef, Jana VRÁNOVÁ, Hana KOLÁŘOVÁ a kol. 2013. *Biofyzika pro zdravotnické a biomedicínské obory*. Praha: GRADA Publishing, 224 s. ISBN 978-80-247-4237-3.

LUKL, Jan. 2004. *Klinická kardiologie stručně*. Olomouc: Univerzita Palackého. 270 s. ISBN 80-244-0876-7.

MÁLEK, Filip a Ivan MÁLEK. 2018. *Srdeční selhání*. Karolinum. 1 online zdroj (86 stran). ISBN 978-80-246-3841-6.

Mandras SA, Desai S. *Right Heart Failure*. 2022. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. PMID: 29083579.

SÚKUPOVÁ, Lucie. 2018. *Radiační ochrana při rentgenových výkonech - to nejdůležitější pro praxi*. Grada, 1 online zdroj (280 stran). ISBN 978-80-271-0709-4.

ŠTEJFA, Miloš. 2006. *Kardiologie: 3., přepracované a doplněné vydání*. Grada, 1 online zdroj (776 stran). ISBN 978-80-247-7034-5.

TÁBORSKÝ, Miloš, Josef KAUTZNER, Aleš LINHART a kol. 2021. *Kardiologie. I., Základní elementy kardiovaskulárních onemocnění*. Praha: Česká kardiologická společnost, xv, 71 s. ISBN 978-80-271-1439-9.

VOMÁČKA, Jaroslav kol. 2015. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. Druhé, doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 157 s. Odborná publikace. ISBN 978-80-244-4508-3.

### **Elektronické zdroje**

ATTANASIO, Philipp, Philipp LACOUR, Andrea ERNERT a kol. 2017. Cardiac device implantations in obese patients: Success rates and complications. *Clinical kardiology*. 40(4), 230–234. ISSN 1932-8737. [cit. 2022-4-20]. doi: 10.1002/clc.22650. Dostupné také z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28333397/>

BRU, Paul, Antoine DOMPNIER, Walid AMARA a kol. 2019. Radiation exposure during cardiac device implantation: Lessons learned from a multicenter registry. *Pacing and clinical electrophysiology*. 43(1), 87–92. ISSN 1540-8159. [cit. 2022-3-18]. doi: 10.1111/pace.13842. Dostupné také z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31710385/>

BULAVA, Alan a Jan LUKL. 2005. Resynchronizační terapie v léčbě chronického srdečního selhání - aktuální přehled problematiky. *Interní medicína pro praxi*. 7(5), 229-236. ISSN 1212-7299. [cit. 2022-12-12]. Dostupné také z: <http://www.internimedicina.cz/pdfs/int/2005/05/04.pdf>

GIERULA, John., Mark T. KEARNEY, Klaus K. WITTE. 2018. Devices in heart failure; diagnosis, detection and disease modification. *British medical bulletin*. 125(1), 91–102. ISSN 1471-8391. [cit. 2022-11-26]. doi:10.1093/bmb/ldx051. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29342243/>

HEINC, Petr. 2007. Chronické srdeční selhání. *Medicína pro praxi*. 4(5), 211-216. ISSN 1214-8687. [cit. 2022-12-12]. Dostupné také z: <https://www.medicinapropraxi.cz/pdfs/med/2007/05/06.pdf>

HEINC, Petr, František KOVÁČIK, Ondřej MORAVEC a kol. 2014. Trvalá kardiostimulace z pohledu nových evropských doporučení roku 2013. *Kardiologická revue – Interní medicína*. **16**(1), 15-20. ISSN 2336-288x. [cit. 2022-12-29]. Dostupné také z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/kardiologicka-revue/2014-1/trvala-kardiostimulace-z-pohledu-novych-evropskych-doporuceni-roku-2013-47811>

KONSTAM, Marvin A., Michael S. KIERNAN, Daniel BERNSTEIN a kol. 2018. Evaluation and Management of Right-Sided Heart Failure: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation*. 137(20), e578-e622. ISSN 1524-4539. [cit. 2022-10-14]. doi:10.1161/CIR.0000000000000560. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29650544/>

KOSTURA, Matthew, Courtney SMALLEY, Alex KOYFMAN a kol. 2022. Right heart failure: A narrative review for emergency clinicians. *American Journal of Emergency Medicine*. Vol. 58, 106-113. ISSN 1532-8171. [cit. 2022-10-14]. doi:10.1016/j.ajem.2022.05.030. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0735675722003382?via=ihub>

LAK, Hassan Mehmood a Amandeep GOYAL. [Updated 2021 Dec 15]. Pacemaker Types and Selection. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. [cit. 2022-2-23]. Dostupné také z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK556011/>

MCDONAGH, Theresa A., Marco METRA, Marianna ADAMO a kol. 2021. 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. *European heart journal*, 42(36), 3599–3726. [cit. 2022-11-1]. ISSN 1522-9645. doi: 10.1093/eurheartj/ehab368. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34447992/>



NEUŽIL, Petr. Bezdrátová kardiostimulace – budoucnost nebo fikce?. 2015. *Kardiologická revue – Interní medicína*. 17(3), 194-201. ISSN 2336-288x. [cit. 2022-12-12]. Dostupné také z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/kardiologicka-revue/2015-3/bezdratova-kardiostimulace-budoucnost-nebo-fikce-56022>

NUSSBAUMEROVÁ, Barbora a Hana ROSLOVÁ. 2018. Diagnostika srdečního selhání: nová klasifikace srdečního selhání. *Vnitřní lékařství*. 64(9), 847-851. ISSN 0042-773X. [cit. 2022-1-12]. Dostupné také z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/vnitri-lekarstvi/2018-9/diagnostika-srdecniho-selhani-nova-klasifikace-srdecniho-selhani-64001>

OSEI, Beverley, Lu XU, Amanda JOHNSTON a kol. 2019. Retrospective study of patients radiation dose during cardiac catheterization procedures. *The British journal of radiology*. 92(1099). ISSN 1748-880X. [cit. 2022-4-20]. doi: 10.1259/bjr.20181021. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6636266/pdf/bjr.20181021.pdf>

PATWALA, A. Y. a D. J. WRIGHT. 2005. Device based treatment of heart failure. *Postgraduate medical journal*. 81(955), 286–291. ISSN 1469-0756. [cit. 2022-11-26]. doi: 10.1136/pgmj.2004.026716. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15879039/>

PERISINAKIS, Kostas, Nicholas THEOCHAROPOULOS, John DAMILAKIS a kol. 2005. Fluoroscopically guided implantation of modern cardiac resynchronization devices: radiation burden to the patient and associated risks. *Journal of the American College of Cardiology*. 46(12), 2335–2339. ISSN 1558-3597. [cit. 2022-3-18]. doi: 10.1016/j.jacc.2005.01.070. Dostupné také z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0735109705021054?via%3Dihub#s0025>

RAYN, John J. a Ryan J. TEDFORD. 2015. Diagnosing and treating the failing right heart. *Current opinion in cardiology*. 30(3), 292-300. ISSN 1531-7080. [cit. 2022-10-14]. doi: 10.1097/HCO.0000000000000164. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25807224/>

RIEDLBAUCHOVÁ, Lucie. 2015. Srdeční resynchronizační terapie – kdy a u koho ji v současnosti indikovat?. *Kardiologická revue – Interní medicína*. **17**(1), 32-36. ISSN 2336-288x. [cit. 2022-11-21]. Dostupné také z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/kardiologicka-revue/2015-1/srdecni-resynchronizacni-terapie-kdy-a-u-koho-ji-v-soucasnosti-indikovat-51689>

SEDLACEK, Kamil a Josef KAUTZNER. 2012. Indikace srdeční resynchronizační terapie ve světle nedávných velkých studií a analýz specifických podskupin pacientů. *Intervenční a akutní kardiologie*. **11**(1), 22-27. ISSN 1213-807X. [cit. 2022-12-12]. Dostupné také z: <https://www.iakardiologie.cz/pdfs/kar/2012/01/06.pdf>

SOLAŘ, Miroslav, Jan ŽIŽKA, Ludovít KLZO a kol. 2008. Současné možnosti zobrazení magnetickou rezonancí v kardiologii. *Vnitřní lékařství*. **54**(2), 183-190. ISSN 0042-773X. [cit. 2022-2-23]. Dostupné také z: <https://casopisvnitrnilekarstvi.cz/pdfs/vnl/2008/02/12.pdf>

STECKIEWICZ, Roman, Dariusz Artur KOSIOR, Elzbieta Barbara ŚWIĘTOŃ a kol. 2017. Implikacje radiologiczne zabiegów stałej elektroterapii serca (CIED) – wybrane aspekty [Radiographic implications of procedures involving cardiac implantable electronic devices (CIEDs) - Selected aspects]. *Medycyna pracy*. **68**(3), 363–374. ISSN 2353-1339. [cit. 2022-4-20]. doi:10.13075/mp.5893.00503. Dostupné také z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28512364/>

ŠEDÝ, Jiří. 2011. Neurogenní plicní edém. *Časopis lékařů českých*. **150**(3), 147-155. ISSN 0008-7335. [cit. 2022-11-21] Dostupné také z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/casopis-lekaru-ceskych/2011-3/neurogenni-plicni-edem-34661>

TÁBORSKÝ, Miloš, Josef KAUTZNER, Jan BYTEŠNÍK a kol. 2009. Zásady pro implantace kardiostimulátorů, implantabilních kardioverterů-defibrilátorů a systémů pro srdeční resynchronizační léčbu 2009. *Cor Vasa*. **51**(9), p. 602-614. ISSN 0010-8650. [cit. 2022-11-21]. doi: 10.33678/cor.2009.147. Dostupné z: [https://www.e-coretvasa.cz/artkey/cor-200909-0010\\_zasady-pro-implantace-kardiostimulatoru-implantabilnich-kardioverteru-defibrilatoru-a-systemu-pro-srdecni-resy.php](https://www.e-coretvasa.cz/artkey/cor-200909-0010_zasady-pro-implantace-kardiostimulatoru-implantabilnich-kardioverteru-defibrilatoru-a-systemu-pro-srdecni-resy.php)

TÁBORSKÝ, Miloš, Josef KAUTZNER, Marian FEDORCO a kol. 2021. Konsenzuální dokument expertů Evropské asociace srdečního rytmu (EHRA) a praktický průvodce po optimální technice implantace kardiostimulátorů a implantabilních kardioverterů-defibrilátorů. Překlad dokumentu připravený Českou kardiologickou společností. *Cor Vasa*, 63, 396-416. ISSN 0010-8650. [cit. 2022-1-12]. Dostupné také z: <https://actavia.e-coretvasa.cz/pdfs/cor/2021/03/17.pdf>

TEA, Isaac a Imad HUSSIAN. 2021. Under Pressure: Right Heart Catheterization and Provocative Testing for Diagnosing Pulmonary Hypertension. *Methodist DeBakey cardiovascular journal*. 17(2), 92–100. ISSN 1947-6108. [cit. 2022-2-23]. doi:10.14797/AFUI4711. Dostupné také z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8298122/pdf/mdcvj-17-02-92.pdf>

TOMASONI, Daniela, Marianna ADAMO, Carlo Mario LOMBARDI a kol. 2019. Highlights in heart failure. *ESC heart failure*. 6(6), 1105–1127. ISSN 2055-5822. [cit. 2022-10-14]. doi:10.1002/ehf2.12555. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/ehf2.12555>

## Seznam zkratek

1D – jednodutinový  
1D/ICD – jednodutinový kardioverter-defibrilátor  
1D/PM – jednodutinový kardiostimulátor  
2D/ICD – dvoudutinový kardioverter-defibrilátor  
2D/PM – dvoudutinový kardiostimulátor  
2D – dvourozměrný, dvoudutinový  
3D – trojrozměrný  
ACEI – inhibitory angiotensin konvertujícího enzymu  
Aj. – a jiné  
Atd. – a tak dále  
AV – atrioventrikulární  
BIV – biventrikulární  
BIV/ICD – biventrikulární kardioverter-defibrilátor  
BIV/PM – biventrikulární kardiostimulátor  
CCM – cardiac contractility modulation  
cm – centimetr  
CMR – magnetická rezonance srdce  
CT – výpočetní tomografie  
D – absorbovaná dávka  
DAP – plošná kerma, součin kermu a plochy  
D<sub>T</sub> – absorbovaná dávka  
EHRA – Evropská asociace srdečního rytmu  
EKG – elektrokardiografie  
FN – fakultní nemocnice  
Gy – gray  
Gy.cm<sup>2</sup> – gray na centimetr čtverečný  
HIS – raménková stimulace  
H<sub>T</sub> – ekvivalentní dávka  
CHOPN – chronická obstrukční plicní nemoc  
ICD – implantabilní kardioverter-defibrilátor  
ICHS – ischemická choroba srdeční  
K – kerma

kg – kilogram  
KTI – kardiotorakální index  
LAO – levá šikmá projekce  
MRI – magnetická rezonance  
mV – mili volt  
NYHA – New York Heart Association  
PET – pozitronová emisní tomografie  
PK – pravá komora  
PM – kardiostimulátor, pacemaker  
PS – pravá síň  
PWP – tlak v plicnici v zaklínění  
RAO – pravá šikmá projekce  
RTG – rentgenový, rentgen  
RVF – selhání pravé komory srdeční  
SPECT – jednofotonová emisní počítačová tomografie  
SRL – srdeční resynchronizační léčba  
SS – srdeční selhání  
Sv – sievert  
TAPSE – triscupid annular plane systolic excursion  
v. – vena

## Seznam grafů a tabulek

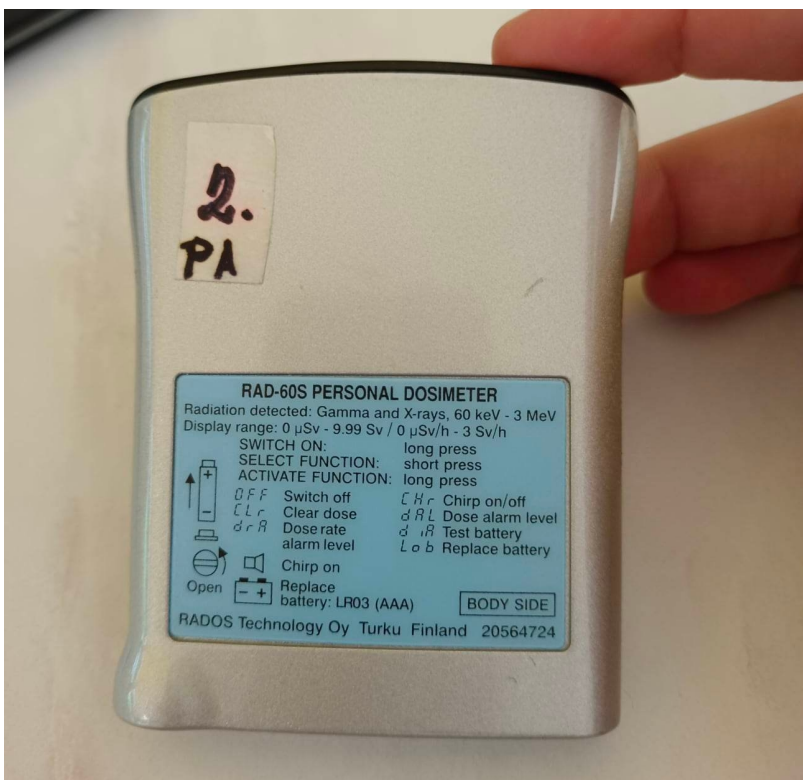
Graf 1- Výška vs váha jednotlivých subjektů výzkumu .....	52
Graf 2 - Šířka hrudníku měřených žen.....	52
Graf 3 - Výška hrudníku měřených žen .....	52
Graf 4 - Výška hrudníku měřených mužů.....	53
Graf 5 - Šířka hrudníku měřených mužů .....	53
Tabulka 1 - Druh stimulačního systému a počet účastníků výzkumu .....	51
Tabulka 2 - charakteristika výzkumného vzorku.....	51
Tabulka 3 - Porovnání dávek v zadopřední (PA) projekci .....	60
Tabulka 4 - Porovnání dávek v levé šikmé projekci.....	60
Tabulka 5 - Porovnání součtu dávek.....	60
Tabulka 6 - Wilcoxonův párový test.....	62

## Seznam příloh

Obrázek 1,2 - Dozimetr Rados RAD- 60S (autor: Markéta Kubínová) .....	80
Obrázek 2 - 1D/ICD v PA projekci (zdroj: archiv FNOL) .....	81
Obrázek 3 - 1D/ICD v LAO projekci (zdroj: archiv FNOL) .....	81
Obrázek 4 - 2D/PM v PA projekci (zdroj: archiv FNOL) .....	82
Obrázek 5 - 2D/PM v LAO (20°) projekci (zdroj: archiv FNOL).....	82
Obrázek 6 - 2D/PM v RAO (30°) projekci (zdroj: archiv FNOL).....	83
Obrázek 7 - Nástřík subklaviální oblasti před zahájením implantačního výkonu (zdroj: archiv FNOL).....	83
Obrázek 8 - Nástřík koronárního sinu při implantaci BIV/ICD (zdroj: archiv FNOL) .....	84
Obrázek 9 - BIV/ICD v PA projekci (zdroj: archiv FNOL) .....	84
Obrázek 10 - BIV/ICD v RAO (15°) projekci (zdroj: archiv FNOL).....	85
Obrázek 11 - BIV/ICD v LAO (30°) projekci (zdroj: archiv FNOL).....	85
Obrázek 12 - CCM v PA projekci (zdroj: archiv FNOL) .....	86
Obrázek 13 - CCM v LAO (30°) projekci (zdroj: archiv FNOL).....	86
Obrázek 14 - Leadless; zavedení bezdrátové elektrody do hrotu pravé komory (zdroj: archiv FNOL).....	87
Obrázek 15 - Leadless; elektroda po odpoutání v PA projekci (zdroj: archiv FNOL) .....	87
Příloha 1 - Souhlas Etické komise FZV UP.....	90
Příloha 2 - Informovaný souhlas.....	91
Příloha 3 - Žádost o poskytnutí informace pro studijní účely/sběr dat .....	94

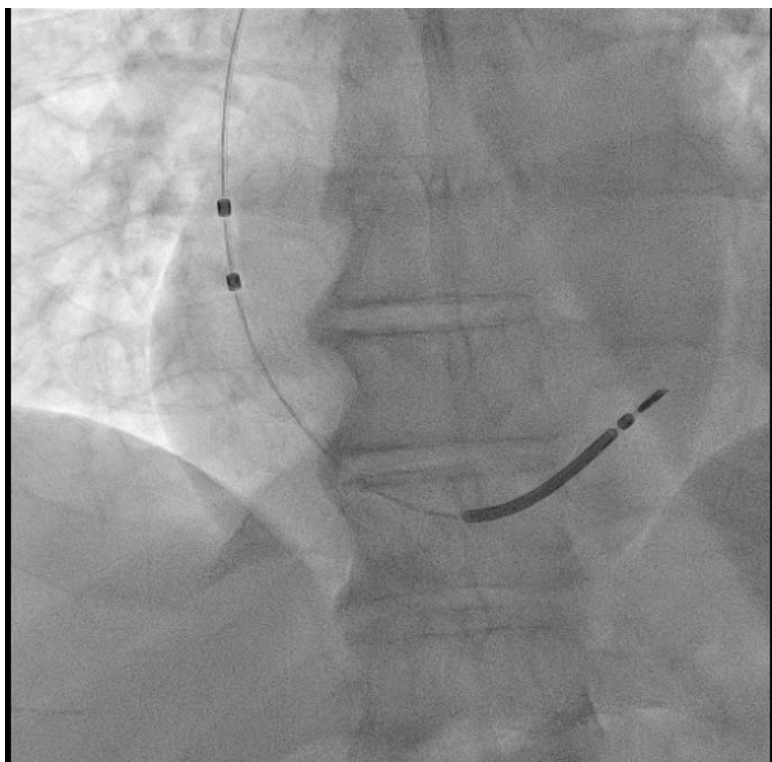
# Přílohy

Obrázek 1,2 - Dozimetr Rados RAD- 60S (autor: Markéta Kubínová)

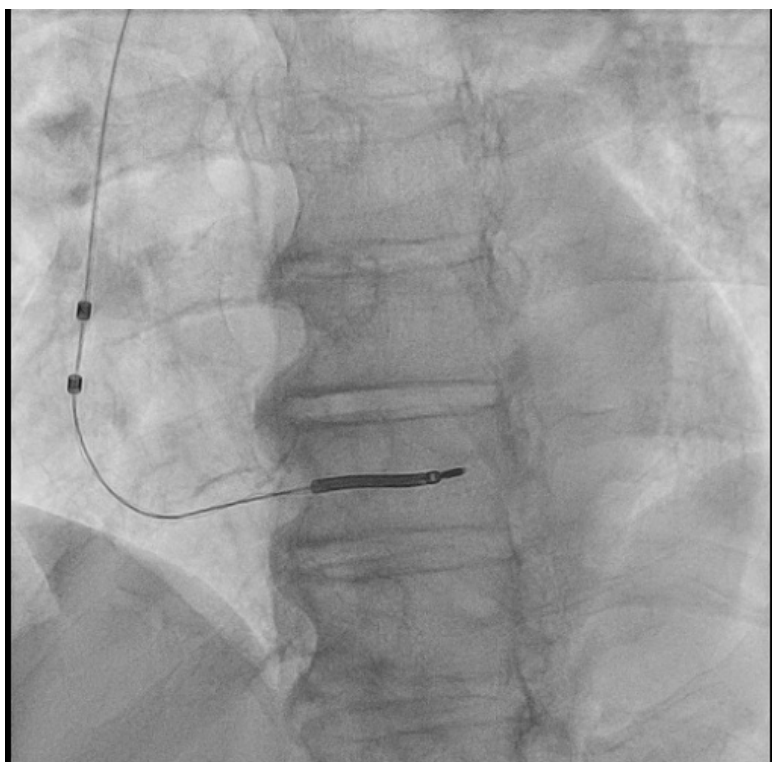




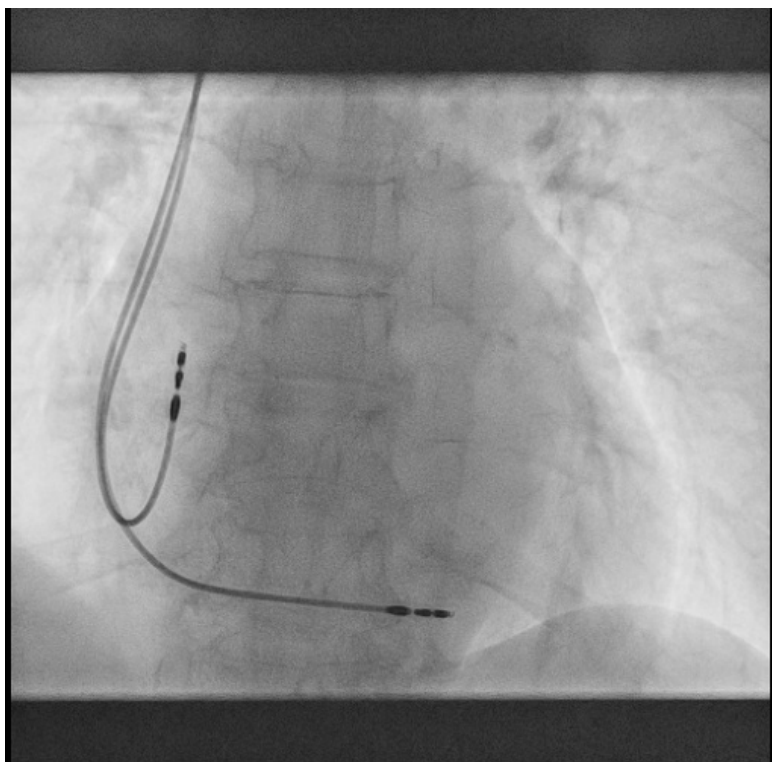
**Obrázek 2 - 1D/ICD v PA projekci (zdroj: archiv FNOL)**



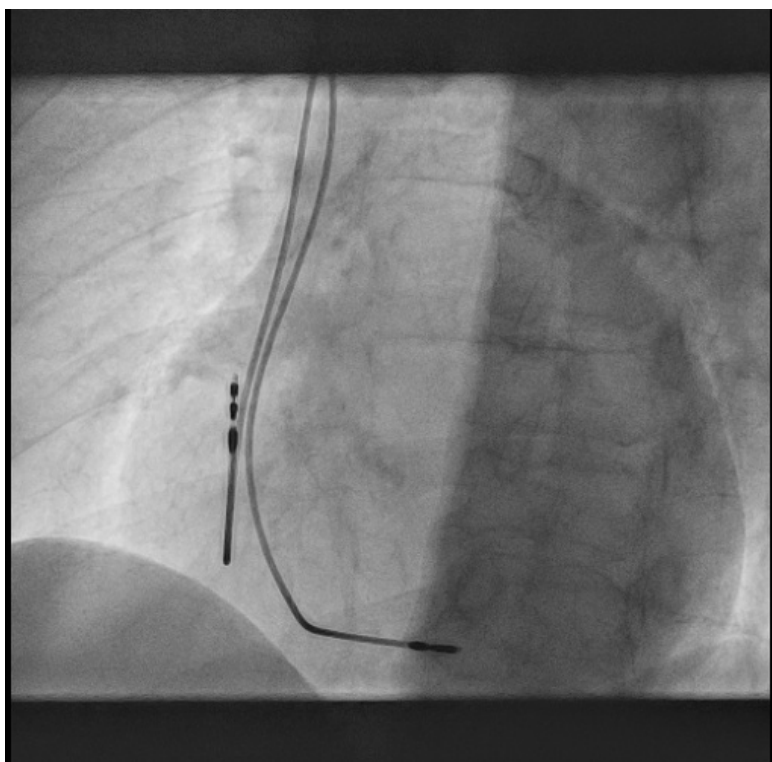
**Obrázek 3 - 1D/ICD v LAO projekci (zdroj: archiv FNOL)**



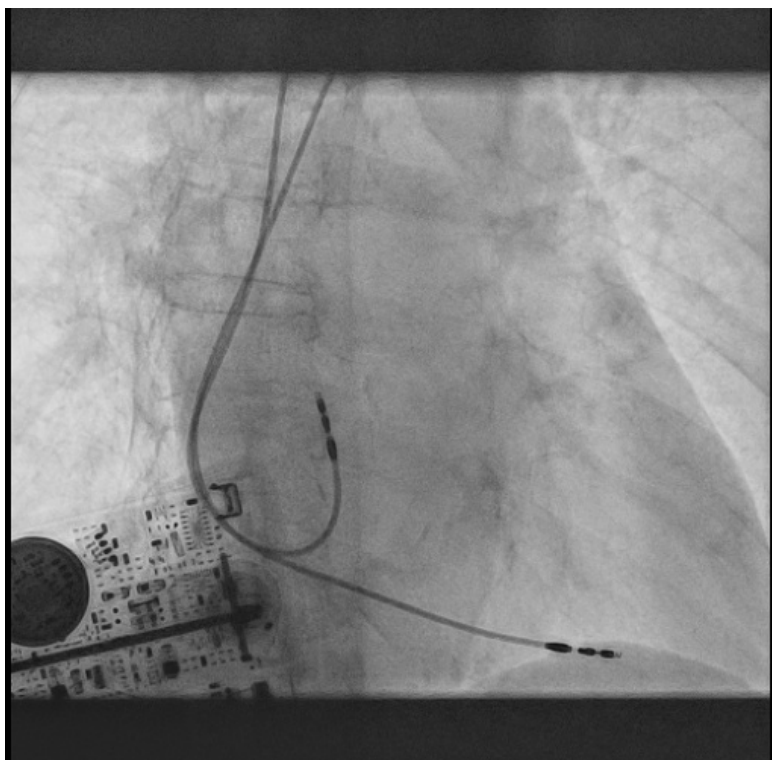
Obrázek 4 - 2D/PM v PA projekci (zdroj: archiv FNOL)



Obrázek 5 - 2D/PM v LAO (20°) projekci (zdroj: archiv FNOL)

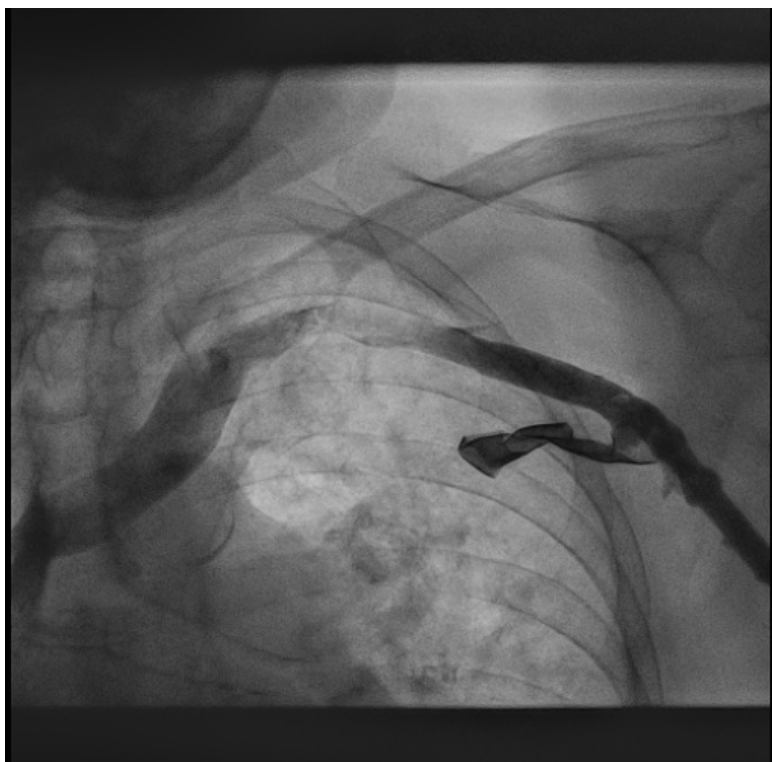


Obrázek 6 - 2D/PM v RAO (30°) projekci (zdroj: archiv FNOL)

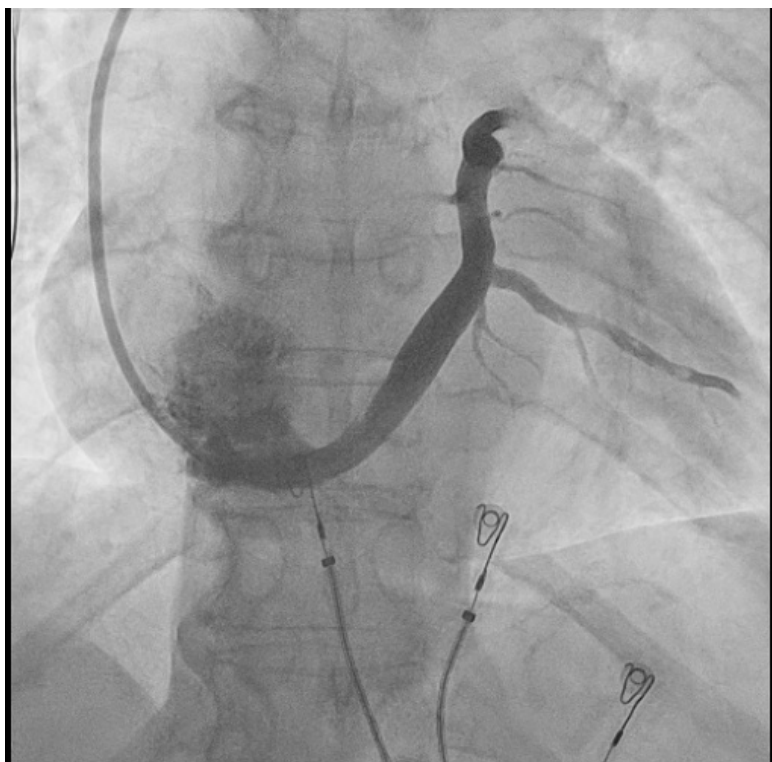


**Poznámka:** Na snímku je kromě zavedených elektrod vidět i přímoodečítací dozimetr, který sloužil k měření ekvivalentní dávky.

Obrázek 7 - Nástřík subklaviální oblasti před zahájením implantačního výkonu (zdroj: archiv FNOL)

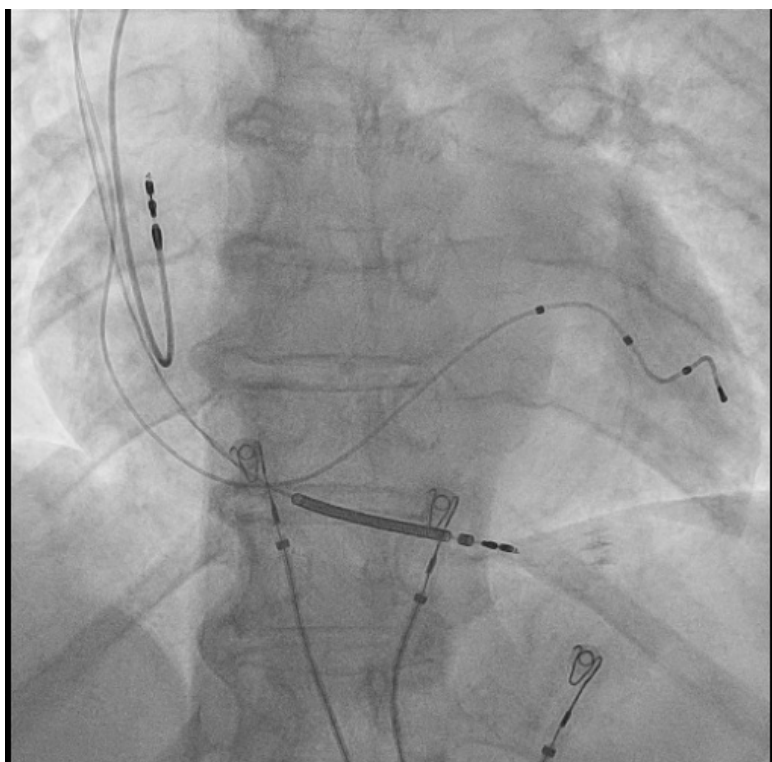


Obrázek 8 - Nástřik koronárního sinu při implantaci BIV/ICD (zdroj: archiv FNOL)

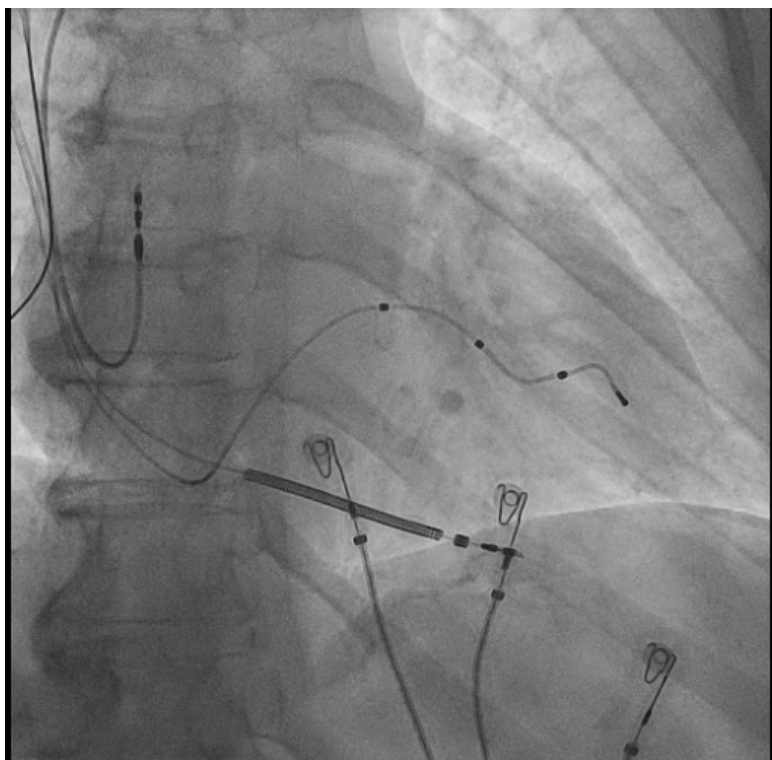


**Poznámka:** Na snímku jsou kromě anatomie koronárního sinu patrné EKG svody.

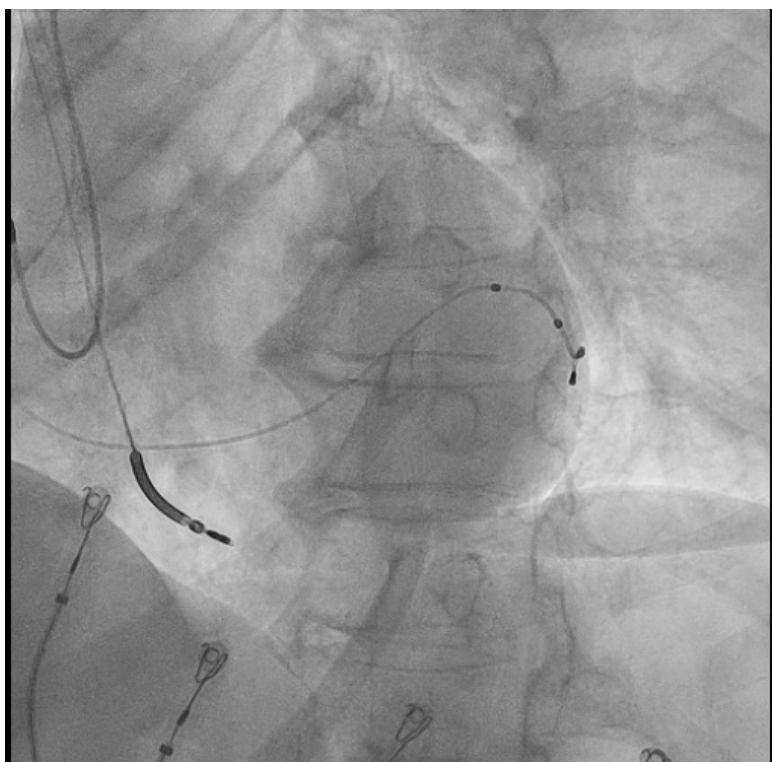
Obrázek 9 - BIV/ICD v PA projekci (zdroj: archiv FNOL)



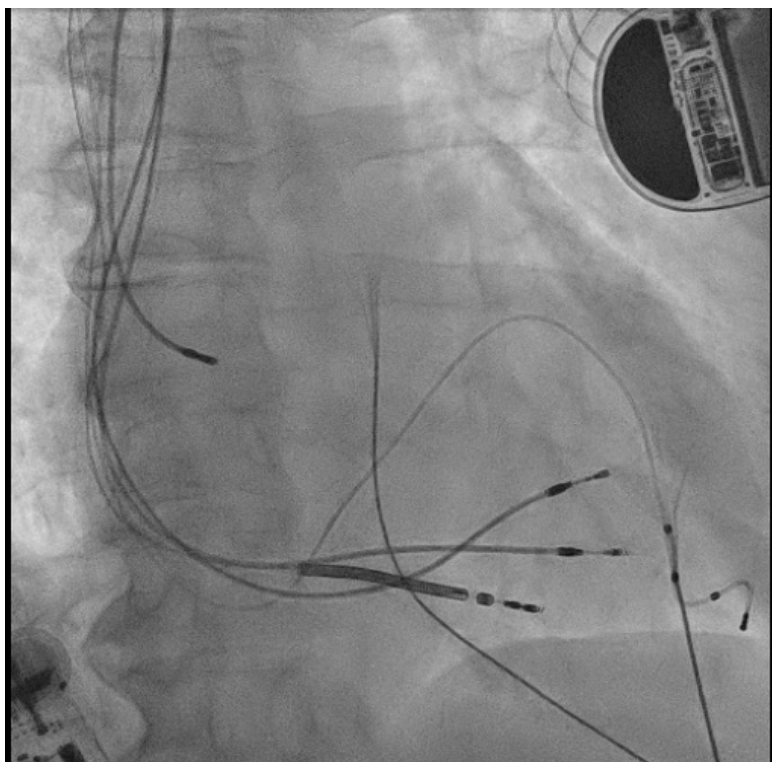
Obrázek 10 - BIV/ICD v RAO (15°) projekci (zdroj: archiv FNOL)



Obrázek 11 - BIV/ICD v LAO (30°) projekci (zdroj: archiv FNOL)

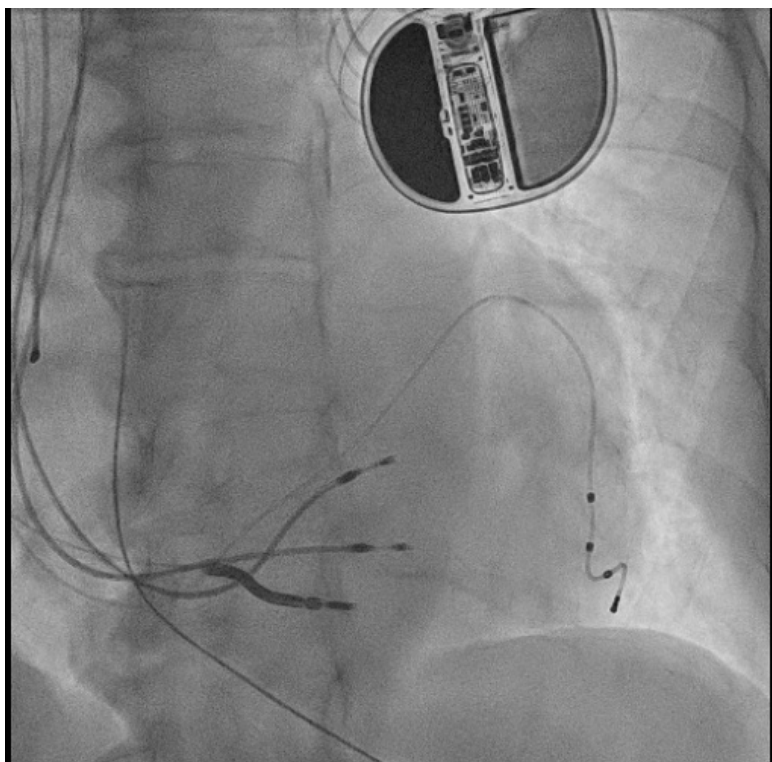


Obrázek 12 - CCM v PA projekci (zdroj: archiv FNOL)

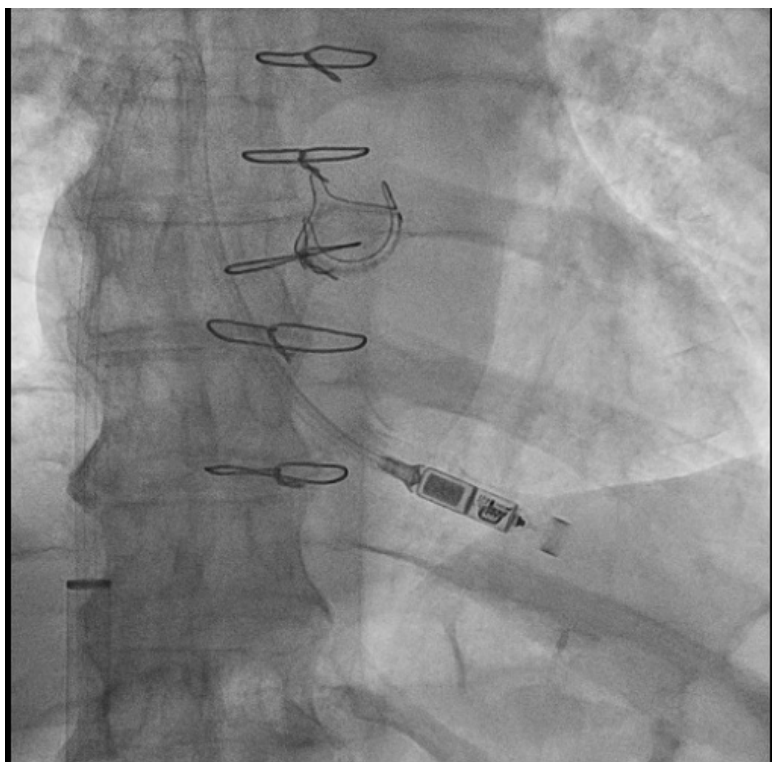


**Poznámka:** Na snímku je kromě zavedených elektrod vidět již implantovaný PM/ICD a přímoodečítací dozimetr.

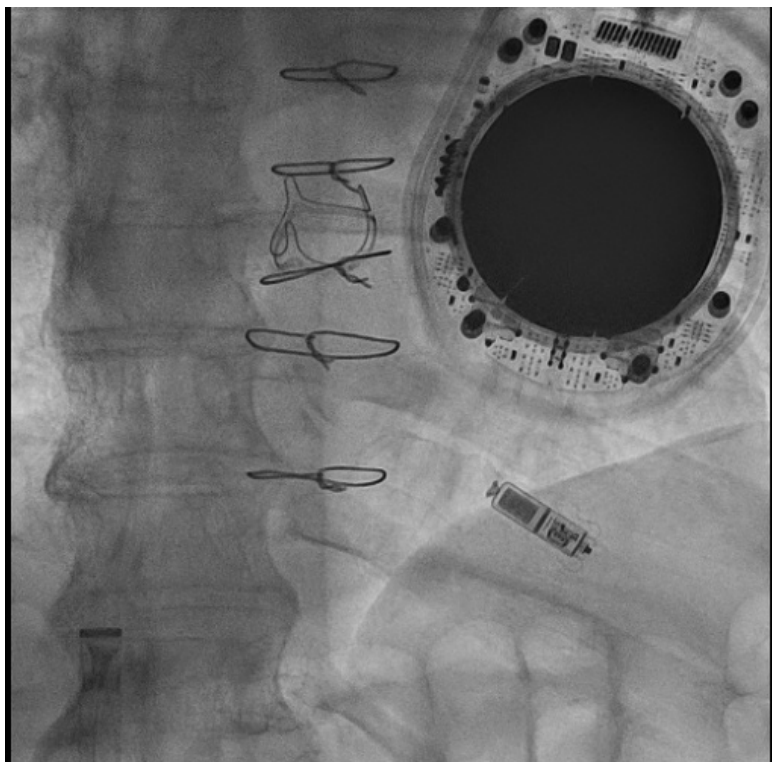
Obrázek 13 - CCM v LAO (30°) projekci (zdroj: archiv FNOL)



Obrázek 14 - Leadless; zavedení bezdrátové elektrody do hrotu pravé komory (zdroj: archiv FNOL)



Obrázek 15 - Leadless; elektroda po odpoutání v PA projekci (zdroj: archiv FNOL)





Fakulta  
zdravotnických věd

UPOL - 136505/1070-2022

Vážená paní  
Bc. Markéta Kubínová

2022-06-17


Vyjádření Etické komise FZV UP

Vážená paní bakalářko,

na základě Vaší Žádosti o stanovisko Etické komise FZV UP byla Vaše výzkumná část diplomové práce posouzena a po vyhodnocení všech zaslaných dokumentů Vám sdělujeme, že diplomové práci s názvem **„Dávky záření při zavádění bivetrikulárního stimulačního systému vs jednodutinový nebo dvoudutinový stimulační systém“**, jehož jste hlavní řešitelkou, bylo uděleno

**souhlasné stanovisko Etické komise FZV UP .**

S pozdravem,

  
Mgr. Renáta Váverková  
předsedkyně  
Etické komise FZV UP

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI  
Fakulta zdravotnických věd  
Etická komise  
Hněvotínská 3, 775 15 Olomouc





Fakulta  
zdravotnických věd

### **Informovaný souhlas**

**Pro výzkumný projekt:** Dávky záření při zavádění bivetrikulárního stimulačního systému vs jednodutinový nebo dvoudutinový stimulační systém.

**Období realizace:** 10.7. 2022 – 31.3. 2023

**Řešitelé projektu:** Bc. Markéta Kubínová,

Vedoucí práce: Ing. Bc. Lenka Strouhalová

Vážená paní, vážený pane,

obracíme se na Vás se žádostí o spolupráci na výzkumném šetření, jehož cílem je zjistit, jak se procentuálně zvýší/sníží dávka záření na pacienta v jednotlivých projekcích za použití moderního rentgenového přístroje během výkonu. Dílčím cílem tohoto výzkumného projektu je zjistit, do jaké míry se změní dávka záření při zvětšení obrazu či změně úhlu během vyšetření. Jedná se o kvantitativní výzkum, při němž jsou využívány dozimetry, pomocí kterých jsou měřeny dávky na pacientovi v PA a šikmé projekci v průběhu kardiologického vyšetření. Následně budou naměřené hodnoty srovnávány s dávkami uvedenými v PACSu. Pacienti pro tento výzkum jsou vybíráni pouze na základě indikace k zavedení stimulačního systému bez ohledu na pohlaví, věk, výšku, váhu a závažnost indikace. Z účasti na výzkumu pro Vás nevyplývají žádné výhody či rizika, protože tento výzkumný projekt bude proveden v rámci indikovaného kardiologického vyšetření.

Pokud s účastí na výzkumu souhlasíte, připojte podpis, kterým vyslovujete souhlas s níže uvedeným prohlášením.

### Prohlášení účastníka výzkumu

Prohlašuji, že souhlasím s účastí na výše uvedeném výzkumu. Řešitel/ka projektu mne informoval/a o podstatě výzkumu a seznámil/a mne s cíli a metodami a postupy, které budou při výzkumu používány, podobně jako s výhodami a riziky, které pro mne z účasti na výzkumu vyplývají. Souhlasím s nahlížením do mé zdravotnické dokumentace za účelem získání dat k výzkumnému projektu a beru na vědomí, že veškerá tato data budou anonymně zpracována. Souhlasím s tím, že všechny získané údaje k výzkumnému projektu budou anonymně zpracovány, použity jen pro účely výzkumu a že výsledky výzkumu mohou být anonymně publikovány.

Měl/a jsem možnost vše si řádně, v klidu a v dostatečně poskytnutém čase zvážit, měl/a jsem možnost se řešitele/ky zeptat na vše, co jsem považoval/a za pro mne podstatné a potřebné vědět. Na tyto mé dotazy jsem dostal/a jasnou a srozumitelnou odpověď. Jsem informován/a, že mám možnost kdykoliv od spolupráce na výzkumu odstoupit, a to i bez udání důvodu.

Osobní údaje (sociodemografická data) účastníka výzkumu budou v rámci výzkumného projektu zpracovány v souladu s nařízením Evropského parlamentu a Rady EU 2016/679 ze dne 27. dubna 2016 o ochraně fyzických osob v souvislosti se zpracováním osobních údajů a o volném pohybu těchto údajů a o zrušení směrnice 95/46/ES (dále jen „nařízení“).

Prohlašuji, že beru na vědomí informace obsažené v tomto informovaném souhlasu a souhlasím se zpracováním osobních a citlivých údajů účastníka výzkumu v rozsahu a způsobem a za účelem specifikovaným v tomto informovaném souhlasu.

Tento informovaný souhlas je vyhotoven ve dvou stejnopisech, každý s platností originálu, z nichž jeden obdrží účastník výzkumu (nebo zákonný zástupce) a druhý řešitel projektu.

Jméno, příjmení a podpis účastníka výzkumu (zákonného zástupce):

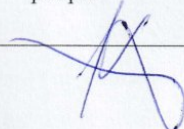
SÍROKY KAREL

V Olomouci

dne: 14.11.2022

Jméno, , příjmení , a / podpis řešitele projektu:

BC. MARKETA KUBINOVÁ







FAKULTNÍ NEMOCNICE\*  
OLOMOUC  
I. P. Pavlova 185/6, 779 00 Olomouc  
Tel. 588 441 111, E-mail: info@fnol.cz  
IČ: 00098892

ODBOR KVALITY

Fm-MP-G015-05-ZADOST-001

verze č. 1, str. 1/2

**Žádost o poskytnutí informace pro studijní účely/sběr dat**

Jméno a příjmení žadatele: Bc. Markéta Kubínová  
Datum narození: 17.12. 1998 Telefon: 604 837 651 E-mail: Kubinova.Ma@seznam.cz  
Kontaktní adresa: Žižkova 513, Hronov 549 31  
Přesný název školy/fakulty: Univerzita Palackého v Olomouci/Fakulta zdravotnických věd  
Obor studia: Zobrazovací technologie v radiodiagnostice  
Forma studia:  prezenční  kombinovaná  distanční

**Téma závěrečné práce:**

Srdeční selhání - Dávky záření při zavádění bivetrikulárního stimulačního systému vs jednodutinový nebo dvoudutinový stimulační systém  
Vedoucí práce: Ing. Bc. Lenka Strouhalová

**Žadatel ve FNOL koná odbornou praxi:**

ANO na pracovišti: \_\_\_\_\_ v termínu od: \_\_\_\_\_ do: \_\_\_\_\_  
 NE

**Žadatel je zaměstnancem FNOL:**

ANO na pracovišti: \_\_\_\_\_  
 NE

Pracoviště FNOL dotčená průzkumem: 1. interní klinika

**Účel žádosti:**

- sběr dat/zjišťování informací pro zpracování diplomové/bakalářské práce  
 sběr dat/zjišťování informací pro zpracování seminární/odborné práce  
 sběr dat/zjišťování informací pro jiný účel: (uveďte):

**Požadavek na (zaškrtněte):**

*V případě, že žadatel potřebuje získat informaci o počtech vyšetření/ošetření a předem má souhlas konkrétního pracoviště, že tato data mu budou poskytnuta vedením tohoto pracoviště bez nutnosti jeho nahlížení do zdravotnické dokumentace pacientů, vyplní oddíl „Ostatní – statistická data“. Jinak vyplní oddíl „Nahlížení do zdr. dokumentace“.*

Dotazníková akce  pro pacienty FNOL  pro zaměstnance FNOL

Počet respondentů, kteří budou vyplňovat dotazník: \_\_\_\_\_

Termín, kdy proběhne vyplnění dotazníků: od: \_\_\_\_\_ do: \_\_\_\_\_

K vyplněné žádosti je nutno doložit vzor vašeho dotazníku.

**Nahlížení do zdravotnické dokumentace**

Předpokládaný počet kusů zdravotnické dokumentace, do které bude žadatel nahlížet: 100

Termín, ve kterém bude žadatel nahlížet do zdravotnické dokumentace: od: 10.7. 2022 do: 31.3. 2023

Přesná specifikace co bude žadatel vyhledávat ve zdravotnické dokumentaci: Indikace k vyšetření, hmotnost a výška pacienta, dávky záření uvedené v PACSu daného výkonu ke srovnání s dávkami žadatelem naměřenými osobními dozimetry v průběhu výkonu, projekce zobrazení v rámci daného výkonu

Při nahlížení do zdravotnické dokumentace bude do každé dokumentace vložen formulář Fm-MP-G015-05-NAHLED-001 Záznam o nahlédnutí do zdravotnické dokumentace pro účely výzkumu/studie.

Ostatní

kazuistika – počet:

vedení rozhovoru s pacientem FNOL – počet pacientů: \_\_\_\_\_

vedení rozhovoru se zaměstnancem FNOL – počet zaměstnanců: \_\_\_\_\_ povolání: \_\_\_\_\_

K vyplněné žádosti je nutno doložit vzor rozhovoru (orientační okruh otázek).

statistická data – informace o počtech např. zdravotnických výkonů, vyšetření, určité agendy (např. porodnost), přístrojích

jiné (specifikujte):

Za které období budou data zjišťována: 10.7. 2022 - 31.3. 2023

Kdy proběhne sběr dat žadatelem: od: 10.7. 2022 do: 31.3. 2023

Přesná specifikace co bude žadatel zjišťovat: Indikace k vyšetření, hmotnost a výška pacienta, dávky záření uvedené AG přístrojem ke srovnání s dávkami žadatelem naměřenými, projekce zobrazení v rámci daného výkonu

Způsob zveřejnění závěrečné/seminární práce: Elektronická evidence

Budete FNOL uvádět jako „zdroj dat“ ve své práci?  ANO  NE

Poučení:

Žadatel souhlasí se zpracováním jeho osobních údajů dle zásad GDPR pro účely evidence této žádosti. Zavazuje se zachovat mlčenlivost o skutečnostech, o nichž se dozví v souvislosti s prováděným výzkumem a sběrem dat/informací.

Žadatel (datum podpis): 19. 5. 2022 Kubínová

Schválil (datum podpis): 23. 5. 2022 [Podepsáno]

Ing. Bc. Andrea Drobiličová  
Náměstkyně nelékařských oborů  
Fakultní nemocnice Olomouc\*

Poznámky: