

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2017**

**František Komzák**



FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví B 5345

**František Komzák**

Studijní obor: Radiologický asistent 5345R010

**RADIODIAGNOSTICKÉ ZOBRAZENÍ KORONÁRNÍCH  
TEPEN**

**Bakalářská práce**

Vedoucí práce: MUDr. Štěpán Jirouš

PLZEŇ 2017

POZOR! Místo tohoto listu bude vloženo zadání BP s razítkem. (K vyzvednutí na sekretariátu katedry.) Toto je druhá číslovaná stránka, ale číslo se neuvádí.

## Prohlášení

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

V Plzni dne 25. 3. 2017

.....

vlastnoruční podpis

## Poděkování

Rád bych tímto poděkoval MUDr. Štěpánu Jiroušovi za odborné vedení práce, poskytování cenných rad a materiálních podkladů.

## **Anotace**

Příjmení a jméno: Komzák František

Katedra: Záchranářství a technických oborů

Název práce: Radiodiagnostické zobrazení koronárních tepen

Vedoucí práce: MUDr. Štěpán Jirouš

Počet stran – číslované: 60

Počet stran – nečíslované (tabulky, grafy): 9

Počet příloh: 1

Počet titulů použité literatury: 24

Klíčová slova: věnčité tepny, rentgen, výpočetní tomografie, koronarografie, ateroskleróza, radiační zátěž

### **Souhrn:**

Tato bakalářská práce pojednává o radiodiagnostickém zobrazení koronárních tepen za použití ionizujícího záření. Skládá se z části teoretické a praktické. Teoretická část se zabývá anatomí srdce a ischemickou chorobou srdeční. Popíšeme zde jednotlivé formy postižení věnčitých tepen aterosklerózou a možnosti jejich zobrazení pomocí ionizujícího záření. Dále se budeme zabývat popisem jednotlivých vyšetřovacích metod, které se v současné době používají k zobrazení koronárních tepen. V praktické části se budeme věnovat kvalitativnímu výzkumu ve formě kazuistik a porovnáme, jaký způsob vyšetření je pro konkrétního pacienta nejvhodnější.

## **Annotation**

Surname and name: Komzák František

Department: Department of paramedical rescue work and technical studies

Title of thesis: Radiodiagnostic imaging of coronary arteries

Consultant: MUDr. Štěpán Jirouš

Number of pages - numbered: 60

Number of pages - unnumbered (tables, graphs): 9

Number of appendices: 1

Number of literature items used: 24

Keywords: coronary arteries, rentgen, computed tomography, coronary angiography, atherosclerosis, radiational load

### Summary:

This bachelor thesis deals with the radiodiagnostic imaging of coronary arteries by means of ionizing radiation. It consists of both theory and practice. The theory focuses on the anatomy of the heart and the ischaemic heart disease. It describes different forms of damage in coronary arteries caused by atherosclerosis and the possibility of imaging them by means of ionizing radiation. Furthermore, it will deal with various examination methods which are being used for coronary artery imaging. The practical part is concerned with the qualitative research in form of case histories and considers the best possible examination technique for each patient.



# OBSAH

ÚVOD.....	11
TEORETICKÁ ČÁST .....	13
1 ANATOMIE SRDCE A CÉV .....	13
1.1 Srdce jako celek .....	13
1.2 Anatomie srdečních oddílů .....	14
1.2.1 Pravá síň .....	14
1.2.2 Pravá komora .....	14
1.2.3 Levá síň .....	15
1.2.4 Levá komora .....	15
1.3 Koronární oběh .....	16
1.3.1 Levá koronární tepna (arteria coronaria sinistra) .....	16
1.3.2 Pravá koronární tepna (arteria coronaria dextra).....	17
1.4 Anatomie cévní stěny.....	18
1.4.1 Tunica intima.....	18
1.4.2 Tunica media .....	19
1.4.3 Tunica adventicia.....	19
2 ISCHEMICKÁ CHOROBA SRDEČNÍ.....	21
2.1 Akutní koronární syndromy .....	22
2.1.1 Akutní koronární syndrom s ST elevacemi (STEMI) .....	22
2.1.2 Akutní koronární syndrom bez ST elevací (NSTEMI) .....	23
2.2 Chronické formy ischemické choroby srdeční .....	24
2.2.1 Stabilní /námahová/ angina pectoris.....	24
2.2.2 Němá ischémie myokardu .....	26
3 RTG ZÁŘENÍ – JEHO VYUŽITÍ V MEDICÍNĚ .....	27
3.1 Záření .....	27
3.1.1 Záření obecně .....	27
3.1.2 Ionizující záření .....	27
3.1.3 RTG záření obecně .....	28
3.2 Historie objevu a využití RTG záření v medicíně .....	30
3.2.1 Objev RTG záření W.C. Röntgenem.....	30
3.2.2 Počátky rentgenologie v Čechách.....	31
3.3 Historie katetrizací .....	32
3.4 Současné využití RTG záření v medicíně.....	33
3.4.1 Využití RTG záření v radiodiagnostice .....	33
3.4.2 Využití RTG záření v radioterapii .....	34

4	VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE .....	35
4.1	Výpočetní tomografie obecně .....	35
4.1.1	Konstrukce CT přístroje .....	35
4.1.2	Výpočetní tomografie 3. generace .....	35
4.1.3	Vznik obrazu ve výpočetní tomografii .....	36
4.1.4	Stupnice denzity .....	37
4.1.5	Angio CT .....	37
4.1.6	Indikace k vyšetření pomocí angio CT .....	39
4.1.7	Provedení výkonu /angioCT/ .....	39
5	KORONAROGRAFIE .....	40
5.1	Angiolinka – popis přístroje .....	40
5.2	Popis provedení koronarografie .....	40
5.3	Instrumentárium .....	42
5.4	Indikace k vyšetření .....	43
6	RADIAČNÍ OCHRANA .....	44
6.1	Princip odůvodněnosti vyšetření .....	44
6.2	Princip optimalizace ochrany .....	44
6.3	Princip fyzické bezpečnosti zdrojů IZ .....	44
6.4	Radiační ochrana .....	44
6.4.1	Radiační ochrana radiologických asistentů .....	45
6.4.2	Radiační ochrana pacientů .....	45
6.5	Radiační zátěž při koronarografii a CT vyšetření .....	45
	PRAKTICKÁ ČÁST .....	46
7	CÍLE .....	46
8	HYPOTÉZY, VÝZKUMNÉ OTÁZKY .....	47
9	METODIKA VÝZKUMU .....	48
10	KAZUISTIKY .....	49
10.1	Kazuistika č. 1 .....	49
10.2	Kazuistika č.2 .....	50
10.3	Kazuistika č.3 .....	51
10.4	Kazuistika č.4 .....	53
10.5	Kazuistika č.5 .....	54
11	DISKUZE .....	56
12	ZÁVĚR .....	59
13	SEZNAM LITERATURY .....	61
14	SEZNAM ZKRATEK .....	64
15	SEZNAM OBRÁZKŮ .....	66

16 SEZNAM TABULEK .....	67
17 SEZNAM PŘÍLOH .....	68

## ÚVOD

Kardiovaskulární onemocnění definujeme jako onemocnění srdce a cév. Kardiovaskulární onemocnění na podkladě aterosklerózy zůstávají i nadále hlavní příčinou předčasného úmrtí v Evropě, přestože mortalita na kardiovaskulární onemocnění v posledních desetiletích významně poklesla v řadě evropských zemí.

Kardiovaskulární onemocnění patří v současné době mezi nejrozšířenější civilizační choroby. Postihuje muže i ženy, často v nejproduktivnějším věku. U mnoho lidí se kardiovaskulární onemocnění vyskytuje ve větší míře. Je to dáno jednak vrozenými předpoklady, což jsou faktory, které ovlivnit nemůžeme. Patří mezi ně pohlaví, věk, rodinná zátěž. Co však můžeme ovlivnit je životní styl, který má na rozvoj kardiovaskulárních onemocnění významný vliv.

Ateroskleróza a její projevy byly popsány již v devatenáctém století a vztah mezi klinickými symptomy infarktu myokardu, aterosklerózou a trombózou koronárních arterií v roce 1912 popsal americký lékař James Herrick. (1)

Pokud je aterosklerotický proces v počátečním stádiu, nemocný si jeho přítomnost nemusí vůbec uvědomovat, protože tento proces probíhá dlouhodobě, bez jakýchkoliv příznaků. Postupně však dochází k pozvolnému zužování průsvitu tepny a oblast, kterou tepna zásobuje, je nedostatečně prokrvena. Příznaky se objeví až při kritickém zúžení cévy nebo jejím úplném uzavření. Projevem těchto aterosklerotických procesů může být akutní infarkt myokardu, centrální mozková příhoda nebo uzávěr tepen dolních končetin. V této práci se budeme zabývat kardiovaskulárními projevy aterosklerózy.

Včasně odhalení kardiovaskulárních onemocnění a jejich následná léčba přispívá k zlepšení zdravotního stavu obyvatelstva a ke snížení počtu úmrtí lidí postižených akutním koronárním syndromem.

Vzhledem ke skutečnosti, že ateroskleróza postihuje právě koronární tepny, je jejich kvalitní zobrazení účinným nástrojem k včasné diagnostice a následné léčbě kardiovaskulárních onemocnění. V práci se budeme věnovat porovnáváním jednotlivých radiodiagnostických metod sloužících k zobrazení věnčitých tepen. Budeme posuzovat možnosti jejich vyšetřování jednak pomocí koronarografie a pomocí angio CT.

V teoretické části budou popsány jednotlivé metody vyšetření koronárních tepen, budeme posuzovat, jaký způsob vyšetření koronárních tepen je pro pacienta nejvýhodnější vzhledem k radiační zátěži, celkovému zatížení organismu a možným rizikům vyšetření.

V praktické části budeme hodnotit přínosnost jednotlivých vyšetřovacích metod. Toto kvalitativní hodnocení bude zpracováno ve formě kazuistik.

# TEORETICKÁ ČÁST

## 1 ANATOMIE SRDCE A CÉV

### 1.1 Srdce jako celek

Srdce je dutý orgán tvořený svalovou hmotou, který je rozdělen na čtyři oddíly. Srdce je uloženo v prostoru mezihrudí – mediastinu. Má schopnost se rytmicky stahovat a ochabovat a právě díky této vlastnosti je umožněn pohyb krve v krevním oběhu. Vytváří se tak krevní tlak, který lze monitorovat. Stah srdce nazýváme systolou, fází, kdy se srdce naopak uvolňuje, nazýváme diastolou. Srdeční chlopně, které se nacházejí uvnitř srdce, zabraňují zpětnému proudění krve a umožňují, že je krev ze žil nasávána zpět do srdce. Přečerpávání krve napomáhají i tepny díky své schopnosti stahovat svoji stěnu a také díky své pružnosti. (2)

Váha srdce u dospělého člověka je v rozmezí 230 až 340g. Srdce průměrně váží okolo 260g. Hmotnost srdce je závislá na objemu jeho svaloviny. Objem srdeční svaloviny narůstá podle toho, jak moc je dlouhodobě člověk svalově zatížen. (2)

Srdce se nachází v oblasti mediastina za sternem. Srdce je svou jednou třetinou uloženo vpravo od střední čáry. Dvěma třetinami je uloženo vlevo od střední čáry. Otisk srdce je patrný prostřednictvím jeho obalu – perikardu na obou plicích. (2)

Srdce jako takové je uloženo v osrdečníku, který tvoří jeho obal zvaný pericardium. Prostřednictvím tohoto obalu nasedá srdce na bránici. Dutina perikardu je tvořena serosní dutinou. Osrdečník se skládá ze dvou listů: Lamina parietalis, což je nástěnný list. Je to tenká lesklá blána, která je krytá jednovrstevným plochým epitelem. Tato blána pokrývá vnitřní povrch perikardu, který je přivrácen směrem k srdci. Lamina visceralis neboli epikard je s povrchem srdce srostlý vnitřní list, který tvoří lesklý povrch stěny srdeční. (2)

Na srdeční stěně rozeznáváme tři vrstvy:

Endocardium, /endokard /– je tenká lesklá blána, která vystýlá nitro srdce. Je tvořená vazivem podloženou jednou vrstvou endotelových buněk. (2)

Myocardium, /myokard/ – je svalová vrstva, která je tvořena příčně pruhovanou srdeční svalovinou. (2)

Epicardium, /epikard/ – je serosní povrchový povlak stěny srdeční. Pod epikardem se nachází tenká vrstva elastického vaziva. Tato vrstva přechází směrem k myokardu v tzv. subepikardové vazivo. (2)

Srdce dělíme na levostranné a pravostranné oddíly srdeční. Pravostranné oddíly vypuzují krev do malého /plicního/ oběhu. Levostranné oddíly vhánějí krev do velkého oběhu – nazývaného systémový oběh. (2)

## **1.2 Anatomie srdečních oddílů**

### **1.2.1 Pravá síň**

Do pravé síně je krev přiváděna horní a dolní dutou žilou. Dále krevní proud směřuje do pravé komory srdeční přes trojcípou (tj. trikuspidální) chlopeň. Zadní stěnu pravé síně srdeční tvoří mezisíňové septum, to je přepážka, která rozděluje obě srdeční síně. Prenatálně krev proudí z dolní duté žíly do foramen ovale a tudíž do levé síně. (2)

Pozůstatkem v dospělosti je fossa ovalis a u přibližně čtvrtiny dospělých (kde se foramen ovale neuzavírá) foramen ovale patens. (2)

Mezi fossa ovalis a septálním cípem trikuspidální chlopně ústí hlavní žilní kmen (koronární sinus) odvádějící krev zásobující myokard. (2)

### **1.2.2 Pravá komora**

Pravá komora je směřována do frontální roviny vlevo od pravé síně. Je to tenkostěnný oddíl, který tvoří převážnou část srdce směřující vpřed. Svalovina je tvořena svalovými trámci, zejména spodní část dutiny pravé komory. (2)

V pravém síňokomorovém /atrioventrikulárním/ ústí usměřuje tok krve trojcípá /trikuspidální/ chlopeň. Na vazivovém prstenci atrioventrikulárního ústí jsou uchyceny cípy chlopně. K okrajům cípů jsou připojeny šlašinky vycházející z papilárních svalů. Tyto svaly reagují na pohyb cípů chlopně během srdeční činnosti. Mezikomorová přepážka odděluje dutinu pravé komory od dutiny komory levé. Mezikomorové septum probíhá zhruba v podélné ose srdeční, takže pravá komora srdeční se nachází vpředu a poněkud vpravo, naproti tomu levá komora se nachází v zadní části srdce spíše vlevo. Pokud se na srdce díváme z vnější strany, odpovídá žlábek mezi komorami průběhu septa. (2)

Horní část mezikomorového septa je tvořena vazivem. Tuto část nazýváme membranózní septum. Dolní část mezikomorového septa je silná, svalovinou tvořená stěna.

Tato stěna se vyklenuje do dutiny pravé komory. Defektem septa komor nazýváme abnormální komunikaci mezi oběma komorami skrze mezikomorovou přepážku. Tento stav je buď vrozený, nebo vzniklý následkem nekrózy septa u akutního infarktu myokardu.

Dutina pravé komory dále pokračuje z vtokového traktu do výtokového traktu, který je nálevkovitě formován. Výtokový trakt je nazýván infundibulum. Infundibulum má tenké stěny, které neobsahují trámčinu. Na vrcholu svalového traktu je svalová tkáň nahrazena tkání vazivovou, která tvoří kruh v začátku kmene plicnice /truncus pulmonalis/. V tomto místě je umístěna pulmonální chlopeň. V této chlopni jsou umístěny tři poloměsíčitě /semilunární/ kapsičkové cípy. (2)

### **1.2.3 Levá síň**

Levá síň leží na zadním povrchu srdce a nachází se vzadu vlevo od mezisíňové přepážky. Do horního okraje se promítá malé jazýčkové ouško /auricula/. Ouško je promítáno do horního okraje levé síně a běží nad síňokomorový žlábek dopředu doleva. Do levé síně ústí souměrně čtyři plicní žíly jedna nad druhou na každé straně. Velká část dutiny levé síně je jemnostěnná. Krev, která směřuje do levé síně z plicních žil, vtéká přes mitrální ústí do levé komory. (2)

### **1.2.4 Levá komora**

Stěny levé komory jsou nejméně třikrát silnější než stěny pravé komory srdeční. Dutina levé komory srdeční je v průřezu téměř kruhovitá na rozdíl od dutiny pravé komory, která je spíše oploštěná. Z vrcholů dvou papilárních svalů mitrální chlopně se rozbíhají šlašinky ke dvěma cípům chlopně mitrální. Cípy této chlopně jsou vyvinuty nestejněměrně. Přední septální cíp je dominantní, zadní cíp je menší. Přední cíp se nachází mezi mitrálním a aortálním ústím. Tyto cípy jsou spojeny s okraji mitrálního prstence a jejich rozměr je menší než cípy u cípů trojcípé chlopně. Výtokový trakt levé komory srdeční je nasměrován vzhůru, dozadu a mírně napravo k aortálnímu ústí. Nachází se mezi komorovým septem a předním cípem dvoucípé chlopně. Ústí aorty leží vpravo pod ústím plicnice. V tomto místě se nachází aortální poloměsíčitá chlopeň, která je složená ze tří kapsičkových cípů. Pravého a levého koronárního cípu a zadního, nekoronárního cípu. (2)

Cípy jak aortální tak mitrální chlopně jsou si velmi podobné. U uzavřené chlopně těsně uzavírají okraje všech tří cípů kruhové ústí. Cípy se vyklenují konvexitou dolů do



dutiny dané komory. V průběhu diastoly díky tlaku krve nad chlopněmi se cípy rozvinou takovým způsobem, že volné okraje cípů přilnou k sobě navzájem. (2)

### 1.3 Koronární oběh

Zásobení srdce krví je zajištěno pomocí dvou hlavních tepen, které se dále větví. Tyto dvě hlavní tepny se nazývají pravá a levá věnčitá tepna. Obě tyto tepny odstupují z kořene aorty. Ústí pravé a levé koronární tepny vycházejí v místě nad jednotlivými cípy aortální chlopně. Toto místo, kde je aorta anatomicky rozšířena, se nazývá Valsalovy siny. (3)

#### 1.3.1 Levá koronární tepna (*arteria coronaria sinistra*)

Levá koronární tepna začíná kmenem, ze kterého se větví dvě větve:

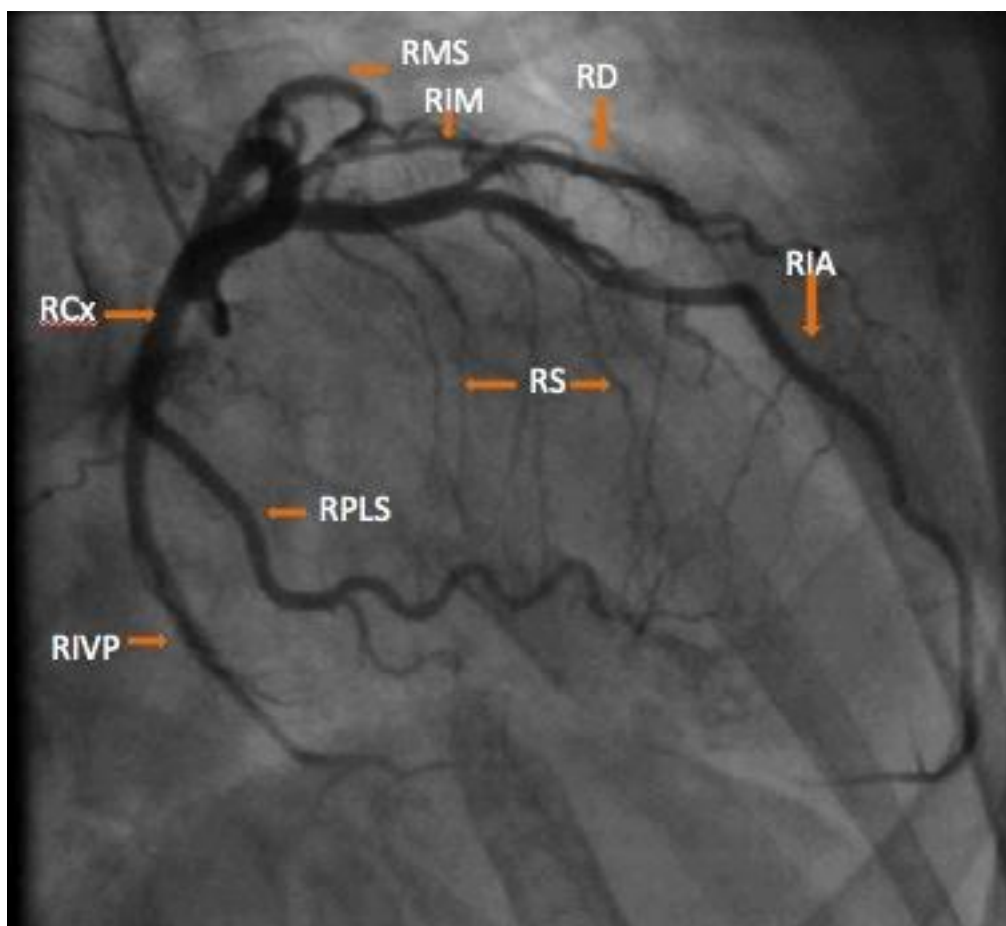
- Ramus interventrikularis anterior (RIA)

Tato větev probíhá směrem k srdečnímu hrotu předním mezikomorovým žlábkem. Někdy přesahuje přes srdeční hrot na oblast spodní stěny. Z této větve odstupují tzv. diagonální větve /*ramii diagonales*/, které zásobují svalovinu přední a částečně boční stěny levé komory srdeční. Diagonální větve se vyskytují ve variabilním počtu. Z RIA dále odstupují septální větve /*ramii septales*/, které zajišťují přítok krve pro struktury mezikomorové přepážky. (3)

- Ramus circumflexus (RCx)

Ramus circumflexus tvoří druhou hlavní větev levé věnčité tepny. Tato větev probíhá síňokomorovým žlábkem mezi ouškem levé předsíně a levou komorou. Z této větve odstupuje buď jedna, nebo více marginálních větví /*ramii marginales*/ . Pokud ramus circumflexus pokračuje až k tzv. kříži a dále v sulcus interventricularis posterior jako ramus interventricularis posterior jedná se o dominanci levé věnčité tepny. Takové uspořádání se vyskytuje ale jen asi v 10%. Daleko častější je dominance pravé věnčité tepny (80%). Asi v 10% se můžeme setkat s tzv. vyrovnaným typem koronárního zásobení. (3)

Obrázek 1- Zobrazení levé věnčité tepny (a)



Zdroj: [www.eCardio.cz](http://www.eCardio.cz)

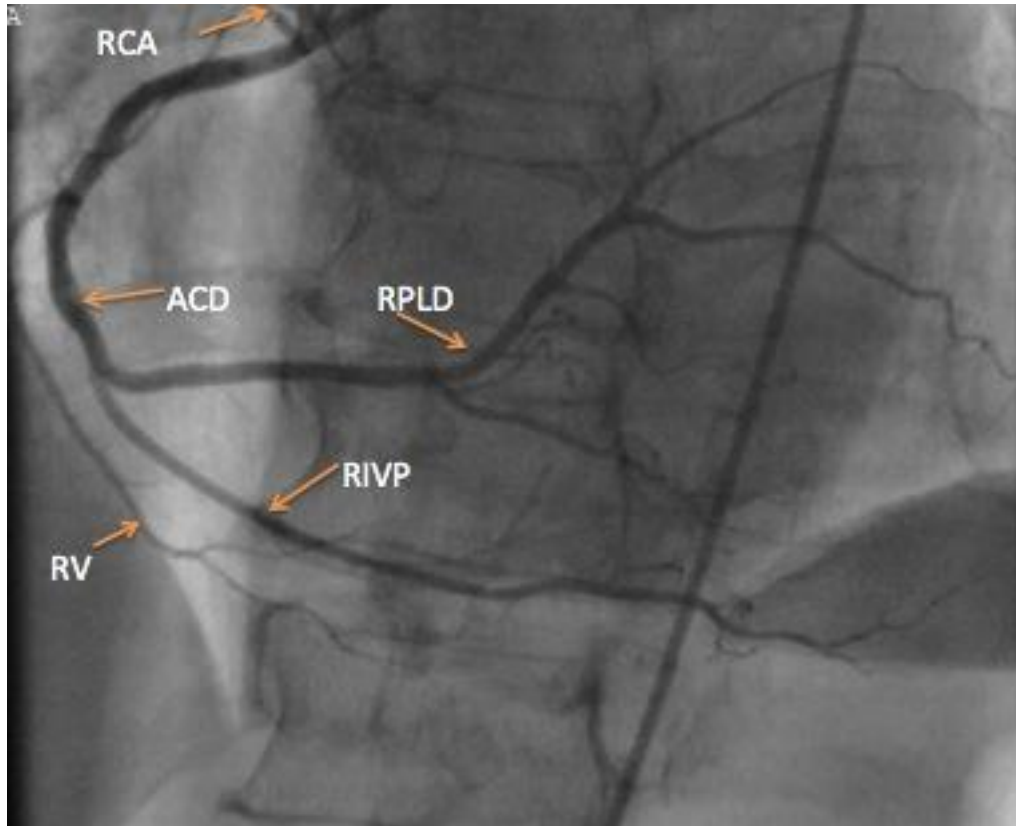
### 1.3.2 Pravá koronární tepna (arteria coronaria dextra)

Tato tepna odstupuje z pravého koronárního sinu. Probíhá v pravém síňokomorovém žlábku a ohýbá se směrem dolů. V dolní části obvykle odstupují větve pro pravou komoru /ramii ventriculares/. Po dalším ohybu, ve kterém často odstupuje pravá marginální větev /ramus marginalis dexter/, dále pravá věnčitá tepna pokračuje dozadu po diafragmatickém povrchu srdce. Pravá věnčitá arterie se větví ve většině případů na úrovni zadního mezikomorového žlábku. Tímto žlábkem probíhá zadní sestupná větev /ramus interventricularis posterior/. Ramus posterolateralis dexter je druhá koncová větev, která probíhá dozadu doleva rovnoběžně se zadní sestupnou větví pod spodní stěnu levé komory srdeční. (3)

Větve hlavních věnčitých tepen jsou propojeny spojkami, které nazýváme kolaterály. Na rozdíl od např. psiho srdce má to lidské jen menší množství kolaterál. Tyto spojky se za fyziologického stavu neuplatňují, ale jsou důležité, protože umožňují u chronické ischémie krevní zásobení postižené tepny díky rozšíření spojek – anastomóz,

následkem tlakového gradientu. Tento jev může zabránit rozvoji nekrózy při úplném uzavěru tepny. Pokud dojde k uzavěru tepny, která není spojena s ostatními tepnami kolaterálami, dochází k lokální ischemii, následně pak k nekróze myokardu a vzniká tak srdeční infarkt. (3)

Obrázek 2- Zobrazení pravé věnčité tepny (b)



Zdroj: [www.eCardio.cz](http://www.eCardio.cz)

## 1.4 Anatomie cévní stěny

### 1.4.1 Tunica intima

Tunica intima je vnitřní vrstva cévní stěny, která je tvořena endotelem a bazální membránou /lamina propria intima/. Endotel je tvořen jednou vrstvou plochých buněk, které jsou spojeny můstky. Tyto můstky nasedají na tenkou bazální membránu složenou z elastických vláken a kolagenu. Endotel tvoří bariéru mezi krví a subendotelovou vrstvou. (3)

Endotelové buňky slouží k transportu látek mezi cévní stěnou a krví. Endotelové buňky také produkují působky, které mají vliv na stažlivost cévy. Pokud je endotelová

cévní výstelka neporušená, vytváří nesmáčivý povrch, čímž je zabráněno shlukování trombocytů a vzniku trombu. (3)

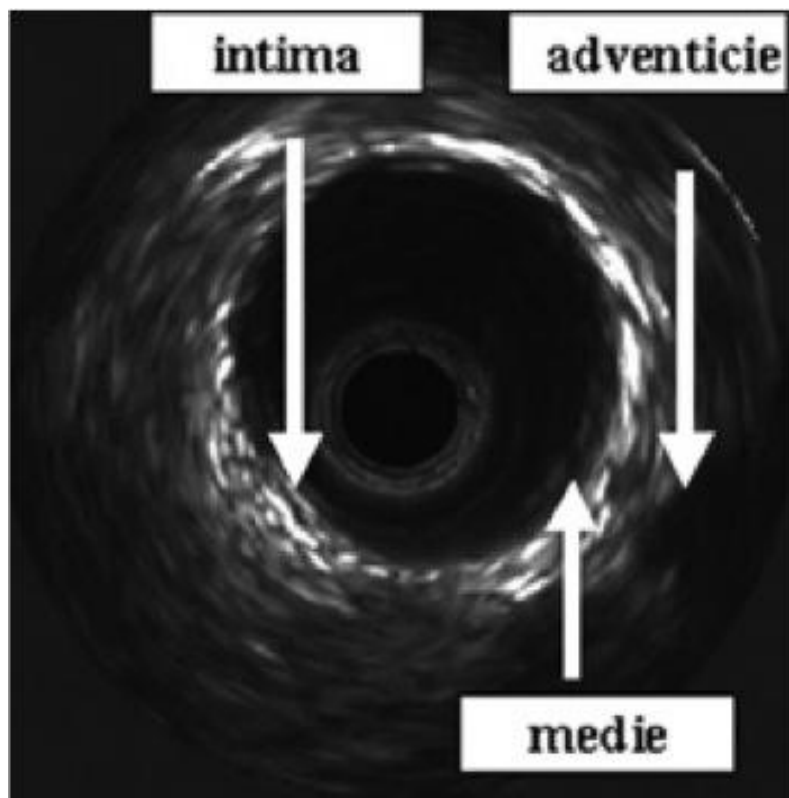
#### **1.4.2 Tunica media**

Tato střední vrstva cévní stěny je tvořena mnoha vrstvami hladkého svalstva. Jednotlivé vrstvy jsou do sebe odděleny elastickou membránou. Mezi jednotlivými buňkami je obsažen elastin a kolagen, který je produkován buňkami hladké svaloviny. Kolagen a elastin je v buňkách tvořen v závislosti na podráždění cévní stěny různými fyzikálními nebo chemickými podněty. Může to být např. napětí cévní stěny při arteriální hypertenzi nebo např. vysoká hladina cholesterolu. (3)

#### **1.4.3 Tunica adventicia**

Tato svrchní vrstva cévní stěny je tvořena kolagenózní hmotou. Tuto hmotu vytvářejí fibroblasty, které tvoří v adventicii převážnou část buněk. Tunica adventicia vytváří hlavní výztuhu cévní stěny. Toto vyztužení má velký význam, zvláště v situaci, kdy je tunica media oslabena např. aterosklerózou. Adventicia velkých tepen obsahuje také malé tepénky vyživující cévní stěnu /vasa vasorum/, dále pak lymfatické cévy a nervová vlákna. (3)

Obrázek 3- Intravaskulární ultrazvuk – fyziologický nález na věnčitých tepnách



Zdroj: [www.eCardio.cz](http://www.eCardio.cz)

## 2 ISCHEMICKÁ CHOROBA SRDEČNÍ

Ischemická choroba srdeční vzniká v důsledku nedostatečného krevního zásobení srdeční svaloviny nejčastěji při omezení průtoku krve věnčitými tepnami nebo následkem jejich úplného uzavření. Omezený průtok krve koronárními tepnami se vyskytuje nejčastěji na podkladě aterosklerózy. Méně často je to vlivem zánětlivých procesů, vrozených anomálií, spazmů, nebo mechanického poranění. (4)

Ateroskleróza je proces, který v mnoha případech začíná již v mládí. Po mnoho let se nemusí projevovat žádnými klinickými příznaky. Při tomto procesu dochází k patologickým změnám v intimě a medii tepen, které jsou způsobeny hromaděním lipidů, sacharidů, fibrózních tkání, krevních buněk a vápníku. Postižení se může projevit až po mnoho letech, nejčastěji po padesátém roce života. (5)

Prvními známkami aterosklerotického procesu je tvorba lipidních proužků. Jsou tvořeny převážně makrofágy, které jsou vyplněny tukem ve formě jemných kapiček. Lipidní proužky se klinicky neprojevují, protože nezužují průsvit cévy. Pokud aterosklerotický proces dále progreduje, vytvářejí se fibrózní pláty. Tyto pláty jsou tvořeny buňkami hladké svaloviny, krystaly volného cholesterolu, makrofágy a lymfocyty. Fibrózní pláty již mohou omezit průtok krve postiženou tepnou. (1) (3)

Při dalším rozvoji aterosklerózy vzniká ateromatózní plát. Jde o vyvýšené ložisko měkčí konzistence než fibrózní plát. V intimě vzniká dutina, která je vyplněna kašovitou hmotou obsahující lipidy, zejména krystaly cholesterolu. Krycí vrstva ateromatózního plátu může snadno prasknout a na povrchu, který není kryt nesmáčivým epitelem, dochází k agregaci krevních destiček. Tímto způsobem se může vytvořit trombus. K uzávěru tepny může dojít právě vznikem trombu nebo krvácením pod aterosklerotický plát. Klinicky se tento stav projeví nejčastěji některou z forem akutních koronárních syndromů. (1)

Mezi rizikové faktory aterosklerózy, které nemůžeme ovlivnit (tj. jsou nemodifikovatelné), patří mužské pohlaví, věk a genetická predispozice k předčasnému výskytu ICHS v rodině. Naopak faktory provokující aterosklerózu, které svým chováním ovlivnit můžeme (tj. jsou modifikovatelné), jsou kouření, porucha metabolismu krevních lipidů, arteriální hypertenze a diabetes mellitus 1. a 2. typu. Porucha metabolismu lipidů je úzce spjata a nedostatkem fyzické aktivity a nadměrným přísunem živočišných tuků a kalorií ve stravě. (3)

Ischemická choroba srdeční má různé klinické projevy. Může se manifestovat jako akutní koronární syndromy nebo jako chronické formy ICHS. (1)

## **2.1 Akutní koronární syndromy**

Akutní koronární syndrom (akutní infarkt myokardu) je jedním z projevů ischemické choroby srdeční. Je jednou z nejčastějších příčin mortality. Jeho nejčastějším projevem je klidová bolest na hrudi. Zahrnujeme do něj všechny stavy, které jsou spojovány s přítomností nestabilního koronárního plátu, následnou trombózou vedoucí k částečnému nebo úplnému uzávěru věnčité tepny. Do této skupiny zahrnujeme také situace, kdy je koronární tepna obturována jinými mechanismy, například spazmem, embolem, arteritidou. Akutní koronární syndrom může ale vzniknout i v nepřítomnosti postižení koronárních tepen při nerovnováze mezi zásobením myokardu kyslíkem a nároky na jeho přísun (např. při hluboké anémii či hypotenzi). Infarkt myokardu popisujeme je-li k dispozici průkaz myokardiální nekrózy v klinické situaci odpovídající akutní myokardiální ischemii. (1) (3)

Akutní koronární syndromy se tradičně dělí podle vstupního EKG s ohledem na rozdílný léčebný postup na infarkt s ST elevacemi (STEMI) a infarkt bez ST elevací (NSTEMI). Ekvivalentem ST elevací může být nově vzniklý blok levého Tawarova raménka na EKG a vzácně i "pseudonormalizace" negativních vln T na EKG. Akutní infarkty se dají rozdělit i z časového hlediska na akutní a překonaný. (1)

### **2.1.1 Akutní koronární syndrom s ST elevacemi (STEMI)**

Jedná se o akutní koronární syndrom, kde jsou přítomny elevace v úseku ST na EKG křivce. Z akutního koronárního syndromu s ST elevacemi se ve většině případů, pokud není léčen, vyvine tzv. Q infarkt myokardu, charakterizovaný patologickými Q kmity na EKG. Troponiny jsou v tomto případě pozitivní a prokazují nekrózu srdečního svalu. (1)

STEMI se klinicky projevuje jako klidová ostrá, svíravá nebo pálivá bolest za hrudní kostí. Někdy může bolest vystřelovat do zad, do krku, případně do paží. Tato bolest přetrvává a neustupuje ani po podání nitrátů a trvá déle než 20 minut. (1) (3)

Akutní koronární syndrom s ST elevacemi bývá provázen dušností, nauzeou, zvracením, opocením. Můžou být přítomny arytmie, závažné poruchy vedení vzruchu, srdeční zástava a srdeční selhání. (3)

STEMI a s ním s související ischemie vždy omezují funkci levé komory srdeční. Je porušena hlavně její stažlivost, vzniká porucha systolické funkce. Klinicky se tento stav projevuje snížením minutového objemu, popřípadě hypotenzí. (1)

Nemocní, kteří prodělávají STEMI, se nacházejí v přímém ohrožení života, proto je v tomto případě indikována urgentní léčba, která má za cíl co nejrychlejší reperfúzi (zprůchodnění infarktové tepny) postižené oblasti. V dřívějších dobách byla podávána intravenózní trombolýza, při které se pomocí trombolitik rozpouštěly vytvořené tromby. V podmínkách České republiky se od tohoto způsobu léčby STEMI až na raritní případy upustilo a nemocní jsou léčeni primární (direktní) perkutánní koronární intervencí (PCI), která je prokazatelně účinnější. Pouze v případě, že pacient se STEMI nemůže podstoupit do 120 minut od prvního kontaktu se zdravotnickou službou PCI, by mělo být zváženo i dnes přednemocniční podání trombolýzy. Po trombolýze by však měla stejně následovat časná koronarografie s event. PCI (tzv. rescue PCI). Jen zcela výjimečně je volen v léčbě STEMI konzervativní postup nebo urgentní aortokoronární bypass. (1) (6)

### **2.1.2 Akutní koronární syndrom bez ST elevací (NSTEMI)**

Jedná se o akutní koronární syndrom, při kterém nejsou na EKG křivce přítomny ST elevace, mohou být přítomny naopak např. ST deprese, změny T vln nebo může být EKG normální. Troponiny jsou opět jako v předešlém případě pozitivní. Akutní koronární syndrom bez ST elevací se klinicky nejčastěji projevuje podobně jako u akutního koronárního syndromu s ST elevacemi bolestí, která však spíše mívá menší intenzitu a trvá kratší dobu. Obecně však klinické spektrum kolísá od asymptomatických pacientů až po těžké život ohrožující stavy. (1)

Léčba nemocných postižených NSTEMI je podobná jako u STEMI, je doporučována koronarografie a podle jejího výsledku je stanoven další léčebný postup (tj. konzervativní léčba, PCI nebo aortokoronární bypass). Načasování koronarografie u pacientů s NSTEMI se liší dle tíže stavu a dalších specifických kritérií. Např. pacienti s NSTEMI s velmi vysokým rizikem podstupující urgentní výkon (stejně jako u STEMI), ale u pacientů se středním rizikem lze výkon odložit až o 72 hodin. (1) (7)

Nestabilní angina pectoris /NAP/, patří také mezi akutní koronární syndromy. Vzniká zúžením koronární tepny, které v tomto případě není úplné, takže na rozdíl od infarktu myokardu nedochází k nekróze srdečního svalu a z tohoto důvodu není přítomna zvýšená hladina troponinu. (1)



Příčinou vzniku nestabilní anginy pectoris je často opakovaná ischemie myokardu, která trvá déle než při námahové angině pectoris. V mnohých případech se dostavuje i bez návaznosti na námahu. Stabilní angina pectoris přechází v nestabilní anginu pectoris díky poškození aterosklerotického plátu, na který agregují trombocyty. Další příčina vzniku NAP může být zánětlivá reakce v místě plátu, kdy zmenšení průsvitu tepny způsobí místní otok. (1) (5)

Klinicky se nestabilní angina pectoris projevuje nově vzniklými záchvaty bolesti na hrudi, záchvaty se zvyšující se frekvencí a záchvaty, které přicházejí v klidu. Na křivce EKG bývají přítomny deprese v úseku ST nebo změny T. Není však přítomna elevace srdečních troponinů. (1)

Cílem léčby nemocných postižených nestabilní anginou pectoris je zabránění progresi onemocnění a vzniku akutního infarktu myokardu. (1)

## **2.2 Chronické formy ischemické choroby srdeční**

Stabilní ICHS se může projevovat v různých formách. Nejčastěji jako stabilní námahová angina pectoris a nemá ischemie, někdy též jako vazospastická angina pectoris, mikrovaskulární angina pectoris nebo dysfunkce levé komory srdeční. Tyto formy ischemické choroby srdeční vznikají na základě patologického procesu v koronárním řečišti. (1)

### **2.2.1 Stabilní /námahová/ angina pectoris**

Tato forma ischemické choroby srdeční vzniká při fyzické nebo psychické zátěži a odeznívá v klidu. Projevuje se bolestí na přední straně hrudníku nebo za hrudní kostí. Příčinou bolesti je nepoměr mezi přísunem kyslíku a jeho potřebou v myokardu. U zdravého člověka se větší potřeba kyslíku při námaze pokryje díky vazodilataci koronárních tepen. Pokud jsou koronární tepny postiženy aterosklerózou, je rovnováha mezi potřebou a pokrytím přísunu kyslíku porušena a tento stav se při námaze projeví jako bolest na hrudi. (1)

Příčina zúžení koronární tepny může být jak v důsledku vytvoření aterosklerotického plátu, tak i díky spazmu koronární tepny, například při velkém psychickém stresu nebo i při působení chladu. Angina pectoris způsobená spazmem tepny je nazývána variantní anginou pectoris. (1) (3)

Podle míry námahy, která anginózní potíže vyvolá, stanovujeme míru závažnosti anginy pectoris:

*Tabulka 1- Klasifikace klinické závažnosti anginy pectoris*

<b>Klasifikace klinické závažnosti anginy pectoris podle CCS</b>	
<b>Stupeň I</b>	Stenokardie je vyvolána jen mimořádně velkou námahou
<b>Stupeň II</b>	Stenokardie je vyvolána větší, ale v běžném životě obvyklou námahou, např. výstupem do vyššího než 2. podlaží, chůzí do kopce apod.
<b>Stupeň III</b>	Stenokardie je vyvolána již malou námahou, např. chůzí po rovině, výstupem do nižšího než 2. podlaží apod.
<b>Stupeň IV</b>	Stenokardie se objevuje při minimální zátěži nebo v klidu
CCS – Canadian Cardiology Society	

*Zdroj:(14)*

Vyšetřovací metody, které používáme u nemocných s námahovou anginou pectoris, se zaměřují na prokázání ischemie myokardu. Základem je klidové vyšetření EKG, které většinou bývá negativní, protože ke změnám zpravidla dochází při námaze. Zásadní význam v tomto případě mají zátěžová vyšetření. Nejjednodušším zátěžovým testem je zátěžové EKG. Zátěžové vyšetření se provádí většinou na bicyklovém ergometru, nebo na běhacím pásu. Nákladnějším vyšetřením, které má však vyšší vypovídající hodnotu je zátěžová scintigrafie myokardu. Toto vyšetření nám umožňuje určit přesně lokalizaci ischemie myokardu a určit její rozsah. Indikuje se obvykle v případech, kdy nám bicyklová ergometrie neumožní stanovit jednoznačný závěr. (3)

Výsledky předchozích vyšetřovacích metod, pokud jsou pozitivní, bývají indikací ke koronarografickému vyšetření, které umožní stanovit další postup léčby. (3)

Léčba nemocných s námahovou anginou pectoris může být buď konzervativní, nebo invazivní. Při konzervativním postupu je nemocný léčen úpravou životního stylu a medikován vhodnou kombinací léků ze skupin betablokátorů, inhibitorů enzymu konvertujícího angiotensin, nitrátů a blokátorů kalciového kanálu. Jako preventivní opatření vzniku trombotických stavů v koronárních tepnách podáváme obvykle kyselinu acetylsalicylovou. (3)

Invazivní léčba stabilní anginy pectoris spočívá v provedení perkutánní koronární intervencí (PCI), které následují po předchozím koronarografickém vyšetření. PCI bude podrobněji popsána v následujících kapitolách. Další invazivní metodou používanou k léčbě anginy pectoris je chirurgická léčba, která spočívá v přemostění postižených míst na věnčitých tepnách pomocí arteriálního nebo žilního štěpu, který přemostí zúžené místo věnčité tepny. Toto přemostění se nazývá aortokoronární bypass . (3)

### **2.2.2 Některá ischemie myokardu**

Některou ischemií myokardu popisujeme stav, kdy se u nemocných s prokazatelně přítomnou ischemií neprojeví anginózní bolest. Některá ischemie bývá obvykle náhodně zachycena při kontrolním ambulantním monitorování EKG nebo při bicyklové ergometrii indikované pro netypické bolesti na hrudi. (3)

Některá ischemie je léčena shodně jako námahová angina pectoris, a to pomocí medikamentů, případně, pokud obtíže přetrvávají, invazivně. (3)

## 3 RTG ZÁŘENÍ – JEHO VYUŽITÍ V MEDICÍNĚ

### 3.1 Záření

#### 3.1.1 Záření obecně

Pod pojmem záření rozumíme proces, při kterém dochází k přenosu energie v prostoru. Tento děj se uskutečňuje prostřednictvím elektromagnetických vln nebo prostřednictvím nabitých či elektricky neutrálních částic. Jedná se o elektrony, protony, neutrony nebo ionty. Záření se šíří jak ve vakuu, tak i v látkovém prostředí. V závislosti na druhu a energii záření může v látkovém prostředí docházet k jeho rozptylu či úplné absorpci energie. Při průchodu hmotou nejen k jeho zeslabení, ale i ke změně jeho spektrálního rozložení a ke vzniku sekundárního záření. (8) (9)

Záření, jehož kvanta mají natolik vysokou energii, že jsou schopna vyřázet elektrony z elektronového obalu a tím danou látku ionizovat, nazýváme ionizující záření. (8)

Záření, jehož kvanta mají nízkou energii, uvádí se do 5 keV, není schopno vyřázet elektrony z atomových obalů. Účinky, které toto nízkoenergetické záření vyvolává, jsou především mechanické a tepelné. Do této skupiny patří infračervené záření a viditelné světlo. (8)

#### 3.1.2 Ionizující záření

Ionizující záření popisujeme jako tok hmotových částic nebo fotonů elektromagnetického záření. Toto záření má schopnost ionizovat atomy prostředí nebo excitovat jádra atomů. Ionizující záření dělíme na přímo a nepřímo ionizující záření. (9)

- Přímě ionizující záření, je tvořeno částicemi nesoucími náboj. Mohou to být elektrony, pozitrony, protony, částice alfa, částice beta. Tyto částice mají natolik velkou kinetickou energii, že mohou vyvolat ionizaci. (9)
- Nepřímě ionizující záření je tvořeno nenabitými částicemi. Jsou to fotony a neutrony. Tyto částice samy prostředí neionizují, ale jsou schopny při interakci s prostředím uvolnit sekundární přímě ionizující částice. Prostředí je pak ionizováno právě těmito sekundárními částicemi. (9)

Korpuskulární ionizující záření je charakterizováno kinetickou energií, klidovou hmotností a elektrickým nábojem. Podle toho, jakou mají částice hmotnost, je dělíme na:

- Těžké částice /částice alfa, protony, neutrony/
- Středně těžké částice /mezony/
- Lehké částice /elektrony, pozitrony/ (9)

Pro fotonové ionizující záření je typický jeho duální charakter. To znamená, že má vlastnosti jak elektromagnetického vlnění, tak i vlastnosti částic s nulovou hmotností. Mezi fotonové ionizující záření řadíme záření gama a rentgenové záření. Z fyzikálního hlediska se jedná o stejný typ záření. Rozdíl je jednak ve vlnové délce záření a v místě jeho vzniku. Gama záření vzniká v atomovém jádře a rentgenové záření vzniká v elektronovém obalu atomového jádra. Fotonové záření se šíří přímočaře do všech směrů od zdroje záření. (9)

Zdroje ionizujícího záření rozdělujeme na přírodní a umělé. Mezi přírodní zdroje ionizujícího záření řadíme kosmické záření a přírodní radionuklidy. Umělými zdroji ionizujícího záření jsou uměle vytvořené radionuklidy, urychlovače částic a rentgenová trubice. (9)

Dále dělíme zdroje rentgenového záření na otevřené a uzavřené. Uzavřené zdroje ionizujícího záření jsou převážně všechna elektronická zařízení, u kterých není možná kontaminace okolního prostředí, při jejich správném používání. Otevřené zdroje ionizujícího záření jsou všechny kapalné, pevné a plynné zdroje ionizujícího záření. Tyto zdroje ionizujícího záření se využívají jako radiofarmaka v nukleární medicíně. (9)

### **3.1.3 RTG záření obecně**

Rentgenové záření je nepřímo ionizující elektromagnetické vlnění. Toto záření je charakterizováno velmi krátkou vlnovou délkou a vysokou frekvencí. RTG záření je schopno procházet hmotou i vakuem. Jeho intenzita ubývá se čtvercem vzdálenosti od zdroje. Rentgenové záření má stejný charakter jako kosmické záření. Má však ještě kratší vlnovou délku. Záření X vzniká v přirozených podmínkách za vysokých teplot, např. na Slunci a šíří se kosmických prostorem. Je to přirozené záření hvězd. (9) (10)

Umělým zdrojem rentgenového záření je rentgenová trubice. Rentgenové záření neboli X záření vzniká v rentgence prudkým zbrzděním rychle letících elektronů ve hmotě anody, která je tvořena materiálem o vysokém atomovém čísle. (10)

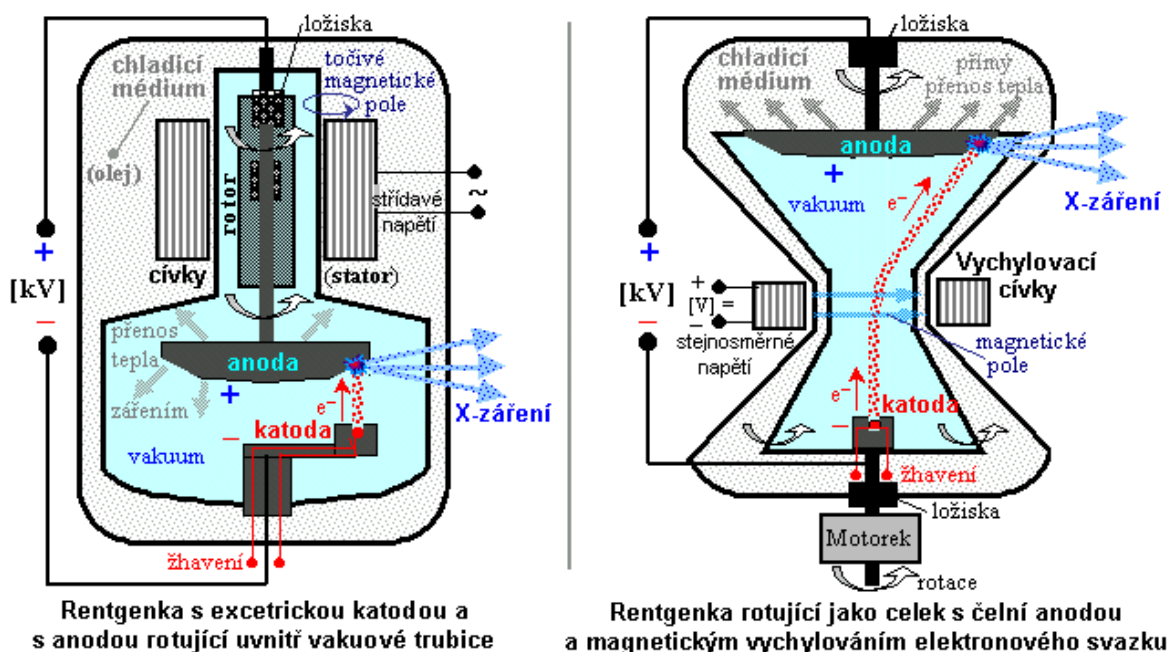
Rentgenka je silně vakuovaná skleněná trubice, která obsahuje dvě elektrody, katodu a anodu. Je to v podstatě klasická dioda, která je zapojena v obvodu s vysokým napětím 20-200kV. Katoda je tvořena jedním nebo dvěma vlákny wolframu, který je použit z důvodu mechanické stálosti a vysokého bodu tání. Při rozžhavení vlákna dochází k emisi elektronů. Rozžhavení vlákna zajišťuje nízkonapěťový žhavicí generátor. Množství elektronů závisí na teplotě vlákna. Vzniká tzv. elektronový mrak. Při spuštění expozice protéká rentgenkou stejnosměrný proud, jehož zdrojem je vysokonapěťový generátor. Elektrony se při průchodu vysokého napětí pohybují od katody k anodě, která je zhotovena nejčastěji z wolframu. Tento materiál má velkou elektronovou hustotu, díky které jsou dopadající elektrony prudce zbrzděny. Účinnost rentgenky je pouhé 1%. Zbylých 99% energie je přeměněno na teplo. Aby byl zajištěn odvod tepla, které vzniká při provozu rentgenky, musí anoda při provozu rentgenky rotovat. Tím je zajištěn rychlejší odvod tepla. Rotace dosahuje až 20 000 otáček za minutu. Celé těleso rentgenky je chlazeno olejovou lázní. (10) (9)

Elektrony dopadají na anodu velkou rychlostí. Čím je napětí na rentgence vyšší, tím je větší rychlost dopadajících elektronů a tím má záření x, které vznikne dopadem elektronů na anodu kratší vlnovou délku. Při dopadu elektronů na anodu vzniká jednak charakteristické a jednak brzdné záření. Brzdné záření vzniká interakcí nabitých částic s elektrostatickými poli jader atomů anody s elektronovými obaly. Energie, která je při tomto ději uvolněna je vyzařována ve formě kvanta brzdného záření. Zbrzdění elektronů může nastat buď v jednom, nebo postupně v několika atomech. Záření, které vzniká jednostupňovým zbrzděním, má kratší vlnovou délku. Čím více se elektron přiblíží k atomovému jádru, tudíž čím větší je jeho energie, tím bude větší energie vzniklého kvanta brzdného záření. Z toho vyplývá, že energie brzdného záření není závislá na materiálu anody. Je závislá pouze na rychlosti dopadajících elektronů. Rychlost jednotlivých dopadajících elektronů není stejná. Je to dáno tím, že napětí na katodě pulzuje. Díky tomu má brzdné záření široké spojité energetické spektrum. (10)

Charakteristické záření vzniká díky interakci letícího elektronu s materiálem anody, kdy elektron dopadající na anodu vyrazí ze slupky K, nebo slupky L elektron. Na uvolněné místo okamžitě přeskočí elektron ze slupky vzdálenější od jádra. Vzhledem k tomu, že kinetická energie elektronů na vzdálených slupkách je vyšší než na slupkách, které jsou blíže k jádru, uvolní se přebytečná energie ve formě záření X. Díky tomu, že má energie jednotlivých elektronových slupek určitou hodnotu, má proto i rozdíl energií mezi zevními

slupkami a slupkou K, nebo L vždy stejnou hodnotu. Proto vzniká záření pouze o určitých vlnových délkách. Záření, které takto vzniká, se nazývá charakteristické proto, že jeho vznik a vlastnosti závisí na materiálu, ze kterého je vyrobeno ohnisko anody rentgenky, což je dopadová plocha převážné části elektronů, které byly emitovány z katody. Z těchto důvodů má charakteristické záření čárové spektrum. Energie charakteristického záření je tím vyšší, čím vyšší je protonové číslo materiálu, ze kterého je zhotovena anoda. Záření o nízkých energiích, které vychází z rentgenky, je nutno odfiltrovat hliníkovým filtrem o tloušťce 1-4 mm, čímž je výrazně snížena povrchová dávka na těle vyšetřovaného pacienta. (10)

Obrázek 4- Rentgenka



Zdroj: (9)

### 3.2 Historie objevu a využití RTG záření v medicíně

Objevu RTG záření předcházely v druhé polovině devatenáctého století pokusy mnoha významných vědců s katodovými trubicemi. Pokusy s výboji v plynech se v té době zabývali například J.W. Hittorf, Nikola Tesla a W. Krookes. Tyto pokusy vedly později k vývoji například světelných výbojek a starších typů obrazovek.

#### 3.2.1 Objev RTG záření W.C. Röntgenem

Podobné pokusy s katodovou trubicí podnikal ve své laboratoři i prof. Wilhelm Conrad Röntgen. Stejně jako ostatní badatelé zkoumal elektrické výboje ve zředěných plynech pod vysokým napětím mezi elektrodami umístěnými na konci uzavřené vakuované

skleněné trubice. Vakuum v trubici umožňovalo volný pohyb elektronů. V temné komoře Röntgen sledoval světélkování vyvolané katodovými paprsky, které se zobrazovalo na luminiscenčním stínítku potaženém fluorescenční látkou. Všiml si při těchto pokusech i zčernání fotografické desky v laboratoři, která byla po celou dobu pokusů světlotěsně uzavřena. Tato skutečnost vedla Röntgena k myšlence, že pokud je mezi anodou a katodou zapojen elektrický proud o vysokém napětí, vychází z trubice neznámé neviditelné záření. Vzhledem k neznámé povaze záření označil toto záření matematickým symbolem pro neznámou, tedy X. Označení X záření se používá dodnes v anglosaské literatuře. K objevu došlo na podzim roku 1895. Měsíc po tomto objevu zhotovil Röntgen první rentgenový snímek na světě. Zaznamenal obraz ruky své manželky na fotografickou desku. V roce 1901 W.C. Röntgen získal Nobelovu cenu za fyziku. Svůj objev nikdy nepatentoval, což vedlo k jeho rychlejšímu rozšíření do praxe. (10) (11)

### **3.2.2 Počátky rentgenologie v Čechách**

Zajímavá je rovněž historie prvního využití objevu rentgenového záření v Čechách. Paradoxem je, že první Röntgenův přístroj nebyl, jak by se předpokládalo, instalován ve zdravotnickém zařízení, ale v restauraci. Zakoupil jej roku 1896 movitý pražský hoteliér Cívka do svého hotelu U černého koně a používal jej jako atrakci k pobavení hostů, kteří si na zobrazovacím stínítku mohli prohlížet svou vlastní kostru. Z dnešního pohledu je naprosto nemyslitelné, aby se lidé nekontrolovaně vystavovali účinkům rentgenového záření. V tehdejší době však nikdo o negativních dopadech působení RTG záření na lidský organismus nic nevěděl, takže se přístroj stal hitem a zvýšil návštěvnost hotelu. Rentgenového přístroje v hotelu si všiml i náš významný lékař prof. MUDr. Rudolf Jedlička, který přístroj jako první v Čechách využil k diagnostickým účelům. (12)

V tehdejší době se o objev rentgenového záření také zajímal i český lékař MUDr. František Dreuschuch. Protože pořízení Röntgenova přístroje bylo nákladné, rozhodl se, že si přístroj postaví sám. Z vlastních peněz zakoupil pouze lampu. S pomocí řemeslníků postavil dokonce v Náměstí malou elektrárnu. Přístroj zkompletoval a již v roce 1900 mohl pořizovat první rentgenové snímky. Bohužel se v počátcích rentgenologie nevědělo nic o škodlivých účincích rentgenového záření. Lékaři se ve své nevědomosti při vyšetření svých pacientů nijak nechránili, a proto mnoho prvních rentgenologů onemocnělo rakovinou kůže. Tento osud potkal i MUDr. Františka Dreuschuche. (12)



Právě díky těmto obětavým lidem byly položeny základy dnešní moderní radiologie. Mnozí však zaplatili za svoji nezištnou pomoc lidem často cenu nejvyšší, když díky ozáření obětovali své vlastní zdraví a mnohdy i život.

### **3.3 Historie katetrizací**

První pokusy, kdy bylo katetrizováno lidské srdce, se uskutečnily v první polovině 20. století. Průkopníkem v této oblasti byl německý chirurg a urolog Werner Forssmann /1904-1979/, který se zabýval myšlenkou možnosti zavedení katétru přímo do srdce. Uvažoval o možnosti, že by se tímto způsobem mohli podávat farmaka přímo do srdce a že by se takto mohl posuzovat také jeho stav. Vzhledem ke skutečnosti, že v té době neměl možnost provádět pokusy na zvířatech, rozhodl se provádět pokusy se srdeční katetrizací sám na sobě. Jeho kolegové nebyli těmto experimentům příliš nakloněni, obávali se přílišného rizika. Rozhodl se proto Foressman provádět pokusy s katetrizací srdce tajně na vlastním těle. V roce 1929 se mu podařilo zavedení za rentgenové kontroly močového katétru až k pravé komoře srdeční. (13)

I přes tento úspěšný pokus, při kterém riskoval Werner Forssmann vlastní život, zůstávala jeho snaha dlouho nepochopena. Doceněn byl až v roce 1957, kdy za svůj objev srdeční katetrizace obdržel společně s André Fredericem Cournandem a Dickinsonem W. Richardsem Nobelovu cenu za fyziologii a lékařství. (13)

André Frédéric Cournand /1895-1988/ a Dickinson W. Richards /1895-1973/ patří mezi další průkopníky srdečních katetrizací. Oba lékaři se zabývali fyziologií a uvědomovali si potřebu katetrizace pravého srdce za účelem měření srdečního výdeje. Oba lékaři se potýkali s velkým množstvím technických problémů. Přes všechny problémy se v roce 1941 podařilo Cournandovi popsat první měření tlaku v pravé síni. O dva roky později André Cournand katetrizoval pravou komoru a za další dva roky i truncus pulmonalis. (14)

Angiokardiografie a srdeční katetrizace dlouhou dobu zůstávaly jako samostatné procedury, i když se často prováděly u stejného pacienta. Srdeční katetrizace se používala k měření tlaků včetně detekce zkratů. Razantní rozvoj angiokardiografie nastal až koncem padesátých let, kdy byly postupně vyvíjeny kvalitnější kontrastní látky, kvalitnější měniče filmů a zavádělo se snímkování ve více projekcích. Pokrokem bylo také používání televizních systémů. (14)

Průlomem v rozvoji angiografie se stala práce Svena I. Seldingera /1921-1998/, který popsal bezpečnou jednoduchou metodu výměny punkční jehly za katetr přes vodič. Popsal také možnost sondovat přes přístup z arterie femoralis všechny arterie v těle. Největší výhodou nové metody zavedení katetru byla absence incize tepny při jeho zavádění. (14)

Mezi průkopníky selektivní koronarografie se řadí F. Mason Sones /1918-1985/. V roce 1958 prováděl vyšetření kořene aorty a nevíšiml si, že katetrem intubuje pravou věnčitou tepnu, která se po nástřiku kontrastní látky zobrazila. Stav nemocného se stabilizoval po krátké asystolii a F. Sones tak jako první provedl selektivní koronární angiogram. Sones novou vyšetřovací techniku v šedesátých letech dále zdokonaloval. K rozvoji koronarografie v této době zásadně přispělo zavedení zevní defibrilace a rozvoj moderní kardiopulmonální resuscitace. Bylo tak možné lépe zvládnout případné komplikace během vyšetření. (14)

K zdokonalení techniky koronarografie přispěly i Melvin P. Judkins /1922-1985/ a Kurt Amplatz . Tito lékaři mají zásluhu na rozvoji koronarografie z femorální artérie dle Seldingera. Pro snadnější sondování odstupů věnčitých tepen vyvinuli nové katetry, které umožňují sondování odstupů věnčitých tepen bez ohledu na tvar aorty. (14)

K dalšímu vzestupu kvality vyšetření koronárních tepen došlo v osmdesátých letech 20. století, kdy byly vyvinuty kvalitní zesilovače RTG obrazu. Díky tomu fluoroskopie dosáhla vysoké kvality. Další léta znamenala rozvoj digitálního zobrazování, což vedlo ke snížení radiační zátěže jak nemocných, tak nemocničního personálu. Tyto všechny skutečnosti vedly k masívnímu rozšíření jak koronarografických vyšetření, tak i angioplastik. (14)

### **3.4 Současné využití RTG záření v medicíně**

RTG záření je v současné době v medicíně využíváno v oblasti radiodiagnostiky a radioterapie.

#### **3.4.1 Využití RTG záření v radiodiagnostice**

V oblasti radiodiagnostiky jsou v současné době používány moderní rentgenové přístroje pro rentgenovou diagnostiku. Klasické filmové rentgenové přístroje byly nahrazeny moderními digitálními přístroji. V současné době probíhá rozvoj rentgenových přístrojů pro přímou digitalizaci rentgenového obrazu, kdy odpadá mezistupeň fyzické

manipulace se záznamovým mediem. Digitální zobrazovací metody využívají elektronické zobrazovací detektory, což jsou polovodičové čipy, které jsou citlivé buď na světlo nebo na rentgenové záření. Mezi hlavní výhody digitalizace rentgenového obrazu počítáme kromě úspory času hlavně redukcí dávky záření. Díky vyšší detekční účinnosti očekáváme vyšší kvalitu získaných obrazů a následně možnost jejich dodatečné úpravy. Další nespornou výhodou digitalizace je možnost uchování dat v elektronické podobě. (15)

Velkým přínosem je také využití výpočetní tomografie v současné medicíně. Tato diagnostická zobrazovací metoda využívá digitální zpracování dat a je schopná zobrazit celé lidské tělo v sérii řezů. Výpočetní tomografie patří k nezastupitelným diagnostickým metodám a je využívána nejen ke klasické diagnostice, ale i k přípravě ozařovacích plánů pro onkologické pacienty. Také se využívá k verifikaci přesného nastavení pacientů před radioterapeutickým ozařováním. (15)

### **3.4.2 Využití RTG záření v radioterapii**

V onkologii je rentgenové záření využíváno k rentgenové terapii, což je způsob léčby nádorů pomocí ionizujícího záření. Při této léčbě se používá RTG záření o podstatně vyšších energiích než při klasické diagnostice. Cílem je ozářit nádorové ložisko dostatečně velkou dávkou, která je potřebná k zastavení nádorového bujení. (16)

Dělení RTG terapie podle intenzity záření:

- Povrchová radioterapie – je ozařování kůže a sliznic do hloubky 1-1,5cm
- Polohloubková radioterapie – ozařování nádorů nacházejících se těsně pod kůží. Používáme konvenční rentgenové přístroje.
- Konvenční hloubková terapie – ozařování rentgenovými přístroji s energií fotonů 200-400 keV
- Vysokovoltážní radioterapie – k ozařování se používají přístroje s energií záření vyšší než 1 MeV (17)

## 4 VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE

### 4.1 Výpočetní tomografie obecně

Výpočetní tomografie je zobrazovací metoda, která využívá matematické zpracování dat, která jsou získána pomocí tomografického vyšetření CT přístrojem. Tato metoda je založena, podobně jako při konvenční radiodiagnostice, na postupném zeslabování svazku záření, který prochází vyšetřovaným objektem a na jeho následné detekci. Jde o tomografickou metodu. Samotné vyšetření sestává z velkého množství jednotlivých řezů vyšetřovaným objemem o šířce 1-10 mm. Při klasické skiografii jsou rozdíly denzity tkání sumovány do jedné roviny. Při vyšetření pomocí výpočetní tomografie dostáváme informaci o prostorovém rozložení vyšetřovaného objemu. (18)

#### 4.1.1 Konstrukce CT přístroje

Výpočetní tomograf se skládá ze zobrazovací soustavy, která je složená ze zdroje záření, detekčního systému a je uložena v gantry. Dále se výpočetní tomograf skládá z vyšetřovacího stolu, výpočetního systému a zdroje vysokého napětí. Přístroj první generace byl konstruován jako jednodetektorový s rotačně translačním systémem. Vícedetektorový přístroj s rotačně translačním systémem je přístroj druhé generace. Přístroj třetí generace je v současné době nejpoužívanější. Je to plně rotační systém tvořený rentgenkou a sektorem detektorů. Přístroj čtvrté generace, u kterého rentgenka rotuje a detektory jsou součástí statického prstence, se neosvědčil. (18)

#### 4.1.2 Výpočetní tomografie 3. generace

Přístroje třetí generace výpočetních tomografů umožňují provádět helikální vyšetření, kdy se nemocný pohybuje plynule v ose otáčení rotoru, přičemž jsou plynule načítána data detekčním systémem. Geometrický tvar trajektorie rentgenky kolem vyšetřovaného pacienta je prostorová křivka, z toho důvodu nazýváme toto vyšetření helikální a celý přístroj nazýváme helikálním výpočetním tomografem. Datový přenos je u těchto moderních přístrojů řešen radiofrekvenčním přenosem. (18)

Další vývoj helikálních výpočetních tomografů pokračoval od přístrojů, které byly schopny pořizovat jednu stopu dat během rotace až k přístrojům, které využívají zdvojení detektorových řad. Tyto přístroje jsou schopny pořídít během rotace až šestnáct datových stop. K těmto přístrojům počítáme multidetektorový výpočetní tomograf, multi-slice CT, MDCT, multi-row detektor CT. Citlivost detektorů výrazně ovlivňuje kvalitu obrazu.

Kvalitativní změnu přineslo uspořádání detektorů do matrixové soustavy. V tomto uspořádání detektory již nezaujímají stejnou plochu. Detektory tvoří pásy uspořádané kolem centrálního paprsku. Takto vybaveným MDCT přístrojem je možné snímat během jedné periody rotace až šestnáct datových stop. Je možné snímat vrstvy široké 0,75 nebo 1,5 mm. Díky rozvoji detekčního systému se podstatně zkrátila doba jednoho otočení rotoru. V současné době je již běžně využívána perioda rotace 500ms. Používají se vysoce citlivé keramické detektory, které významně snižují radiační dávku během vyšetření. Vývojem prošla i rentgenka, která je speciálně upravená pro provoz CT přístroje. Vzhledem k vysokému příkonu během vyšetření musí mít tato rentgenka vysokou tepelnou zatížitelnost. Ta je dosažena díky speciální konstrukci rentgenky, kdy rentgenka jako celek rotuje a její anoda je z vnější strany v přímém kontaktu s chladicí olejovou lázní, a je tak zajištěno účinnější chlazení anody. (18) (11)

Pro provoz výpočetního tomografu je důležitý také výkonný výpočetní systém, který jednak ovládá přístroj, umožňuje archivaci datových stop a také následnou rekonstrukci obrazových dat. Obrazová data byla v minulosti uchovávána v různých formátech, v současnosti je užíván univerzální systém DICOM. Vyšetření je možné vyhodnocovat v paralelních stanicích spojených lokální počítačovou sítí a archivace dat se provádí v centrálním klinickém informačním systému a na zapisovatelných CD či DVD discích. (18)

#### **4.1.3 Vznik obrazu ve výpočetní tomografii**

Zobrazení ve výpočetní tomografii je založeno na denzitometrickém principu. Úbytek záření, které je pohlceno mezi rentgenkou a detektorem, je změřen pomocí detekčního systému. Díky mnohonásobným projekcím získáme data o absorpci záření v jednotlivých částech vyšetřovaného objemu. Výpočtem a superpozicí je možné vyhodnotit míru celkového zeslabení ionizujícího záření v jednotlivých bodech vyšetřovaného objemu. Matematicky se tak vytvoří matice bodů, které se nazývají pixely /picture element/ – obrazové body. Tyto body ve skutečnosti odpovídají hranolům. Výška těchto hranolů je dána kolimací a tyto hranoly nazýváme voxely /volume element/. Z toho vyplývá, že celé zobrazení v jednom řezu je charakterizováno čtyřrozměrnou maticí. Rozměry matice jsou definovány podle os x,y,z. Čtvrtý rozměr je určován mírou zeslabení záření v určitém bodě prostoru, nazýváme ho denzitou. Výhodou nejmodernějších

multidetektorových přístrojů je možnost rekonstrukce obrazu v libovolné rovině, aniž by došlo ke ztrátě informace. (18)

#### 4.1.4 Stupnice denzity

V prostoru je denzita definována pomocí stupnice, která je nazvaná podle konstruktéra prvního výpočetního tomografu G. Hounsfielda – Hounsfieldova stupnice. Jednotkou je Hounsfieldova jednotka – HU. Jedná se o úsečku, která je rozdělená na 4096 stupňů. Základní body na Hounsfieldově stupnici je -1000 HU, čímž je charakterizována hodnota vzduchu. Pro hustotu vody je určen numerický střed 0 HU. Kovy a neředěná kontrastní látka dosahují hodnoty 3096 HU. Rozdíly v denzitě mezi jednotlivými body se zobrazují pomocí stupňů šedi. Vzhledem ke skutečnosti, že zobrazení pomocí celého intervalu denzit nedokáže kvalitně zobrazit jednotlivé struktury vyšetřovaného objemu, se používají tzv. okénka – window. Vybíráme přitom podinterval Hounsfieldovy stupnice a tímto způsobem je možné zviditelnit jednotlivé struktury tkání, které mají rozdílnou fyzikální kvalitu a tudíž i denzitu. (18) (15)

Rozeznáváme následující okénka:

- Plicní – určené pro plicní parenchym a plyn.
- Měkkotkáňové – toto okénko je určené pro břišné dutinu, mediastinum a měkké tkáně.
- Spinální – určené pro páteřní kanál.
- Mozkové supratentoriální, infratentoriální a kostní – určené pro kostní struktury a kalcifikace.

Pro správné hodnocení vyšetřovaného objemu je nutné zvolit odpovídající okénko. (19) (15)

#### 4.1.5 Angio CT

Angio CT je v současnosti hlavní neinvazivní metoda, která umožňuje zobrazení koronárních tepen. Díky technologickému vývoji CT přístrojů se zvyšuje diagnostická kvalita zobrazení věnčitých tepen pomocí těchto přístrojů. (20)

Během své trvalé aktivity vykonává srdce komplexní pohyb v několika směrech. Při této srdeční aktivitě se spolu se srdečním svalem pasivně pohybují i koronární tepny. Výpočetní tomografie je schopná zobrazit průběh koronárního řečiště, protože moderní

technologie umožňují synchronizaci akvizice dat s EKG záznamem. Zobrazení srdce pomocí výpočetní tomografie umožnil rozvoj multidetektorové a spirální technologie. (20) (21)

Aby bylo možné srdce kvalitně zobrazit, je nutné omezit jeho pohybové artefakty. K tomu slouží synchronizace akvizice dat s kontinuálně zaznamenanou EKG křivkou, která nese informace o průběhu srdečního cyklu. Srdce vykonává nejmenší pohyb v pozdní systolické a střední až pozdní fázi diastoly. V těchto intervalech srdečního cyklu můžeme srdce ideálně zobrazit pomocí tak zvaného virtuálního „zmrazení“ srdečního pohybu. Metoda retrospektivního EKG gatingu je jednou z možností EKG synchronizace. Tato metoda představuje kontinuální akvizici dat v průběhu jednoho či více srdečních cyklů. Datové pole, které získáme, dovoluje díky zpětné rekonstrukci získat sérii obrazů v libovolné fázi R-R intervalu. (20) (21)

Další technikou pro EKG synchronizovaný sekvenční způsob akvizice dat pro zobrazení srdce je princip prospektivního triggeringu. Expozice X zářením je při této technice přerušována a je spouštěna v předem pevně nastavených částech R-R srdečního intervalu. Okamžik, kdy má být akvizice spuštěna, můžeme předem nastavit do určité vzdálenosti od kmitu R. Takto lze provádět vyšetření celého srdečního objemu. Je to způsob vyšetření výhodný u osob s pomalejší srdeční frekvencí a pravidelným srdečním rytmem. Hlavní přínos této metody je nízká radiační zátěž. (20)

Nezbytnou podmínkou zobrazení cévního lumina je intravenózní aplikace kontrastní látky. Aplikace kontrastní látky je také důležitá pro posouzení prokrvení srdečního svalu. Aby byla náplň cév optimální, využívá se u CT angiografie nepřímá metoda recirkulace po intravenózním podání kontrastní látky a načasování akvizice dat. Používají se přetlakové injektory, umožňující proplach cévního systému fyziologickým roztokem. Díky proplachu se ušetří čtvrtina až třetina objemu kontrastní látky. U CT přístrojů s rychlou akvizicí je možné v současnosti provést vyšetření s použitím 40-80 ml kontrastní látky. Aby byla dosažena optimální plazmatická koncentrace kontrastní látky v celém vyšetřovaném objemu, je nutno aplikaci správně synchronizovat s akvizicí dat. Je nutné znát cirkulační čas, to je doba, za kterou je dopravena kontrastní látka cévním systémem od místa aplikace, do cílové tepny. Tato rychlost je závislá na oběhových parametrech vyšetřovaného pacienta, proto jsou k jejímu stanovení využívány techniky automatického spuštění akvizice a techniky monitorace cirkulačního času. (20) (19)

#### **4.1.6 Indikace k vyšetření pomocí angio CT**

Mezi hlavní skupinu osob, které jsou indikovány k CT angiografii, jsou osoby, které mají nízkou a střední pravděpodobnost postižení ischemickou chorobou srdeční. CT angiografie je také vhodná pokud plánujeme zkontrolovat efekt chirurgické revaskularizace. Pomocí CT AG lze také posoudit stav srdečních chlopní a postižení hrudní aorty. (20)

CT angiografie má také velkou výhodu u nemocných s koronárními bypassy, u kterých chceme vyloučit stenózu nebo uzávěr jednotlivých bypassů. U těchto osob je výhoda CT vyšetření oproti koronarografii, při které může být identifikace průchodnosti nebo uzavření bypassů obtížná. Každá další snaha o kanylací bypassu značně zvyšuje množství podané kontrastní látky, a také je zvyšována radiační zátěž pro pacienta i pro personál. V praxi je proto nejvýhodnější provedení CT angiografie před zvažovanou koronarografií. Na základě výsledku CT vyšetření je možné dále zvážit opravdovou nutnost invazivního vyšetření. Protože při CT vyšetření není nutné uzavřené bypassy cíleně zobrazovat, je toto vyšetření šetrnější. Při pozitivitě CT vyšetření indikujeme k cílenému ošetření koronarografii, po jejímž provedení může následovat angioplastika postižené tepny. (20)

#### **4.1.7 Provedení výkonu /angioCT/**

Před vlastním provedením vyšetření pomocí angio CT je pacient připojen na EKG monitoraci a je mu zavedena kanyla většinou na pravé paži do kubitální žíly. Vyšetření je prováděno vleže na zádech, kdy je nejprve zhotoven nativní topogram, který slouží k zaměření na oblast našeho zájmu. Poté provedeme takzvaný test bolus, kdy je pacientovi aplikováno menší množství kontrastní látky za současné expozice a sledujeme, za jaký časový úsek od aplikace je krevním řečištěm dopravena kontrastní látka do cílové oblasti.

Tento test má význam pro nastavení zpoždění expozice v synchronizaci s podáním kontrastní látky při samotném vyšetření. Vlastní vyšetření probíhá pak automaticky díky předchozímu nastavení potřebných parametrů. Při klasickém vyšetření srdce je zhotoveno 30 řezů ve směru kranio – kaudálním, při cíleném vyšetření bypassů jsou řezy vedeny opačným směrem, a to kaudo – kraniálně. Celkové množství kontrastní látky při vyšetření se pohybuje okolo 70 ml včetně množství potřebného na provedení test bolusu.



## **5 KORONAROGRAFIE**

Selektivní koronarografie je invazivní radiodiagnostická metoda, která umožňuje zobrazit vnitřní konturu věnčitých tepen. Díky této metodě můžeme zjistit přítomnost či absenci zúžení věnčitých tepen. Dále můžeme stanovit rozsah jejich postižení aterosklerózou nebo jinými patologickými procesy. Koronarografie poskytuje spolehlivou anatomickou informaci o stavu věnčitých tepen a usnadňuje rozhodování o dalším způsobu léčby nemocných s koronárním onemocněním. (1)

### **5.1 Angiolinka – popis přístroje**

Koronarografické vyšetření provádíme na katetrizačním pracovišti (katetrizační laboratoř či sál neboli cathlab), které je vybaveno kvalitním angiografickým rentgenovým přístrojem vybaveným C ramenem. Tento přístroj umožňuje záznam obrazu o frekvenci 15-30 snímků za vteřinu. Záznam je archivován na záznamovém médiu, nejčastěji CD nebo DVD a je odesílán do centrálního úložiště.

Přístroj pro angiografii je vybaven rentgenkou, zesilovačem rentgenového obrazu, kde je rentgenový obraz digitalizován a přenášen televizním řetězcem na monitory. Přístroj pracuje s klasickou skiaskopíí, což je metoda dynamického zobrazení RTG obrazu. Pro maximální snížení radiační zátěže se používá pulzní režim s automatickým řízením dávkového příkonu.

### **5.2 Popis provedení koronarografie**

Koronarografické vyšetření je prováděno na katetrizačním sále při dodržení zásad sterility. Po celou dobu výkonu, který je prováděn vleže na zádech na katetrizačním lůžku, je pacient monitorován pomocí EKG. Pacient je při vyšetření (mimo kritické výkony) při vědomí a může komunikovat s personálem. Je zarouškovan sterilními rouškami a místo vpichu je dezinfikováno roztokem k tomu určeným. Katetrizační přístupy mohou být různé, nejčastější je přístup cestou arteria radialis a arteria femoralis. Přístup cestou arteria ulnaris a brachialis se používá spíše výjimečně. Nejprve se po aplikaci lokální anestezie provede vpich punkční jehlou do přístupové tepny, do které se zavede kovový vodič. Poté, co je jehla vyjmuta, se po vodiči zavede krátké pouzdro zvané sheath, které chrání arterii při výměně jednotlivých katétrů. Sheath je vybaven membránou, která zabraňuje zpětnému toku arteriální krve. Tento způsob zavedení katétru do tepny se nazývá podle objevitele

tohoto způsobu vyšetření. Je nazýván Seldingerovou metodou. Na začátku výkonu je do sheathu aplikován nefrakcionovaný heparin.

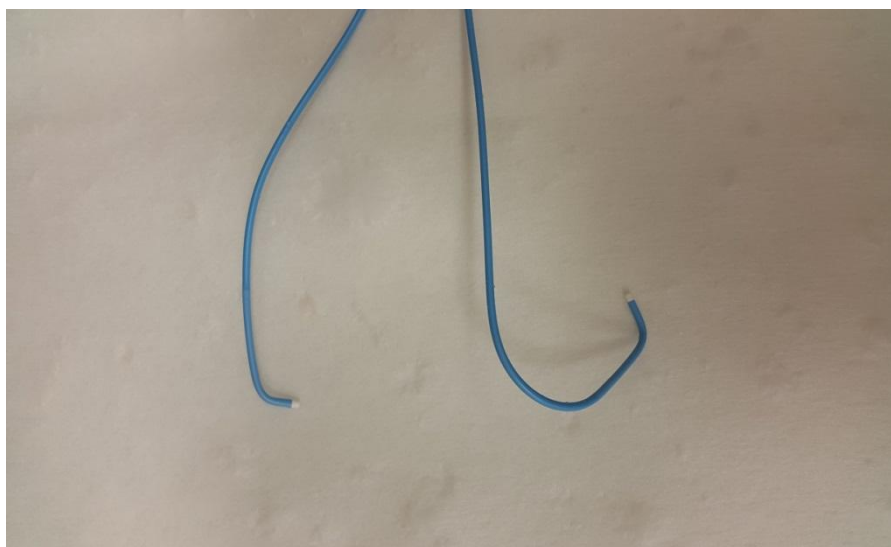
Sheath umožňuje výměnu katétrů během výkonu. Nejčastěji vyšetření začíná zobrazením levé věnčité tepny, pokračuje vyšetřením pravé věnčité tepny a event. koronárních bypassů. Nejčastěji používáme katétr, které vyvinuli američtí kardiologové Judkins a Amplatz. Tyto katétr mají různé tvary a velikost, je počítáno s různou velikostí aortálního bulbu. Samotné vyšetření spočívá v selektivním nástřiku malého množství jodové kontrastní látky do odstupů jednotlivých věnčitých tepen. Nástřik je prováděn buď manuálně nebo speciálním tlakovým injektorem. Výměna katétrů je prováděna po kovovém vodiči, který je zaveden retrográdně do aorty. Po jeho vytažení, což je možné v okamžiku, kdy je katétr zaveden do vzestupné části aorty, je možné přistoupit k sondování odstupů koronárních tepen. Aby nedocházelo ke koagulaci krve během vyšetření a tím ke vzniku trombů, proplachujeme během vyšetření katétr fyziologickým roztokem, do kterého je přidáván heparin. Během vyšetření kromě monitorace EKG křivky, monitorujeme také arteriální tlak snímáný z konce katétru, což přispívá k větší bezpečnosti vyšetření. V některých případech lze monitorovat i saturaci krve kyslíkem pulzním oxymetrem. Nezbytnou součástí katetrizační laboratoře je také defibrilátor, pomůcky pro kardiopulmonální resuscitaci, intubaci, umělou plicní ventilaci a přístroj na odsávání. Ke standartnímu vybavení katetrizační laboratoře patří v současné době také přístroj na měření frakční průtokové rezervy.

Po skončení vyšetření vyjmeme sheath a provádíme kompresi místa vpichu. V případě arterie radialis pomocí některého ze speciálních kompresních prostředků (v našich podmínkách TR band). V případě přístupu cestou arteria femoralis a pouze diagnostické koronarografie provádíme manuální kompresi místa vpichu do zastavení krvácení, nejčastěji stačí zhruba patnáct minut, a následně místo komprimujeme tlakovým obvazem. Při a po komprimaci je pro pacienta důležitý klid na lůžku, kdy nesmí hýbat dolní končetinou z důvodu možnosti vzniku krvácivých komplikací. V případě přístupu cestou arteria femoralis a provedení PCI (vyžadující podání vyšší dávky heparinu) sheath v tepně ponecháváme do poklesu APTT k fyziologickým hodnotám. Jinou možností uzavření místa vpichu do arteria femoralis jsou různé uzavírací systémy (např. AngioSeal, FemoSeal apod.)

### 5.3 Instrumentárium

Instrumentárium pro koronarografii připravujeme při dodržování zásad sterility na stolku, který je překrytý sterilní rouškou. Přípravu provádíme bezprostředně před výkonem. Mezi základní výbavu potřebnou k provedení výkonu patří punkční jehla, injekční stříkačka s jehlou obsahující látku pro lokální znecitlivění, další injekční stříkačky pro proplach katétrů během výkonu směsí fyziologického roztoku a heparinu. Dále k provedení výkonu potřebujeme tzv. sheath, což je ochranné pouzdro, které zavádíme na začátku výkonu do tepny a které ji chrání před poškozením při výměně katétrů. Nejčastěji používáme sheathy o průměru 4-6 Frenchů. Při výkonu katétrů zavádíme po kovovém vodiči. Na výběr máme mnoho druhů katétrů různých délek a různých zakončení, které mohou být jednak rovné a jednak na konci zahnuté. Katétrů pro provedení koronarografie jsou speciálně tvarované pro sondování pravé a levé věnčité tepny. Jejich tvar umožňuje snadné zapadnutí do odstupů věnčitých tepen v případě nejobvyklejší anatomie. Jejich tvar vyvinuli američtí kardiologové Judkins a Amplatz. Povrch katétrů musí být minimálně trombogenní, katétrů musí být také odolné proti zalomení a jejich zakončení musí být atraumatické. Speciálním katetrem je tzv. pig-tail, který má zakroucený konec do tvaru prasečího ocásku (odtud jeho název) a má několik menších otvorů, které umožňují ideální distribuci kontrastní látky. Pig-tail slouží k vyšetření stažlivosti levé komory srdeční. Během celého výkonu musíme dbát na zásady přísné sterility.

*Obrázek 5- Zakončení pravého a levého Judkinsova koronárního katétru*



*Zdroj: vlastní*

## 5.4 Indikace k vyšetření

Základní indikací k provedení koronarografického vyšetření je ischemická choroba srdeční. Rozhodnutí k provedení koronarografie je postaveno na předpokladu, že užitek a množství poznatků získaných při vyšetření převáží možná rizika výkonu pro pacienta a že všechny získané informace povedou k zlepšení prognózy nebo symptomů nemoci. (22) (1)

Indikace vycházejí z doporučených postupů Evropské kardiologické společnosti přejatých Českou kardiologickou společností, jedná se o doporučené postupy pro revaskularizaci myokardu, léčbu STEMI , NSTEMI a stabilní ICHS. (22)

Jednoznačnou indikací pro provedení koronarografie jsou akutní formy ICHS (tzn. akutní koronární syndromy). V případě stabilních forem ICHS je koronarografie indikována v případě jejích těžších forem nebo forem nereagujících adekvátně na konzervativní léčbu. (22)

## **6 RADIAČNÍ OCHRANA**

Mezi základní principy radiační ochrany patří princip optimalizace, princip odůvodněnosti, princip fyzické bezpečnosti zdrojů ionizujícího záření a princip nepřekračování limitů. Na diagnostické a terapeutické ozáření se vztahují pouze první tři principy. (23)

### **6.1 Princip odůvodněnosti vyšetření**

Diagnostické ozáření pacienta musí být vždy řádně zdůvodněno lékařem. Pokud by vyšetření pacienta nemělo mít prokazatelný účinek, neměl by ho lékař indikovat. Vždy musí přínos vyšetření pro pacienta převažovat nad možnými riziky, které vyšetření přináší. (23)

### **6.2 Princip optimalizace ochrany**

Všichni pracovníci, kteří zacházejí se zdrojem ionizujícího záření, jsou povinni řídit se principy radiační ochrany, aby vzhledem k hospodářským a společenským hlediskům byla pravděpodobnost ohrožení zdraví osob, jejich života či životního prostředí tak nízká, jak lze jen rozumně dosáhnout. Tento princip se často označuje pomocí anglické zkratky ALARA /as low reasonably achievable/. Naplnění tohoto principu je dosahováno zavedením systému jakosti. (23)

### **6.3 Princip fyzické bezpečnosti zdrojů IZ**

Všechny zdroje ionizujícího záření by měly být zajištěny do té míry, aby nemohlo za běžného provozu docházet k nepředvídaným událostem. Tohoto dosáhneme, pokud zabráníme přístupu nepovolaným osobám do prostor, kde se zdroje ionizujícího záření nacházejí. Dále pravidelně provádíme kontroly provozní stálosti, dlouhodobé stability, ověřování shody a přijímací zkoušky. (23)

### **6.4 Radiační ochrana**

Pokud se chceme účinně chránit před individuálním ozářením, musíme dodržovat princip regulace emise zdroje ionizujícího záření /ALARA/. V ideálním případě je to dodržování kombinace tří prvků, jako je udržování maximální možné vzdálenosti od zdroje ionizujícího záření, vystavování se expozici ionizujícího záření co možno nejkratší možnou dobu a efektivní používání ochranných pomůcek. (23)

#### 6.4.1 Radiační ochrana radiologických asistentů

Radiologičtí asistenti se chrání stíněním (tzn. použití k tomu určených ochranných pomůcek), vzdáleností od zdroje záření a časem. Oproti obecným dávkovým limitům pro obyvatelstvo jsou dávkové limity pro radiologické asistenty a ostatní pracovníky se zdroji ionizujícího záření navýšeny. (23)

#### 6.4.2 Radiační ochrana pacientů

Při lékařském ozáření pacientů by se měl indikující lékař držet principů odůvodněnosti a pokud to není nezbytně nutné, neměl by vyšetření za pomoci ionizujícího záření provádět. Měl by zvážit, jestli není dané vyšetření prováděno zbytečně často a jestli již nebylo provedeno v nedávné době. Těhotné pacientky musí být před vyšetřením řádně poučeny a musí podepsat informovaný souhlas s vyšetřením. (23)

Tabulka 2- Limity pro radiační pracovníky

VELIČINY	LIMITY		
	obecné	rad. pracovníci	rad. studenti
Efektivní dávka/rok [mSv]	1	50	6
Efektivní dávka/5let [mSv]	5	100	-
Ef. Dávka v čočce [mSv]	15	150	50
Ef. Dávka na ruce a nohy[mSv]	-	500	150
Prům. ekv. Dávka v 1 cm <sup>2</sup> kůže/rok [mSv]	50	500	150

Zdroj: (23)

#### 6.5 Radiační zátěž při koronarografii a CT vyšetření

Zde uvádíme radiační zátěž, které byli pacienti vystaveni při angio CT vyšetření srdce a při běžném koronarografickém vyšetření, které bylo s negativním výsledkem a u kterého byly vyšetřovány pouze věnčité tepny bez katetrizace bypassů a bez případného provedení ventrikulografie.

Tabulka 3- Radiační zátěž při koronarografii a CT vyšetření

Typ vyšetření	Efektivní D [mSv]
Koronarografie	5,4
Angio CT	3,1

Zdroj: vlastní

# PRAKTICKÁ ČÁST

## 7 CÍLE

C1: Zjistit, jakou metodou nejlépe zobrazit koronární tepny.

C2: Zjistit, jaký způsob vyšetření koronárních tepen je pro pacienta nejvhodnější, zda invazivní, nebo neinvazivní

C3: Zjistit, jakým způsobem snížit radiační zátěž pacienta při vyšetření koronárních tepen.

## **8 HYPOTÉZY, VÝZKUMNÉ OTÁZKY**

VO1: Jakou nejvhodnější metodu zvolit k vyšetření koronárních tepen?

H1: Předpokládám, že u nemocných s nízkým rizikem ICHS je nejvhodnější vyšetřovací metodou věnčitých tepen angio CT.

VO2: Jaký je diagnostický přínos invazivních a neinvazivních vyšetření koronárních tepen?

H2: Předpokládám, že koronarografické vyšetření má lepší možnost kvantifikace stenóz.

VO3: Jak efektivně snížit zátěž pacienta při vyšetření koronárních tepen?



## **9 METODIKA VÝZKUMU**

Pro tuto práci jsme zvolili kvalitativní výzkum formou kazuistik. V jednotlivých kazuistikách jsme se zaměřili na pacienty trpící ischemickou chorobou srdeční nebo v podezření, že by jí mohli trpět a byli vyšetřeni již dříve zmiňovanými zobrazovacími metodami na Klinice zobrazovacích metod a na úseku intervenční kardiologie Kardiologického oddělení Fakultní nemocnice Plzeň. Data byla sbírána na obou pracovištích od 1.7.2016 do 20.3.2017.

## 10 KAZUISTIKY

### 10.1 Kazuistika č. 1

Muž 56 let

#### **Anamnéza:**

RA: Otec zemřel v 72. roce věku, matka žije, dcera a syn jsou zdraví, jsou bez závažných zdravotních komplikací.

OA: Esenciální hypertenze

Abusus: Dříve kuřák, nekouří již 17 let, alkohol příležitostně, kávu pije jeden šálek denně.

Alergie: Alergii neguje.

PA,SA: Pracuje jako jednatel firmy, žije s manželkou a dětmi.

NO:

56 letý muž byl 17.1. 2017 hospitalizován na interním oddělení akceleraci arteriální hypertenze manifestovanou bolestí hlavy a nespecifické změny na EKG křivce. Dále udával, že občas pociťuje tlakové bolesti na hrudi při námaze. Bylo rozhodnuto provedení CT AG koronárních tepen.

#### **Katamnéza:**

17.1.2017 – ECHO

Normální systolická funkce levé komory srdeční, bez patrných poruch kinetiky.

6.2. 2017- CT AG věnčitých tepen

Vyšetření provedeno na dvouzdrojovém CT, bylo podáno 80 ml neionické kontrastní látky.

Závěr: Významná stenóza proximálního RIA.

22.2.2017- Koronarografické vyšetření

Výkon proveden přístupem z levé arteria radialis

ACS: kmen bez stenózy, RIA s významnou stenózou v místě odstupu RD1 a RS1, dále tepna bez stenózy. RCx bez stenózy.

ACD: maximálně hraniční (40-50%) stenóza proximálně.

22.2. –PTCA

Byla provedena PCI RIA s implantací jednoho konvenčního stentu (rozměry 4,0x20mm) s optimálním výsledkem. Další postup konzervativní.

**Závěr:**

Pacient byl přijat pro bolesti hlavy při akceleraci hypertenze. Z důvodu nespecifických změn na EKG a občasným bolestem na hrudi, bylo provedeno CT AG. Byla zjištěna významná stenóza RIA a pacient byl indikován ke koronarografii. Diagnóza významné stenózy RIA byla potvrzena a pacientovi byl následně implantován stent s optimálním výsledkem. Pacient byl propuštěn do domácího ošetřování.

## **10.2 Kazuistika č.2**

Žena 53 let

**Anamnéza:**

RA: Rodinná anamnéza je bezvýznamná. Má dvě děti, toho času jsou zdraví.

OA: Pacientka dosud vážněji nestonala. Stav po CHCE v r. 2000.

Stav po operaci cysty levého vaječníku v r. 1987

Abusus: Pacientka nepije alkohol ani kávu, nekouří.

Alergie: Alergii neguje.

PA,SA: Pracuje jako úřednice na OSSZ, bydlí s manželem a dětmi

NO:

53 letá žena, bez rizikových faktorů ICHS byla přijata na kardiologickou jednotku intenzivní péče pro asi hodinu trvající bolesti na hrudi s EKG obrazem ST elevací v zadních svodech. Byla indikována urgentní koronarografie.

**Katamnéza:**

9.3.2017- ECHO

Normální systolická funkce LKS, bez poruch kinetiky.

9.3.2017- Koronarografické vyšetření

Výkon proveden přístupem z levé arterie radialis

ACS: normální nález

ACD: normální nález na tortuozní magistrální tepně, uzávěr RPLD proximálně.

9.3.2017-PTCA

Byla provedena primární PCI RPLD s implantací jednoho lékového stentu (rozměry 2,5 x 22mm) s optimálním výsledkem. Další postup konzervativní.

**Závěr:**

Nemocná bez rizikových faktorů ICHS byla přijata pro asi hodinu trvající bolesti na hrudi s EKG obrazem ST elevací v zadních svodech. Byla provedena urgentní SKG s nálezem uzávěru v proximálním úseku RPLD, který byl ošetřen angioplastikou s implantací lékového stentu. Pacientka byla propuštěna do domácího ošetřování.

**10.3 Kazuistika č.3**

Muž 76 let

**Anamnéza:**

RA: Otec zemřel v 71 letech na rakovinu lící kosti, matka zemřela v 78 letech na cévní onemocnění.

OA: Arteriální hypertenze, hypercholesterolémie, chronická bronchitis, ischemická choroba srdeční, ischemická choroba dolních končetin, chronická obstrukční plicní nemoc.

St.p. trojnásobném CABG a náhradě aortální chlopně bioprotézou r. 2013.

Abusus: Pacient je bývalý kuřák, abstinuje od roku 1981, alkohol pije příležitostně, kávu nepije.

Alergie: Pacient je alergický na Ajatin.

PA,SA: Pacient je nyní ve starobním důchodu, dříve pracoval jako zámečnick. Žije sám, je vdovec.

NO:

76 letý muž, po trojnásobném aortokoronárním bypassu a náhradě aortální chlopně bioprotézou v r. 2013, byl při kontrole v kardiologické ambulanci indikován k provedení CTAG věnčitých tepen a bypassů z důvodu námahové anginy pectoris. CTAG prokázalo uzávěr bypassu na RMS a byla doporučena koronarografie. Dle jejího výsledku byla indikována elektivní PTCA přechodu kmene RCx.

### **Katamnéza:**

12.12.2016-CTAG

Vyšetření provedeno po intravenózním podání 80ml neionické kontrastní látky.

LIMA-RIA: volně průchodný bypass bez stenóz, periferie RIA se plní bez významné stenózy. SVG - RIVP volně průchodný bypass bez stenóz. SVG - RMS uzavřen. ACD: těsná odstupová stenóza, dále hrubé nerovnosti, ACS: kmen, zjištěny nerovnosti, RIA: významná stenóza proximálně, RCx- těsná odstupová stenóza.

20.12.2016-Koronarografické vyšetření

ACS: Nerovnosti kmene. Hraniční, až významná stenóza RIA proximálně a uzávěr RIA na počátku středního úseku. Výrazná kalcifikovaná odstupová stenóza RCx, dále hrubé nerovnosti.

ACD: Ostiální uzávěr, plní se jen atriální větvíčka.

LIMA-RIA: Volně průchodný bypass, bez stenózy, včetně anastomózy a nativního RIA distálně od anastomózy.

SVG-RMS: Uzavřen v odstupu.

SVG-RIVP: Volně průchodný bypass, nevýznamná, až hraniční stenóza SVG v distální anastomóze, Přes RIVP se retrográdně plní i celá ACD prakticky až k ostiálnímu uzávěru a tenký RPLD s těsnou odstupovou stenózou.

8.3.2017-PTCA

Po predilataci stenózy byl implantán do přechodu kmen ACS – RCx jeden konvenční stent s optimálním výsledkem. Další postup konzervativní.

**Závěr:**

Pacient po trojnásobném aortokoroním bypassu a náhradě aortální chlopně bioprotézou byl při kontrole v kardiologické ambulanci indikován k CT AG pro námahovou anginu pectoris. CT AG odhalila uzávěr bypassu na RMS, pacient byl proto indikován na koronarografické vyšetření, kde se nález potvrdil. Pacient byl indikován k provedení elektivní PCI přechodu kmene ACS - RCx, tj. povodí zásobeného uzavřeným bypassem. Pacient byl propuštěn do domácího ošetření.

#### **10.4 Kazuistika č.4**

Muž 60 let

**Anamnéza:**

RA: otec zemřel na infarkt myokardu v 62 letech, matka žije, léčí se srdečním onemocněním, byla u ní provedena angioplastika. Má jednoho sourozence, sestru, ale nezná její zdravotní stav. Má dva syny, oba jsou toho času zdraví.

OA: Fibrilace síní.

Abusus: Pacient kouří dvacet cigaret denně posledních třicet let. Pravidelně pije pivo, většinou jedno denně. Kávu pije jenom občas.

AA: Alergii pacient neguje.

SA,PA: Pracuje jako vzduchotechnik, bydlí s manželkou v bytě ve 3. patře bez výtahu.

NO:

60 ti letý pacient, kuřák s bilaterální pozitivní rodinnou anamnézou stran ICHS a fibrilací síní byl odeslán ke katetrizačnímu vyšetření pro námahovou dušnost trvající od léta 2016. ECHO prokázalo lehkou difusní hypokinezu levé komory srdeční.

**Katamnéza:**

15.3.2017 - Koronarografické vyšetření

Výkon proveden přístupem z levé arterie radialis

ACS: Normální nález.

ACD: Normální nález.

**Závěr:**

Šedesátiletý kuřák s pozitivní koronární rodinnou anamnézou, léčený antikoagulační léčbou pro fibrilaci síní, byl odeslán ke katetrizačnímu vyšetření pro lehkou systolickou dysfunkci levé komory srdeční manifestovanou námahovou dušností. Koronarografie byla provedena cestou levé radiální tepny s normálním nálezem. Z hlediska revaskularizace myokardu byl indikován konzervativní postup a pacient byl propuštěn do domácího ošetřování.

**10.5 Kazuistika č.5**

Muž 41 let

**Anamnéza:**

RA: Pacientův otec se léčil se srdcem, blíže neví, o jaké onemocnění se jednalo. Matka zdráva, sestra zdráva.

OA: Pacient po abscedující pneumonii pravé plíce s opak. drenovaným parapneumonickým výpotkem. Nyní je hospitalizován v Plicní léčebně Janov. Syndrom závislosti na alkoholu a opiátech, toho času substituce buprenorfinem, dříve hospitalizován na psychiatrii v Bohnicích. Pacient dále léčen pro chronickou bronchitidu. V mládí opakovaná fraktura ruky a nohy.

Abusus: Pacient momentálně abstínuje, je hospitalizován v Plicní léčebně Janov. Dříve pil panáky až pět denně, kouří 20 cigaret denně.

Alergie: Pacient alergii neguje

PS,PA: Pracuje jako programátor.

**Katamnéza:**

14.7.2016 – CT AG.

Vyšetření bylo provedeno na dvouzdrojovém CT přístroji, bylo podáno 80 ml neionické kontrastní látky.

Normální nález.

**Závěr:**

Jednačtyřicetiletý pacient s anamnézou syndromu závislosti na alkoholu a opiátech, nyní hospitalizovaný v TRN léčebně Janov po abscedující pneumonii pravé plíce s opakovaným drenovaným parapneumonickým výpotkem měl původně podstoupit koronarografii pro suspektní poruchy kinetiky a lehkou systolickou dysfunkci zachycené na ECHO vyšetření. Pacient však neguje stenokardie. Vzhledem k nízké pravděpodobnosti ICHS bylo provedeno namísto koronarografie CT AG věnčitých tepen, které bylo s normálním nálezem. Pacient byl přeložen zpět do plicní léčebny.



## 11 DISKUZE

V teoretické části uvádíme možné formy ICHS jak akutní, tak i chronické. Popisujeme zde, jaké vyšetřovací metody jsou v současné době dostupné pro zobrazení věnčitých tepen.

V praktické části se zaměřujeme na jednotlivé kazuistiky a hledáme odpověď na předem stanovené otázky. Dále hledáme podněty pro potvrzení nebo vyvrácení hypotéz. Pro porovnání obou vyšetřovacích metod, jak koronarografického vyšetření, tak angio CT, jsme vybrali kazuistiky, kde jednotliví pacienti prodělali jak kombinaci obou těchto vyšetření, tak každé z těchto vyšetření zvlášť. Pro porovnání radiační zátěže, kterou pacienti obdrželi během výkonu, byla vypočtena efektivní dávka ionizujícího záření.

V první kazuistice je prezentována sekvence použití zobrazovacích vyšetření věnčitých tepen, kdy byl u pacienta se středním rizikem ICHS vyšetřovací proces zahájen provedením CTAG věnčitých tepen, které odhalilo významnou stenózu a následovala SKG s provedením PCI s implantací stentu. Tato sekvence vyšetření je preferována u pacientů se střední pravděpodobností přítomnosti ICHS. Tento postup podporují Doporučené postupy ESC/EACTS pro revaskularizaci myokardu z roku 2014.

Ve druhé kazuistice popisujeme případ, kdy nemocná bez rizikových faktorů ICHS prodělala STEMI zadní stěny levé komory srdeční. Byla provedena urgentní SKG s nálezem uzávěru proximálního úseku RPLD, který byl ošetřen angioplastikou s implantací lékového stentu. V případě akutního koronárního syndromu s ST elevacemi je vždy indikováno provedení urgentní koronarografie a primární PCI. Tato kazuistika popisuje situaci, kdy při akutním postižení nemocné infarktem myokardu bylo potřebné v co možná nejkratším časovém limitu obnovit reperfúzi postiženého srdečního svalu. V tomto případě je jediné možné řešení koronarografické vyšetření s následnou angioplastikou postižené věnčité tepny. V tomto případě prokázalo koronarografické vyšetření svou jedinečnost v možnosti léčebné intervence a CTAG zde své uplatnění nemá. Nalzáme tak odpověď na otázky C1 a C2 pro danou situaci. Tento postup je plně v

souladu s Doporučenými postupy ESC/EACTS pro revaskularizaci myokardu z roku 2014 i Doporučenými postupy ESC pro diagnostiku a léčbu pacientů se SETMI z roku 2012.

Ve třetí kazuistice popisujeme situaci, kdy byl pacient již v minulosti po trojnásobném aortokorárním bypassu. Pro anginózní potíže bylo zprvu indikováno CT AG věnčitých tepen a bypassů, které odhalilo uzávěr bypassu vedoucího na RMS, pacient byl následně indikován ke koronarografickému vyšetření, kde byla diagnóza potvrzena. Dále byl pacient indikován k provedení elektivní PCI přechodu kmene ACS-RCx. Tato kazuistika nám představuje obě vyšetřovací metody koronárních tepen jako metody, které se vzájemně doplňují. U pacienta po trojnásobném bypassu by bylo koronarografické vyšetření jako vyšetření první volby zatěžující, co se týče aplikace většího množství kontrastní látky a co se týče větší radiační zátěže. Za situace, kdy by operatér provádějící SKG neměl předem k dispozici CTAG poskytující informaci o průchodnosti či uzávěru bypassů, hrozí, že při hledání odstupů bypassu, o kterém neví, že je uzavřen, významně zvýší pacientovu radiační zátěž. Právě k zobrazení odstupů bypassů nám může pomoci angio CT, kde v případě, že následuje koronarografické vyšetření, již o poloze bypasů máme představu a víme, zda je bypass uzavřen či nikoli. Koronarografické vyšetření je pak snazší, rychlejší a méně zatěžující pro pacienta co se týče dávky záření i množství podané kontrastní látky. V tomto případě to potvrzuje i změřená efektivní dávka, kdy pacient obdržel při angio CT bypasů dávku 24,7 mSv a při koronarografickém vyšetření, kdy byly kromě věnčitých tepen vyšetřeny i bypassy obdržel dávku 15,4 mSv. Tato situace nám odpovídá na otázku VO3 pro daný případ.

Čtvrtá kazuistika popisuje situaci, kdy jsme u pacienta s vysokým rizikem ICHS (věk, muž, kuřák, pozitivní rodinná anamnéza), námahovou dušností a systolickou dysfunkcí levé komory srdeční poněkud překvapivě diagnostikovali na koronarografii normální nález. U pacientů s vysokým rizikem ICHS je preferováno provedení koronarografie před CTAG z důvodu vyšší pravděpodobnosti nutnosti provedení PCI. Tento postup je vhodný i dle Doporučených postupů ESC/EACTS pro revaskularizaci myokardu z roku 2014, nicméně i u pacientů s vysokým rizikem ICHS může být koronarografické vyšetření, stejně jako v tomto případě, negativní. Radiační zátěž byla v tomto případě 5,4 mSv.

Pátá kazuistika popisuje případ pacienta s nízkou pravděpodobností ICHS, kdy bylo provedeno namísto původně plánované SKG, CT AG věnčitých tepen, které bylo s normálním nálezem. Tato kazuistika jasně popisuje situaci, kdy u pacientů s nízkou pravděpodobností ICHS je k vyšetření koronárních tepen vhodnější vyšetření pomocí angio CT. Pacient byl zatížen menší radiační dávkou, v tomto případě byla její hodnota 3,1 mSv, což je méně než u pacienta ve čtvrté kazuistice. Odpovídáme tak na otázky V1, V2 a V3.

## 12 ZÁVĚR

Onemocnění srdce a cév patří v současné době mezi nejrozšířenější civilizační choroby. Včasné odhalení kardiovaskulárních onemocnění a jejich léčba vede ke snížení počtu úmrtí lidí postižených akutním koronárním syndromem.

V teoretické části jsme se zabývali anatomii srdce a koronárních tepen, vznikem ischemické choroby srdeční, prevencí vzniku ischemické choroby srdeční i možností její léčby. Dále jsme popsali jednotlivé metody vyšetření koronárních tepen včetně popisu moderních přístrojů, pomocí kterých lze vyšetření provádět, především výpočetní tomograf a angiologickou linku. Neopomněli jsme zdůraznit důležitost radiační ochrany při práci s ionizujícím zářením jak pro vyšetřované pacienty, tak pro ošetřující personál.

V naší bakalářské práci jsme si stanovili cíle, které se nám podařilo splnit, a odpověděli jsme na stanovené výzkumné otázky.

Prvním cílem bylo popsat, jakou metodou nejlépe zobrazit koronární tepny. V tomto směru se jeví lepší co do morfologie i kvantifikace zobrazení věnčitých tepen koronarografické vyšetření. Toto zjištění je také popsáno v odborné literatuře:

*„Kromě neinvazivity a časové nenáročnosti zůstane velkou výhodou CCTA oproti ICA možnost zobrazení obsahu plátu a možnost bezpečně vyšetřovat málo symptomatické resp. asymptomatické nemocné. ICA má však lepší schopnost kvantifikace stenózy a zůstává jedinečná v možnosti léčebné prevence.“ (24)*

Druhým cílem bylo zjistit, jaký způsob vyšetření koronárních tepen je pro pacienta nejvhodnější, jestli invazivní, nebo neinvazivní. Jakou vyšetřovací metodu zvolit k vyšetření věnčitých tepen, aby byl diagnostický přínos vysoký a zároveň byl pacient co možná nejmíň zatížen ionizujícím zářením, tomu odpovídá vždy konkrétní situace a stav, ve kterém se nemocný nachází. U nemocného postiženého akutním infarktem myokardu a který je v bezprostředním ohrožení života je logicky vyšetřením první volby invazivní koronarografické vyšetření, bezprostředně po kterém může být provedena angioplastika, čímž je okamžitě možné zajistit reperfuzi postižené věnčité tepny.

Při vyšetření nemocných s příznaky ischemické choroby srdeční s bypassy, u kterých je nutné vyšetřit jejich stav, volíme nejdříve vyšetření pomocí angio CT z důvodů, které jsou popsány ve třetí kazuistice.

Pacienty s nízkou a střední pravděpodobností ischemické choroby srdeční vyšetřujeme pomocí angio CT pro nižší radiační zátěž i menší množství použité kontrastní látky. Tato hypotéza byla potvrzena i výpočtem efektivních dávek záření. U pacienta, který podstoupil koronarografické vyšetření byla naměřena vyšší efektivní dávka než u pacienta, který byl vyšetřen na CT AG, což je popsáno ve čtvrté a páté kazuistice.

Neinvazivní CT angiografie a klasická invazivní koronarografie jsou v lékařské praxi jediné dvě zobrazovací metody, kterými můžeme zobrazit morfolologii koronárního řečiště. Obě dvě vyšetřovací metody si nekonkurují, naopak se vzájemně doplňují. Mají nezpochybnitelný přínos pro zlepšení zdravotního stavu nemocných a výrazným způsobem snižují počet úmrtí lidí postižených ischemickou chorobou srdeční.

Význam bakalářské práce spatřuji v možnosti využít tento text jako studijní materiál zájemcům o daný obor.

## 13 SEZNAM LITERATURY

1. ŠPINAR Jiří, VÍTOVEC Jiří a kolektiv. *Ischemická choroba srdeční*. Praha : Grada Publishing a.s., 2003. ISBN 80-247-0500-1.
2. ČIHÁK Radomír. *Anaomie 3*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2004. ISBN 80-247-1132-X.
3. KOLÁŘ Jiří a kolektiv. *Kardiologie pro sestry intenzivní péče*. Praha : Akcenta, s.r.o., 1998. ISBN 80-86232-01-8.
4. NAVRÁTIL Leoš a kolektiv. *Vnitřní lékařství pro nelékařské zdravotnické obory*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2008, 2008. ISBN 978-80-247-2319-8.
5. ČEŠKA Richard a kolektiv. *Interna, svazek 1*. Praha : Stanislav Juhaňák - TRITON, 2010. ISBN: 978-80-7387-629-6.
6. Marco Roffi, et al. ACUTE CORONARY SYNDROMES (ACS) IN PATIENTS PRESENTING WITHOUT PERSISTENT ST-SEGMENT ELEVATION. *www.escardio.org*. [Online] 2015. [https://oup.silverchair-cdn.com/oup/backfile/Content\\_public/Journal/eurheartj/37/3/10.1093\\_eurheartj\\_ehv320/3/ehv320.pdf?Expires=1491121145&Signature=AJbccG9aQUbWgWr15GK41QjYV7mAvTEo6Vg1cfuQYwUfoiN30pJO~0Hg-GlHhZ8QboVvGTwIfZ2tdFUd1zoAhUjE3GXjwxQb-sktUKUxL](https://oup.silverchair-cdn.com/oup/backfile/Content_public/Journal/eurheartj/37/3/10.1093_eurheartj_ehv320/3/ehv320.pdf?Expires=1491121145&Signature=AJbccG9aQUbWgWr15GK41QjYV7mAvTEo6Vg1cfuQYwUfoiN30pJO~0Hg-GlHhZ8QboVvGTwIfZ2tdFUd1zoAhUjE3GXjwxQb-sktUKUxL).
7. Stephan Windecker, et al. ESC/EACTS GUIDELINES ON MYOCARDIAL REVASCULARISATION. *www.escardio.org*. [Online] 2014. [https://oup.silverchair-cdn.com/oup/backfile/Content\\_public/Journal/eurheartj/35/37/10.1093/eurheartj/ehu278/2/ehu278.pdf?Expires=1491121871&Signature=AW8MgqTcmbTxX0A8590V9afny~ghDzusMILvTMDUyAhAg1jvlOoEIqKmuOOaT5s~mfvOt3zGznXLnXT1Mj5thD3tRpJ63NCMqQtruDEy](https://oup.silverchair-cdn.com/oup/backfile/Content_public/Journal/eurheartj/35/37/10.1093/eurheartj/ehu278/2/ehu278.pdf?Expires=1491121871&Signature=AW8MgqTcmbTxX0A8590V9afny~ghDzusMILvTMDUyAhAg1jvlOoEIqKmuOOaT5s~mfvOt3zGznXLnXT1Mj5thD3tRpJ63NCMqQtruDEy).
8. HÁLA, Jiří. *Radioaktivita, ionizující záření, jaderná energie*. Brno : Konvoj, 1998. ISBN 80-85615-56-8.
9. ULLMANN, Vojtěch. *Jaderná fyzika - astrofyzika. Astro Nukl Fyzika*. [Online] [Citace: 16. 12 2016.] <http://astronuklfyzika.cz/JadRadMetody.htm#2>.

10. **CHUDÁČEK Zdeněk** . *Radiodiagnostika, 1.část*. Brno : Tnstitut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví Brno, 1995. ISBN 80-7013-114-4.
11. **NEKULA Josef a kolektiv**. *Radiologie*. Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2005. ISBN 80-244-1011-7.
12. **VALOVÁ Zuzana a kolektiv**. *Život a dílo MUDr. Františka DREUSCHUCHA, prvního rentgenologa na Moravě*. Brno : Městské kulturní středisko v Náměšti nad Oslavou, 2015. ISBN 978-80-904905-4-3.
13. **HOUDEK, František**. *Medical tribune.cz. Medical tribune.cz, Tribuna lékařů a zdravotníků*. [Online] <http://www.tribune.cz/clanek/15255>.. IČ: 26158299, DIČ: CZ26158299.
14. **RIEDEL Martin**. *eCardio.cz. eCardio*. [Online] <http://www.ecardio.cz/Article/Index2.aspx?ArticleId=66>. CZ.1.07/2.2.00/28.0146,- CZ.1.07/2.2.00.
15. **SEIDL Zdeněk a kolektiv**. *Radiologie pro studium i praxi*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2012. ISBN 978-80-247-4108-6.
16. **FELTL David, CVEK Jakub**. *Klinická radiobiologie*. Havlíčkův Brod : nakladatelství TOBIÁŠ, 2008. ISBN 978-80-7311-103-8.
17. **ZÁMEČNÍK Jiří**. *Radioterapie*. Praha : Avicenum, 1990. ISBN: 80-201-0051-2.
18. **FERDA Jiří, NOVÁK Milan**. *Výpočetní tomografie*. Praha : Galén, 2002. ISBN 978-802-4423-500.
19. **FERDA Jiří**. *CT angiografie*. Praha : Galén, 2004. ISBN 80-7262-281-1.
20. **BAXA Jan, FERDA Jiří**. *eCardio.cz. eCardio*. [Online] <http://www.ecardio.cz/Article/Index2.aspx?ArticleId=76>. CZ.1.07/2.2.00/28.0146,- CZ.1.07/2.2.00.
21. **BAXA Jan, FERDA Jiří**. *Multidetektorová výpočetní tomografie srdce*. Praha : Galén, 2012. ISBN 978-80-7262-808-3.

22. **KOVÁRNÍK Tomáš, HORÁK Jan, NAVRÁTIL Miroslav.** eCardio.cz. *eCardio*.  
[Online] <http://www.ecardio.cz/Article/Index2.aspx?ArticleId=74>.  
CZ.1.07/2.2.00/28.0146,-CZ.1.07/2.2.00.
23. **HUŠÁK Václav.** *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2009. ISBN 978-80-244-2350-0.
24. **BRANNY Marian.** *CT koronarografie a její místo v diagnostice koronární nemoci*.  
Olomouc : SOLEN s.r.o., 2011. ISBN 978-80-87327-67-8.



## **14 SEZNAM ZKRATEK**

AKS - akutní koronární syndrom

ALARA-as low reasonably achievable

APPT - aktivovaný parciální tromboplastinový čas

CABG - označení pro bypass /coronary artery bypass graft/

CCTA - Coronary Computed Tomography Angiography, koronární CT angiografie

CD disk - kompaktní disk

CT - výpočetní tomografie

CT AG - angio výpočetní tomografie

ECHO - ultrazvukové vyšetření

EKG - elektrokardiogram

F - French, jednotka používaná pro označení zevního průměru katétrů

HU - Hounsfieldova jednotka

ICA - invasive coronary angiography, koronarografie

ICHS - ischemická choroba srdeční

IZ - ionizující záření

keV - kiloelektronvolt

kV - kilovolt

LKS - levá komora srdeční

MDCT - multidetektorová výpočetní tomografie

MeV - megaelektronvolt

mSv - /mili/ Sievert - jednotka ekvivalentní dávky ionizujícího záření

NAP - nestabilní angína pectoris

NO- nynější onemocnění

NSTEMI - akutní koronární syndrom bez elevací v úseku S-T

OA- objektivní anamnéza

PA- pracovní anamnéza

PCI - perkutánní koronární intervence

PTCA - perkutánní transluminální koronární angioplastika

RA -rodinná anamnéza

RCx - ramus circumflexus

RIA - ramus interventricularis anterior

RTG záření - rentgenové záření

SA- společenská anamnéza

ST elevace - elevace v úseku S-T

STEMI - akutní koronární syndrom s elevacemi v úseku S-T

X záření - rentgenové záření

## **15 SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1- Zobrazení levé věnčité tepny (a).....	17
Obrázek 2- Zobrazení pravé věnčité tepny (b) .....	18
Obrázek 3- Intravaskulární ultrazvuk – fyziologický nález na věnčitých tepnách.....	20
Obrázek 4- Rentgenka .....	30
Obrázek 5- Zakončení pravého a levého Judkinsova koronárního katétru .....	42

## **16 SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1- Klasifikace klinické závažnosti anginy pectoris .....	25
Tabulka 2- Limity pro radiační pracovníky.....	45
Tabulka 3- Radiační zátěž při koronarografii a CT vyšetření .....	45

## **17 SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1 - Souhlas s poskytováním informací ve FN Plzeň

## Příloha 1 - Souhlas s poskytováním informací ve FN Plzeň



Vážený pan  
František Komzák  
Student oboru Radiologický asistent  
Fakulta zdravotnických studií - Katedra záchranářství a technických oborů  
Západočeská univerzita v Plzni

### Povolení sběru informací ve FN Plzeň

Na základě Vaší žádosti Vám jménem Útvaru náměstkyně pro ošetrovatelskou péči FN Plzeň **uděluji souhlas** se sběrem informací o zobrazovacích metodách, používaných u pacientů **Kardiologického oddělení (KARD) / Kliniky zobrazovacích metod (KZM) FN Plzeň**. Informace budete získávat v souvislosti s vypracováním Vaší bakalářské práce s názvem „**Radiodiagnostické zobrazení koronárních tepen**“.

Podmínky, za kterých Vám bude umožněna realizace Vašeho šetření ve FN Plzeň:

- Vrchní sestra / radiologický asistent KARD / KZM souhlasí s Vaším postupem.
- Vaše šetření osobně povedete.
- Vaše šetření nenaruší chod pracoviště ve smyslu provozního zajištění dle platných směrnic FN Plzeň, ochrany dat pacientů a dodržování Hygienického plánu FN Plzeň. Vaše šetření bude provedeno za dodržení všech legislativních norem, zejména s ohledem na platnost zákona č. 372/2011 Sb., o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování, v platném znění.
- Sběr informací pro Vaši bakalářskou práci budete provádět, **pod odborným vedením Heleny Burdové, staniční sestry KARD FN Plzeň a pana Mgr. Bc. Karla Maňka, vrchního radiologického asistenta KZM FN Plzeň.**
- Obrazové, popř. i další údaje ze zdravotnické dokumentace pacientů, které budou uvedeny ve Vaší práci, musí být zcela anonymizovány.
- Po zpracování Vámi zjištěných údajů poskytnete zdravotnickému oddělení / klinice či organizačnímu celku FN Plzeň závěry Vašeho šetření, pokud o ně projeví oprávněný pracovník ZOK / OC zájem a budete se aktivně podílet na případné prezentaci výsledku Vašeho šetření na vzdělávacích akcích pořádaných FN Plzeň.

Toto povolení nezakládá povinnost zdravotnických pracovníků s Vámi spolupracovat, pokud by spolupráce s Vámi narušovala plnění pracovních povinností zaměstnanců, jejich soukromí, či pokud by spolupráce s Vámi zaměstnanci považovali jako újmu. Účast zdravotnických pracovníků na Vašem šetření je dobrovolná.

Přeji Vám hodně úspěchů při studiu.

Mgr. Bc. Světluše Chabrová  
manažerka pro vzdělávání a výuku NELZP  
zástupkyně náměstkyně pro oš. péči

Útvar náměstkyně pro oš. péči FN Plzeň  
tel.: 377 103 204, 377 402 207  
e-mail: [chabrovus@fnplzeň.cz](mailto:chabrovus@fnplzeň.cz)

22. 3. 2017

Zdroj: vlastní