

**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI**

**FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD**

**Ústav radiologických metod**

Bc. Barbora Burešová

**Porovnání vyšetření koronárních cév srdce  
v různých modalitách**

**Diplomová práce**

Vedoucí práce: Ing. Lenka Strouhalová

Olomouc 2023/2024

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a pramenů. Veškeré informace získané z literatury, článků, internetu a jiných pramenů, které jsou použity ve zpracované práci, jsou v práci řádně citovány a jsou uvedeny v seznamu literatury.

Olomouc 12.7.2024

Bc. Barbora Burešová

## **PODĚKOVÁNÍ**

Ráda bych vyjádřila svůj upřímný vděk všem, kteří mi pomohli při psaní této diplomové práce. Nejprve bych chtěla poděkovat vedoucí mé práce, paní Ing. Bc. Lence Strouhalové za její cenné rady, trpělivost a odborné vedení během celého procesu psaní práce. Dále děkuji své rodině a přátelům za jejich nekonečnou podporu, trpělivost a pochopení během mého studia.



## **ANOTACE**

**Typ závěrečné práce:** DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Téma práce:** Vyšetření srdce a koronárních cév

**Název práce:** Porovnání vyšetření koronárních cév srdce v různých modalitách

**Název práce v AJ:** Comparison of coronary artery examination in different modalities

**Datum zadání:** 2023-01-28

**Datum odevzdání:** 2024-07-12

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

Fakulta zdravotnických věd

Ústav radiologických metod

**Autor práce:** Bc. Barbora Burešová

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

**Oponent práce:** Mgr. Iva Bokůvková

**Abstrakt v ČJ:** Tato diplomová práce se zabývá porovnáváním různých diagnostických modalit pro vyšetření koronárních cév srdce. V teoretické části se čtenář seznámí s několika vyšetřeními srdce a koronárních cév a jejich principy. Cílem práce je zhodnotit a porovnat invazivní metodu koronární angiografie s neinvazivními metodami jako je CT koronarografie, magnetická rezonance srdce anebo perfuzní scintigrafie myokardu. Práce zkoumá senzitivitu a přesnost spojené s každou z těchto metod a analyzuje jejich účinnost při diagnostice stenózy koronárních cév srdce.

**Abstrakt v AJ:** This diploma thesis deals with the comparison of different diagnostic modalities for the examination of coronary vessels of the heart. In the theoretical part, the reader is introduced to several examinations of the heart and coronary vessels and their principles. The goal of this work is to evaluate and compare the invasive method of coronary angiography with non-invasive methods such as CT coronary angiography, cardiac magnetic resonance imaging or myocardial perfusion scintigraphy. This thesis examines the sensitivity and accuracy

associated with each of these methods and analyzes their effectiveness in diagnosing coronary stenosis of the heart arteries.

**Klíčová slova v ČJ:** koronární tepny, srdce, selektivní koronarografie, CT angiografie, magnetická rezonance srdce, perfuzní scintigrafie myokardu, vyšetření srdečních cév, srovnání diagnostických metod

**Klíčová slova v AJ:** coronary arteries, heart, selective coronarography, CT angiography, magnetic resonance imaging, myocardial perfusion scintigraphy, examination of cardiac vessels, comparison of diagnostic methods

**Rozsah:** 65 stran / 2 přílohy

## OBSAH

|       |                                             |    |
|-------|---------------------------------------------|----|
| 1     | Úvod .....                                  | 6  |
| 2     | Teoretická část.....                        | 8  |
| 2.1   | RTG srdce.....                              | 8  |
| 2.2   | Ultrazvukové vyšetření srdce .....          | 8  |
| 2.3   | CT srdce.....                               | 11 |
| 2.3.1 | CT koronarografie .....                     | 12 |
| 2.4   | MR srdce.....                               | 16 |
| 2.5   | Selektivní koronarografie (SKG).....        | 21 |
| 2.6   | Nukleární medicína.....                     | 24 |
| 2.6.1 | Perfuzní scintigrafie myokardu .....        | 25 |
| 3     | Shrnutí teoretické části .....              | 26 |
| 4     | PRAKTICKÁ ČÁST .....                        | 29 |
| 4.1   | Praktické provedení CT koronarografie ..... | 29 |
| 4.2   | Praktické provedení MR srdce .....          | 30 |
| 4.3   | Praktické provedení NMR .....               | 32 |
| 4.4   | Praktické provedení SKG .....               | 35 |
| 5     | Výzkumná část .....                         | 37 |
| 5.1   | Výzkumné cíle, otázky a hypotézy.....       | 37 |
| 5.2   | Charakteristika výzkumného vzorku .....     | 37 |
| 5.3   | Realizace výzkumu.....                      | 38 |
| 5.4   | Metoda zpracování dat.....                  | 39 |
| 5.5   | Výsledky výzkumu.....                       | 40 |
| 6     | Diskuze .....                               | 45 |
| 7     | Závěr.....                                  | 50 |
| 8     | Použitá literatura.....                     | 52 |
|       | Přílohy.....                                | 59 |

## SEZNAM ZKRATEK

|                   |                                   |
|-------------------|-----------------------------------|
| AV                | arteriovenózní                    |
| CAD               | onemocnění koronárních tepen      |
| cm                | centimetr                         |
| CT                | computed tomography               |
| EKG               | elektrokardiografie               |
| FSE               | fast spin-echo                    |
| HU                | Hounsfieldovy jednotky            |
| CHOPN             | chronická obstrukční plicní nemoc |
| ICE               | intrakardiální echokardiografie   |
| ICHS              | ischemická choroba srdeční        |
| IVUS              | intravaskulární ultrazvuk         |
| KeV               | kiloelektronvolt                  |
| kg                | kilogram                          |
| KL                | kontrastní látka                  |
| kg/m <sup>3</sup> | kilogram na metr krychlový        |
| KV                | kardiovaskulární                  |
| mA                | miliampér                         |
| mg                | miligram                          |
| MHz               | megaHertz                         |
| MHz/T             | megaHertz na Tesla                |
| MR                | magnetická rezonance              |
| mSv               | miliSievert                       |

|       |                                   |
|-------|-----------------------------------|
| ml    | mililitr                          |
| ml/s  | mililitr za sekundu               |
| mm    | milimetr                          |
| min   | minuta                            |
| NM    | nukleární medicína                |
| NUM   | nukleární medicína                |
| OCT   | optická tomografie                |
| PA    | zadopřední                        |
| PCI   | perkutánní koronární intervence   |
| POCUS | point of care ultrasonography     |
| PSM   | perfuzní scintigrafie myokardu    |
| RA    | radiologický asistent             |
| RF    | radiofrekvenční                   |
| SKG   | selektivní koronarografie         |
| SPECT | single photon emission tomography |
| T     | tesla                             |
| Tc    | technecium                        |
| TEE   | transesofageální echokardiografie |
| TTE   | transthorakální echokardiografie  |
| TSE   | turbo spin-echo                   |
| USA   | Spojené státy americké            |
| μm    | mikrometr                         |

# 1 ÚVOD

Koronární onemocnění tepen stále představuje zdravotní problém, který má dopad na mnoho lidí a zatěžuje systémy zdravotní péče po celém světě. Zúžení a ucpání tepen může vést ke komplikacím, jako je infarkt a srdeční selhání. V průběhu času přispělo úsilí výzkumných pracovníků, odborníků a vlád k pokroku v pochopení a zvládání tohoto kardiovaskulárního onemocnění.

Léčba koronárního onemocnění tepen se změnila a přijala přístup, který zahrnuje moderní diagnostické technologie, farmaceutické léky, invazivní postupy, pokroky v prevenci, nové terapie, modely spolupráce, dlouhodobé výsledky s následnými kontrolami a zvýšený důraz na úpravu životního stylu a kardiální rehabilitaci. Cílem tohoto komplexního přístupu je zlepšit výsledky pacientů s CAD a celkovou kvalitu života. (Bansal, Hiwale, 2023)

Koronární onemocnění tepen se obvykle rozvíjí, když se na stěnách tepen hromadí cholesterol a hromadí se a vytváří pláty. Tyto pláty mohou zužovat tepny a snižovat průtok krve do srdce. Sraženina může někdy zablokovat průtok krve a způsobit vážné zdravotní problémy. Koronární tepny tvoří síť krevních cév na povrchu srdce, která ho zásobuje kyslíkem. Pokud se tyto tepny zúží, nemusí srdce dostávat dostatek okysličené krve.

Koronární onemocnění může někdy vést k infarktu myokardu. Podle Centers for Disease Control and Prevention, je onemocnění koronárních tepen nejčastějším typem srdečního onemocnění v USA a v roce 2020 způsobilo 382 820 úmrtí. (Felman, Lee, 2024)

Neinvazivní zobrazovací metody významně posunuly lékařskou diagnostiku koronárních stavů a umožnily přesnou vizualizaci koronárního složení a vlastností myokardu. Konkrétně koronární výpočetní tomografie se stala účinným přístrojem pro neinvazivní vyšetření koronárních tepen, protože poskytuje snímky s vysokým rozlišením a umožňuje přesné odhalení koronárního zúžení a plaku. Stejně tak je ceněna magnetická rezonance srdce pro svou schopnost hodnotit perfuzi myokardu a další vlastnosti, které pomáhají při diagnostice a přípravě terapie.

Koronární intervence zaznamenaly v posledních letech značný rozvoj. Zavedení nové generace stentů, které uvolňují léčiva změnilo celosvětově proces koronární revaskularizace. Tyto stenty jsou potaženy léčivy, která zabraňují restenóze, což významně snižuje výskyt restenózy stentu a potřebu opakovaných intervencí.

Intravaskulární zobrazovací strategie se staly nezbytnou součástí při koronárních intervencích. Intravaskulární ultrazvuk (IVUS) a optická tomografie (OCT) nabízejí zobrazování koronárních tepen s vysokým rozlišením v reálném čase, čímž pomáhají s přesnější analýzou síly, možností, aspirace a výsledku a ideálním umístěním stentu. Možnost zobrazit vlastnosti plátů a expanzi stentu zvýšila úspěšnost léčby a vedla k dlouhodobým výsledkům.

Minimálně invazivní metody si rovněž získaly větší pozornost při sledování onemocnění koronárních tepen. Transradiální přístup, při kterém se zákrok provádí přes a. radialis, vedl k menšímu počtu krvácivých komplikací a lepšímu komfortu pacienta než tradiční femorální přístup. (Bansal, Hiwale, 2023)

### **Cíle diplomové práce**

Hlavním cílem této diplomové práce je zhodnotit přesnost léčebných postupů při diagnostice stenózy koronárních tepen. Mezi dílčí cíle této diplomové práce patří:

- Srovnání vyšetřovacích metod při zobrazování srdečních tepen a funkce myokardu
- Zhodnotit, zda diagnostiku stenózy koronárních tepen nějak ovlivňuje věk a pohlaví pacientů.
- Zhodnotit, jestli je statistická souvislost mezi hodnotou ejekční frakce a váhy pacienta.

### **Metodika diplomové práce**

V rámci výzkumu této diplomové práce bude využit retrospektivní kvantitativní výzkum. Sběr dat bude probíhat zpětně podle předem určených kritérií. Data, které budou nasbírána, budou následně zpracovány formou tabulek a grafů, z nichž potom bude pomocí statistické analýzy vyhodnocen závěr.

Kritéria, které budou muset subjekty splnit jsou následující: pacient musel prodělat jedno ze tří vyšetření = CT koronarografie, MR srdce anebo perfuzní scintigrafie myokardu. Poté prodělal invazivní vyšetření selektivní koronarografie na katetrizačních sálech I. interní kliniky FNOL. Všechna data budou získána, hodnocena a prezentována anonymně. Pacienti budou prezentováni pod identifikačními čísly, která nebudou žádným způsobem spojeny s identifikačními údaji pacienta a tím bude zachována anonymita subjektů. Po ukončení budou data bezpečně uložena či smazána.

## 2 TEORETICKÁ ČÁST

### 2.1 RTG srdce

Rentgen hrudníku je široce dostupná, relativně levná a rychlá zobrazovací metoda s průměrnou efektivní dávkou záření 0,03 až 0,1 mSv. Srdce se nejlépe hodnotí na PA a laterálních RTG snímcích, když je srdce nejbližší k detektoru obrazu. Na rentgenovém snímku hrudníku se srdce jeví jako homogenní stín obklopený plicemi, takže diagnostické hodnocení srdce a velkých cév je založeno spíše na velikosti a tvaru srdeční siluety než na přímém zobrazení vnitřní anatomie srdce. (Goldman, Schafer, 2019)

Nicméně velikost a tvar srdce a jejich změny v čase, společně se vzhledem plicního cévního řečiště pomáhají při diagnostice srdečních onemocnění. Na vzhled srdce na RTG snímku má také vliv technika snímkování, projekce, tělesná konstituce snímkaného a to, zda je pacient při vyšetření v poloze vleže nebo vzpřímený. (Goldman, Schafer, 2019)

Z rentgenu srdce může lékař zjistit: anatomii kostí hrudníku, srdce a plic, stav a polohu kardiostimulátoru, defibrilátoru nebo jiných srdečních zařízení, stav katétru nebo hrudního drénu. Celý proces nezabere více než 10 minut. Je jen nutné si sundat oblečení a šperky od pasu nahoru a postavit se před vertigraf, přitisknout k němu hrudník a obejmout pažemi. Radiologický asistent dá pacientovi pokyn, aby se nadechnul a chvíli nedýchal. V tuto chvíli se RA udělá snímek. Pokud si lékař na žádance žádá i bočný snímek, provede ho posléze, jen si pacienta otočí příslušnou stranou k vertigrafu. Snímky mohou lékaři ukázat zda: není v plicích nebo okolo tekutina, zvětšené srdce, problém se srdečními cévami, zda se nevyskytuje vrozená srdeční vada nebo zda není v cévách kalcifikace. (Beckerman, 2022, online)

### 2.2 Ultrazvukové vyšetření srdce

Echokardiografii nazýváme ultrasonografií srdce. Ta využívá ultrazvukové vlny k zobrazení srdce, srdečních chlopní a velkých cév. Pomáhá posoudit tloušťku srdeční stěny (např. při hypertrofii nebo atrofii) a pohyb a poskytuje informace o ischemii a infarktu. Lze ji použít k posouzení systolické funkce i diastolického plnění levé komory, což může pomoci při posuzování hypertrofie levé komory, hypertrofické nebo restriktivní kardiomyopatie, závažného srdečního selhání a konstriktivní perikarditidy. Můžeme ji také využít k posouzení struktury a funkce srdečních chlopní, k detekci chlopenních vegetací a nitrosrdečních trombů a k odhadu plicního arteriálního tlaku a centrálního žilního tlaku. (Cascino, Shea, 2023, online)

### **Transthorakální echokardiografie (TTE)**

Je nejběžnější echokardiografickou metodou. Provádí se umístěním ultrazvukového snímače (transduceru) na hrudník pacienta. Ten vysílá ultrazvukové vlny do hrudníku, které jsou odraženy od srdečních struktur a přenášeny zpět do snímače. Tím se vytvoří obraz srdce, který lékař uvidí na monitoru. Je to relativně levá a neinvazivní zobrazovací metoda pro diagnostiku funkce a pohybu stěn pravé a levé komory, velikosti a anatomie komor, funkce chlopenních struktur, struktury kořene aorty a nitrosrdečních tlaků. (Cascino, Shea, 2023, online)

### **POCUS (Point Of Care UltraSonography)**

Ultrasonografie „v místě péče“ je diagnostická ultrasonografie, kterou provádí a interpretuje ošetřující lékař jako vyšetření u lůžka pacienta. POCUS se široce používá v mnoha oborech jako rychlý diagnostický nástroj, zejména v urgentní medicíně. V oblasti kardiologie se mohou lékaři soustředit na detekci významného perikardiálního výpotku a komorové dysfunkce. (Hashim, Tahir et al, 2021, online; Cascino, Shea, 2023, online)

### **Transesofageální echokardiografie (TEE)**

Tato technika echokardiografie se provádí zavedením tenkého, pružného endoskopu s ultrazvukovým snímačem na jeho konci do jícnu pacienta. Tento postup umožňuje získat detailnější a lepší obraz srdce, protože transducer je blíže srdci a méně ovlivněn plicními tkáněmi a kostmi hrudníku. TEE se často používá pro detailnější vyšetření srdečních chlopní, srdečních dutin aorty, a to zejména u pacientů, kdy je transthorakální vyšetření technicky obtížné, jako např. u pacientů s obezitou nebo chronickou obstrukční plicní nemocí (CHOPN). Odhalí lépe detaily malých abnormálních struktur (např. endokarditických vegetací nebo patentního foramen ovale) a zadních srdečních struktur (např. levé síně, ouška levé síně, mezisíňového septa, anatomie plicních žil) protože jsou blíže jícnu než přední stěně hrudníku. (Cascino, Shea, 2023, online)

### **Intrakardiální echokardiografie (ICE)**

Při intrakardiální echokardiografii umožňuje snímač na hrotu katétru vizualizaci srdeční anatomie zavedenou do srdce prostřednictvím cévního přístupu, obvykle přes femorální žílu. ICE lze provádět při komplexních strukturálních kardiologických (např. perkutánní uzávěr defektu septa síní nebo patentního foramen ovale) nebo elektrofyziologických výkonech. ICE poskytuje lepší kvalitu obrazu a zkracuje dobu zákroku ve srovnání s TEE při těchto výkonech.

ICE je však obecně dražší. Používá se jako doplňková technika k dalším zobrazovacím metodám, jako je TEE nebo TTE a může být zvláště užitečná v případech, kdy je potřeba detailního obraz srdce z blízkosti. (Cascino, Shea, 2023, online)

### **Intravaskulární ultrazvuk (IVUS)**

Intravaskulární ultrazvuk, se upevnil jako neocenitelný doplňkový nástroj k současné koronarografii a perkutánním koronárním intervencím (PCI). V současné době stentů potaženými léčivy se skutečně ukazuje, že PCI pod IVUS kontrolou snižuje klinické ukazatele mortality, revaskularizace cílové léze, trombózy stentu a infarktu myokardu. Provedená dvouletá explorativní analýza studie SYNTAX II, kde byl IVUS použit v 84 % případů, znovu potvrdila dřívější pozorování, že tato „nejmodernější“ strategie PCI využívající moderní pomocné nástroje jako je IVUS, může dosáhnout lepších klinických výsledků. Navzdory tomu, však zůstává využití IVUS v rutinní intervenční praxi velmi různorodé. V mnoha zemích zůstávají hlavním rozhodujícím faktorem náklady. (Xu, Lo, 2020)

Intravaskulární ultrazvuk (IVUS) je katetrová zobrazovací technika koronárních cév. Využívá vysílání a následnou detekci odražených vysokofrekvenčních (30-60 MHz) zvukových vln k vytvoření průřezových snímků koronární tepny s vysokým rozlišením. Zvukové vlny generované snímači procházejí různými složkami tkání a odrážejí se podle akustických vlastností tkáně. Axiální rozlišení se pohybuje mezi 100 a 200  $\mu\text{m}$  a laterální rozlišení je přibližně 250  $\mu\text{m}$ . Existuje také novější iterace IVUS nazvaná High Definition IVUS, která představuje reinvenci technologie IVUS. Poskytuje vynikající kvalitu obrazu díky patentované technologii převodníku o frekvenci 60 MHz a nejmodernějšímu zpracování obrazu, které přináší axiální rozlišení 40  $\mu\text{m}$ , minimalizaci šumu a větší hloubku průniku.

IVUS poskytuje přesný způsob hodnocení koronární aterosklerózy díky vynikající kvalitě zobrazení a prostorovému rozlišení. Na obrázku je znázorněn typický obraz trojvrstevné architektury koronární tepny získaný pomocí IVUS. Na základě ultrazvukového signálu, který se odráží od stěny koronární tepny a jejích složek, jsou systémem zpracování IVUS rekonfigurovány přesné reprezentace normálních, fibrotických, kalcifikovaných a zranitelných plátů (pláty s nekrotickým jádrem). Takto získané tomografické a morfometrické hodnocení koronárního řečiště a aterosklerózy v průběhu let připravilo půdu pro upevnění mnoha našich základních poznatků o koronární ateroskleróze, koronární intervenci pomocí balónkové angioplastiky a koronárního stentingu, restenóze ve stentu a v poslední době i o trombóze stentu.

IVUS také umožňuje náhled do různých typů morfologie aterosklerotických plátů, což je velmi užitečné při plánování PCI. Na základě vizuálního vzhledu aterosklerotického plátu se klasifikuje na měkký plát (echogenita menší než echogenita adventicie cévy), fibrotický plát (echogenita odpovídající echogenitě adventicie cévy), kalcifikovaný plát (echogenita léze větší než echogenita adventicie) a smíšený plát (obsahuje prvky měkkého, fibrotického a kalcifikovaného plátu). (Malaiapan, Leung, White, 2020)

## 2.3 CT srdce

Ischemická choroba srdeční (ICHS) představuje přibližně třetinu až polovinu všech případů kardiovaskulárních onemocnění, přičemž ischemická choroba srdeční je nejčastější příčinou úmrtí dospělých v zemích s nízkými i vysokými příjmy. CT koronarografie se stále častěji používá jako zobrazovací metoda pro diagnostiku ICHS a v mnoha případech jako vyšetření první volby. Technologický pokrok v pořizování a zpracování CT koronarografií umožnil posouzení koronárních tepen při nízké dávce záření a vysoké přesnosti. (El-Baz, Suri, 2021)

Kardiovaskulární počítačová tomografie může posoudit kardiovaskulární patologii prostřednictvím vizualizace hrubých anatomických abnormalit, charakterizace tkáňového útlu a funkční analýzy srdce. Vzhledem k tomu, že srdeční struktury jsou v neustálém pohybu, je pro zachycení vysoce kvalitních snímků během nejklidnější fáze pohybu srdce a koronárních tepen nezbytná zvláštní pozornost věnovaná metodice pořizování snímků. Úspěšné snímání vyžaduje pochopení vzájemného působení mnoha pohybů, včetně komplexnosti srdečního pohybu, pohybu souvisejícího s kolísáním srdeční frekvence a rytmu, potenciálního dýchání, potenciálního pohybu pacienta, pohybu stolu, rotace gantry a načasování a pohybu intravenózního bolusu kontrastní látky skrze struktury zájmu. Optimalizace získávání snímků se dosahuje lokalizací cílových struktur, načasováním skenování pro zachycení snímků během úseku R-R intervalu s relativně pomalým pohybem srdce a injekcí kontrastní látky pro zvýšení opacifikace struktur ve všech úrovních řezu. Tyto techniky pomáhají zabránit nebo minimalizovat pohybové artefakty a suboptimální opacifikaci zájmových struktur, které by ztěžovaly následnou rekonstrukci obrazu a diagnostickou analýzu. Metodika zobrazování se musí rovněž zaměřit na minimalizaci expozice záření a množství intravenózního kontrastu. (Budoff, Shinbane, 2016)

### 2.3.1 CT koronarografie

Schopnost vizualizovat koronární cévy je dána pokrokem v prostorovém a časovém rozlišení skenovací technologie. Prostorové a časové rozlišení ovlivňuje více faktorů, z nichž mnohé jsou vzájemně závislé. Cílem pořízení obrazu je zobrazit cílové struktury v jejich celistvosti a zároveň omezit zorné pole tak, aby byly vyloučeny další struktury, protože větší zorné pole zvyšuje radiační expozici a může snížit kvalitu obrazu. (Budoff, Shinbane, 2016)

Vyšetření koronárních tepen pomocí výpočetní tomografie vždy zahrnuje simultánní záznam EKG křivky. Existují dvě základní techniky záznamu: **prospektivní triggering** a **retrospektivní gating**. Při prospektivním triggeringu se data získávají pouze v předem určené fázi srdečního cyklu, obvykle v části, kde se srdce nejméně pohybuje, aby se minimalizovaly pohybové artefakty. Tato fáze se často volí jako střední část diastoly, případně u pacientů s vyšší srdeční frekvencí jako pozdní systola. Naopak u retrospektivního gatingu jsou data získávána během celého srdečního cyklu a pro rekonstrukci se preferují fáze s minimálním množstvím artefaktů. (Kuchynka, Lambert et al., 2015)

CT koronarografie vyžaduje kontrastní látku, která se obvykle podává v množství 50-100 ml. Preferována jsou kontrastní média s vysokou koncentrací jódu pro lepší poměr mezi kontrastem a šumem a zlepšení kvality obrazu. Je důležité zajistit rychlý přítok kontrastní látky do srdce, což obvykle vyžaduje periferní žilní kanyly vhodného průsvitu a rychlost aplikace kontrastu mezi 4 až 7 ml/s. Kromě dosažení vhodné opacifikace koronárních tepen je také důležité udržet ji po požadovanou dobu akvizice pro zajištění kvalitních obrazů. Většinou se uvádí denzita 250 Hounsfieldových jednotek. K dosažení tohoto cíle se využívají dvě metody. První z nich se nazývá bolus tracking a spočívá v průběžném monitorování aktuální hodnoty denzity v oblasti zájmu (např. levá síň nebo ascendentní/descendentní aorta) v intervalech jedné až dvou sekund. Jakmile dosáhneme předem stanoveného prahu Hounsfieldových jednotek (HU), spustí se samotné skenování. Druhá metoda spočívá v podání malého bolusu kontrastní látky a sledování času, který je potřebný k dosažení požadované denzity v oblasti zájmu. Tento naměřený časový interval pak slouží k samotnému skenování koronárních tepen. (Kuchynka, Lambert et al., 2015)

Kontraindikace pro CT koronarografii zahrnují neschopnost snášet kontrast z důvodu renální dysfunkce, těžkou alergií na kontrast nebo nekontrolovatelnou tachykardií. Relativní kontraindikace zahrnují přítomnost fibrilace síní, morbidní obezitu, rozsáhlé kalcifikace usazené v koronárních tepnách nebo přítomnost malých stentů. Všechny tyto stavy mohou

snížit kvalitu CT obrazu a CT vyšetření by se mělo obecně nemělo provádět, pokud není vysoká pravděpodobnost získání kvalitního diagnostického obrazu. (Libby, Bonow et al., 2022)

Některé CT přístroje mají algoritmy, které umožňují úspěšné skenování pacientů s fibrilací síní, kteří mají kontrolované srdeční tepy. Pokud jde o obezitu, horní váhový limit pro většinu skenerů je okolo 200 kg a některé skenery mají dokonce i určité režimy akvizice, které mohou zlepšit kvalitu obrazu v těchto případech. Většina současných CT přístrojů dokáže dosáhnout dobré kvality obrazu s BMI <40 kg/m<sup>2</sup>, jedinci s obezitou mají pravděpodobně méně kvalitní snímky i přes použití všech výhod skeneru. (Libby, Bonow et al., 2022)

Přítomnost rozsáhlých vápenatých kalcifikací usazených v koronárních tepnách může být problematická kvůli vzniku („*blooming*“) artefaktů, které mohou poškozovat možnosti vizualizace lumen cév a odhad závažnosti stenózy. Tyto artefakty vznikají kvůli omezenému prostorovému rozlišení a jsou způsobeny částečným průměrováním objemu různých hodnot v rámci jednoho voxelu. V důsledku toho je skutečná velikost kalcifikací zvětšená, díky tomu se lumen cévy jeví menší. (Libby, Bonow et al., 2022)

Pacientům, kteří mají plánovanou CT koronarografii jsou poskytována následující doporučení: 1) 4 hodiny před vyšetřením nejíst; 2) pití tekutin (nejlépe čistá voda) je do doby vyšetření nejen povoleno, ale doporučuje se, aby se snížila pravděpodobnost vzniku kontrastní nefropatie a usnadnilo se zavedení žilního přístupu; 3) nápoje obsahující kofein by neměly být přijímány 12 hodin před vyšetřením, protože kofein může zvýšit srdeční tep či ztížit snižování srdečního tepu léky, které pacient užívá; 4) pacienti by měli pokračovat v užívání svých pravidelných léků na srdeční onemocnění, zejména léků snižujících srdeční tep; 5) bývá také doporučováno přerušit užívání metforminu po dobu 48 hodin po vyšetření, ale to je v současnosti diskutováno a postupně se od tohoto pravidla upouští; 7) u pacientů se srdeční frekvencí větší než 65 tepů za minutu by měly být podány léky snižující srdeční tep, jako jsou zejména beta-blokátory nebo jiná léčiva, s cílem dosáhnout srdeční frekvence 50 až 60 tepů za minutu a snížit množství pohybových artefaktů.

Moderní CT skenery jsou univerzální, pokud jde o typ protokolu používaného pro získávání dat. Ten by měl být vždy přizpůsoben konkrétnímu pacientovi (tj. srdeční frekvence, nepravidelnosti srdeční frekvence atd.) a konkrétní klinické otázce (stav koronárních tepen, funkce levé komory atd.). Obecně lze při akvizici dat použít tři typy protokolů s EKG. Prvním typem akvizice se používá retrospektivní EKG-gated akvizice v režimu „*helical*“ nebo „*spiral*“. Při použití retrospektivního gatingu jsou data získávána během celého srdečního cyklu. Hlavní

výhodou tohoto protokolu je možnost rekonstruovat akvizice CT v různých časových bodech srdečního cyklu. Kromě toho poskytuje informace týkající se srdečních objemů a funkce, včetně anatomie, i funkce chlopní. Hlavní nevýhoda souvisí s vysokou radiační zátěží pacienta. Proto se v současné době i při volbě tohoto typu protokolu používá algoritmus modulace dávky, který mimo časové rámce zvolené pro zobrazování koronárních tepen snižuje i proud (mA) na přibližně 20 %. I při takto nízké dávce záření je stále možné hodnotit funkce srdce a chlopní. Analýza pohybu koronárních tepen během srdečního cyklu ukázala, že tyto cévy vykazují nejmenší pohyb, a tedy optimální časový rámec pro snímání je během koncové systoly nebo/i střední diastoly. (Giusca, Schütz et al, 2021, online)

Lze si tedy představit, že pořizování snímků by mělo optimálně probíhat v těchto časových oknech. S ohledem na tuto zkušenost byl vyvinut další protokol, a to prospektivní EKG triggerování axiální akvizice. Prospektivní EKG triggering se častěji využívá kvůli nižší dávce radiace (obvykle mezi 2 a 6 mSv), zatímco retrospektivní záznam může mít dávku mezi 6 a 20 mSv. Nevýhodou prospektivního způsobu je omezení na určitou fázi srdečního cyklu, což brání funkčnímu hodnocení srdce, jako je např. hodnocení ejekční frakce levé nebo pravé komory. Při tomto režimu snímání, známém jako „sekvenční“ nebo „step and shoot“, lze snímky získat bez pohybu stolu během akvizice. Protože je však většina detektorů menší než délka srdce, je k úplnému pokrytí srdce potřeba několik srdečních tepů. Tento typ akvizice obvykle poskytuje snímky s vynikajícím kontrastem a s relativně nízkou radiační expozicí. Nevýhody takového protokolu však představuje především relativně snížený počet možných rekonstrukcí srdečních fází a také přítomnost „sešívacích“ nebo „krokových“ artefaktů, zejména pokud je mezi jednotlivými stacky přítomna variabilita srdeční frekvence. Velmi užitečné použití tohoto protokolu je u pacientů s nepravidelnou srdeční činností, např. fibrilace síní. U těchto pacientů se diastola mezi jednotlivými údery výrazně liší, což by způsobilo, že získávání dat v diastole by bylo relativně zbytečné. (Giusca, Schütz et al, 2021, online; Kuchynka, Lambert et al., 2015, online)

Protože však koronární tepny vykazují snížený pohyb i na konci systoly a systola je méně ovlivněna nepravidelnostmi srdeční frekvence, akvizice „step and shoot“ spuštěná během systoly často poskytuje vynikající kvalitu obrazu. A konečně, technický pokrok zaznamenaný v posledním desetiletí umožnil vývoj protokolů, které umožňují odběr vzorků dat potřebných k úplné charakterizaci koronárního stromu během jednoho srdečního tepu. Toto lze v závislosti na skeneru dosáhnout dvěma způsoby. U skenerů, které umožňují pokrytí detektorem  $\geq 16$  cm, lze získat kompletní soubor dat bez pohybu pacienta a během jediného srdečního tepu

v závislosti na srdeční frekvenci. Naopak u skenerů se dvěma zdroji umožňuje EKG spuštěná akvizice s velkou roztečí „šroubovice“ nebo „spirály“ nebo tzv. „bleskový“ režim získat celý soubor dat během jednoho srdečního tepu. Tento typ akvizice nabízí velmi kontrastní snímky bez „stitching“ artefaktu při velmi nízké radiační expozici pacienta (obvykle <1 mSv). Hlavní nevýhody tohoto způsobu akvizice však souvisejí s vysokou závislostí na srdečním rytmu a omezenou možností rekonstrukce obrazu pouze během jednoho časového bodu. (Giusca, Schütz et al, 2021, online)

### **Kalciové skóre a jeho využití**

Charakteristickým znakem aterosklerózy je přítomnost vápenatých usazenin. Přítomnost vápníku ve věnčitých tepnách tedy koreluje s aterosklerotickou zátěží věnčitých tepen. Specifická akvizice pro stanovení množství vápníku v koronárních tepnách se obvykle provádí v první fázi CT koronarografie a skládá se z nekontrastních, nepřekrývajících se axiálních řezů o tloušťce jednotlivých řezů 3mm, pořízených uprostřed diastoly s použitím EKG gatingu. Kalciové skóre je na rekonstruovaných snímcích definováno jako oblast hyperatenuace o velikosti nejméně 1mm s intenzitou více než 130 HU ve třech sousedních pixelech. Nejpoužívanější metodou kvantifikace Agatsonův systém, který přítomnost kalcia hodnotí vynásobením plochy kalcifikace koeficientem odpovídající maximálnímu zeslabení plaku následujícím způsobem: 130-199, faktor 1; 200-299, faktor 2; 300-399, faktor 3; nad 400, faktor 4. (Giusca, Schütz et al, 2021, online)

Prognostická hodnota kalciového skóre a asymptomatické populace byla prokázána v mnoha studiích zahrnujících více než 50 000 osob. Kalciový skórovací systém trvale vykazuje významnou prognostickou sílu pro budoucí kardiovaskulární příhody, přičemž má přírůstkovou hodnotu oproti konvenčním kardiovaskulárním rizikovým faktorům, včetně Framinghamského rizikového skóre. Kalciové skóre 0 je tedy spojeno s nízkým výskytem příhod i v přítomnosti konvenčních kardiovaskulárních rizikových faktorů – výskyt KV příhod 2,72 na 1000 osob za rok u pacientů se třemi a více rizikovými faktory. Naopak u pacientů s kalciovým skóre větším než 400 a bez rizikových faktorů byla roční míra výskytu KV příhod na 1000 asymptomatických osob 16,89. Hlavní klinická hodnota kalciového skóre spočívá ve schopnosti reklasifikovat asymptomatické jedince se středním rizikem kardiovaskulárních příhod na základě konvenčního hodnocení rizika. V tomto ohledu by při zohlednění kalciového skóre byly reklasifikovány téměř dvě třetiny pacientů ve středním pásmu na základě Framinghamské škály. Tato hodnota reklasifikace se zachovává i ve skupině s vysokým

rizikem, kde by se na základě kalciového skóre reklasifikovala třetina pacientů. (Giusca, Schütz et al, 2021, online)

Současná evropská doporučení pro prevenci kardiovaskulárních onemocnění doporučují používat screening kalciového skóre s indikací 11b jako možný modifikátor rizika při hodnocení kardiovaskulárního rizika. Při interpretaci vápníkového skóre je však třeba postupovat opatrně, protože pláty s nízkým útlumem nebudou identifikovány a vysoká vápníková zátěž neznamená automaticky přítomnost obstrukčního onemocnění koronárních tepen. Přesto si zachovává významnou hodnotu při zahájení nebo úpravě preventivních strategií, jako je optimalizace lipidového profilu a změna životního stylu, také při plánování vhodné akvizice pro CT koronarografii. (Giusca, Schütz et al, 2021, online)

### **Výhody CT koronarografie**

**Neinvazivní:** jedná se o neinvazivní postup. Na rozdíl od tradiční angiografie, při níž se do cév zavádí katétr, CT koronarografie nevyžaduje žádné řezy. Pacient obdrží kontrastní látku do krevního oběhu, lehne si na stůl a CT skener pořídí snímky srdce. Tímto se minimalizují rizika a nepohodlí spojené s invazivními zákroky.

**Včasná detekce:** CT koronarografie je vynikajícím nástrojem pro včasnou detekci srdečních onemocnění. Provedením podrobných snímků koronárních tepen mohou lékaři odhalit stenózu, neprůchodnost a další problémy, které nemusí být patrné při jiných vyšetřeních. Včasná detekce může vést k účinnější léčbě a lepším výsledkům.

**Rychlost:** Samotné vyšetření je poměrně rychlé, obvykle trvá pouhých 10 až 15 minut. Po skončení se může pacient vrátit ke svým každodenním činnostem.

**Snížení expozice zářením:** Pokroky v technologii vedly ke snížení dávek záření při CT koronarografii. I když stále dochází k určitému ozáření (hodnota se pohybuje mezi 2 až 10 mSv), je výrazně nižší než u tradiční angiografie, což z ní činí bezpečnější volbu z hlediska radiační ochrany. (Appalachian Regional Healthcare Systém, bez data, online).

## **2.4 MR srdce**

Stejně jako jiné zobrazovací techniky má i magnetická rezonance svá rizika a je třeba přijmout opatření, aby nedošlo k potenciálně nebezpečným situacím. Nejdůležitějším aspektem je přitahování feromagnetických předmětů v důsledku statického magnetického pole, ale je třeba vzít i v potaz i možné nežádoucí účinky radiofrekvenčního ohřevu a stimulaci periferních nervů v prostředí MR, zejména u pacientů s trvalými kardiostimulátory, automatickými

implantabilními kardiostimulátory, dlouhými dráty dočasné kardiostimulace, kovovými stenty a umělými chlopněmi. Problematické může být také sledování fyziologických parametrů v rámci MR skenerů. Například použití EKG elektrod nekompatibilních s MR může být spojeno s popáleninami třetího stupně a zkreslení EKG magnetickým polem může narušit monitorování ischemických změn během MR vyšetření. Existuje speciálně navržený hardware, který umožňuje monitorování za bezpečných podmínek. Pro eliminaci rizik, která mohou být spojena se specifickými vlastnostmi magnetické rezonance, je tedy nezbytná odpovídající znalost prostředí magnetické rezonance. (Bogaert, Dymarkowski et al, 2017, str. 54)

Jednou z vlastností magnetické rezonance je, že frekvence, na které jsou signály přijímány a znovu vysílány (= rezonanční frekvence) je mimořádně citlivá na přesné magnetické pole, např. jádra vodíku rezonují při frekvenci 42,575 MHz/T. Pokud bychom tedy měli dvě oblasti, kde se magnetické pole liší o malou hodnotu (např. při 1,000 a 1,001 T), pak protony v jedné oblasti budou vysílat při 42,575 MHz (Larmorova frekvence pro protony) a protony z druhé oblasti budou vysílat při 42,575 + 0,042 MHz. Pokud z tohoto vysílaného signálu odebereme vzorek, je možné tyto dvě různé frekvence rozlišit stejným způsobem, jakým hudebník dokáže rozlišit dva tóny na různých slyšitelných frekvencích. Numericky se tato transformace ze vzorkového signálu na složkové frekvence nazývá Fourierova transformace. Místo dvou diskrétních oblastí se v magnetické rezonanci obvykle používá lineárně rostoucí magnetické pole (nižší na jedné straně magnetu a vyšší na druhé straně). Výsledkem je, že každý bod v tělese bude mít diskrétní rezonanční frekvenci, a tudíž amplituda signálu v bodě bude představovat počet protonů v daném místě. Přístup spočívající v použití gradientu magnetického pole při vzorkování dat umožňuje „zobrazit“ pacienta v jednom rozměru a zahrnuje součást standardních zobrazovacích metod. Směr tohoto gradientu se v MR obraze označuje jako „směr čtení“. Pro rozšíření akvizice na dva nebo více rozměrů je třeba aplikovat další přepínané gradienty magnetického pole ve směrech kolmý na směr čtení. Pro dvourozměrné (2D) zobrazování se výše uvedený proces opakuje mnohokrát (obvykle 256krát) s různými gradienty aplikovanými v druhém rozměru v krátkých intervalech před akvizicí a poloha je zakódována ve fázi signálu. Každý z těchto kroků se nazývá krok „fázového kódování“ a jejich počet se obvykle rovná počtu pixelů ve směru fázového kódování. Doba potřebná pro každý krok fázového kódování je známá jako doba opakování a označuje se jako TR. (Dilsizian, Pohost, 2019, str. 39-40)

Jelikož nás zajímají řezy vzorkem, které jsou tenké, spíše než projekce vzorku (jako u rentgenu), používáme také proces známý jako výběr řezu. To zahrnuje použití

radiofrekvenčního excitačního pulzu, který obsahuje pouze úzký rozsah frekvencí. Vysláním takového pulzu při aplikovaném gradientním poli excitujeme pouze jádra v úzkém řezu. Pomocí výše uvedených mechanismů můžeme získat 2D obraz z diskrétního řezu vzorku. Modifikací frekvence RF pulzu a aplikováním gradientních pulzů na více než jedné ose současně můžeme řez zájmu volně posouvat. Nejsme omezeni na axiální roviny a můžeme získávat data s libovolně natočenými nebo dvojité natočenými osami s úplnou flexibilitou. (Dilsizian, Pohost. 2019, str. 40-41)

Termín „pulzní sekvence“ nebo „zobrazovací sekvence“ popisuje způsob, jakým skener přehrává radiofrekvenční pulzní a gradientní pole a jak získává a rekonstruuje výsledná data pro vytvoření obrazů. Různé pořadí těchto pulzů má definované názvy (FLASH, FSE), které je popisují. Podrobnosti o sekvenci potřebné pro její použití budou muset zahrnovat také přesné časování (TR), amplitudu, trvání a tvary jednotlivých sekvencí: gradientních i RF pulzů, parametry rozlišení a pro kardiovaskulární aplikace tyto podrobnosti budou zahrnovat také informace o strategii kardio gatingu. Tento soubor parametrů se označuje jako „protokol“. Změna protokolu poskytuje obrovskou flexibilitu pro každou zobrazovací sekvenci. Při MR srdce obvykle získáváme 2D data získaná z řezu (např. o tloušťce 5mm). Snímky lze pořizovat buď v reálném čase, nebo v průběhu série srdečních tepů. V prvním případě bude prostorové a časové rozlišení omezeno dostupnou dobu zobrazování. V druhém případě vyžadujeme zadržení dechu, předpokládáme, že srdeční rytmus je periodický, tím pádem část obrazu je pořízena ve stejné relativní fázi srdečního cyklu. Tento přístup vede ke zlepšení prostorového a časového rozlišení, avšak pokud je předpoklad periodicity porušen (např. arytmie nebo nezadržení dechu na dostatečně dlouhou dobu), vzniknou obrazové artefakty. (Dilsizian, Pohost. 2019, str. 41)

### **Základní zobrazovací sekvence používané při MR srdce jsou:**

FLASH (Fast Low Angle Shot), která patří mezi gradientní echoplanární sekvence. Tato sekvence se vyznačuje rychlým zobrazováním a vysokým rozlišením. Vyšle se malý excitační RF puls, po kterém následuje rychlé odečtení a následné vymazání zbytkového signálu, aby se zabránilo jeho výskytu jako artefaktu při dalších akvizicích. Tento proces se opakuje a výsledkem je jeden řádek fázového kódu.

Další sekvencí je sekvence TrueFISP (True Fast Imaging with Steady Precession), která je podobná sekvenci FLASH a vyznačuje se vysokým kontrastem mezi tkáněmi a krátkými doby snímání. Hlavní vlastností této sekvence je využití stálého předzpracování signálu

(steady-state precession), což umožňuje získání vysokého poměru signál šum a tedy i vysokého kontrastu mezi tkáněmi. Je také citlivá na pohyb, což ji činí vhodnou právě k zobrazování cévních a srdečních struktur. Její nevýhody jsou zvýšená citlivost na artefakty, zvýšená dávka RF energie, náročné parametrizace, nízká tolerance na pohyb a velké nároky na výkon zobrazovacího zařízení.

Sekvence FSE (Fast Spin Echo) začíná krátkým RF pulsem, který nakloní magnetická jádra z jejich rovnovážného stavu. Následuje sekvenční diagram, který obsahuje opakování RF pulsů a gradientů magnetického pole. Tento diagram je navržen tak, aby vytvořil prostorově kódovaný signál odpovídající různým oblastem těla. FSE využívá princip spin-echo, podobně jako TSE (Turbo Spin Echo). Po aplikaci excitačního pulsu jsou jádra vybudena k rezonanci a následně jsou aplikovány série refokusačních pulzů, které zajišťují vytvoření spin-echo signálů. FSE taky využívá techniku zkrácení doby snímání pomocí turbo faktoru, což umožňuje získání více spin-echo signálů během jednoho opakování sekvence. Nakonec jsou použity echoplanární čtecí impulsy k odečtení prostorové informace ze získaného signálu. Výhody této sekvence jsou vysoké rozlišení, zkrácení doby snímání, redukce artefaktů a možnost více kontrastních obrazů. Nevýhody jsou zvýšená náročnost na výkon, citlivost na pohyb, potřeba optimalizace parametrů a v některých případech nedostatečný kontrast. (Dilsizian, Pohost. 2019, str. 42)

Před každou magnetickou rezonancí srdce by měl být pacient krátce vyzpovídán ohledně kontraindikací magnetické rezonance. Zjistíme, zda pacient nemá kardiostimulátor nebo jiný kovový materiál uvnitř těla. Obecně se vždy doporučuje sundat šperky a nechat pacienta se svléknout do spodního prádla a obléknout si nemocniční košili (ideálně bez kapes). Tím se vyhneme náhodnému zapomenutí kovových materiálů v kapsách kalhot nebo košile, protože pacienti si ne vždy zcela uvědomují, které předměty přesně představují potenciální riziko. Pro zobrazování srdce MR má většina systémů specifické cívky pro srdce nebo trup. Často se jedná o víceprvkové cívky s fázovým polem, které jsou nutné pro paralelní zobrazování. Počet prvků v těchto speciálních cívkách se pohybuje od 4 do 8 a v současné době jsou k dispozici cívky až s 32 kanály. Tyto cívky mají přední a zadní prvky, které vyžadují přesné umístění, což je rozhodující pro adekvátní příjem signálu. Cívky by měly být vždy vycentrované nad vyšetřovaným orgánem. Je důležité si uvědomit, že při zobrazování srdce by umístění cívek mělo být níže než při zobrazování oblouku aorty. Na začátku každého vyšetření nám o správnosti či nesprávnosti umístění cívky napoví lokalizér. (Bogaert, Dymarkowski et al, 2017, str. 60-61)

Upevnění elektrod EKG během vyšetření je důležité pro zajištění kvalitního signálu EKG a bezpečnosti pacienta. Zde jsou některé obecné zásady pro upevnění elektrod EKG: čistota a suchost kůže (před přiložením elektrod by měla být kůže očištěna alkoholovými polštářky nebo abrazivním gelem, pomáhá zajistit dobrý kontakt mezi elektrodami a kůží a snižuje riziko artefaktů), správné umístění elektrod a jejich důkladné připevnění, MR kompatibilita elektrod. EKG monitorování při vyšetření srdce magnetickou rezonancí je nezbytné, protože je nutné synchronizovat akvizici obrazu s kardiovaskulárním cyklem. To umožňuje získat obrazy srdce v optimální fázi pohybu, což zlepšuje kvalitu a diagnostickou hodnotu. Pohyb srdce také může způsobit artefakty na MR obrazech, což může snížit interpretaci. Monitorování EKG umožňuje snížit tyto artefakty tím, že akvizice obrazu probíhá ve fázi srdečního cyklu, kdy je pohyb minimální. Mimo výhod ohledně získávání obrazu, z EKG těží také radiologický asistent, jelikož má konstantní dohled nad pacientem, jeho srdeční frekvencí a srdečním rytmem. To je důležité pro detekci jakýchkoli srdečních arytmií nebo neobvyklých srdečních reakcí. (Bogaert, Dymarkowski et al, 2017, str. 61)

Je nutné pacientovi vysvětlit, že mu přístroj bude dávat pokyny k zadržení dechu. Je důležité, aby pacient porozuměl důležitosti udržení stabilního dechu během skenování. Během skenování budou pacientovi poskytnuty pokyny ohledně dechu. Obvykle je pacient požádán, aby zadržel dech na určitou dobu, typicky během akvizice klíčových snímků srdce. Pokud je k dispozici technika dechové synchronizace, skenování může být synchronizováno s dechovými cykly pacienta. To umožňuje získat obrazy v optimální fázi dechu, což minimalizuje pohybové artefakty. Během celého skenování bude dech pacienta průběžně monitorován, aby bylo možné identifikovat jakékoli odchylky od požadovaného dechového vzoru. Pokud dojde k resynchronizaci dechu, může být skenování pozastaveno a opakováno. (Bogaert, Dymarkowski et al, 2017, str. 61)

V některých případech mohou lékaři doporučit provedení magnetické rezonance srdce s kontrastem. Tato možnost může poskytnout cenné informace o srdci a jeho cévách. Díky vstříknutí kontrastní látky do krevního oběhu se zlepšuje vizualizace krevního toku a pomáhá přesněji odhalit abnormality. Obvykle se jedná o gadoliniovou kontrastní látku. Lékař díky ní uvidí na snímcích zřetelný průtok krve v srdci a jeho cévách a může rozpoznat např. ucpání nebo zúžení tepen. To může indikovat onemocnění, jako je např. ischemická choroba srdeční. Výhody magnetické rezonance srdce oproti jiným zobrazovacím technikám: vyšetření magnetickou rezonancí u srdečních onemocnění má oproti jiným zobrazovacím technikám výraznou výhodu, poskytuje vysokou kvalitu obrazu, umožňuje detailní zobrazení struktury

srdce včetně komor, chlopní a cév. Mimo jiné MR srdce poskytuje multiplanární zobrazení, kdy umožňuje pořizovat snímky z různých úhlů a orientací. Při vyšetřování magnetickou rezonancí není použito ionizující záření. To z něj činí bezpečnější variantu pro opakovaná vyšetření, zejména u mladších pacientů. (Lone Star Neurology, 2023, online)

## 2.5 Selektivní koronarografie (SKG)

V současné době se toto vyšetření stává již rutinním ve spoustě zdravotnických zařízeních při diagnostice srdečních chorob. Během tohoto vyšetření je do ústí levé a pravé koronární tepny vstřikována jodová RTG kontrastní látka pomocí diagnostického katetru. Tyto katetry jsou zavedeny do tepny prostřednictvím zavaděče, kterému říkáme sheath. Ten je umístěn do cévy pomocí punkční (Seldingerovy) metody. (Štípal jr., Miklík, Štípal, 2013)

Nejběžnějšími přístupy k arteriálnímu řečišti jsou obvykle pravá nebo levá femorální arterie (punkce v oblasti tříselného vazů) a pravá nebo levá radiální tepna (punkce několik centimetrů proximálně od pravého nebo levého zápěstí). Preferován je spíše radiální přístup, díky těmto výhodám: snížení rizika lokálního krvácení a cévních komplikací, umožňuje časnou mobilizaci pacienta. Naopak výhody femorálního přístupu: nižší technická náročnost nebo menší radiační zátěž pro ošetřujícího lékaře. (Štípal jr., Miklík, Štípal, 2013)

Po aplikaci lokálního anestetika do podkoží provedeme punkci tenkostěnnou jehlou, přičemž se snažíme punktovat pouze přední stěnu tepny. Poté do jehly zavedeme krátký vodič a po vodiči vytáhneme jehlu. Následně po ponechaném krátkém vodiči zavedeme do tepny tzv. sheath, což je zavaděč, který je zakončen chlopní, průchodnou pouze ve směru do cévy, čímž brání úniku krve vně. Sheath má i postranní otvor, který umožňuje proplachování. Poté do sheathu zavedeme delší vodič (délka podle typu vyšetření) a po vodiči nasoukáme zvolený typ cévky (katétru). Katetry používané při angiografii, jsou trubičky různých tvarů, vyrobené z polyethylenu, polyvinylu, polyuretanu, teflonu nebo jiných materiálů. Katétr musí být šetrný k cévním stěnám, jelikož se pohybujeme v opravdu malinkém prostoru koronárních cév, zároveň taky pevný, s antitrombogenním vnějším i vnitřním povrchem. Musí se snadno posouvat po vodiči na místo určení a být dobře viditelný na obrazovce. Důležitou vlastností katétru je jeho tvarová paměť, což znamená, že po vytažení vodiče, kterým se původně zahnutý konec katétru napřímil, se katétr, a zejména jeho konec, vrací do původního (zahnutého) tvaru. Existuje mnoho různých typů katétrů, které se liší délkou, průměrem, stavbou stěny a tvarem. (Seidl, 2012)

Pomocí jodové kontrastní látky, která umožňuje RTG vizualizaci lumen koronární tepny v reálném čase, je tenký vodící katetr veden dolů koronární tepnou a přes stenózu, pokud je přítomna. Tento vodící drát se stává dráhou, po níž se pohybuje terapeutické nástroje, jako jsou balónky nebo stenty. Balónkové katetry mají obvykle dva lumeny, jeden pro průchod přes vodící drát a druhý pro vedení směsi fyziologického roztoku a kontrastní látky k nafouknutí balónku. Pod kontrolou RTG je balónek vycentrován přes lézi a nafouknut na tlak 3 až 20 atmosfér. Koronární stenty jsou kovové nebo polymerové „výztuhy“, které jsou před zavedením do postižené cévy navléknuty na balónkový katetr. Během nafukování balónku se sbalený stent roztáhne, aby podpořil lumen cévy. Podpůrná konstrukce stentu může rozšířit lumen na rozměry blízké rozměru před onemocněním. Většina stentů je navržena tak, aby kovové materiály tvořily pouze asi 20 % povrchu, což umožňuje endotelizaci, která snižuje riziko trombózy. Moderní lékové stenty mají nízkou míru restenózy i trombotických komplikací, takže stenty z holého kovu se nyní používají jen zřídka. (Goldman, Schafer, 2019)

### **Komplikace při koronarografii**

Pro diagnostickou koronarografii jsou rizika méně než 0,2% pro úmrtí, méně než 0,5% pro infarkt myokardu, méně než 0,07% pro mozkovou příhodu, méně než 0,5% pro závažné arytmie a méně než 1% pro větší cévní komplikace, včetně trombózy, embolizace a krvácení. Cévní komplikace se vyskytují častěji při přístupu přes femorální tepnu než při přístupu přes tepnu radiální. Občas se využívá přístup přes a. brachialis, když není možný přístup ani přes femorální ani přes radiální tepnu. Nejmenší míru komplikací má přístup přes a. radialis. (Goldman, Schafer, 2019)

Obecně komplikace můžeme rozdělit do několika oblastí. Komplikace mohou být způsobené kontrastní látkou a pacientovou reakcí na ni. Injekce rentgenové kontrastní látky vyvolává u mnoha pacientů přechodný pocit tepla v celém těle. Může se objevit tachykardie, mírný pokles krevního tlaku, zvýšení srdečního výdeje, nevolnost, zvracení a kašel. Vzácně se při podání velkého množství kontrastní látky objeví bradykardie; požádání pacienta, aby zakašlal, často obnoví normální rytmus. Reakce na kontrastní látku mohou být i více závažné mohou zahrnovat kopřivku a konjunktivitidu (= zánět spojivky), které obvykle reagují na difenhydramin 50 mg intravenózně. Anafylaxe a anafylaktoidní reakce s bronchospasmem, edémem hrtanu a dyspnoe jsou vzácné s přibližnou frekvencí asi 1 z 5000 vyšetření. Tyto reakce by měly být okamžitě léčeny epinefrinem. Pacienti s historií alergie na kontrastní látku mohou být premedikováni prednisonem. (Cascino, Shea, 2023, online)

Kontrastem vyvolané poškození ledvin je definováno jako zhoršení funkce ledvin během 24 až 48 hodin po intravenózním podání kontrastu, o kterém se soudí, že je způsobeno kontrastem, a nikoli alternativními příčinami. U rizikových pacientů se snažíme o použití co nejmenšího množství kontrastní látky, vyhýbáme se více vyšetřením s KL za sebou v krátkém časovém období a podáme infuzi fyziologického roztoku 4 až 6 hodin před vyšetřením a 6 až 12 hodin po něm. U pacientů s rizikem zhoršené funkce ledvin zhodnotíme sérový kreatinin 48 hodin po podání kontrastu. (Cascino, Shea, 2023, online)

### **Komplikace související se zavedením katétru**

Pokud se hrot katétru dostane do kontaktu s endokardem komor, běžně dochází ke komorovým arytmiím, ale komorová fibrilace je vzácná. Pokud k ní dojde, okamžitě se provede kardioverze stejnosměrným proudem k obnovení normálního srdečního rytmu. Další komplikací je embolie, která může nastat při narušení aterosklerotického plátu, říkáme jim proto ateroembolie. Embolie z aorty mohou způsobit cévní mozkovou příhodu nebo nefropatii. Embolie z proximálních do distálních koronárních tepen mohou způsobit infarkt myokardu. Možná je také disekce koronární tepny. (Cascino, Shea, 2023, online)

### **Komplikace v místě vstupu do cévního řečiště**

Komplikace zahrnují: krvácení, hematom, pseudoaneurysma, AV píštěl, ischemie končetiny. Může se objevit krvácení z místa vstupu, které obvykle ustoupí po kompresi. Mírné pohmožděniny a malé hematomy jsou běžné a nevyžadují zvláštní vyšetřování ani léčbu. Velká nebo zvětšující se boule by měla být vyšetřena pomocí ultrazvuku, aby se odlišil hematom od pseudoaneurysmatu. Pseudoaneurysma je abnormální rozšíření stěny cévy, ale na rozdíl od klasického aneurysmatu, které zahrnuje kompletní rozšíření všech tří vrstev cévní stěny, pseudoaneurysma se vytváří, když krev uniká z cévy, ale je ohraničena pouze okolními tkáněmi nebo fibrinem, a není obklopena kompletní vrstvou cévní stěny. Šelest v místě vstupu (s bolestí i bez) naznačuje AV píštěl a lze diagnostikovat pomocí ultrazvuku. AV píštěl je neobvyklé spojení mezi arteriálním a cévním řečištěm. Toto spojení umožňuje krevnímu proudu přímo přecházet z arterií do žil a může mít různé klinické důsledky v závislosti na velikosti, umístění a funkci. Hematomy obvykle časem odezní a nevyžadují specifickou léčbu. Pseudoaneurysma a AV píštěle obvykle ustoupí po kompresi; ty které přetrvávají mohou vyžadovat chirurgické řešení. Přístup přes radiální tepnu je pro pacienta obecně pohodlnější a ve srovnání s přístupem do femorální tepny s sebou nese mnohem nižší riziko vzniku těchto komplikací. (Cascino, Shea, 2023, online)

## 2.6 Nukleární medicína

NM je specifická tím, že se do těla pacienta aplikují otevřené radioaktivní zářiče při diagnostice patologických procesů. Diagnostické metody nukleární medicíny umožňují téměř neinvazivní prokázání, sledování a měření široké škály fyziologických a patologických procesů. Poskytují kvalitativní i kvantitativní informace o funkci různých tkání, orgánů a systémů. Tyto metody obecně vycházejí z principu indikátorů, kde radiofarmakum – radioaktivní látka se specifickou afinitou – slouží jako indikátor, který vstupuje do určitého fyziologického nebo patofyziologického procesu v těle pacienta. Tento princip byl objeven v roce 1913 chemikem původem z Maďarska György Hevesy. Díky externí detekci gama záření radioaktivního indikátoru je následně mapováno rozložení radiofarmaka v organismu. (Adámková, 2016; Kupka, Kubinyi a Šámal, 2015)

Tomografické zobrazování SPECT představuje jednu ze dvou základních tomografických etod v oboru nukleární medicíny. Jedná se o jednofotonovou emisní výpočetní tomografii (single photon emission computed tomography), což znamená, že využívá radionuklidy emitující jediný foton při jejich přeměně, jako je tomu například u nejběžněji používaného  $^{99m}\text{Tc}$ . SPECT kamery jsou obvykle konstruovány jako dvouhlavé (dvoudetektorové) systémy s lůžkem a otočnými detektory. Konstrukce obou detektorů je obdobná jako u planární gamakamery. SPECT kamera umožňuje kromě tomografického zobrazení také získávat statická, dynamická nebo celotělová data. Existují také starší jednohlavé systémy, méně časté trojhlavé kamery a speciální vícedetektorové systémy. Počet detektorů nemá vliv na technické možnosti kamery, ale ovlivňuje dobu nutnou pro získání snímku. Princip SPECT spočívá v tom, že se snímá množství planárních projekcí z různých úhlů a ty jsou následně rekonstruovány počítačem do transaxiálních řezů. Tento princip lze srovnat s radiologickým CT, s tím rozdílem, že zatímco signál CT vychází z absorpce záření tkáněmi, signál SPECT je určen množstvím aktivity radiofarmaka. SPECT poskytuje funkční informace, zatímco CT poskytuje anatomické informace. (Kupka, Kubinyi a Šámal, 2015)

Základním požadavkem v diagnostické nukleární medicíně je zobrazení distribuce radiofarmaka aplikovaného pacientovi. Kvalita použité zobrazovací techniky je klíčová pro určení správného množství radiofarmaka potřebného pro daný diagnostický úkon. S vyšší citlivostí zobrazovací techniky lze výrazně snížit množství podaného radiofarmaka, což může výrazně ovlivnit radiační zátěž pacientů i personálu.

Princip gamakamery spočívá v detekci, zpracování a vyhodnocení signálu ze fotonásobičů, které zachytávají světelné záblesky ze scintilačního krystalu. Tyto záblesky jsou vyvolány interakcí fotonů gama záření emitovaných z těla pacienta. Před scintilačním detektorem je umístěn kolimátor, který umožňuje zaznamenat pouze fotonů z cílové oblasti a eliminovat fotony z jiných oblastí. (Kubinyi, Sabol, Vondrák, 2018)

### **2.6.1 Perfuzní scintigrafie myokardu**

Toto vyšetření se provádí na odděleních nukleární medicíny. Cílem SPECT perfuze srdce je hodnotit prokrvení a vitalitu myokardu při ergometrické nebo farmakologické zátěži a také v klidu. (Adámková, 2016)

Intravenózně podávané radiofarmakum se hromadí v myokardu v závislosti na jeho prokrvení. Předpokládá se, že buňky myokardu mají zachovanou schopnost absolvovat indikátor podle principu čím vyšší přísun (průtok), tím větší hromadění (aktivita). K akumulaci radiofarmaka proto nedochází v poškozených buňkách myokardu nebo zjizvené fibrózní tkáni (např. po infarktu myokardu). (Kupka, Kubinyi a Šámal, 2015)

Rozložení radiofarmaka v myokardu se hodnotí pomocí jednofotonové emisní tomografie (SPECT). Neměříme absolutní průtok krve, ale pouze jeho relativní rozložení v myokardu, které za normálních okolností bývá homogenní. V klidu zůstává rozložení perfuze homogenní i při významné stenóze koronárních tepen, protože dochází k udržování dostatečného průtoku myokardem pomocí kompenzační vazodilatace v poststenotickém úseku, a není tak pozorován výrazný rozdíl v průtoku mezi zúženou a normální tepnou. (Kupka, Kubinyi a Šámal, 2015)

Při zátěži se zvyšuje krevní průtok v normálním koronárním řečišti kvůli vyšší potřebě kyslíku, zatímco v oblasti zásobované zúženou tepnou nemůže průtok vzrůst v důsledku maximální vazodilatace v klidu. Myokard zásobovaný nepoškozeným koronárním řečištěm tedy při zátěži absorbuje více radiofarmaka než ten, který je zásobován zúženou tepnou. Rozložení aktivity v myokardu je v tomto případě na scitigramu heterogenní s „defektem“ v oblasti zásobené koronární tepnou s významnou stenózou. Při patologickém scintigramu po aplikaci radiofarmaka při zátěži je nutné porovnání s vyšetřením v klidu. (Kupka, Kubinyi a Šámal, 2015)

Nejběžnějším způsobem vyšetření je porovnání rozložení prokrvení myokardu při maximální zátěži a v klidu. Používají se preparáty označené metastabilním techneciem  $^{99m}\text{Tc}$ . Technecium má téměř ideální fyzikální vlastnosti pro použití v nukleární medicíně. Jedná se o

čistý monoenergetický gama zářič, který vyzařuje pouze gama záření s energií 140 keV při přeměně jádra. Jeho fyzikální poločas přeměny činí 6,03 hodin. Díky těmto vlastnostem  $^{99m}\text{Tc}$  jsou scintigrafické obrazy vysoké kvality a umožňují aplikaci vyšší aktivity radiofarmaka, což je důležité zejména při jednofotonové emisní výpočetní tomografii. Úroveň radiační zátěže pacientů i zdravotnických pracovníků, kteří manipulují s tímto radiofarmakem, je přijatelná. Díky chemickým vlastnostem  $^{99m}\text{Tc}$  je také snadné navázání radionuklidu na nosič. Zátěž můžeme provést buď fyzickou nebo pokud pacient není schopen tak farmakologická zátěž přichází na řadu. Fyzická zátěž se nejčastěji provádí na bicyklovém ergometru, případně na běžeckém páse. Metodika provedení je totožná s klasickým EKG zátěžovým ergometrickým testem, tento typ zátěže je preferován pro svou nejfyziologičtější povahu. Nicméně kvůli různým příčinám mnoho pacientů není schopno podstoupit dostatečnou fyzickou zátěž, a proto se stále častěji používá farmakologická zátěž. (Kupka, Kubinyi a Šámal, 2015; Adámková, 2016)

U pacientů, kteří nejsou schopni dosáhnout 85% maximální srdeční frekvence podle protokolu zátěžového testu, je farmakologický zátěžový test s použitím vazodilatací nebo dobutaminu alternativou k zátěži pro detekci fyziologicky významných stenóz koronárních tepen. K zobrazení myokardiální perfuze SPECT vyšetřením se může používat dipyridamol, adenosin nebo regadenoson. Nejčastěji používanou vazodilatační zátěžovou látkou je nyní regadenoson, agonista adenosinových A<sub>2A</sub> receptorů, podávaný jako intravenózní bolus. Přidání omezeného fyzického cvičení k zobrazování adenosinem nebo regadenosonem může oslabit pokles krevního tlaku vyvolaný vazodilatačními látkami a zlepšit kvalitu zobrazení zvýšením poměru vychytávání stopové látky srdcem a játry. Dobutaminová zátěž se upřednostňuje u pacientů, kteří mají bronchospasmus nebo astma v anamnéze nebo kteří během 12 hodin před vyšetřením požíli kofein, který je antagonistou adenosinových receptorů. Pacienti, u nichž se během infuze vazodilátátoru vyskytnou nežádoucí účinky, jako je hypotenze a bolest na hrudi, by měli být léčeni intravenózním aminofylinem, antagonistou adenosinu. Podání regadenosonu obvykle zvyšuje srdeční tep, a jeho selhání v tomto ohledu je neblahým prognostickým znakem. (Goldman, Schafer, 2019)

### 3 SHRNUÍ TEORETICKÉ ČÁSTI

Koronární onemocnění tepen stále představuje zdravotní problém, který má dopad na mnoho lidí a zatěžuje systémy zdravotní péče po celém světě. Zúžení a ucpání tepen může vést

ke komplikacím, jako je infarkt a srdeční selhání. V průběhu času přispělo úsilí výzkumných pracovníků, odborníků a vlád k pokroku v pochopení a zvládání tohoto kardiovaskulárního onemocnění.

Koronární onemocnění tepen se obvykle rozvíjí, když se na stěnách tepen hromadí cholesterol a hromadí se a vytváří pláty. Tyto pláty mohou zužovat tepny a snižovat průtok krve do srdce. Sraženina může někdy zablokovat průtok krve a způsobit vážné zdravotní problémy. Koronární tepny tvoří síť krevních cév na povrchu srdce, která ho zásobuje kyslíkem. Pokud se tyto tepny zúží, nemusí srdce dostávat dostatek okysličené krve.

Technologický pokrok medicíny umožnil vyvinout několik diagnostických metod vyšetření srdce a koronárních cév, které lékařům napomáhají při diagnostice onemocnění koronárních tepen.

Vyšetření máme několik druhů a můžeme je rozdělit např. na invazivní a neinvazivní. Neinvazivní vyšetření jsou metodou první volby, jelikož jsou šetrnější k pacientům a nenesou sebou tolik rizik. Ovšem někdy k diagnostice onemocnění koronárních tepen samotná neinvazivní vyšetření nestačí, a proto se lékaři přiklání k invazivním diagnostickým metodám.

Rentgen hrudníku je široce dostupná, relativně levná a rychlá zobrazovací metoda s průměrnou efektivní dávkou záření 0,03 až 0,1 mSv. Srdce se nejlépe hodnotí na PA a laterálních RTG snímcích, když je srdce nejbližší k detektoru obrazu. Na rentgenovém snímku hrudníku se srdce jeví jako homogenní stín obklopený plícemi, takže diagnostické hodnocení srdce a velkých cév je založeno spíše na velikosti a tvaru srdeční siluety než na přímém zobrazení vnitřní anatomie srdce.

Echokardiografii nazýváme ultrasonografií srdce. Ta využívá ultrazvukové vlny k zobrazení srdce, srdečních chlopní a velkých cév. Pomáhá posoudit tloušťku srdeční stěny (např. při hypertrofii nebo atrofii) a pohyb a poskytuje informace o ischemii a infarktu. Lze ji použít k posouzení systolické funkce i diastolického plnění levé komory, což může pomoci při posuzování hypertrofie levé komory, hypertrofické nebo restriktivní kardiomyopatie, závažného srdečního selhání a konstrikivní perikarditidy. Můžeme ji také využít k posouzení struktury a funkce srdečních chlopní, k detekci chlopenních vegetací a nitrosrdečních trombů a k odhadu plicního arteriálního tlaku a centrálního žilního tlaku.

CT koronarografie se stále častěji používá jako zobrazovací metoda pro diagnostiku ICHS a v mnoha případech jako vyšetření první volby. Technologický pokrok v pořizování a

zpracování CT koronarografie umožnil posouzení koronárních tepen při nízké dávce záření a vysoké přesnosti. Výhody CT koronarografie jsou: jedná se o neinvazivní metodu, pacient obdrží pouze kontrastní látku do krevního oběhu, rychlost vyšetření (10 až 15 minut) a výrazně nižší radiační zátěž než u tradiční angiografie.

Výhody magnetické rezonance srdce oproti jiným zobrazovacím technikám: vyšetření magnetickou rezonancí u srdečních onemocnění má oproti jiným zobrazovacím technikám výraznou výhodu, poskytuje vysokou kvalitu obrazu, umožňuje detailní zobrazení struktury srdce včetně komor, chlopní a cév. Mimo jiné MR srdce poskytuje multiplanární zobrazení, kdy umožňuje pořizovat snímky z různých úhlů a orientací. Při vyšetřování magnetickou rezonancí není použito ionizující záření. To z něj činí bezpečnější variantu pro opakovaná vyšetření, zejména u mladších pacientů.

Selektivní koronarografie (též koronární angiografie) je diagnostická metoda, která využívá kontrastní látky a rentgenového záření k vizualizaci koronárních tepen srdce. Mezi její hlavní výhody patří: přesná diagnostika kdy SKG umožňuje detailní zobrazení vnitřní struktury koronárních tepen, což je klíčové pro identifikaci zúžení nebo blokády způsobených aterosklerózou, pomáhá lékařům přesně určit místo a rozsah koronární arteriosklerózy, poskytuje rychlé a spolehlivé výsledky, které jsou okamžitě dostupné lékařům, usnadňuje rychlé rozhodování o dalším postupu léčby, což je klíčové zejména u pacientů s akutním koronárním syndromem, umožňuje provádění intervenčních procedur, jako je angioplastika a zavedení stentů, v případě, že je nalezeno zúžení nebo uzávěr tepny a kombinuje diagnostiku a léčbu v jedné proceduře, což snižuje potřebu dalších invazivních zákroků.

Perfuzní scintigrafie myokardu, také známá jako nukleární srdeční sken nebo myokardiální perfuzní zobrazování, je neinvazivní zobrazovací technika, která využívá radioaktivní izotopy k hodnocení průtoku krve myokardem (srdečním svalem). Zde jsou hlavní výhody této metody: umožňuje přesnou identifikaci oblastí myokardu s nedostatečným průtokem krve (ischemie) a odumřelé tkáně (infarkt), pomáhá při hodnocení závažnosti a rozsahu koronárních onemocnění, umožňuje hodnocení funkce srdečního svalu, včetně schopnosti srdce pumpovat krev a regionálních rozdílů v perfuzi, pomáhá posoudit efektivitu srdeční činnosti v klidu i při zátěži, umožňuje provádění zátěžových testů (fyzických nebo farmakologických), které mohou odhalit ischemii, která není patrná v klidu a pomáhá identifikovat pacienty s vysokým rizikem koronárních příhod při fyzické aktivitě.

## 4 PRAKTICKÁ ČÁST

### 4.1 Praktické provedení CT koronarografie

U pacientů, kterým je indikováno vyšetření CT koronarografie je doporučováno dodržovat tyto doporučení: před vyšetřením nejíst 4 hodiny, je doporučeno pít čirých tekutin, protože se snažíme předejít pravděpodobnost vzniku kontrastové nefropatie a také chceme co nejvíce zjednodušit zavedení žilního vstupu, nekonzumovat nápoje obsahující kofein 12 hodin před vyšetřením, protože právě kofein může vést ke zrychlení tepové frekvence nebo také bránit ve snížení tepové frekvence při podání bradykardizujících léků, pacienti, co berou léky na srdeční onemocnění si mohou své léky vzít a to zejména pokud jsou jejich léky určeny ke snižování srdeční frekvence, u pacientů s pozitivní alergickou anamnézou provést potřebnou protialergickou přípravu, u pacientů, kteří mají tepovou frekvenci větší než 65/min podávají se bradykardizující léky např. betablokátory nebo jiná podobně působící farmaka, cílem je dosáhnout tepové frekvence 50-60/min, tím snížíme množství pohybových artefaktů. U pacientů u kterých k tomu není kontraindikace, je možné podat několik minut před vyšetřením nitráty, ke zlepšení hodnotitelnosti koronárního řečiště. (Kuchynka, Lambert et al., 2015, online)

Když se pacient dostaví na objednaný termín, přihlásí se v registračním okénku a čeká na vyzvání do kabinky před vyšetřením, odloží si zde do půli těla a také vše kovové, co by mohlo zasahovat do oblasti hrudníku a zubní protézu, pokud má. Po registraci klienta s ověřením veškerých identifikačních a anamnestických údajů, je nemocný vyzván k odložení všech svých věcí z oblasti hrudníku a ke vstupu do vyšetřovny. Zaujme polohu na zádech, nohama směrem do kantry a ruce má v poloze za hlavou. Je zavedena periferní žilní kanyla, často do žíly v oblasti loketní jamky a pacient je napojen na tlakovou pumpu s fyziologickým roztokem a jodovou kontrastní látkou. Na pacientovu hrud' jsou umístěny EKG svody, pro monitoraci srdeční tepové frekvence. Radiologický asistent zacentruje na processus xiphoides hrudní kosti pacienta a vyšetření může začít.

Prvním krokem vyšetření je provedení tomoscanu vyšetřované oblasti v předozadní a bočné projekci. Oblast se týká cca od ramen po konec bránice, vyznačí se rozsah skenování nejčastěji 120 mm. Proveďte se kalciové skóre a lékař zhodnotí, zda bude CT koronarografie provedena. Pro kalciové skóre vyšší než 1000 se vyšetření ukončuje, protože koronární tepny jsou tak postižené stenózou, že obraz by nebyl hodnotitelný. Pokud je hodnota kalciového skóre v přijatelných hodnotách pokračujeme ve vyšetření.

Pro provedení CTKG má radiologický asistent k dispozici dvě možnosti. První je určena pro pacienty s tepovou frekvencí do 65 tepů za minutu, zatímco druhá je pro ty s vyšší tepovou frekvencí. Obě metody využívají prospektivního EKG triggeringu.

Protokol tepová frekvence do 65 skenuje pouze ve střední diastole komor, zatímco protokol tepová frekvence nad 65 pokrývá od systoly až po střední diastolu komor a automaticky volí potřebu multisegmentového snímání a počet segmentů. U protokolu pro vyšší tepovou frekvenci se výrazně zvyšuje radiační zátěž pacienta, proto sestra podle lékařského předpisu aplikuje intravenózně betablokátory, které snižují tepovou frekvenci.

Po zvolení protokolu RA určí rozsah skenování, který lékař stanoví na základě již provedeného kalciového skóre. Součástí protokolu je také sken pro bolus tracking, který se provádí přibližně ve středu vyšetřovaného objemu. Oblast zájmu při bolus trackingu se vymezuje do ascendentní aorty, přičemž startovací úroveň v místě zájmu musí být o 80 HU vyšší než denzita aorty. Po naplánování skenu RA spustí skenování a aplikaci kontrastní látky současně. Jakmile denzita kontrastní látky v aortě překročí startovací úroveň, počítač automaticky spustí akvizici vyšetřovaného objemu (srdce s věnčitými tepnami).

Pacientovi je podáno 70 ml kontrastní látky rychlostí 5 ml/s, kterou lze upravit dle stavu pacientových žil. Po vyšetření počítač provede rekonstrukci obrazu v řezech, kterou RA zkontroluje, zda nejsou přítomny žádné artefakty. Následně se obraz odešle radiologovi k vyhodnocení a napsání zprávy pro indikujícího lékaře.

Po vyšetření RA zaznamená do protokolu místo zavedení periferní žilní kanyly, šarži kontrastní látky a efektivní dávku, kterou pacient obdržel. Po vyšetření pacient zůstává v čekárně s periferní žilní kanylou po dobu 15 minut, aby se sledovala případná alergická reakce. Pokud nenastanou žádné komplikace, RA odstraní kanylu a pacient může opustit radiodiagnostické oddělení. (Vránová, 2015)

## **4.2 Praktické provedení MR srdce**

Magnetická rezonance srdce se stala užitečným výzkumným a klinickým nástrojem v kardiologii. MR srdce je neinvazivní, neionizující zobrazovací metoda s vysokým prostorovým rozlišením, která je považována za zlatý standard pro morfologické hodnocení srdce i pro hodnocení systolické a diastolické funkce.

MR srdce většinou není první volbou při diagnostice pacientů s problémy související se srdcem. Ale když k tomu dojde, tak pacient má předepsané MR srdce z těchto indikací.

- hodnocení funkce myokardu po infarktu myokardu
- hodnocení viability myokardu
- myokarditida, kardiomyopatie
- vrozené srdeční vady
- onemocnění chlopní, perikardu
- nádor myokardu
- klinický výzkum

Díky své schopnosti charakterizovat tkáň a morfologicky definovat jizvu, zánět a nekrózu je magnetická rezonance vhodná pro sledování kardiomyopatií. MR srdce dokáže oddělit ischemickou kardiomyopatii od neischemické a je nejdůležitější zobrazovací metodou pro diagnostiku a sledování pacientů s myokarditidou. Také je nej přesnější zobrazovací metodou pro popis infarktu myokardu, a to jak v akutní, tak v chronické fázi. MR srdce je důležité pro posouzení viability myokardu. Kromě toho je magnetická rezonance srdce užitečná při hodnocení onemocnění perikardu a srdečních nádorů. (Dickstein, 2008)

Před vyšetřením je nutné pacienta poučit o průběhu vyšetření a měl podepsaný informovaný souhlas. Vyšetření nám zabere asi jednu hodinu. Proto věnujeme velkou pozornost tomu, jak pacienta na lehátko ukládáme, aby se mu leželo pohodlně a on nám vydržel celou dobu vyšetření ležet bez hnutí. Před vstupem pacienta do vyšetřovny MR je nutné, aby byl pacient poučen o tom, že v převlékací kabině zanechá všechny kovové věci a obleče si nemocniční košili, která je mu poskytnuta, aby se předcházelo nečekaným kovovým doplňkům na oblečení. RA zavede periferní žilní kanylu pro podání kontrastní látky.

Pacient je uložen na vyšetřovací stůl na záda, ruce složí podél těla, natažené nohy, které pro pohodlnější ležení můžeme podložit. Pro EKG monitoring nalepíme na pacienta MR kompatibilní elektrody napojené na modul EKG s bezdrátovým přenosem signálu. Spolu se srdeční funkcí jsou sledovány i respirační pohyby pacienta, protože pokud by pacient při vyšetření volně dýchal, docházelo by k znehodnocení obrazu skenované oblasti, skeny provádíme ve výdechu. Na hrudník je přiložena srdeční cívka, která je nezbytná pro dobrou kvalitu snímků. Pacient dostane do ruky signalizační balónek, o kterém je pacient poučen, že slouží k přivolání personálu v případech nouze pacienta (nevolnost, pocit úzkosti atd.). Také

zdůrazníme, že pro dobrou kvalitu vyšetření je nutná dechová spolupráce. Pacient dostane sluchátka, která blokují hluk vydávající přístrojem a RA ho zasune do gantry.

Poté se provede samotné vyšetření, kdy se sekvence a protokol zvolí podle indikace, kterou pacienta přivedla na vyšetření. Je dobré zkontrolovat s lékařem. Při MR vyšetření srdce máme různé možnosti, jako např. morfologické zobrazení srdce, funkční zobrazení srdce, měření a kvantifikaci toku v hlavních cévách a chlopních, zobrazování perfuze pomocí kontrastní látky, zobrazování časného a pozdního syčení nebo zobrazení koronárního řečiště. Základní lokalizér je pokaždé naplánován v rovině sagitální, koronární a axiální. Na koronárním a sagitálním je naplánován axiální lokalizér a zachycen by měla být část začínající nad obloukem aorty, zahrnout celé srdce až k bránici, obvykle to zabere 18-20 řezů. Poté se dělají speciální projekce na srdce jako je např. dvoudutinová na levou a pravou komoru nebo čtyřdutinová projekce, dvouvýtoková projekce na levou komoru nebo také projekce na zobrazení srdečních chlopní.

Po skončení vyšetření RA zkontrolovat s radiologem, pokud jsou nějaké nejasnosti, nebo pokud chce lékař nasnímat nějaké dodatečné sekvence, tak se provedou a RA uloží celé vyšetření a odešle ho do nemocničního systému. Poté propustí pacienta z MR vyšetřovny, odstraní žilní kanylu a pacient se oblékne, je poučen, že jeho snímky byly odeslány na popis a o možnostech vyzvednutí popsanych výsledků. (Ducháč, 2014)

### 4.3 Praktické provedení NMR

Je jedním z nejčastěji prováděným vyšetřením srdce na oddělení NUM. Pacient je objednan na konkrétní termín a čas po indikování vyšetření od jeho lékaře. Před vyšetřením je nutné vysadit léky jako blokátory vápníkového kanálu, betablokátory a nitráty s protražovaným účinkem. Pacient přichází na lačno. Na SPECT vyšetření myokardu se používají dva druhy radiofarmak: thalium  $^{201}\text{Tl}$  a radiofarmaka značená techneciem  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ . (Fathala, 2011)

Gama kamery jsou založeny na detekci gama záření emitovaného radionuklidy. Radionuklidy mohou být do těla vpraveny nebo injektovány. Kamera akumuluje počty gama fotonů, které jsou detekovány krystaly v kameře. Stejně jako rentgen poskytuje gama kamera dvojrozměrnou projekci trojrozměrného objektu.

Princip fungování gamakamery zahrnuje několik klíčových kroků:

1. emise gama záření = podané radiofarmakum, které obsahuje radioizotop, který emituje gama záření

2. detekce gama záření = gama záření prochází pacientovým tělem a dopadá na krystal scintilátoru v kameře, nejčastěji krystal jodidu sodného aktivovaným thaliem

3. scintilace = když gama záření zasáhne scintilační krystal, způsobí, že krystal emituje malé záblesky světla (scintilace)

4. detekce světelných záblesků = záblesky jsou detekovány fotonásobiči, které převádějí světelné signály na elektrické signály

5. zpracování signálu = elektrické signály z fotonásobičů jsou zpracovány elektronickými obvody, které určují polohu a energii každého detekovaného záblesku, tato data jsou pak použita k vytvoření obrazu, který zobrazuje distribuci radioizotopu v těle pacienta

6. rekonstrukce obrazu

Tomografická verze gama kamery se nazývá SPECT, která poskytuje řezy tělem. Protože detekční techniky gama kamer a SPECT jsou založeny na stejném principu, mohou být pro obě techniky použity stejné radioizotopy. Mezi běžně používané izotopy patří technecium-99m, jódu-123 a indium-111. (Johansson, 2015)

Vynikající přesnost detekce ischemické choroby srdeční u pacientů s nediagnostikovanou bolestí na hrudi a bez historie ICHS pomocí perfuzní scintigrafie myokardu byla prokázána v řadě rozsáhlých studií.

Indikace k PSM pro detekci ICHS

- střední pretestová pravděpodobnost onemocnění koronárních cév
- abnormální klidové EKG: nespecifické změny ST-T, hypertrofie levé komory a abnormality
- při zátěžovém testu na rotopedu nebo běžícím pásu = neschopnost dosáhnout 85 % věkem daného předpokládaného maximálního srdečního tepu nebo pacienti užívající digoxin. (Fathala, 2011)

Zatížení může být provedeno různými způsoby. Nejvýhodnější metodou je bicyklová ergometrie, během které je pacient postupně zatěžován až dosáhne potřebné tepové frekvence. V případě, že pacient není schopen absolvovat vyšetření na bicyklu, je alternativou farmakologický typ zátěže, kdy se vyšší prokrvení srdečního svalu indukuje podáním léků. Po vyšetření může pacient odejít domů. Vyšetření vždy zahrnuje podání radioaktivní látky do žíly,

avšak radiační zátěž je klasifikována jako nižší až střední. Pacient je při vyšetření napojený na EKG monitoring a tonometr. Lékař po celou dobu výkonu sleduje pacientovi naměřené hodnoty a jeho stav. Je poučen, že pokud by během zátěže cítil jakýkoliv diskomfort jako např. bolest na hrudi nebo dušnost, má neprodleně oznámit.

Po vhodné zátěži a aplikaci radiofarmaka do žíly následuje scintigrafické vyšetření. Tím se zobrazí levá komora pacientova srdce, což umožňuje lékaři zkoumat prokrvení myokardu, které může být u různých onemocnění poškozeno v různém stupni a rozsahu. Na vyšetřovací stůl je pacient položen na záda a potom následně je provedeno snímání. Poté se pacient obrátí do polohy na břicho a snímáme ještě jednou. (Holeksa, 2018)

Tato metoda umožňuje získat informace o funkci tkáně pomocí podání radioaktivní látky intravenózně. Radiofarmakum se hromadí v oblastech s zvýšeným metabolismem nebo vaskularizací. Poté emituje gama fotony, které jsou zachyceny gamakamerou a počítačovým zpracováním získáme 2D obraz. Fotony gama záření, jsou z cílového místa uvnitř pacienta emitovány do všech různých směrů, ale k detekování dojde jedině u těch, které dopadají na detekční senzor scintilačního detektoru gamakamery a tam jsou zaznamenány. Zbývající část radiofarmaka, které se neakumuluje je vylučována z těla pacienta, nejčastěji močí. V radiodiagnostice a radioterapii záření emitují přístroje nebo zdroj mimo tělo pacienta v nukleární medicíně přístroje jen snímají záření vycházející z těla pacienta, jemuž bylo podáno radiofarmakum. Pozitivem nukleární medicíny je, že můžeme pořídit libovolné množství snímků/projekcí podle toho, jak je potřeba, aniž bychom zvýšili ozáření pacienta, který v těchto situacích představuje samotný zdroj záření. (Seidl, 2012; Kubinyi et al, 2018)

Po dokončení testu pacienta odvedeme z vyšetřovací místnosti do kabinky a pacient se může obléknout. Pacienta informujeme, že by měl zvýšit příjem tekutin a častěji navštěvovat toaletu, aby se radiofarmakum rychleji vyloučilo a nedocházelo k nadměrnému hromadění v močovém měchýři. Následující den by se měl pacient vyhnout blízkému kontaktu s dětmi a těhotnými ženami. Jinak není nijak omezen. Rozloučíme se s pacientem, zkompletujeme nasnímaná data a předáme je lékaři k vyhodnocení. Použité jednorázové pomůcky zlikvidujeme dle provozního řádu a programu zabezpečení kvality a případně připravíme přístroj pro dalšího pacienta.

Během celého procesu práce s pacientem, pokud mu již bylo podáno radiofarmakum, musíme mít na paměti, že je zdrojem ionizujícího záření. Proto se musíme co nejvíce chránit.

Chráníme se pomocí času, vzdálenosti a ochranných pomůcek, přičemž největší roli hraje vzdálenost a čas. (Holeksa, 2018)

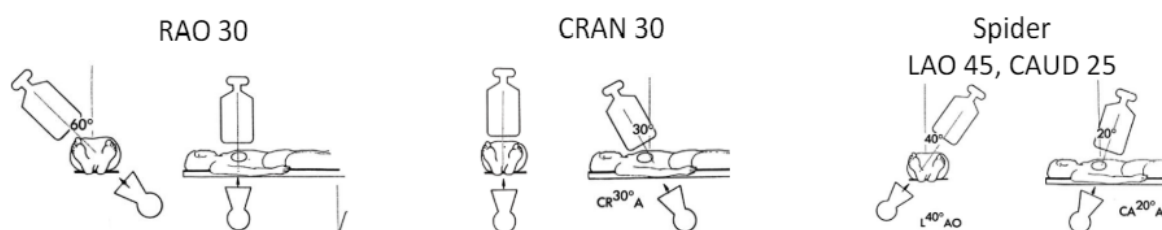
#### 4.4 Praktické provedení SKG

U pacientů můžeme provádět pouze diagnostickou koronarografií nebo terapeutickou nebo diagnosticko-terapeutickou. Záleží na úsudku provádějícího lékaře a stavu koronárních tepen pacienta. Pacient leží na katetrizačním sále na zádech na plovoucím lehátku, kde je také C-rameno RTG přístroje.

Vzhledem k rozdílné anatomii a poloze koronárních tepen se projekce rentgenového záření potřebná k získání optimálního zobrazení mění podle toho, který úsek každé tepny je zobrazován. Kromě toho, protože získané snímky jsou dvourozměrné, jsou pro každý úsek obvykle zapotřebí alespoň dva ortogonální pohledy, aby bylo možné provést kompletní vizualizaci a zajistit, že nebudou přehlédnuty excentrické koronární stenózy. Problém použití dvourozměrných snímků k získání informací o trojrozměrném lumen je skutečně jedním z klíčových limitujících faktorů konvenční angiografie.

Angiografické zobrazení se klasicky nazývá podle polohy rentgenky a detektoru vůči pacientovi. V současné době se však běžně zjednodušeně nazývají pouze podle polohy detektoru obrazu. Při pořizování snímku se tedy název vztahuje k místu, odkud se „díváme“. Hlavní výchozí polohou je přímá postero-anteriorní poloha (PA) tj. přímo kolmo na hrudník pacienta. Odtud se pak C-rameno může pohybovat ve dvou různých rovinách a to následovně:

- pravá nebo levá přední šikmá rovina (RAO nebo LAO) = detektor obrazu se přesune tak, aby mířil na pacienta z pravé nebo levé strany, stupeň úhlu se udává číslicí např. LAO 40°
- kraniální (CRAN) nebo kaudální (CAUD), detektor obrazu je posunut tak, aby směřoval od hlavy, resp. od nohou pacienta, stupeň úhlu se opět udává jako číselný údaj ve stupních



Obrázek 1 - Projekce při angiografii



**Obrázek 2 Projekce při angiografii**

Celý výkon začíná zvolením cévního přístupu, který je většinou a. radialis nebo a. femoralis. Lékař si zvolí cévní přístup a velikost sheathu, který bude potřebovat. K puncí přístupu tepny se využívá Seldingerova metoda. Součástí instrumentária je taky 18G růžová jehla, vodič který má nejčastěji průměr 0,038 nebo 0,035 inch a také již zmíněný sheath nejčastěji velikosti 6F. Sheath je zakončený chlopní, který je průchodný pouze směrem do cévy a brání úniku krve. Přes sheath je pak možno zavádět potřebné katetry, vodící dráty a další instrumentarium podle potřeby lékaře. K zobrazení koronárních tepen se využívá jodová kontrastní látka, která je pacientovi aplikována přes injektor.

Lékař hodnotí podle RTG obrazu koronárních cév, zda je potřeba nějaká intervence např. zavedení stentu nebo provedení balonkové koronární angioplastiky.

Po provedení zákroku je výkon ukončen odstraněním instrumentária a místo vpichu je stlačováno podle toho, z které cévy byl výkon proveden. Pokud byl prováděn na a. radialis, přikládá se speciální nafouknutý kompresivní náramek, pokud na a. femoralis je nutné po odstranění zavaděče komprese vpichu 10-15 minut, poté komprese elastickým obinadlem, nebo využití systému Perclose ProStyle. Vpich též může být ošetřen stehy nebo tkáňovým lepidlem.

Po výkonu pacient dodržuje klidový režim. Doba klidu závisí na zvolené cestě katetrizace, kterou určil intervenční lékař. Pokud má pacient kompresní náramek na zápěstí, měl by odpočívat po dobu 3 hodin. Náramek se postupně uvolňuje každých 15 minut o 5 ml vzduchu. Je důležité pravidelně kontrolovat vizuálně, zda místo vpichu pod kompresí nekrvácí. Pro snadnou a rychlou manipulaci jsou náramky vybaveny suchým zipem. Pokud je výkon proveden z femorální tepny, pacient přijíždí z katetrizačního sálu s kompresním obvazem a dodržuje klidový režim na zádech.

## 5 VÝZKUMNÁ ČÁST

### 5.1 Výzkumné cíle, otázky a hypotézy

Hlavním cílem této diplomové práce bylo zhodnotit přesnost léčebných postupů při diagnostice stenózy koronárních tepen. Mezi dílčí cíle této diplomové práce patřilo:

- 1) Srovnání vyšetřovacích metod při zobrazování srdečních tepen a funkce myokardu
- 2) Zhodnotit věkové kategorie mužů a žen, které nejčastěji postihuje onemocnění koronárních tepen.
- 3) Zhodnocení vzájemné závislosti ejekční frakce pacientů s jejich váhou.

**K uvedeným cílům byly formulovány následující výzkumné hypotézy:**

H1: Perfuzní vyšetření myokardu bude mít podobnou přesnost jako selektivní koronarografie při diagnostice stenózy koronárních tepen.

H2: Magnetická rezonance srdce bude mít podobnou přesnost jako selektivní koronarografie při diagnostice stenózy koronárních tepen.

H3: CT koronarografie bude mít podobnou přesnost jako selektivní koronarografie při diagnostice stenózy koronárních tepen.

H4: U pacientů, kteří mají správně diagnostikovanou stenózu koronárních tepen je signifikantně nižší průměrný věk než u pacientů s nepřesně určenou diagnózou.

H5: Onemocnění koronárních tepen postihuje častěji muže než ženy.

H6: Předpokládáme, že věk pacienta má vliv na správnost diagnostiky stenózy koronárních tepen.

H7: Mezi ejekční frakcí a váhou pacienta existuje negativní závislost, což znamená, že se zvyšující se váhou pacienta klesá hodnota ejekční frakce.

### 5.2 Charakteristika výzkumného vzorku

Pro výběr účastníků tohoto výzkumu byla použita metoda záměrného výběru. Sběr vzorku probíhal na katetrizačních sálech 1. interní kliniky ve Fakultní nemocnici v Olomouci.

**Zařazovací kritéria**

Kritéria, které budou muset subjekty splnit jsou následující: pacient musel prodělat jedno ze tří vyšetření = CT koronarografie, MR srdce anebo perfuzní scintigrafie myokardu. Poté prodělal invazivní vyšetření selektivní koronarografie na katetrizačních sálech I. interní kliniky FNOL.

### **Vyřazovací kritéria**

Do výzkumného souboru nebyli zařazeni pacienti, kteří prodělali pouze selektivní koronarografii, bez předchozích potřebných vyšetření.

### **Charakteristika výzkumného vzorku**

U jednotlivých subjektů byly sbírány informace o pohlaví, věku, váze a výšce, ročníku narození, typ prodělaného vyšetření a jeho výsledky, hodnoty ejekční frakce a výsledky selektivní koronarografie.

Do výzkumného souboru bylo zařazeno celkově 152 pacientů, z toho 48 žen a 104 mužů.

## **5.3 Realizace výzkumu**

Výzkum zaměřený na 152 pacientů, z toho 48 žen a 104 mužů, prováděn na základě souhlasného stanoviska Etické komise Fakulty zdravotnických věd Univerzity Palackého v Olomouci (viz příloha x). Výzkumné šetření probíhalo na katetrizačních sálech 1. interní kliniky ve FN Olomouc, v období od prosince 2023 do dubna 2024.

Potenciální účastníci byli vybíráni na základě prodělaných vyšetření před samotnou selektivní koronarografií. Celkem se výzkumu zúčastnilo 152 účastníků.

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

## 5.4 Metoda zpracování dat

Jakmile byla data nasbírána, byla převedena do elektronické podoby, konkrétně do excelové tabulky programu Microsoft Office – Excel, kde byly dále statisticky zpracovány.

Ke statistickému zpracování byly využity tyto metody: Studentův procentový t-test, kontingenční tabulky a Pearsonův korelační koeficient.

V první výzkumné hypotéze data popisují přesnost diagnostiky stenózy koronárních tepen pomocí vyšetření perfuzní scintigrafie myokardu. Byla sepsána údaje pacientů, kteří podstoupili vyšetření perfuzní scintigrafie a poté podstoupili selektivní koronarografii. Bylo hledáno a porovnáno procento shodujících se správných diagnóz obou metod a vyjádřeny procenty. Použit byl Studentův procentový t-test.

Ověření platnosti druhé hypotézy probíhalo podobným způsobem jako u hypotézy první. Ovšem vyšetření, které bylo bodem zájmu byla tentokrát magnetická rezonance srdce. Opět byli vybráni pacienti, kteří před samotnou selektivní koronarografií na katetrizačním sále podstoupili MR srdce a poté byly porovnány diagnózy. Studentův procentový t-test poté vyjadřuje přesnost a shodu diagnostiky MR srdce v souvislosti s poté provedenou selektivní koronarografií, která diagnózu potvrdila, nebo vyvrátila.

Třetí hypotéza týkající se přesnosti vyšetření CT koronarografie bohužel pro nedostatek dat nemůže být ověřena.

Součástí čtvrté hypotézy bylo zjistit, zda je signifikantní rozdíl mezi věkem pacientů správně diagnostikovaných a nesprávně diagnostikovaných. Byl zaznamenán věk pacientů a poté pomocí t-testu vyhodnoceny rozdíly.

Pátá hypotéza se zabývá otázkou, zda pohlaví pacientů má nějaký vliv na správnost diagnózy stenózy koronárních tepen. V kontingenční tabulce byly porovnány počty správně diagnostikovaných stenóz u žen a u mužů.

Ověření platnosti šesté hypotézy proběhlo s pomocí kontingenční tabulky, kdy nás zajímal vliv konkrétního věku pacienta. Skupina pacientů byla rozdělena podle věku na dvě skupiny: jedna věk 60+ a druhá věk 60-.

V sedmé hypotéze se zkoumá vztah mezi hodnotou ejekční frakce a váhou pacienta. Váha i ejekční frakce byly zaznamenány do tabulek a byla vypočítána statistická závislost pomocí Pearsonova korelačního koeficientu.

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

## **5.5 Výsledky výzkumu**

V závislosti na výzkumných hypotézách byly vytvořeny statistické hypotézy, které sloužily k ověření jejich platnosti.

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

H<sub>01</sub>: Přesnost diagnostiky stenózy koronárních tepen pomocí perfuzní scintigrafie myokardu je stejná jako přesnost diagnostiky pomocí selektivní koronarografie.

H<sub>A1</sub>: Přesnost diagnostiky stenózy koronárních tepen pomocí perfuzní scintigrafie myokardu je odlišná od přesnosti diagnostiky pomocí selektivní koronarografie.

### **Ověření platnosti a shrnutí výsledku:**

Pomocí Studentova procentového t-testu bylo zjištěno, že mezi správně diagnostikovanou a nesprávně diagnostikovanou stenózou koronárních tepen při předchozím vyšetření perfuzní scintigrafie myokardu je signifikantní rozdíl. ( $p=0,001$ )

$p<0,05$  mezi procenty výskytu (1...62,5% , 2...37,5%) je signifikantní rozdíl

Z tohoto důvodu byla zamítnuta nulová hypotéza a přijata hypotéza alternativní. Vzhledem k přijetí alternativní hypotézy bylo nutné přijmout první výzkumnou hypotézu.

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

H<sub>02</sub>: Přesnost diagnostiky stenózy koronárních tepen pomocí magnetické rezonance srdce je stejná jako přesnost diagnostiky pomocí selektivní koronarografie.

H<sub>A2</sub>: Přesnost diagnostiky stenózy koronárních tepen pomocí magnetické rezonance srdce je odlišná jako přesnost diagnostiky pomocí selektivní koronarografie.

### **Ověření platnosti a shrnutí výsledku:**

Pomocí Studentova procentového t-testu bylo zjištěno, že mezi správně diagnostikovanou a nesprávně diagnostikovanou stenózou koronárních tepen při předchozím vyšetření magnetické rezonance srdce je signifikantní rozdíl. ( $p=0,000$ )

$p < 0,05$  mezi procenty výskytu (1...84,5% , 2...15,5%) je signifikantní rozdíl

Z tohoto důvodu byla zamítnuta nulová hypotéza a přijata hypotéza alternativní. Vzhledem k přijetí alternativní hypotézy bylo nutné přijmout druhou výzkumnou hypotézu.

#### Statistické hypotézy ke čtvrté výzkumné hypotéze:

$H_{04}$ : Mezi věkem pacientů, kteří mají správnou diagnózu a kteří diagnózu správnou nemají není signifikantní rozdíl.

$H_{A4}$ : Mezi věkem pacientů, kteří mají správnou diagnózu a kteří diagnózu správnou nemají je signifikantní rozdíl.

#### Ověření platnosti a shrnutí výsledku:

K ověření platnosti čtvrté výzkumné hypotézy byl využit Studentův t-test, kdy se porovnávalo, zda má věk pacientů nějaký vliv na potvrzení diagnózy stenózy koronárních tepen. Koeficient  $p$  vyšel větší, než je hladina signifikance 0,05.

$p > 0,05$

Z tohoto důvodu byla přijata nulová hypotéza a zamítnuta hypotéza alternativní. Vzhledem k přijetí nulové hypotézy bylo nutné zamítnout čtvrtou výzkumnou hypotézu.

| Proměnná | t-testy; Grupovací: SPRÁVNÁ DIAGNÓZA PŘEDCHOZÍHO VYŠETŘENÍ, 1=ANO, 2 = NE (List1 v Data pro stat) |          |          |     |          |            |              |            |            |                  |            |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|-----|----------|------------|--------------|------------|------------|------------------|------------|
|          | Průměr 1                                                                                          | Průměr 2 | Hodnota  | SV  | p        | platných 1 | platných N 2 | sm.odch. 1 | sm.odch. 2 | F-poměr Rozptyly | p Rozptyly |
| VĚK      | 64,57798                                                                                          | 70,62791 | -2,98088 | 150 | 0,003355 | 109        | 43           | 11,84568   | 9,633827   | 1,511896         | 0,130397   |

Tabulka 1 Studentův t-test

$p > 0,05$  je signifikantní rozdíl mezi průměrnými věky

#### Statistické hypotézy k páté výzkumné hypotéze:

$H_{05}$ : Pohlaví nemá vliv na správnost diagnózy onemocnění koronárních tepen.

$H_{A5}$ : Pohlaví má vliv na správnost diagnózy onemocnění koronárních tepen.

#### Ověření platnosti a shrnutí výsledku:

Pro ověření této hypotézy byla využita kontingenční tabulka, kde se porovnával vliv pohlaví na správnost diagnózy stenózy koronárních tepen. Koeficient  $p$  vyšel v obou případech větší než hladina významnosti 0,05, takže zde je signifikantní rozdíl.

$p > 0,05$

Z tohoto důvodu byla přijata nulová hypotéza a zamítnuta hypotéza alternativní. Vzhledem k přijetí nulové hypotézy bylo nutné zamítnout pátou výzkumnou hypotézu.

| Kontingenční tabulka (List1 v Data pro stat)<br>Četnost označených buněk > 10<br>(Marginální součty nejsou označeny) |                                                                  |                                                                  |                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------|
| POHLAVÍ - 1=ŽENA, 2 = MUŽ                                                                                            | SPRÁVNÁ DIAGNÓZA<br>PŘEDCHOZÍHO VYŠETŘENÍ,<br>1=ANO, 2 = NE<br>1 | SPRÁVNÁ DIAGNÓZA<br>PŘEDCHOZÍHO VYŠETŘENÍ,<br>1=ANO, 2 = NE<br>2 | Řádek<br>součty |
| 1                                                                                                                    | 35                                                               | 13                                                               | 48              |
| 2                                                                                                                    | 74                                                               | 30                                                               | 104             |
| Všechny                                                                                                              | 109                                                              | 43                                                               | 152             |

**Tabulka 2 Kontingenční tabulka k páté hypotéze**

| Statistika              | Chí-kvadrát | SV   | p         |
|-------------------------|-------------|------|-----------|
| Pearsonův chí-kvadr.    | ,0503083    | df=1 | p= ,82253 |
| M-V chí-kvadr.          | ,0505503    | df=1 | p= ,8211  |
| Fí pro tabulky 2x2      | ,0181927    |      |           |
| Tetrachorická korelace  | ,0317967    |      |           |
| Kontingenční koeficient | ,0181897    |      |           |

**Tabulka 3 Tabulka s koeficientem p k páté hypotéze**

### Statistické hypotézy k šesté výzkumné hypotéze

$H_0$ 6: Věk pacienta neovlivňuje správnost diagnostiky stenózy koronárních tepen.

$H_A$ 6: Věk pacienta ovlivňuje správnost diagnostiky stenózy koronárních tepen.

### Ověření platnosti a shrnutí výsledku:

Pro ověření platnosti této hypotézy byla vytvořena kontingenční tabulka, kde se pacienti rozdělili do dvou skupin, podle toho, zda mají 60 let a více nebo méně. Poté bylo porovnáno, kolik správných a špatných diagnóz stenóz koronárních tepen bylo v každé skupině a vypočítán koeficient p. ( $p=0,03$ ,  $p=0,03$ )

$p<0,05$

Po statistické stránce věk pacienta ovlivňuje správnost diagnostiky stenózy koronárních tepen avšak po stránce klinické je tento vliv zanedbatelný ( $C=0,165$  koeficient kontingence dosahuje nízké hodnoty).

Z tohoto důvodu byla zamítnuta nulová hypotéza a přijata hypotéza alternativní. Vzhledem k přijetí alternativní hypotézy bylo nutné přijmout šestou výzkumnou hypotézu. Ovšem jak je již zmíněno, je to pouze po statistické stránce.

| Kontingenční tabulka (List1 v H6)<br>Četnost označených buněk > 10<br>(Marginální součty nejsou označeny) |                       |                       |                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|
| SPRÁVNÁ DIAGNÓZA<br>PŘEDCHOZÍHO VYŠETŘENÍ,<br>1=ANO, 2 = NE                                               | Věk 1: ?60 2:>60<br>1 | Věk 1: ?60 2:>60<br>2 | Řádek<br>součty |
| 1                                                                                                         | 36                    | 73                    | 109             |
| 2                                                                                                         | 7                     | 36                    | 43              |
| Všechny                                                                                                   | 43                    | 109                   | 152             |

**Tabulka 4 Kontingenční tabulka k šesté hypotéze**

| Statistika              | Chí-kvadrát | SV   | p          |
|-------------------------|-------------|------|------------|
| Pearsonův chí-kvadr.    | 4,263762    | df=1 | $p=,03893$ |
| M-V chí-kvadr.          | 4,582129    | df=1 | $p=,03231$ |
| Fí pro tabulky 2x2      | ,1674845    |      |            |
| Tetrachorická korelace  | ,3115793    |      |            |
| Kontingenční koeficient | ,1651838    |      |            |

**Tabulka 5 Tabulka s koeficientem p k šesté hypotéze**

### Statistické hypotézy k sedmé výzkumné hypotéze:

$H_07$ : Mezi ejekční frakcí a váhou pacienta neexistuje žádná statisticky významná závislost.

$H_{A7}$ : Mezi ejekční frakcí a váhou pacienta existuje statisticky významná závislost.

### Ověření platnosti a shrnutí výsledku:

Pomocí Pearsonova korelace, kdy do tabulky byly dány hmotnosti pacientů a jejich naměřené ejekční frakce, bylo zjištěno, že mezi ejekční frakcí a váhou pacienta neexistuje žádná statisticky významná závislost. Koeficient byl v tomto případě 0,48 což je vyšší hodnota než stanovená hodnota významnosti (0,05).

$p > 0,05$

Z tohoto důvodu byla přijata nulová hypotéza a zamítnuta hypotéza alternativní. Vzhledem k přijetí nulové hypotézy bylo nutné zamítnout sedmou výzkumnou hypotézu.

|                |                     | EJEKČNÍ FRAKCE | VÁHA |
|----------------|---------------------|----------------|------|
| EJEKČNÍ FRAKCE | Pearson Correlation | 1              | ,048 |
|                | Sig. (2-tailed)     |                | ,561 |
|                | N                   | 152            | 152  |
| VÁHA           | Pearson Correlation | ,048           | 1    |
|                | Sig. (2-tailed)     | ,561           |      |
|                | N                   | 152            | 152  |

Tabulka 6 Pearsonova korelace k sedmé hypotéze

## 6 DISKUZE

Hlavním cílem výzkumu této diplomové práce bylo zhodnotit přesnost léčebných postupů při diagnostice stenózy koronárních tepen, tudíž zjistit, zda neinvazivní vyšetření, která předchází selektivní koronarografii dokážou přesně a bez chyb diagnostikovat stenózu koronárních tepen. Prvním dílčím cílem bylo srovnat vyšetřovací metody při zobrazování srdečních tepen a funkce myokardu. Druhým dílčím cílem bylo zhodnotit, zda diagnostiku stenózy koronárních tepen nějak ovlivňuje věk a pohlaví pacientů. Třetím a posledním dílčím cílem bylo zhodnotit, jestli je statistická souvislost mezi hodnotou ejekční frakce a váhou pacienta.

**V závislosti na těchto cílech byly stanoveny výzkumné hypotézy:**

H1: Perfuzní vyšetření myokardu bude mít podobnou přesnost jako selektivní koronarografie při diagnostice stenózy koronárních tepen.

H2: Magnetická rezonance srdce bude mít podobnou přesnost jako selektivní koronarografie při diagnostice stenózy koronárních tepen.

H4: U pacientů, kteří mají správně diagnostikovanou stenózu koronárních tepen je signifikantně nižší průměrný věk než u pacientů s nepřesně určenou diagnózou.

H5: Onemocnění koronárních tepen postihuje častěji muže než ženy.

H6: Předpokládáme, že věk pacienta má vliv na správnost diagnostiky stenózy koronárních tepen.

H7: Mezi ejekční frakcí a váhou pacienta existuje negativní závislost, což znamená, že se zvyšující se váhou pacienta klesá hodnota ejekční frakce.

**Výsledky tohoto výzkumu, které jsou podloženy výsledky statistického měření, prokázaly:**

- Perfuzní scintigrafie myokardu má podobnou přesnost jako selektivní koronarografie.
- MR srdce má podobnou přesnost jako selektivní koronarografie.
- U pacientů, kteří mají správně diagnostikovanou stenózu koronárních tepen není signifikantně nižší průměrný věk než u pacientů s nepřesně určenou diagnózou.
- Pohlaví nemá vliv na správnost diagnózy onemocnění koronárních tepen.

- Věk pacienta má vliv na správnost diagnostiky stenózy koronárních tepen. Avšak jen po statistické stránce, po klinické stránce je vliv zanedbatelný.
- Mezi váhou pacienta a jeho ejekční frakcí neexistuje statisticky významná závislost.

Tato diskuse je zaměřena na interpretaci hlavních zjištění studie této diplomové práce o tom, která vyšetřovací metoda, má nej přesnější diagnostiku stenózy koronárních tepen, před samotnou selektivní koronarografií, která tuto diagnózu buď potvrdí nebo vyvrátí. To bylo také prvním dílčím cílem této práce. K tomuto cíli se vztahovaly první tři výzkumné hypotézy. Třetí výzkumnou hypotézu jsme pro nedostatečné množství dat museli zanedbat.

Výsledky ukazují, že v obou případech prvních dvou výzkumných hypotéz, se povedlo hypotézy potvrdit a byly přijaty. Když porovnáme výsledky prvních dvou šetření, tak procentuálně má perfuzní scintigrafie shodu se selektivní koronarografií v 62,5%. Magnetická rezonance srdce má shodu v 84,5% případů, což je tedy o 22% více.

Podle studie dle Mézquita, Biavati, Falk, et al, publikovanou v roce 2023 se MR v současnosti široce nepoužívá v klinické praxi a je využívána především v odborných centrech, ale má potenciál stát se spolehlivým nástrojem pro hodnocení stenózy a morfologie plaku bez vystavení pacienta ionizujícímu záření, za předpokladu, že další technická vylepšení zvýší robustnost obrazů. Ke zlepšení v této studii navrhuji, že prostorové rozlišení MR lze zvýšit zmenšením velikosti voxelů a zkrácením doby akvizice a lepší zvýraznění signálu lze dosáhnout novými kontrastními látkami.

Studie z roku 2017 dle Danad, Szymonifika, Twis, et al, říká, že přesnost SPECT (perfuzní vyšetření myokardu) vyšetření při detekci hemodynamicky významného onemocnění koronárních tepen, je střední. Zmiňuje také, že SPECT má slabší výkonnost na úrovni jednotlivých cév, což lze pravděpodobně přičíst nedostatku anatomických informací. Dále, při přítomnosti vícečetné stenózy koronárních tepen, SPECT buď přehlíží ischemii kvůli přítomnosti vyvážené ischemie, nebo rozpoznává pouze nejzávažnější oblast. V tomto případě jsou ostatní cévní oblasti zanedbány, což mohlo vést k nižší senzitivitě na úrovni jednotlivých cév.

Čtvrtá a šestá výzkumná hypotéza zjišťuje, zda nějak statisticky souvisí věk pacienta společně s správnou nebo chybnou diagnostikou pomocí primárního vyšetření. K výpočtu byl využit Studentův statistický t-test a koeficient p nám vyšel větší, než je hladina signifikance

0,05. Tím pádem jsme museli zamítnout čtvrtou výzkumnou hypotézu a zjistili jsme, že věk nemá signifikantní statistickou souvislost při diagnostice stenózy koronárních tepen.

U šesté hypotézy nám vyšel koeficient  $p$  menší než 0,05. Z tohoto důvodu byla zamítnuta nulová hypotéza a přijata hypotéza alternativní. Vzhledem k přijetí alternativní hypotézy bylo nutné přijmout šestou výzkumnou hypotézu. Ovšem jak je již zmíněno, je to pouze po statistické stránce. Další studie, které by sloužily k porovnání výsledků, nebyly nalezeny.

Pátá výzkumná hypotéza zjišťuje vliv pohlaví pacienta na správnost diagnostiky stenózy koronárních tepen. Koeficient  $p$  vyšel v obou případech větší než hladina významnosti 0,05, takže zde je signifikantní rozdíl. Vzhledem k přijetí nulové hypotézy bylo nutné zamítnout pátou výzkumnou hypotézu.

Studie dle Gheisari, Emami, Shahraki, et al, z roku 2020 říká že, role hlavních kardiovaskulárních rizikových faktorů při rozvoji ischemické choroby srdeční (ICHS) vykazoval nevýraznou podobnost mezi pohlavími. Jak je známo, celková úroveň rizikových faktorů byla u mladých žen příznivější než u mužů. Nicméně, výhody ženského pohlaví se s přibývajícím věkem výrazně snižují. V souladu s výsledky ukázala statistická analýza, že vyšší věk je společným rizikovým faktorem pro obě pohlaví.

Na základě této studie je ICHS častější u mužů (19,1 % oproti 14,2 %). Navíc, ve Wegnerově studii, z roku 2022, se ukázalo, že koronární arterioskleróza (CAD) a první akutní infarkt myokardu (MI) se vyskytují u žen o několik let později než u mužů. Dobře známá biologická ochrana žen proti koronární arterioskleróze před menopauzou může způsobit více než desetileté zpoždění v projevech příznaků CAD v jejich tělech. Muži mladší 55 let mají téměř čtyřikrát vyšší pravděpodobnost výskytu MI než ženy. Nicméně, s přibývajícím věkem se rozdíl mezi pohlavími zmenšuje, ale prevalence MI je stále nižší u žen během jejich života, protože úroveň koronární choroby srdce (CHD) u žen náhle nevzrůstá při menopauze. Nakonec Wegner uvedl, že celkově 49 % mužů oproti 32 % žen ve věku nad 40 let je ohroženo CHD.

Sedmá výzkumná hypotéza zkoumá vztah hodnoty ejekční frakce pacienta a jeho váhy. Pro zjištění a porovnání vztahu těchto dvou proměnných byla využita Pearsonova korelace, která hodnotí právě vztah dvou proměnných. Výsledkem je korelační koeficient, který určuje stupeň vztahu mezi zkoumanými hodnotami. Koeficient byl v tomto případě 0,48 což je vyšší hodnota než stanovená hodnota významnosti (0,05). Z tohoto důvodu byla přijata nulová

hypotéza a zamítnuta hypotéza alternativní. Vzhledem k přijetí nulové hypotézy bylo nutné zamítnout sedmou výzkumnou hypotézu.

Studie, které se neshodují s tímto výsledkem říkají, že obezita je pozitivně spojena se zvýšením ejekční frakce levé komory. Obezita byla považována za stav chronického objemového přetížení, protože srdce musí cirkulovat krev skrz velké a relativně nízkoodporové zásobníky tukové tkáně. Rané studie naznačovaly, že obezita byla spojena s excentrickým remodelováním levé komory. Výsledky magnetické rezonance srdce a dalších echokardiografických studií nyní konzistentně ukazují, že jak velikost dutiny levé komory, tak tloušťka stěny mohou být zvýšeny u obézních jedinců, přičemž tloušťka stěny je zvýšena více než velikost dutiny. Několik studií zjistilo, že ejekční frakce levé komory je u většiny obézních jedinců normální až zvýšená. (studie dle Elkhader, Abdulla, Omer, et al, z roku 2014)

Studie z roku 2021 dle Wang, Ye, Zheng et al, provedla šestiměsíční sledování pacientů hospitalizovaných kvůli srdečnímu selhání a to ukázalo, že obézní a pacienti s nadváhou měli podobné výsledky v tom, že u obou skupin byla vyšší pravděpodobnost zvýšení ejekční frakce (EF) ve srovnání s pacienty s normální hmotností nebo podváhou. Tyto údaje naznačují existenci optimálního BMI, které je prospěšné pro lidi se srdečním selháním se zachovanou ejekční frakcí. Podobná pozorování byla učiněna po analýze BMI jako kontinuální proměnné. Ukázalo se, že vyšší BMI do určité míry bylo spojeno s vyšší pravděpodobností zlepšení EF u pacientů se srdečním selháním se zachovanou ejekční frakcí. Tato studie zdůraznila potenciál použití BMI jako prediktoru zlepšení EF a že pacienti s vyšším BMI mohou vykazovat zlepšenou EF. Ačkoli hypertenze, fibrilace síní a diabetes mellitus byly spojeny s vyšší pravděpodobností zotavení EF při variačních srovnáních, žádný z těchto faktorů nebyl nezávisle spojen při multivariační analýze. To lze vysvětlit tím, že tyto faktory jsou častější u případů s vyšším BMI, které by mohly předpovídat zotavení ejekční frakce.

### **Limitace výzkumu**

Z množství pacientů, kteří podstoupili selektivní koronarografii jsme ručně procházeli a vybrali pouze ty pacienty, kteří splnili kritéria pro výzkumné zpracování a měli kompletní dokumentaci. Přestože jsme vyhledávání prováděli důkladně, mohlo dojít k přehlédnutí některých pacientů.

Další limitace se váže ke třetí hypotéze, kdy z důvodu nedostatku dat, jsme nemohli statisticky zpracovat požadované výpočty.

Omezený počet zahrnutých subjektů do výzkumného vzorku je limitací pro získání validních výsledků. I když je počet dostačující pro statistické zpracování, pro klinické ověření výsledků by bylo lepší mít větší výzkumný soubor. Tento problém by mohl být vyřešen prodloužením doby studie na déle.

Další limitací výzkumu je nedostatek studií, které by nám sloužily k porovnání s výsledky tohoto výzkumného šetření.

### **Doporučení pro další výzkum**

Pro další výzkum zaměřený na vyšetřovací metody diagnostikující stenožu koronárních tepen je možné se zaměřit na pokročilé zobrazovací techniky, které by mohly zlepšit detekci stenóz a poskytnout detailnější informace o anatomii koronárních tepen.

Dále jiný výzkum by se mohl zaměřit na specifické patientské skupiny, jako jsou pacienti s diabetem nebo s vysokým rizikem kardiovaskulárních onemocnění, aby se lépe porozumělo vlivu různých diagnostických metod v těchto populacích.

Další výzkum by se také mohl zaměřit na vývoj a testování nových technik, které by umožnily snížení invazivity diagnostických procedur a souvisejícího rizika pro pacienty.

## 7 ZÁVĚR

Tato diplomová práce se zabývá hlavně vyšetřeními, které napomáhají diagnostikovat lékařům onemocnění spojená se srdcem a koronárními cévami.

V teoretické části jsou představeny a popsány různé metody vyšetření srdce a koronárních cév. Jedná se o rentgen srdce, ultrazvukové vyšetření srdce a jeho detailnější dělení, CT srdce, konkrétně CT koronarografie, magnetická rezonance srdce, selektivní koronarografie a perfuzní scintigrafie myokardu.

V praktické části diplomové práci jsou popsány postupy, jak se vybraná jednotlivá vyšetření provádějí v praxi. Je zde popsán celý proces vyšetření, i indikace k nim a následné opatření, která jsou někdy potřeba dodržovat.

Byly stanoveny cíle a na ně v návaznosti výzkumné hypotézy. K těmto hypotézám byly nasbírány potřebná data, které byly poté elektronicky zpracovány v tabulkách a připraveny ke statistickému výpočtu. Tyto statistické postupy nám sloužily k následnému potvrzení, či vyvrácení zadaných hypotéz.

Statistické měření ukázalo, že perfuzní scintigrafie myokardu a magnetická rezonance srdce mají oba podobné přesnosti diagnostiky stenózy koronárních tepen jako selektivní koronarografie. Magnetická rezonance srdce ukázala o 22% větší přesnost než perfuzní scintigrafie myokardu. Dále z práce vyplývá, že pohlaví pacienta nemá vliv na správnost diagnózy onemocnění koronárních tepen.

Dále nám výsledky ukázaly, že věk nemá signifikantní statistickou souvislost při diagnostice stenózy koronárních tepen. Bylo zjištěno, že věk má vliv na správnost diagnózy koronárních tepen pouze po statistické stránce a také pouze když si pacienty rozdělíme na věkové skupiny nad 60 a pod 60. Po klinické stránce je tento vliv zanedbatelný. A z poslední hypotézy nám vyplývá, že mezi váhou pacienta a ejekční frakcí pacienta není žádná statisticky významná souvislost.

Závěrem je nutné říct, že tato práce pracovala s již dostupnými a diagnostikovanými pacienty, kteří byli vyšetřeni odbornými lékaři. Není tak jejím cílem znehodnotit jejich rozhodování, ale pouze shrnout, které vyšetřovací metody, patří mezi nejvhodnější k diagnostice stenózy koronárních tepen, před samotnou selektivní koronarografií. Tato práce může sloužit jako inspirace pro další podobný výzkum a může být přínosná pro studenty zdravotnických oborů jako materiál ke studiu v oblasti vyšetření srdce a koronárních cév.



## 8 POUŽITÁ LITERATURA

ADÁMKOVÁ, Věra. Hodnocení vybraných metod v kardiologii a angiologii pro praxi. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5763-6.

Appalachian Regional Healthcare System. (bez data). *Understanding CCTA: How it Can Benefit Your Heart Health*. [Online]. Dostupné z: <https://apprhs.org/understanding-ccta-how-it-can-benefit-your-heart-health/>

BANSAL, A., & HIWALE, K. (2023). Updates in the Management of Coronary Artery Disease: A Review Article. *Cureus*, 15(12), e50644. <https://doi.org/10.7759/cureus.50644>

BECKERMAN, James. *When Do I Need a Chest X-Ray for Heart Disease?* Online. WebMD. 2022. Dostupné z: <https://www.webmd.com/heart-disease/diagnosing-chest-x-ray>. [cit. 2024-03-24].

BOGAERT, Jan; DYMARKOWSKI, Steven; TAYLOR, Andrew M. a MUTHURANGU, Vivek. *Clinical Cardiac MRI*. 2nd. Berlín: Springer, 2017. ISBN 978-3-662-49978-8.

BUDOFF, Matthew J. a SHINBANE, JEROLD S. (ed.). *Cardiac CT Imaging*. 3rd. Springer Cham, 2016. ISBN 978-3-319-28217-6.

CASCINO, Thomas a SHEA, Michael J. *Cardiac Catheterization*. Online. MSD MANUAL. 2023. Dostupné z: <https://www.msmanuals.com/professional/cardiovascular-disorders/cardiovascular-tests-and-procedures/cardiac-catheterization#v931319>. [cit. 2024-03-24].

CASCINO, Thomas a SHEA, Michael J. *Echocardiography*. Online. MSD MANUAL. 2023. Dostupné z: <https://www.msmanuals.com/professional/cardiovascular-disorders/cardiovascular-tests-and-procedures/echocardiography>. [cit. 2024-03-24].

DANAD, I., SZYMONIFKA, J., TWISK, J. W. R., NORGAARD, B. L., ZARINS, C. K., KNAAPEN, P., & MIN, J. K. (2017). Diagnostic performance of cardiac imaging methods to diagnose ischaemia-causing coronary artery disease when directly compared with fractional flow reserve as a reference standard: a meta-analysis. *European heart journal*, 38(13), 991–998. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw095>

DANGAS, George D.; DI MARIO, Carlo; THIELE, Holger a BARLIS, Peter (ed.). *Interventional Cardiology: Principles and Practice*. 3rd edition. Wiley-Blackwell, 2022. ISBN 978-1119697343.

DICKSTEIN K. (2008). Clinical utilities of cardiac MRI. *European Society of Cardiology*, vol. 6, 39-17. Dostupné z: <https://www.escardio.org/Journals/E-Journal-of-Cardiology-Practice/Volume-6/Clinical-Utilities-of-cardiac-MRI>

DILSIZIAN, Vasken a POHOST, GERALD M. (ed.). *Cardiac CT, PET and MR*. 3rd. Wiley-Blackwell, 2019. ISBN 978-1-118-75450-4.

DUCHÁČ, Martin. *Úloha radiologického asistenta při SPECT/CT scintigrafii myokardu*. Online. Bakalářská práce. Pardubice: Univerzita Pardubice, Faculty of Health Studies. 2014. Dostupné z: <https://theses.cz/id/5fndq7/>.

EL-BAZ, Ayman S. a SURI, Jasjit (ed.). *Cardiovascular and Coronary Artery Imaging: Volume 1*. Elsevier, 2021. ISBN 9780128227077.

ELKHADER, B. , ABDULLA, A. , Omer, M. , FAGIRI, M. and MAHMOUD, M. (2014) The Impact of Obesity on the Left Ventricular Ejection Fraction Using Echocardiography. *Open Journal of Medical Imaging*, **4**, 172-177. doi: [10.4236/ojmi.2014.44024](https://doi.org/10.4236/ojmi.2014.44024).

FATHALA A. (2011). Myocardial perfusion scintigraphy: techniques, interpretation, indications and reporting. *Annals of Saudi medicine*, **31**(6), 625–634. <https://doi.org/10.4103/0256-4947.87101>

FELMAN A. a LEE A. (2024). What to know about coronary artery disease. *Medical News Today*. [Online]. Dostupné z: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/184130>

GHEISARI, F., EMAMI, M., RAEISI SHAHRAKI, H., SAMIPOUR, S., & NEMATOLLAHI, P. (2020). The Role of Gender in the Importance of Risk Factors for Coronary Artery Disease. *Cardiology research and practice*, **2020**, 6527820. <https://doi.org/10.1155/2020/6527820>

GIUSCA, S., SCHÜTZ, M., KRONBACH, F., Wolf, D., NUNNINGER, P., & KOROSOGLOU, G. (2021). Coronary Computer Tomography Angiography in 2021-Acquisition Protocols, Tips and Tricks and Heading beyond the Possible. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*, **11**(6), 1072. <https://doi.org/10.3390/diagnostics11061072>

GOLDMAN, Lee a SCHAFER, Adrew I. *Goldman-Cecil Medicine, 2-Volume set*. 26th. Elsevier, 2019. ISBN 9780323532662.

GREEN P, FROBISHER P., & RAMCHARITAR S. (2016) Optimal angiographic views for invasive coronary angiography: a guide for trainees. *The British Journal of Cardiology*. 23, 110-3. doi:[10.5837/bjc.2016.028](https://doi.org/10.5837/bjc.2016.028)

HASHIM, A., TAHIR, M. J., ULLAH, I., ASGHAR, M. S., SIDDIQI, H., & YOUSAF, Z. (2021). The utility of point of care ultrasonography (POCUS). *Annals of medicine and surgery* (2012), 71, 102982. <https://doi.org/10.1016/j.amsu.2021.102982>

HOLEKSA, Patrik. *Radionuklidová vyšetření myokardu*. Online. Bakalárska práca. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, Faculty of Health Sciences. 2018. Dostupné z: <https://theses.cz/id/0vo8o3/>.

JOHANSSON, L. (2015). Gamma cameras and SPECT. In M. Wehling (Ed.), *Principles of Translational Science in Medicine* (2nd ed., pp. 189-194). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800687-0.00020-7>

KINI, ANNAPOORNA a SHARMA, Samin K. (ed.). *Practical Manual of Interventional Cardiology*. 2nd edition. Springer, 2021. ISBN 978-3-030-68538-6.

KUBINYI, Jozef; SABOL, Jozef a VONDRÁK, Andrej. *Principy radiační ochrany v nukleární medicíně a dalších oblastech práce s otevřenými radioaktivními látkami*. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-271-0168-9.

KUCHYNKA, P., ADLA, T., BAXA, J., ZEMÁNEK, D., LÍNKOVÁ, H., KAMÍNEK, M., & KOČKOVÁ, R. (2021). Vhodné indikace k provedení výpočetní tomografie srdce: odborné stanovisko sekce výpočetní tomografie srdce české asociace kardiovaskulárních zobrazovacích metod české kardiologické společnosti. *Cor et Vasa*, 63(6), 745-747. <https://doi.org/10.33678/cor.2021.122>

KUCHYNKA, P., LAMBERT, L., ČERNÝ, V., MAREK, J., AMBROŽ, D., DANEK, B. A., & LINHART, A. (2015). CT koronarografie. *Cor et Vasa*, 57(6), 425-432. <https://doi.org/10.1016/j.crvasa.2015.09.008>

KUPKA, Karel; KUBINYI, Jozef a ŠÁMAL, Martin. *Nukleární medicína*. 6. vydání (2. vydání v Nakladatelství P3K). V Praze: P3K, 2015. ISBN 978-80-87343-54-8.

LIBBY, Peter; BONOW, Robert O.; MANN, Douglas L.; TOMASELLI, Gordon F.; BHATT, Deepak L. et al. (ed.). *Braunwald's Heart Disease*. 12th. Elsevier, 2022. ISBN 9780323722193.

Lone Star Neurology. (2023). *Cardiac Magnetic Resonance Imaging*. [Online]. Dostupné z: <https://lonestarneurology.net/blog/cardiac-magnetic-resonance-imaging/>

MALAIAPAN, Y., LEUNG, M., & WHITE, A. J. (2020). The role of intravascular ultrasound in percutaneous coronary intervention of complex coronary lesions. *Cardiovascular diagnosis and therapy*, 10(5), 1371–1388. <https://doi.org/10.21037/cdt-20-189>

MÉZQUITA, A.J.V., BIAVATI, F., FALK, V. et al. Clinical quantitative coronary artery stenosis and coronary atherosclerosis imaging: a Consensus Statement from the Quantitative Cardiovascular Imaging Study Group. *Nat Rev Cardiol* 20, 696–714 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41569-023-00880-4>

SEIDL, Zdeněk. *Radiologie pro studium i praxi*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4108-6.

ŠAFRÁNKOVÁ, Alexandra. *Magnetická rezonance v kardiologii*. Online. Bakalářská práce. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, Fakulta zdravotnických věd. 2018. Dostupné z: <https://theses.cz/id/2yy0zh/>.

ŠTÍPAL, R. Jr., MIKLÍK, R., & ŠTÍPAL, R. (2013). Jak připravit pacienta ke koronarografii? *Interní medicína*, 15(11-12), 365-367.

TAVAKOL, M., ASHRAF, S., & BRENER, S. J. (2012). Risks and complications of coronary angiography: a comprehensive review. *Global journal of health science*, 4(1), 65–93. <https://doi.org/10.5539/gjhs.v4n1p65>

VRÁNOVÁ, Regina. *Úloha radiologického asistenta při CT vyšetření koronárních cév*. Online. Bakalářská práce. Pardubice: Univerzita Pardubice, Faculty of Health Studies. 2015. Dostupné z: <https://theses.cz/id/kzc1a2/>.

WENGER N. Clinical characteristics of coronary heart disease in women: emphasis on gender differences. *Cardiovascular Research*. 2002;53(3):558–567. doi: 10.1016/s0008-6363(01)00511-9

XU, J., & LO, S. (2020). Fundamentals and role of intravascular ultrasound in percutaneous coronary intervention. *Cardiovascular diagnosis and therapy*, 10(5), 1358–1370.  
<https://doi.org/10.21037/cdt.2020.01.15>

YE, L. F., LI, X. L., WANG, S. M., WANG, Y. F., ZHENG, Y. R., & WANG, L. H. (2021). Body Mass Index: An Effective Predictor of Ejection Fraction Improvement in Heart Failure. *Frontiers in cardiovascular medicine*, 8, 586240.  
<https://doi.org/10.3389/fcvm.2021.586240>

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Studentův t-test

Tabulka 2 Kontingenční tabulka k páté hypotéze

Tabulka 3 Tabulka s koeficientem  $p$  k páté hypotéze

Tabulka 4 Kontingenční tabulka k šesté hypotéze

Tabulka 5 Tabulka s koeficientem  $p$  k šesté hypotéze

Tabulka 6 Pearsonova korelace k sedmé hypotéze

## **SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1 Žádost o poskytnutí informace pro studijní účely/sběr dat FN Olomouc

Příloha 2 Souhlasné stanovisko EK pro výzkumnou část DP

# PŘÍLOHY



FAKULTNÍ NEMOCNICE  
OLOMOUC  
Zdravotníků 248/7, 779 00 Olomouc  
Tel. 588 441 111, E-mail: [info@fnol.cz](mailto: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. Barbora Burešová

Datum narození: 14.09.2000 Telefon: 775 364 766 E-mail: burebs03@upol.cz

Kontaktní adresa: Žápadní 319/67, Prostějov 796 04

Přesný název školy/fakulty: Univerzita Palackého, Fakulta zdravotnických věd

Obor studia: Zobrazovací technologie v radiodiagnostice

Forma studia: ☒ prezenční ☐ kombinovaná ☐ distanční

#### Téma závěrečné práce:

Porovnání vyšetření koronárních cév srdce v různých modalitách, 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 dotčené průzkumem: Radiologická 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 nahlášení do zdravotnické dokumentace pacientů, vyplní oddíl „Ostatní – statistická data“. Jinak vyplní oddíl „Nahlášení 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.

#### ☒ Nahlášení do zdravotnické dokumentace

Předpokládaný počet kusů zdravotnické dokumentace, do které bude žadatel nahlížet: 50 až 200

Termín, ve kterém bude žadatel nahlížet do zdravotnické dokumentace: od: 1.9.2023 do: 30.5.2024

Přesná specifikace co bude žadatel vyhledávat ve zdravotnické dokumentaci: Bude použita metoda záměrného výběru. Zkoumat budu pacienty s diagnostikovanou stenózou koronárních tepen, co podstoupili koronarografii a perfuzní scintigrafii myokardu. Součástí výzkumu budou jak muži, tak ženy ve věku 18 až 90 let.

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 vyplnění 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: \_\_\_\_\_

Kdy proběhne sběr dat žadatelem: od: \_\_\_\_\_ do: \_\_\_\_\_

Přesná specifikace co bude žadatel zjišťovat:

Způsob zveřejnění závěrečné/seminární práce: Odevzdání do databáze FZS UP.

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): Barbora Bunešová 19.7.2023

Schválil (datum podpis): 21.7.2023

Mgr. Jiřina Cahliková, MBA  
vedoucí Odboru kvality  
Palační nemocnice Olomouc

Poznámky:



Fakulta  
zdravotnických věd

UPOL - 193886/FZV-2023

Vážená paní  
Bc. Barbora Burešová

2023-08-21

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 „**Porovnání vyšetření koronárních cév srdce v různých modalitách**“, jehož jste hlavní řešitelkou, bylo uděleno

**souhlasné stanovisko Etické komise FZV UP.**

S pozdravem,

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

Mgr. Renáta Váverková  
předsedkyně  
Etické komise FZV UP

Fakulta zdravotnických věd Univerzity Palackého v Olomouci  
Hnevotínská 3 | 775 15 Olomouc | T: 585 632 880  
[www.fzv.upol.cz](http://www.fzv.upol.cz)

**Příloha 2 Souhlasné stanovisko EK pro výzkumnou část DP**