



Zdravotně
sociální fakulta
Faculty of Health
and Social Sciences

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Úloha radiologického asistenta při diagnostice

plicní embolie

Bakalářská práce

Studijní program: **SPECIALIZACE VE ZDRAVOTNICTVÍ**

Autor: Daniel Dvořák

Vedoucí práce: Mgr. Zuzana Freitinger-Skalická, Ph.D.

České Budějovice 2018

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci s názvem „Úloha radiologického asistenta při diagnostice plicní embolie.“ jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to – v nezkrácené podobě – elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 9.8.2018

.....

Daniel Dvořák

Poděkování

Rád bych poděkoval mé vedoucí bakalářské práce Mgr. Zuzaně Freitinger-Skalické, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a trpělivost při vypracování mé bakalářské práce. Zároveň děkuji za vstřícnou spolupráci všem osloveným pracovištím při sběru informací důležitých k vypracování bakalářské práce.

Úloha radiologického asistenta při diagnostice plicní embolie

Abstrakt

Tématem bakalářské práce je Úloha radiologického asistenta při diagnostice plicní embolie. Ve své práci jsem stručně a co nejjednodušeji vysvětlil úlohu radiologického asistenta při radiodiagnostické a radionuklidové diagnostice plicní embolie. Práce je rozdělena do několika kapitol, z toho každá kapitola dále do dalších částí. Zahrnuje úvod, anatomii dýchacího ústrojí, fyziologii a patologii plic, popis jednotlivých radiodiagnostických a radionuklidových vyšetření plic, radiační ochranu, praktickou část a závěr.

Metody využívané v této části medicíny jsou čím dál více modernizovány. Začínaly pouhým rentgenovým snímkem, který je často jedním z prvních vyšetření, které pacient s anamnézou dušnosti a podobných příznaků podstoupí. U plicní embolie se na rtg. snímku může vyskytnout atelektáza, elevace bránice na postižené straně, zvětšený hilus či prominence plicnice. Nejčastěji lze u akutní plicní embolie nalézt sníženou cévní kresbu v určitém okrsku plic. Diagnostický přínos se zvyšuje při přítomnosti dalších známek jako kardiomegalie nebo prominence plicnice. Normální rtg. snímek, ale nevyklučuje diagnózu plicní embolie, jeho přínos je spíše v kombinaci s dalšími metodami, hlavně s ventilačně perfuzním scanem nebo angiografií plicních tepen, kde nález defektů je známkou potvrzující diagnózu embolizace.

V praktické části jsem použil tyto diagnostické metody - CT angiografii plic a scintigrafii plic. Popisuji jednotlivé metody z pohledu radiologického asistenta. Tato část je vytvořena na základě vlastních zkušeností z praxe a doplněna o fotografie z celého průběhu vyšetření. Statistické šetření je zaměřeno na počet pacientů s CT angiografií nebo scintografií plic. Data byla získána v Nemocnici Havlíčkův Brod, p. o.; byla zapsána do tabulek a přehledných grafů.

Poslední část je závěr práce. Obsahuje celkové zhodnocení dané problematiky, hodnotí také cíl bakalářské práce a samotnou úlohu radiologického asistenta při diagnostice plicní embolie.

Klíčová slova:

plicní embolie; CT angiografie plic; scintigrafie plic

The role of radiological assistant in diagnostic of pulmonary embolism

Abstract

The topic of the bachelor thesis is the role of a radiological assistant in the diagnosis of pulmonary embolism. I briefly and easily explained in my thesis the role of radiological assistant in radiodiagnostic and radionuclide diagnosis of pulmonary embolism.

The thesis is divided into several chapters from which each chapter goes to other detailed parts, which includes introduction, anatomy of the respiratory system, physiology and lung pathology, description of individual radiodiagnostic and radionuclide lung examinations, radiation protection, practical part and conclusion.

Used methods in this part of medicine are being increasingly modernized (upgraded). They started with simply X-ray snapshot, which is often one of the first examinations that a patient with a history of dyspnoea and similar symptoms undergo. Pulmonary embolism may occur on X-ray as atelectasis, elevation of the diaphragm on the affected side, enlarged hilus or pulmonary prominence.

During acute pulmonary embolism is most often possible to find reduced vascular pattern in a certain lung area. Diagnostic benefit increases with other signs such are cardiomegaly or pulmonary prominence. Standard X-ray snapshot does not exclude the diagnosis of pulmonary embolism, its benefit is more in combination with other methods, mainly with ventilatory perfusion scan or angiography of the pulmonary arteries; where is defect finding a mark confirming the diagnosis of embolization.

I used these diagnostic methods - CT angiography and lung scintigraphy In practical part.

I describe individual methods from radiological assistant's point of view. This part is based on own practical experience together with photos from the entire course of the examination.

The statistical survey is focused on the number of patients with CT angiography or lung scintigraphy. The data was obtained at the Hospital Havlíčkův Brod.

The last part is the conclusion of the thesis. It contains an overall evaluation of given topic, aim of the bachelor thesis and the role of the radiological assistant in the diagnosis of pulmonary embolism.

Key words:

pulmonary embolism; CT lung angiography; lung scintigraphy

Obsah

ÚVOD.....	9
1. TEORETICKÁ ČÁST	10
1.1 <i>Anatomie dýchacího ústrojí</i>	10
1.1.1 Horní cesty dýchací	10
1.1.2 Dolní cesty dýchací	10
1.1.3 Vlastní dýchací orgán – PLÍCE	11
1.1.4 Poplicnice a pohrudnice	12
1.1.5 Cévní zásobení plic	12
1.1.6 Fyziologické funkce dýchacího ústrojí	14
1.1.7 Plicní ventilace.....	15
1.1.8 Rozptyl plynů přes alveolokapilární membránu	16
1.1.9 Průtok (perfuze) plic.....	16
1.1.10 Přiměřený poměr mezi ventilací a průtokem	16
1.2 <i>Plicní embolie</i>	16
1.2.1 Rizikové faktory.....	17
1.2.2 Příznaky	17
1.2.3 Dělení plicních embolií	18
1.2.4 Prognóza onemocnění.....	19
1.2.5 Prevence plicní embolie	19
1.3 <i>Diagnostika plicní embolie</i>	22
1.3.1 Vyšetřovací metody.....	22
1.3.2 Zobrazovací metody	23
1.4 <i>Radiační ochrana</i>	28
2. CÍLE PRÁCE.....	30
3. HYPOTÉZA.....	31
4. METODIKA	32
5. PRAKTICKÁ ČÁST.....	33
5.1 <i>Úloha RA při CT ANGIOGRAFII plic</i>	33
5.2 <i>Úloha RA při SCINTIGRAFII plic</i>	34
5.3 <i>Četnost zobrazovacích metod</i>	35
5.3.1 Četnost zobrazovacích metod - počítačová tomografie - CT	36
5.3.2 Četnost zobrazovacích metod – scintigrafie plic – nukleární medicína	41
5.3.3 Odpověď na hypotézu.....	45
6. DISKUZE	46
7. ZÁVĚR	48
8. SEZNAM INFORMAČNÍCH ZDROJŮ.....	49
9. SEZNAM PŘÍLOH A OBRÁZKŮ	51

10.	SEZNAM ZKRATEK	54
11.	SEZNAM OBRÁZKŮ	56

ÚVOD

Plicní embolie (PE) je jedním z častých potenciálně život ohrožujících kardiovaskulárních onemocnění. Epidemiologická data o incidenci plicní embolie se pohybují od 50 do 100 případů na 100 tisíc osob ročně v České republice. Uzávěr určité části plicního řečiště, ať už většinou trombembolickými hmotami, vzácněji tukovým embolem, plodovou vodou či vzduchem, může vést k akutnímu selhání pravé komory srdeční a smrti. Podle klinického stavu pacienta je volena buď trombolytická terapie, nebo u stabilních pacientů s nižším rizikem antikoagulační terapie. Pokud plicní embolie není řádně diagnostikována a léčena, vykazuje až 30 % mortalitu, při včasné diagnostice a adekvátní léčbě je mortalita výrazně nižší, kolem 8 %.

1. Teoretická část

1.1 Anatomie dýchacího ústrojí

Dýchací ústrojí je odpovědné za dopravu vzduchu do plic a za nezbytnou výměnu kyslíku a oxidu uhličitého mezi krví a vzduchem v plicích. Také chrání celé tělo vytvářením klíčových bariér proti vdechnutí potencionálně nebezpečných částic (Dylevský, 2009).

Dýchací ústrojí se skládá ze dvou funkčně i stavebně rozlišných oddílů. Dýchací cesty můžeme rozdělit na horní cesty dýchací a dolní cesty dýchací. Horní cesty dýchací se skládají z dutiny nosní a hrtanu. Dolní cesty dýchací představuje hltan, průdušnice a průdušky. Jednotlivé části budou popsány níže (Elišková et al., 2006).

1.1.1 Horní cesty dýchací

DUTINA NOSNÍ (lat. *cavum nasi*) - je prostor ohraničen po stranách horní čelisti, strop je tvořen spojením čelní kosti s čichovou kostí a částečně i nosními kůstky. Hlavní úlohou je předeřtátí vdechovaného vzduchu na tělesnou teplotu a zároveň očištění vzduchu od mechanických nečistot a části mikroorganismů, které se slepují s hlenem na povrchu sliznice. Vzduch zvlhčuje voda obsažená v hlenu. Pachové látky se na povrchu sliznice rozkládají a dráždí čichové buňky. Tkáň lymfatická v podslizničním vazivu je první bariérou proti vniknutí infekce do organismu (Dylevský, 2009).

NOSOHLTAN (lat. *nasopharynx*) – se nachází v horním úseku hltanu, do kterého proudí vzduch choanami a z dutiny nosní. Hranicí mezi ústní částí hltanu a nosohltanem je měkké patro a čípek (Čihák, 2004).

1.1.2 Dolní cesty dýchací

Dolní cesty dýchací vznikají samostatně, nezávisle na horních cestách, jako výchlipy přední stěny embryonálního hltanu vznikají z entodermu. Zakládají se u třítýdenního embria (Čihák, 2004).

Patří sem:

HRTAN (lat. *larynx*) – má typický trubicový tvar s horním ústím otevřeným do hltanu a s dolním úsekem přecházejícím plynule do průdušnice. Kostru hrtanu tvoří chrupavki. Největší z nich je chrupavka štítná, která tvoří nápadnou vyvýšeninu na přední ploše krku (Čihák, 2004).

PRŮDUŠNICE (lat. *trachea*) – navazuje na prstenčitou chrupavku a sestupuje zhruba ve střední části krku a mediastina. Velikost průdušnice bývá asi 13 cm. Ve výši obratle Th 4 – 5 se větví v pravou a levou průdušku. V krční části jsou na bocích průdušnice laloky štítné žlázy (Čihák, 2004).

PRŮDUŠKY (lat. *bronchi principales*) – odstupují z trachey, dělí se na pravou průdušku – (lat. *bronchus dexter*) a levou průdušku (lat. *bronchus sinister*). Po vstupu do plic se průdušky mnohočetně větví a vytváří bronchiální strom, který spolu s okolním vazivem a cévami tvoří pružný plicní skelet (Čihák, 2004).

1.1.3 Vlastní dýchací orgán – PLÍCE

Plíce jsou párový orgán kuželovitě tvarovaný, šedorůžově zbarvený s houbovou strukturou. Při dýchání v nich probíhá výměna plynů mezi vzduchem a krví. Obě plíce jsou dále rozděleny na plicní laloky (lat. *lobi pulmonis*). Pravá plíce (pravé křídlo) je větší, rozděleno do tří laloků - horní, střední a dolní. Levá plíce (levé plicní křídlo) má laloky dva - horní a dolní. Plíce jsou uloženy ve dvou pleurálních dutinách – pravé a levé. Obě dutiny vystýlá pohrudnice (lat. *pleura parietalis*) – nástěnná pleura, která přechází jako poplicnice (lat. *pleura visceralis – pulmonalis*) na povrch plíce, který úplně pokrývá. Průdušky vstupující do plic se v plicích postupně větví až na nejmenší průdušinky, na jejichž konečné větévky pak navazují plicní sklípky (lat. *alveoli pulmonis*) - drobné tenkostěnné výdutě. Právě v plicních sklípcích dochází teprve k vlastní výměně plynů mezi vzduchem a krví v síti krevních kapilár obetkávajících alveoly. V obou plicích je celkem 300–400 milionů alveolů, jejichž celková plocha činí při vdechu 55–80 m². Stěna alveolů je vystlána souvislou vrstvou buněk označovaných jako pneumocyty (Roberts et al., 2012).

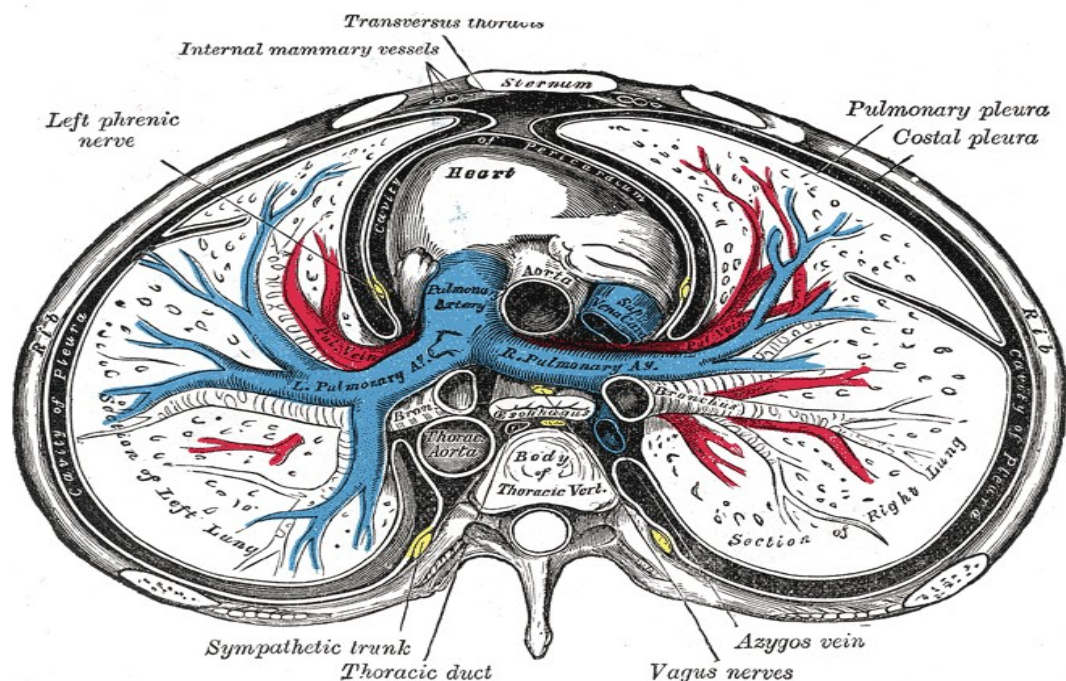
1.1.4 Poplicnice a pohrudnice

Jemná blána kryje povrch plic a nazývá se poplicnice (lat. *pleura visceralis*), která srůstá s plící a na plicní stopce přechází v pohrudnici (lat. *pleura parietalis*). Celou dutinu pleurální vystýlá pohrudnice. Štěrbina neboli pohrudniční dutina se nachází mezi poplicnicí a pohrudnicí a obsahuje vodnatou tekutinou (10–15 ml). Pokud není prostor mezi poplicnicí a pohrudnicí porušen, plíce přiléhají k hrudní stěně důsledkem malého podtlaku v pohrudniční dutině. Plíce jsou elastické a mají tendenci se smršťovat, proto zůstávají rozepjaté (Čihák, 2004).

1.1.5 Cévní zásobení plic

Krevní oběh plic je dvojího typu: funkční oběh cestou (lat. *arteriae et venae pulmonales*) a nutritivní oběh cestou (lat. *rami bronchiales et venae bronchiales*). Funkční oběh tvoří malý oběh krevní (lat. *circuitus sanguinis minor*), jehož tepny začínají z pravé komory jako lat. *truncus pulmonalis*, který se větví v lat. *a. pulmonalis dextra et sinistra* (Čihák, 2004).

Plicní žíly (lat. *venae pulmonales*) se sbírají z kapilárních sítí kolem *alveolů*, probíhají ve vazivu mezi lat. *sacculi alveolares* a sbírají se do sept mezi lalůčky a dále do sept mezi segmenty plicními. V hilu plicním jsou *venae pulmonales* uloženy ventrálně a kaudálně od tepen a kmenových bronchů (Obr. 1). Kaudálně od pravé a levé plicní tepny (lat. *a. pulmonalis dextra et sinistra*) pak probíhají dvě pravé a dvě levé plicní žíly (lat. *venae pulmonales*) do levé předsíně srdeční. *Venae pulmonales* nemají chlopně (Čihák, 2004).



Obrázek 1: Transverzální řez v úrovni Th4

(zdroj: VANDYKE CARTER, Henry. commons.wikimedia.org)

Nutritivní oběh plic tvoří tepenné bronchiální větve (lat. *rami bronchiales*), zpravidla jeden vpravo, dva vlevo, odstupující z hrudní aorty, vpravo často ze 3. nebo 4. mezižebních tepny. Rami bronchiales sledují bronchy ve formě dvou až tří podélných, vzájemně anastomosujících kmenů, od kmenových bronchů do periferie až po respirační průdušinky (lat. *bronchioli respiratorii*). Vyživují bronchy, vmezežené vazivo plic, mízní uzliny plic, a dosahují až k poplicnici. Rami bronchiales měly před narozením funkci hlavního zdroje krve pro vyvíjející se a rostoucí plíce. Zvláštní funkční význam mají jejich spojky (Čihák, 2004).

Venae bronchiales nesbírají všechnu krev, kterou přivádějí tepenné rami bronchiales, neboť začínají jako sběrné kmeny až v oblasti středních a větších bronchů, probíhají pak vinutě po zadní straně bronchů k hilu plicnímu a vlévají se do žíly liché a žíly pololiché přídatné (lat. *v. azygos a v. hemiazygos accessoria*) nebo do mezižebních žil. Nemají chlopně. Odtok žilní krve z bronchiálního řečiště periferie plic se děje pomocí anastomóz (lat. *anastomos*) (Čihák, 2004).

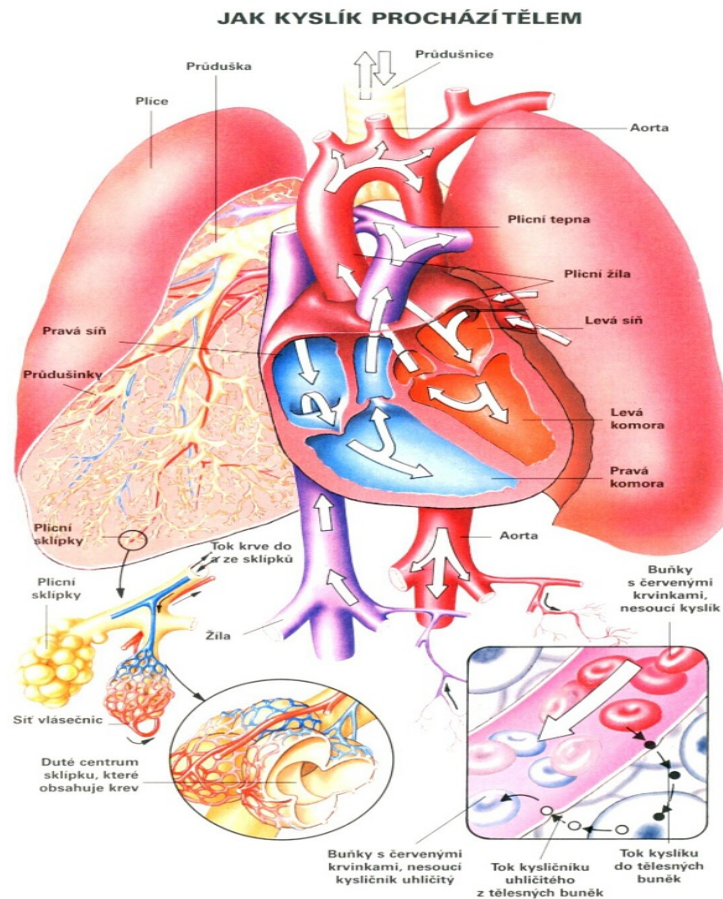
Anastomosy krevních cév v plicích hrají důležitou funkční roli. Jsou několika druhů: arterioarteriální anastomosy na úrovni nejmenších arterií pulmonálního a bronchiálního řečiště. Arteriovenosní anastomosy na úrovni nejmenších arterií a žil pulmonálního řečiště tzv. bronchopulmonální žíly, které patří k nutritivnímu systému rami bronchiales, kde tvoří oka na povrchu bronchiolů a malých bronchů a vlévají se do předchozích arterioarteriálních a arteriovenosních spojek, popřípadě i do periferních větví venae pulmonales (Čihák, 2004).

Tímto způsobem je zajištěno propojení funkčního a výživného oběhu s možností vyrovnávat objemové změny průtoků v pulmonálním a bronchiálním řečišti. Spojky tak mohou vyrovnávat i případné nerovnoměrnosti v objemu malého a velkého oběhu krevního (Čihák, 2004).

1.1.6 Fyziologické funkce dýchacího ústrojí

Dýchací ústrojí má na starosti dýchání. Jedná se o proces přijímání vzduchu z atmosféry, a kyslík v něm obsažený předává do krve. Zároveň zajišťuje vydechování nepotřebného oxidu uhličitého. Dýchání se skládá z vdechování, při němž vzduch přichází do nosu a úst a dál do těla, a vydechování, kdy je vzduch z těla vypuzován. Obě činnosti jsou obvykle mimovolní a automatické (Bébarová, 2013).

Přeprava kyslíku z ovzduší k periferním tkáním a oxidu uhličitého z tkání do ovzduší probíhá na stupni plic pomocí čtyř mechanismů (Widimský, 2011).



Obrázek 2: Jak kyslík prochází tělem

(zdroj: ZDRAVÍ, Centrum. <http://www.centrumzdravibrno.cz>)

1.1.7 Plicní ventilace

Plicní ventilace obstarává výměnu vzduchu mezi zevní atmosférou a alvelokapilární membránou (obr. 2). Toto umožňují respirující pohyby hrudníku, při nichž dochází k nadechnutí (lat. *inspirace*) a vydechnutí (lat. *expirace*) vzduchu (Widimský, 2011).

Dýchací svalstvo vykonává dýchací pohyby. Při inspiriu se hrudní dutina zvětšuje ve všech směrech. V předozadním a příčném směru pomocí kostálního dýchání a ve vertikálním směru pomocí abdominálního (díky snižování bránice). Běžně dýcháme smíšeně. U mužů převládá složka abdominální a u žen pak kostální (Widimský, 2011).

Centrální ventilaci ovlivňují změny anatomických vztahů dýchacích cest a plicního parenchymu, regionální okluze dýchacích cest a regionální bronchiální spasmy (Widimský, 2011).

1.1.8 Rozptyl plynů přes alveolokapilární membránu

Globální rozloha alveolokapilární membrány činí při nádechu 55-80m² při odhadovaném počtu 250–350 miliónů alveolů, jejichž průměr dosahuje 150μm.

Pro rozptyl plynů má vedle prostoru membrány rozhodující smysl i koncentrační gradient kyslíku a oxidu uhličitého a rozpustnost plynů v membráně (Widimský, 2011).

1.1.9 Průtok (perfuze) plic

U zdravého jedince protéká plicním oběhem téměř stejné množství krve jako oběhem systémovým. Perfúzi ovlivňují řady faktorů. Významný vliv na plicní arteriální a venózní cirkulaci má gravitace. Dále tlak arteriální, venózní i alveolární a některé chemické a hormonální účinky (Widimský, 2011).

1.1.10 Přiměřený poměr mezi ventilací a průtokem

Vztah mezi ventilací a průtokem je fyziologicky ve vztyčené poloze nízký při bazích plic a vysoký v oblasti plicních hrotů.

Normálním výsledkem nepoměru mezi ventilací a průtokem je hypoxémie, ta se může vyskytovat u různých plicních nemocí (Widimský, 2011).

1.2 Plicní embolie

Plicní embolie je závažné, život ohrožující onemocnění kardiovaskulárního systému, které je charakterizováno snížením průtoku krve plicním řečištěm. Toto onemocnění je způsobeno uzávěrem části plicního řečiště, nejčastěji vmetkem (trombem) sražené krve. V ojedinělých případech může být způsobena jinými příčinami: embolie vzduchem, embolie tukem, embolie plodovou vodou (Plicní embolie. Nemocnice na Homolce, 2015).

Plicní embolus má zpravidla původ v hluboké žilní tromboze. Vznikem trombozy jsou nejvíce ohroženi nemocní s abnormální nebo porušenou žilní stěnou, hyperkoagulabilitou a venózní stázou – tento soubor okolností se nazývá Virchowova triáda (Harold, 1999).

1.2.1 Rizikové faktory

Rizikové faktory plicní embolie jsou především již prodělaná nebo nynější onemocnění. Patří sem hlavně – žilní trombóza dolních končetin (vzácně může být u horních končetin či v dutinách pravého srdce).

Vznik trombozy a následně možné plicní embolie podporuje nezdravý životní styl s nízkou pohybovou aktivitou, kouření, rodinné predispozice a také věk. S věkem pacienta významně stoupá riziko trombozy. U osob do 40 let se předpokládá incidence tromboembolií 1 na 10 000, u lidí nad 75 let se vyskytuje s četností 1 na 100 osob. Riziko trombozy výrazně roste po operačních zákrocích, po iktech, po úrazech při fixaci končetin a v dobách, kdy je pacient upoután na lůžko a je tedy neschopný pohybu. Výjimkou není ani trombóza vzniklá po nedostatku místa a pohybu pro dolní končetiny při dlouhých cestách dopravním prostředkem. Dále mezi rizikové faktory patří u žen užívání hormonální antikoncepce, těhotenství a šestinedělí. Plicní embolie a žilní trombóza jsou jednou z hlavních příčin onemocnění a úmrtí v graviditě a puerperiu. Riziko je desetkrát větší u těhotných žen v porovnání s netěhotnými ženami stejného věku (Widimský, 2011).

Mezi další rizikové faktory patří ateroskleróza (zúžení cév usazováním sklerotických plátů), chirurgické výkony, maligní nádory, hormonální a substituční léčba, srdeční selhání, náhlá cévní mozková příhoda a jiné (Widimský, 2011).

1.2.2 Příznaky

Nejčastějším příznakem plicní embolie je ostrá řezavá bolest na hrudníku. Dále se vyskytuje úzkost a stres (vyplývající z obavy o život), dušnost, hemoptýza (vykašlávání

krve), hypotenze (nízký krevní tlak), tachykardie (zvýšená srdeční frekvence), bledost až cyanóza, pocení a porucha vědomí až jeho ztráta (Harold, 1999).

Při masivní plicní embolii může dojít k srdeční zástavě nebo šoku. Méně význačné příznaky obvykle znamenají menší procentuální postižení plic, a tím i větší naději k vyléčení (Harold, 1999).

Jeli zdrojem embolie hluboká žilní trombóza, může mít nemocný další klinický nález v místě vzniku trombu, obvykle v oblasti lýtka, zahrnující otok, zvýšenou teplotu, začervenání, palpační citlivost (Harold, 1999).

1.2.3 Dělení plicních embolií

Rozlišujeme plicní embolii na akutní, subakutní a chronickou. Jednotlivé formy tohoto onemocnění jsou popsány níže.

Akutní plicní embolie

Akutní plicní embolie přichází náhle z plného zdraví. Je doprovázena výraznými subjektivními i objektivními příznaky. Dále ji můžeme dělit podle druhu vzniku na masivní, submasivní a malou plicní embolii (Widimský, 2011).

Akutní masivní plicní embolie je charakterizována hemodynamickou instabilitou. Má závažnou prognózu. Mortalita i léčené masivní plicní embolie se pohybuje kolem 20 %. Může vést k náhlé smrti při náhlé masivní obstrukci plicního cévního řečiště (nastává přibližně u 10 % plicních embolií). Dále může vést ke vzniku kardiálního šoku s hypotenzí, oligurií, oblužením a chladnou, zpocenou a bledou kůží. Mezi další projevy patří hypotenze. Akutní masivní plicní embolie může způsobit akutní cor pulmonale, vyznačující se přítomností známek akutního selhání pravé srdeční komory (Widimský, 2011).

Akutní submasivní plicní embolie je typická hemodynamickou stabilitou. Z objektivních příznaků je přítomná jen tachykardie a tachypnoe, avšak při echokardiografickém vyšetření jsou přítomny známky dysfunkce pravé komory (Widimský, 2011).

Akutní malá plicní embolie se projevuje jen tachypnoí (24 dechů/min a více) a tachykardií (tepová frekvence 100/min a vyšší) (Widimský, 2011).

Subakutní plicní embolie

Subakutní masivní plicní embolie je vyvolána četnými menšími emboliemi. Hlavním symptomem je pomalu narůstající námahová dušnost a snižování tělesné výkonnosti (Widimský, 2011).

Chronická plicní embolie

Chronická tromboembolická plicní hypertenze je způsobena opakovanou plicní embolizací, která se obvykle manifestuje vznikem progresivně narůstající námahové dušnosti. Oproti subakutní plicní embolii je doba zhoršování dušnosti podstatně delší a trvá měsíce nebo spíše roky (Widimský, 2011).

1.2.4 Prognóza onemocnění

Prognóza pacienta výrazně závisí na rozsahu embolizace a kardiopulmonálním stavu nemocného. U nemocného s onemocněním srdce nebo plic hrozí smrt do několika málo hodin po embolizaci. Neměl-li postižený před vznikem embolie žádnou poruchu funkce srdce nebo plic, jeho šance na přežití jsou při rychlém poskytnutí odborné pomoci vysoké, pokud tedy nedošlo k uzávěru více než poloviny plicního řečiště (Harold, 1999).

1.2.5 Prevence plicní embolie

Základní prevencí plicní embolie je dodržování zdravého životního stylu, vyvarování se obezity, nekouřit, jíst hodně ovoce, zeleniny, vykonávat aktivně sport a vyvarovat se dlouhému stání.

Jestliže se už projevené příznaky objevily, pak je nutné dodržovat pokyny lékařů a užívat léky s protisrážlivým účinkem (antikoagulancia) v injekční (např. heparin, fraxiparin) nebo v tabletové formě (např. warfarin). U těchto léků musí být prováděny pravidelné krevní odběry z důvodů rizika vykrvácení (Harold, 1999).

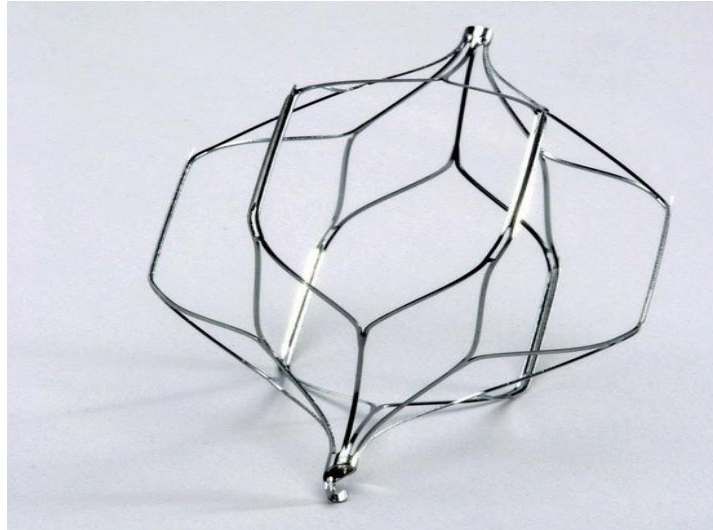
Při rozsáhlé žilní trombóze se dlouhodobě používají stahovací punčochy (Harold, 1999).

Těsně před operací se jako prevence používají elastické stahovací bandáže dolních končetin. Následně po operacích je důležité zahájit časně vstávání a časnou rehabilitaci nemocných. Při malém riziku stačí v době, kdy nemocní nemohou chodit, cvičení - dorzální a plantární flexe nohou (Harold et al, 1999).

Kavální filtr

Je zařízení sloužící jako mechanická ochrana před plicní embolizací. Jeho smyslem je co nejefektivněji zachytit uvolněné tromby (emboly) a chránit tak pacienta před život ohrožující plicní embolizací (Postgraduální zdraví, 2018).

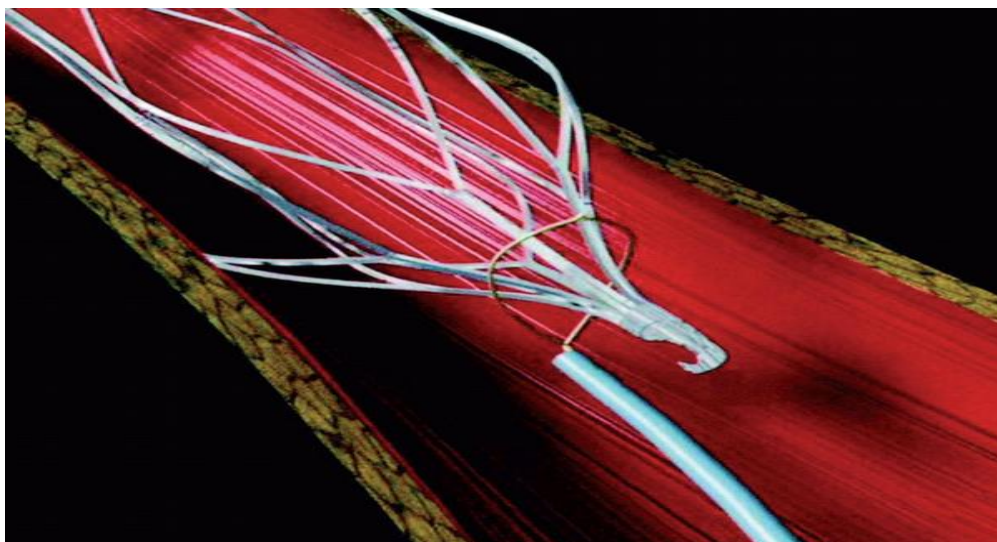
Kavální filtr (obr. 3) zabraňuje průchodu relativně velkých částic krevní sraženiny (fatální embolie). Drobnější emboly mohou sítím filtru proniknout. K embolizaci může také dojít z nefiltrovaného povodí. Dlouhodobá průchodnost různých filtrů se uvádí 81–100 % a výskyt rekurentních plicních embolizací po jejich implantaci 2–4 % (Postgraduální zdraví, 2018).



Obrázek 3: Kavální filtr

(zdroj: MEDICINA, Postgraduální. zdravi.euro.cz)

Kavální filtr se zavádí katetrizační Seldingerovou technikou perkutánně cestou jugulární či femorální žíly a umísťuje se do lumen dolní duté žíly (v. cava inferior) periferně od ústí renálních žil (v indikovaných případech i suprarenálně) (Postgraduální zdraví, 2018).



Obrázek 4: Technika zachycení odstranitelného filtru za háček

(zdroj: MEDICINA, Postgraduální. zdravi.euro.cz)

Indikace: O implantaci kaválního filtru uvažujeme při prokázané žilní trombóze či plicní embolii tehdy, je-li antikoagulační léčba kontraindikovaná, neúspěšná či je provázena komplikacemi (Obr. 4). Z preventivních důvodů (bez ohledu na antikoagulaci) lze filtr implantovat u nemocných se závažným kardiopulmonálním onemocněním a trombózou velké žíly s vlajícími tromby. Čekateli na implantaci filtru jsou také nemocní s masivní, život ohrožující plicní embolizací (pokles tlaku, trombolýza, embolektomie). Vzácnými důvody k implantaci jsou sukcesivní plicní embolizace s neefektivní léčbou orálními antikoagulancii a plicní hypertenzí, trombóza kaválního filtru s rizikem embolizace (implantuje se další filtr, centrálně od filtru trombotizovaného) či septický tromboembolismus (Postgraduální zdraví, 2018).

1.3 Diagnostika plicní embolie

Akutní plicní embolie je nejhůře rozpoznávaným onemocněním srdce. Správnost diagnózy klesá s věkem nemocného, snižuje se u nemocných se současně se vyskytující bronchopneumonií, naopak se zvyšuje u nemocných s hlubokou žilní trombózou. Řada úmrtí nastává dříve, než je možné diagnózu potvrdit pomocnými vyšetřovacími metodami (Widimský, 2011).

1.3.1 Vyšetřovací metody

Anamnéza – získání anamnestických údajů od pacienta, např. předchozí prodělaná onemocnění, úrazy, operace. U žen užívání antikoncepce. Léková anamnéza. Klinické příznaky. Nejčastějším anamnestickým příznakem je náhle vzniklá nebo náhle zhoršená klidová dušnost, úzkost, neklid, pocení, tachykardie, tachypnoe (Widimský, 2011).

Klinický průběh a obraz – důležité je rozpoznání formy plicní embolie. Jde-li o akutní masivní plicní embolii, akutní submasivní plicní embolii, akutní malou plicní embolii nebo o chronickou tromboembolickou plicní hypertenzi (Widimský, 2011).

Respirace u akutní plicní embolie – Jasný nález představují hypoxemie, hypokapnie vedoucí k respirační alkalóze a zvýšený alveolo-arteriální kyslíkový gradient (vyšší než 2,6 kPa). Nález však není pro plicní embolii specifický (objevuje se také

u intersticiálních onemocnění plic) a také není dostatečně senzitivní. Chybění změn krevních plynů nevylučuje diagnózu akutní plicní embolie. Závažnější plicní embolie bývá vždy provázena hypoxemií, u menší výrazné změny krevních plynů nejsou (Widimský, 2011).

Biomarkery – jsou významné jen u hemodynamicky stabilní plicní embolie. Akutní masivní plicní embolie jsou rizikové již svým klinickým obrazem charakterizovaným přítomností kardiogenního šoku nebo hypotenzí $Tk < 90/40$ mm Hg po dobu delší než 15 minut. Biomarkery se dělí na troponin, natriuretické peptidy, nové biomarkery (Widimský, 2011).

D-dimery – jedná se o konečný výsledek působení plazminu na fibrin. Plazmin je proteologický enzym, který štěpí nejen fibrin a fibrinogen, ale i faktor V, faktor VIII a protrombin. Štěpné produkty vzniklé štěpením fibrinogenu jsou fibrinogen degradační produkty (FDP), zatímco degradační definitivního, zpevněného fibrinu plazminem vznikají D-dimery. Jsou důležité k vyloučení diagnózy plicní embolie nebo žilní trombózy (Kupka, 2007).

Echokardiografie – umožní vyloučení či potvrzení projevů oběhových změn, které se objevují u plicní embolie, nebo slouží k přímému zobrazení embolu v pravostranných srdečních oddílech. Dále může prokázat hlubokou žilní trombózu dolních končetin při současně provedené duplexní ultrasonografii (Widimský, 2011).

1.3.2 Zobrazovací metody

Mezi další možnosti, které mají významnou úlohu k diagnostice plicní embolie, patří zobrazovací metody. Náleží sem: výpočetní tomografie, plicní scintigrafie, plicní angiografie, magnetická rezonance.

RTG snímek hrudníku – má důležitou roli při vyloučení jiné možné patologie. Pro určení plicní embolie však vykazuje špatnou senzitivitu a specificitu. Při normálním nálezů není vyloučena plicní embolie. RTG známky plicní embolie jsou: atelektáza, elevace bránice na postižené straně, zvětšený hilus, oligemie, prominence plicnice (Widimský, 2011).

Výpočetní tomografie (CT)

Jde o vyšetřovací metodu zobrazující anatomické struktury v jedné definované vrstvě těla. Rentgenový paprsek proniká transversálně určitou částí těla v početných, za sebou následujících projekcích. Posouváním vyšetřovacího stolu, kde je pacient v poloze vleže, se vyšetřuje postupně jedna tělesná vrstva za druhou. Z naměřených dat je dále matematickými operacemi výsledný obraz rekonstruován do požadovaných anatomických rovin i do trojrozměrného tomografického obrazu požadované oblasti zájmu (Beneš et al., 2015b).

První funkční CT přístroj byl sestaven na začátku 70. let dvacátého století. Godfrey Newbol Hounsfieldem. V roce 1979 byl G. N. Hounsfield společně s A. McLeod Cormackem oceněn za tento vynález Nobelovou cenou (Seidl, 2012).

Výpočetní tomografie se stala během dvou desetiletí standardním vyšetřovacím postupem dostupným prakticky ve všech nemocničních zařízeních. Jedná se o dynamickou metodu s excelentní prostorovou rozlišovací schopností umožňující provádět virtuální 3D nebo dynamická 4D vyšetření. CT je dominantní modalita pro odhalování akutních a chronických změn v plicním parenchymu (Vomáčka et al., 2012).

Princip počítačové tomografie spočívá v rotaci rentgenky kolem pacienta v transverzální rovině, přičemž paprsky procházející vyšetřovanou oblastí a jsou zachycovány řadou detektorů přeměňujících prošlá kvanta rentgenového záření na elektrický signál, který je digitalizován a dále zpracováván. V rámci jedné rotace o 360° získá systém běžně 400–700 projekčních měření absorpce daného objektu z různých úhlů. Doba jedné otáčky rentgenky o 360° se dnes pohybuje od 0,5 do 2 sekund. Počítač pak zhotoví výsledný obraz, respektive vrstvy (scany) silné 8–10 mm v transverzální rovině, kde je předem nadefinována tloušťka, která je dána kolimací primárního svazku záření. K odlišení mediastinálních a plicních struktur se během vyšetření aplikuje kontrastní látka i.v. Ozářené oblasti mají různou absorpční schopnost, která se hodnotí tzv. Hounsfieldovými jednotkami (HU). Voda má pole tohoto hodnocení hustotu 0 HU, vzduch -1000 HU a kosti +1000 HU (Dítě, 2007).

Termín spirální CT (helikální) přístroj znamená, že skenování probíhá za kontinuální rotace soustavy rentgenka – detektory a současného posunu vyšetřovacího stolu

s nemocným. Projekce dráhy rentgenky na tělo pacienta má tak tvar šroubovice (Ferda et al, 2015).

Průběh vyšetření CT angiografie plicnice

Začíná standartní přípravou pacienta, tj. nejméně 2 hodiny nalačno, je nezbytné znát veškerá závažná onemocnění, zejména odebrat alergologickou anamnézu a znát situaci renálních funkcí. Dále musí být vyplněn a podepsán informovaný souhlas s daným výkonem. U pacientů s pozitivní alergologickou anamnézou je nutná adekvátní premedikace. Vlastní vyšetření probíhá uložením pacienta na vyšetřovací stůl s rukama nad hlavou a zavezením do gantry. Pacientovi je zavedena flexibilní kanyla (průtok minimálně 4 ml/s) a dále je napojen na tlakový injektor, ten podá kontrastní látku (50–80 ml) před samostatným skenováním dané oblasti. Po zvolení vyšetřovacího protokolu se nejprve provede tzv. topogram (rentgenový snímek vytvořený bez otáčení rentgenky a detektorů, na kterém se naplánuje rozsah vyšetření). Pak se provádí vlastní skenování v arteriální fázi (např. metodou bolus-tracking). Získané obrazy jsou v axiální rovině. Tloušťka rekonstruovaných vrstev je v požadované šíři 0,6 – 0,8 mm a 3 mm axiální, koronární a sagitální rovině. Lékař může prohlížet danou sekvenci v plicním nebo břišním okně. Rekonstrukce vytvořené na pracovních stanicích jsou odesílány do digitálních archivů (např. PACS, NIS) (Vomáčka et al, 2012).

Perfuzní scintigrafie plic

Perfuzní scintigrafie plic je určena ke stanovení průkazu embolizace do a. pulmonalis, k diagnostice sekundární hypertenze a rovněž lze scintigrafii použít k odhalení pravolevého plicního zkratu (Ferda et al, 2015).

K vyšetření se užívá makroagregát albuminu (MAA) značený radioaktivním techneciem (^{99m}Tc). Velikost částic albuminu nepatrně přesahuje velikost lumen kapilár. Po aplikaci intravenózní látky jsou prakticky všechny značené částičky uchyceny v kapilárním řečišti plic, proporcionálně k síle perfuze jednotlivými částmi plic. V úseku postiženém

výpadkem perfuze nedochází k hromadění částic albuminu, a tudíž se na scintigrafii projeví studenou lézí (Teřl.2004).

Ventilační scintigrafie plic

Ventilační scintigrafie plic je nejčastěji indikována spolu s vyšetřováním plicní perfúze (Ferda, 2015)

Ventilace se může vyšetřovat pomocí inhalace samotných radioaktivních plynů, nejčastěji ^{81m}Kr (krypton), nebo aerosolovými částčkami $^{99m}\text{Tc-DTPA}$. Pro přípravu aerosolu se používá DTPA (dietyltriainopentaoctová kyselina), jejichž částčky dosahují bronchioloalveolární oblasti (Ferda, 2015).

Ihned po inhalaci je aerosol rozšířen do jednotlivých částí plic, přiměřeně síle jejich ventilace. Do hypoventilovaných úseků (např. neúplné uzavření bronchu tumorem) proniká méně aerosolu a tyto oblasti se pak projeví nižší aktivitou. Do částí, kde není ventilace žádná (uzavření bronchů nádorem) se aerosol nedostane a postižená oblast pak nesvítí vůbec (Teřl, 2004).

Plicní angiografie

Plicní angiografie se provádí zavedením katétru do plicní tepny (lat. arteriae pulmonalis), cestou některé žíly velkého oběhu. Nástřikem kontrastní látky do kmene nebo větví a. pulmonalis získáme velmi přesné zobrazení plicních cév. V modifikaci digitální subtrakční angiografie (DSA) byla plicní angiografie před érou spirálního CT jednou z nejspolehlivějších zobrazovacích metod v diagnostice plicní embolie. (Teřl, 2004)

Magnetická rezonance

Magnetická rezonance je vyšetřovací metoda, založená na principu počítačového sledování přeměn chování různorodých buněk v lidském těle při působení magnetického pole. Dalším významným milníkem ve vývoji zobrazovacích metod, je zavedení magnetické rezonance. Za její objev a princip získali Paul Christian Lauterbur

a Peter Mansfield v roce 2003 Nobelovu cenu. Podstata MR vychází z faktu, že protony v atomových jádrech se neustále pohybují kolem své osy, tento pohyb je nazýván jako spin a coby elektricky nabitá pohybující se částice vytváří kolem sebe magnetické pole. Toto magnetické pole se navenek projevuje pouze u atomů s lichým protonovým číslem (u atomových jader se sudým protonovým číslem se protony párují a tím se jejich magnetický moment ruší), přičemž nejideálnějším prvkem pro měření se projevuje vodík, ^1H , který má jeden proton v jádře. V lidském organismu se vyskytuje 60 % vody, tudíž je ^1H nejhojnějším prvkem v biologické tkáni. Atomová jádra ^1H jsou za normálních okolností orientována nahodile. Pokud jsou vystavena silnému magnetickému poli, nasměrují se vektory magnetických polí protonů rovnoběžně s jeho vektorem. Početnější část je usměrňována paralelně s vektorem vnějšího magnetického pole a menší část antiparalelně. Toto uspořádání vyvolá, že tkáň vykazuje magnetický moment a navenek se projevuje magneticky (Rosina et al., 2013).

Vektor utvořené tkáňové magnetizace je orientován podélně a je v zákrytu se silným magnetickým polem, proto není možné jeho měření. Protony nacházející se v magnetickém poli provádí kromě svého původního spinového pohybu ještě pohyb precesní, tzn. po plášti kužele kolem osy vnějšího magnetického pole, který má jasnou frekvenci, tzv. Larmorovu frekvenci (Seidl, 2012).

Pro cíle měření je potřebné orientaci magnetického momentu změnit, vychýlit a dosáhnout tím příčné magnetizace. Toho dosáhneme dodáním energie do tkání v podobě elektromagnetického impulsu o frekvenci shodné s Larmorovou frekvencí s přispěním vysílacích cívek. Po ukončení pulsu se atomy navracejí do původního stavu – čas, který je k tomu nezbytný se nazývá relaxační čas. Rozlišujeme T1 a T2 relaxační čas, přičemž T1 relaxační čas, je doba nutná k zotavení 63 % původní longitudinální magnetizace a T2 relaxační čas je snížení transversální magnetizace z maxima na 37 % primární hodnoty. Na složení tkáně jsou závislé relaxační časy. Při návratu do primárního stavu, vysílají atomy identický signál, který detekujeme pomocí přijímacích cívek. K získání dostačující informace musí být takovýchto pulsů vyslána celá série – to se vyznačuje termínem sekvence. Pro určení místa, ze kterého signál vychází, je nezbytné vhodně upravit intenzitu vnějšího magnetického pole pomocí gradientových cívek. Ty mají být co nejbližší vyšetřované oblasti, z důvodu získání kvalitních obrazů. V průběhu vyšetření jsou získávány obrazy jednotlivých vrstev (Lang, Šantora, 2009).

Jednotlivé výhody a nevýhody zobrazovacích metod, jsou popsány v tabulce č.1.

Tabulka 1: Výhody a nevýhody zobrazovacích metod.

Diagnostická metoda	Výhody	Nevýhody
CT	<ul style="list-style-type: none"> - detailní rozlišení - zobrazení málo kontrastních měkkých tkání 	<ul style="list-style-type: none"> - velká radiační zátěž
Perfuzní scintigrafie plic	<ul style="list-style-type: none"> - vyšetření bez přípravy - nízká radiační zátěž - lze ji použít u pacientů s alergií na jodové kontrastní látky - nebolestivé 	<ul style="list-style-type: none"> - relativní kontraindikací je pouze gravidita
Ventilační scintigrafie plic	<ul style="list-style-type: none"> - nebolestivé a snadné vyšetření pro pacienta - nízká radiační zátěž 	<ul style="list-style-type: none"> - vystavení pacienta radioaktivním látkám - vysoká cena vyšetření - nízká aktivita v plicích
Magnetická rezonance	<ul style="list-style-type: none"> - podrobné zobrazení měkkých částí - zobrazení tepen mozku bez aplikace k.l. - primární vyšetření ve třech rovinách - rychlé vyšetření, při kterém se nepodává jodová k.l. - neionizující druh zobrazovací metody 	<ul style="list-style-type: none"> - zobrazení plicní tkáně v MR obraze je nedokonalé, v důsledku nevýhodného poměru signálu a šumu - v plicní tkáni je obsaženo málo vodíkových jader (v MR obraze hyposignální – černá) - pohybové artefakty - ve většině případů nelze provést u pacientů s kardiostimulátory

Zdroj: vlastní

1.4 Radiační ochrana

Biologické účinky záření dělíme na deterministické a stochastické.

Deterministické účinky vznikají při překročení určité prahové dávky, která je odlišná pro různé tkáně. Nejvíce citlivá jsou gonády (spermie). Závažnost se zvyšuje s rostoucí dávkou. Jeden z příkladů je akutní nemoc s ozáření (Ferda et al, 2015).

Stochastické účinky jsou bezprahové. Vyskytují se i při malých dávkách. S rostoucí celkovou dávkou, je vyšší pravděpodobnost výskytu, ale ne závažnosti. Účinky opakujících se dávek se sčítají. Především sem patří zhoubné nádory a genetické změny (Ferda et al, 2015).

Cílem radiační ochrany je vyloučení deterministických účinků a snížení pravděpodobnosti stochastických účinků na hladinu snesitelnou pro společnost i jednotlivce (Seidl, 2012).

Podmínky užití ionizujícího záření stanovuje zákon 263/2016 Sb. a na něj navazující vyhlášky. Hlavní principy radiační ochrany jsou **zdůvodnění** (záření lze indikovat jen v případech, kdy je předpokládáný přínos vyšší než riziko, pozornost se věnuje těhotným ženám a dětem), **optimalizace** (udržovat přijatelnou dávku nezbytnou pro dosažení očekávaného výsledku) (Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2018).

Bezpečnost personálu a dalších osob přicházejících do styku s ionizujícím zářením zahrnuje **co největší vzdálenost od zdroje záření, co nejkratší trvání expozice a ochrana stíněním**. Ke stínění rentgenového záření se používají pomůcky, jako zástěry, krční límce, rukavice, brýle, chrániče genitálií. Stínění v pomůckách zabezpečuje vrstva olova nebo olovnaté gumy (Ferda et al, 2015).

2. Cíle práce

1. Porovnání a popis zobrazovacích metod u pacientů s podezřením na plicní embolii z pohledu radiologického asistenta.
2. Výzkum četnosti provádění jednotlivých zobrazovacích metod (CT angiografie plic, scintigrafie plic) v Nemocnici Havlíčkův Brod p.o.

3. Hypotéza

V diagnostice plicní embolie se nejčastěji využívá CT angiografie plic.

4. Metodika

Práce je zaměřena na četnost provedení jednotlivých radiodiagnostických zobrazovacích metod indikované při podezření na plicní embolii. Zabývá se dvěma nejčastějšími vyšetřeními vedoucí k odhalení plicní embolie (CT angiografie plic a scintigrafie plic).

Je popsána úloha radiologického asistenta u těchto vyšetření včetně přípravy pacienta.

Analýza dat je z roku 2011 až 2015 v Nemocnici Havlíčkův Brod p.o. Jednotlivé soubory tvoří všichni pacienti, kterým byla provedena CT angiografie plic nebo scintigrafie plic. Je si všímáno počtu vyšetření; věku, pohlaví i diagnóz pacientů a indikujícího oddělení.

Všechny údaje jsou čerpány z elektronické databáze na radiologickém oddělení, oddělení nukleární medicíny a jsou zaznamenány do přehledných tabulek a grafů.

5. Praktická část

V praktické části jsem se zaměřil na úlohu radiologického asistenta při diagnostice plicní embolie pomocí dvou nejčastějších vyšetřovacích metod. Jedna z nich se nazývá CT ANGIOGRAFIE plic a druhá má název SCINTIGRAFIE plic.

Dále se v praktické části zabývám analýzou dat z let 2011 až 2015 v Nemocnici Havlíčkův Brod p.o., kde jednotlivé soubory tvoří pacienti, kterým byla provedena CT angiografie plic nebo scintigrafie plic.

5.1 Úloha RA při CT ANGIOGRAFII plic

Pacient je přivezen na lehátku sanitářem na Radiodiagnostické oddělení CT. Indikující lékař telefonicky předem domluví vyšetření s provádějícím lékařem. Po domluvě s indikujícím lékařem je podán pacientovi na ambulanci Hydrocortison i.v. Pacient má zavedenou funkční kanylu a měl by být nalačno.

Pacienta si přebírá radiologický asistent, který se přesvědčí o správnosti uvedených údajů a zkontroluje informovaný souhlas s CT angiografií plic. Následuje sundání všech kovových věcí v oblasti krku a hrudníku (řetízky, piercingy) a odložení si svrchní části těla.

Dalším krokem je přesun z lehátka na vyšetřovací stůl CT přístroje. Pacient leží na zádech a nohy směřují do gantry a ruce jsou za hlavou opřené o válec. Pod nohy pacient dostane klín, kvůli pohodlí a znehybnění. Dále je zavezen do gantry na požadovanou skenovací oblast pomocí laserů. Horizontální laser směřuje na střed hrudníku. Vertikální laser je umístěn do oblasti dolní čelisti.

Pacient je napojen na tlakový injektor (MeMed). RA odchází do ovladovny. Na ovládacím PC vybere a zkontroluje ve Worklistu příslušného pacienta. Nastaví správnou polohu pacienta a druh vyšetřovacího protokolu. Spustí vyšetření. Provedou se dva základní toposcany (v AP a bočné projekci), podle kterého se naplánuje vyšetření. RA nastavuje přednastavené protokoly, než spustí samotné vyšetření. Protokol Locator se umístí do oblasti plicnice a potvrdí se následující protokol Bolus Tracking s diferencí 130 HU (sledování bolusu náplně kontrastní látky). U zdrojového protokolu CT

angiografie plic nastaví RA základní oblast zájmu pro skenování (od hrotů plic po baze). Toto vyšetření se provádí při napětí 100kV a dle habitu člověka 130 – 500 mAs.

Z těchto surových dat se zrekonstruují tenké řezy MPR v šíři 0,9mm s překryvem 0,5mm v břišním okně (c 60 w 360). Tyto data se automaticky posílají provádějícímu lékaři na jejich popisovací stanici. Jemné řezy se zasílají i v plicním okně (c 600, w 1600).

Dále se rekonstruují MPR data v 3mm šíři s překryvem 3mm v plicním i břišním okně. Tyto data se automaticky zasílají do archivačního systému MariePACS.

V první řadě je proveden sken Lokátoru. Jedná se o jednu vrstvu řezu v oblasti plicnice. Na tomto řezu RA vyznačí ROI pro skenování Bolus tracking v oblasti plicnice. Threshold, tedy hranice automatického spuštění, je nastavena na 150 HU. V dalším kroku následuje samotný Bolus Tracking, při kterém se spustí současně injekční stříkačka s CT přístrojem a dle nastaveného načasování se měří úroveň naplnění plicnice bolusem KL za současného vizuálního sledování pacienta na reakci KL. Po dosažení hranice 150 HU se spustí odpočet nastaveného zpoždění angiografie (v aktuálním protokolu se jedná o 4 sekundy). Následuje automatické spuštění naplánovaných skenů a přednastavených MPR rekonstrukcí v axiálních, koronárních a sagitálních řezech v mediastinálním a plicním okně popisovaných výše.

Po ukončení skenování a aplikace KL se RA příchodem do vyšetřovací místnosti přesvědčí o kontrole stavu pacienta a místa vpichu. Pacient je vyvezen z gantry a poučen o dostatečné hydrataci a je sanitářem odvezen na příslušné oddělení, kde je nadále sledován.

Následuje kontrola zrekonstruovaných dat a jejich odeslání.

5.2 Úloha RA při SCINTIGRAFII plic

Vyšetření nevyžaduje žádnou speciální přípravu. Pacient by měl mít zhotoven RTG snímek plic.

Provádějící lékař na oddělení nukleární medicíny se rozhodne o indikaci vyšetření po předložení žádanky a sepsání zdravotní anamnézy o pacientovi. Následně je pacient poučen o průběhu a významu vyšetření, a poté podepíše souhlas s aplikací radiofarmaka.

Pacient přichází do vyšetřovny, kde se uloží na lůžko. Provádějícím lékařem je vyšetřenému vleže aplikováno intravenózně radiofarmakum makroagregát albuminu značeného radioaktivním techneciem. Během aplikace pacient zhluboka dýchá. Před samotnou aplikací je nutné stříkačku s radiofarmakem protřepat a při aplikaci neaspirovat krev do jehly. Při planárním zobrazení se pacientovi aplikuje maximálně 150 - 200 MBq a při tomografickém zobrazení až 300 MBq u dospělých pacientů. V případě dětských pacientů je nutné přepočítat aplikovanou aktivitu s ohledem na hmotnost a tabulky EANM (European Association of Nuclear Medicine).

Po aplikaci radiofarmaka pacient leží v klidu na lůžku ještě jednu minutu. Následně je pacient vyšetřován vleže na zádech, nohy má nasměrované ke gantry a ruce má uloženy za hlavou, popřípadě může být vyšetřován vsedě.

Vždy se provádí planární statické snímky, minimálně 4 projekce a dle potřeby se doplní SPECT nebo SPECT/CT.

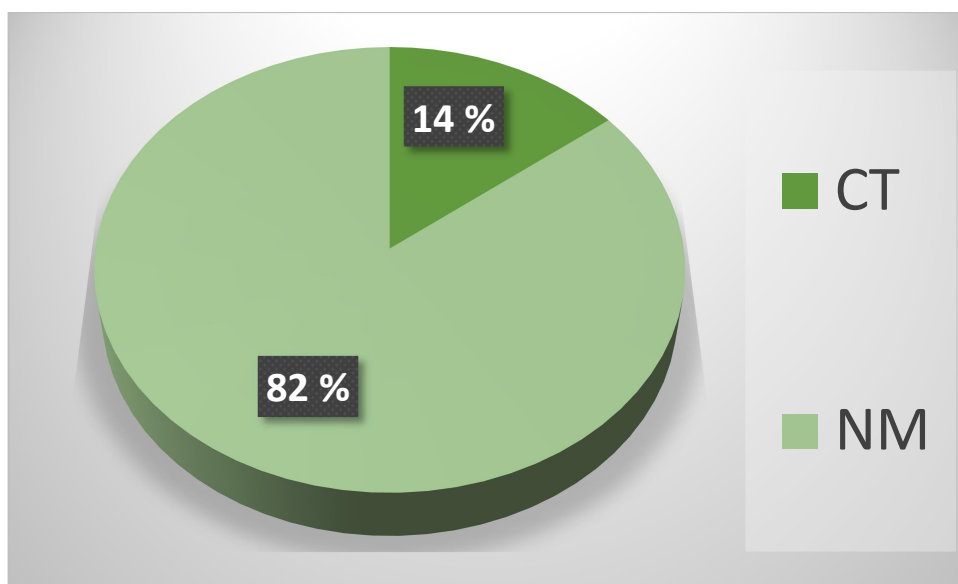
Při akvizici je použit kolimátor pro nízké energie.

Pacient by po vyšetření měl zvýšit příjem tekutin, jenž urychlí vyloučení radiofarmaka z těla ven. A také by se měl vyvarovat kontaktu s malými dětmi a těhotnými.

5.3 Četnost zobrazovacích metod

V Nemocnici Havlíčkův Brod p. o. bylo v letech 2011–2015 vyšetřeno 4886 pacientů pro plicní embolii. 857 pacientů (18 %) bylo vyšetřeno pomocí počítačové tomografie a u 4029 pacientů (82 %) byla provedena diagnostika na oddělení nukleární medicíny. Data jsou zobrazena v grafu č. 1.

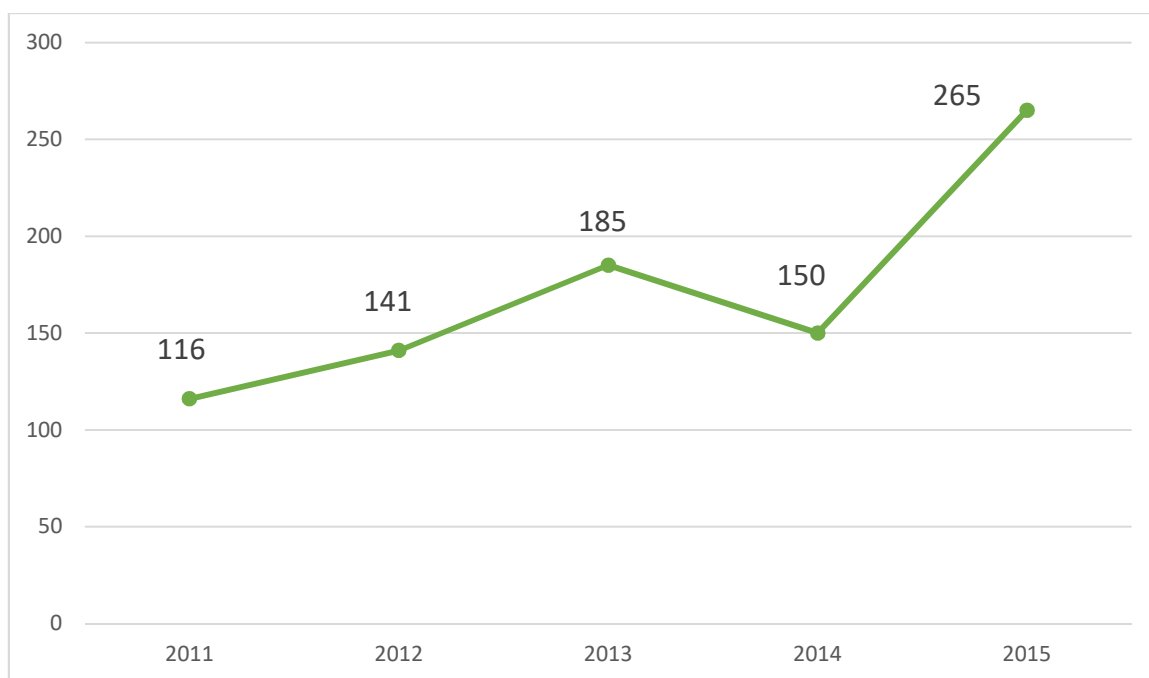
Dále je text pro přehlednost členěn do dvou oddílů: počítačová tomografie angiografie plic a scintigrafie plic.



Graf 1: Počet vyšetřených pacientů pro plicní embolii v nemocnici Havlíčkův Brod v letech 2011-2015 (zdroj vlastní).

5.3.1 Četnost zobrazovacích metod - počítačová tomografie - CT

Počítačová tomografie je známá svou schopností neinvazivního poskytování informací o epikardiálně uložených koronárních arteriích. Touto vyšetřovací technikou lze zhodnotit i srdeční strukturu a jeho funkci.



Graf 2: Počet provedených angiografií plic na CT v roce 2011 – 2015 (zdroj: vlastní).

Tabulka č. 2 udává počet CT angiografií pro plicní embolii z celkového počtu CT vyšetření provedených v Nemocnici Havlíčkův Brod p. o. v letech 2011 až 2015.

V roce 2011 bylo na CT vyšetřeno 8121 pacientů, u 116 pacientů byla provedena CT angiografie plicních tepen. V roce 2012 bylo vyšetřeno na CT 8272 pacientů, u 141 byla provedena CT angiografie. V roce 2013 bylo vyšetřeno na CT 8356 pacientů, u 185 byla provedena CT angiografie. V roce 2014 došlo k výměně CT přístroje; bylo vyšetřeno 7403 pacientů, u 150 byla provedena CT angiografie. V roce 2015 bylo vyšetřeno 10571 pacientů, u 265 byla provedena CT angiografie plicních tepen.

Každým rokem (kromě roku 2014, kdy došlo k výměně přístroje) se počet vyšetření zvýšil. Nejen celkový počet pacientů na CT, ale i počet CT angiografií – graf č. 2.

Tabulka 2: Počet všech vyšetřených pacientů na CT; počet CT angiografií plic v letech 2011 až 2015 + procentuální zastoupení.

rok	počet CT vyšetření	počet CTA plic	zastoupení [%] CTA plic
2011	8121	116	1,42
2012	8272	141	1,70
2013	8356	185	1,21
2014	7403	150	2,03
2015	10571	265	2,50

Zdroj: vlastní

V tabulce č. 3 je znázorněno zastoupení mužů a žen přicházejících na CT angiografii plic. V roce 2011 z celkového počtu 116 bylo 75 mužů a 41 žen. V roce 2012 z počtu 141 bylo 80 mužů a 61 žen. V roce 2013 z počtu 185 bylo 95 mužů a 90 žen. V roce 2014 z počtu 150 bylo 83 mužů a 67 žen. V roce 2015 z počtu 265 bylo 141 mužů a 124 žen. Vždy bylo vyšetřeno více mužů než žen. Rozdíl byl více než 10 %, jenom v roce 2013 byl rozdíl menší.

Tabulka 3: Počet pacientů s provedenou CT angiografií plic rozdělených na muže a ženy + procentuální zastoupení.

rok	počet vyšetření	muži		ženy	
		počet	zastoupení [%]	počet	zastoupení [%]
2011	116	75	64,66	41	35,34
2012	141	80	56,74	61	43,26
2013	185	95	51,35	90	48,65
2014	150	83	55,33	67	44,67
2015	265	141	53,21	124	46,79

Zdroj: vlastní

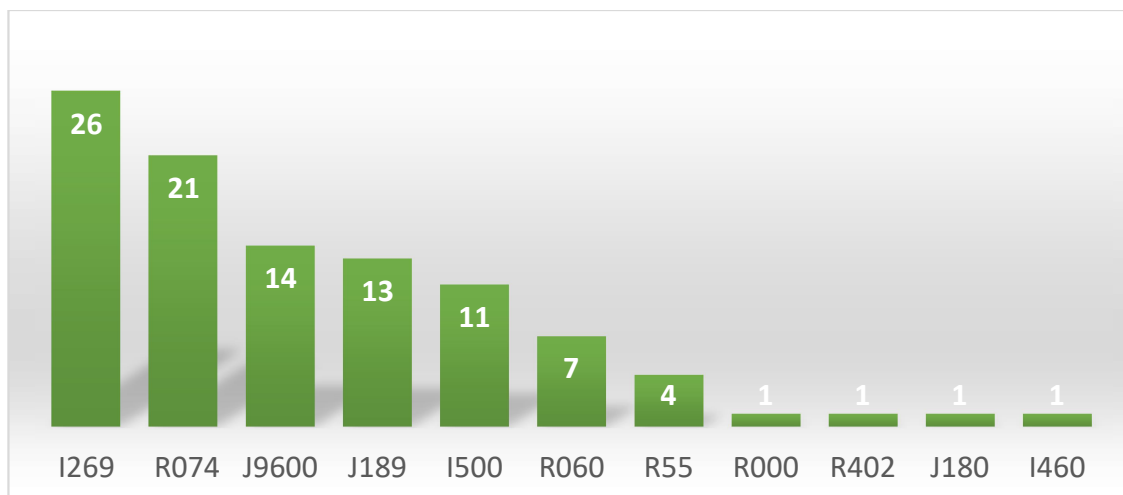
Tabulka č. 4 znázorňuje rozdělení pacientů s CT angiografií plic podle věku. Pacienti jsou rozděleni do 5 věkových kategorií. Nejmladší pacienti jsou v kategorii 21–39; dále 40–49; dále 50–59; dále 60–69 a poslední kategorie jsou nejstarší pacienti, kterým je 70 a více let. S rostoucím věkem pacientů, CT angiografie plicních tepen přibývá. Ale pacientů s věkem do 39 let je více než pacientů 40–49 let.

Tabulka 4: Počet pacientů s provedenou CT angiografií plic rozdělených dle věku.

rok	21–39 let	40–49 let	50–59 let	60–69 let	70 a více let
2011	12	8	18	35	43
2012	17	16	24	29	55
2013	21	17	28	45	74
2014	20	16	17	35	62
2015	22	14	27	71	131

Zdroj: vlastní

Graf č.3 znázorňuje s jakou diagnózou pacienti na CT angiografii plic přichází. Nejednou se stane, že zdravotní pojišťovny apelují na provedené vyšetření neadekvátní k dané diagnóze. Vzhledem k velkému počtu dat byl vybrán jen rok 2015 a z 265 pacientů jen 100 CT angiografií náhodně vybraných. Nejvíce pacientů 21 bylo s diagnózou I269 - plicní embolie bez ak. cor. pulm.; 16 pacientů R074 - bolesti na hrudi; 14 pacientů J9600- akutní respirační selhání; 13 pacientů J189 - pneumonie; 11 pacientů I500 - městnavé selhání srdce; 7 pacientů R060 - dušnost; 4 pacienti R55 - mdloba a diagnózy R000 - tachykardie, R402 - bezvědomí, J180 - bronchopneumonie po 1 pacientovi.



Graf 3: Počet pacientů s provedenou CT angiografií plic rozdělených dle diagnóz. (n=100) (zdroj: vlastní).

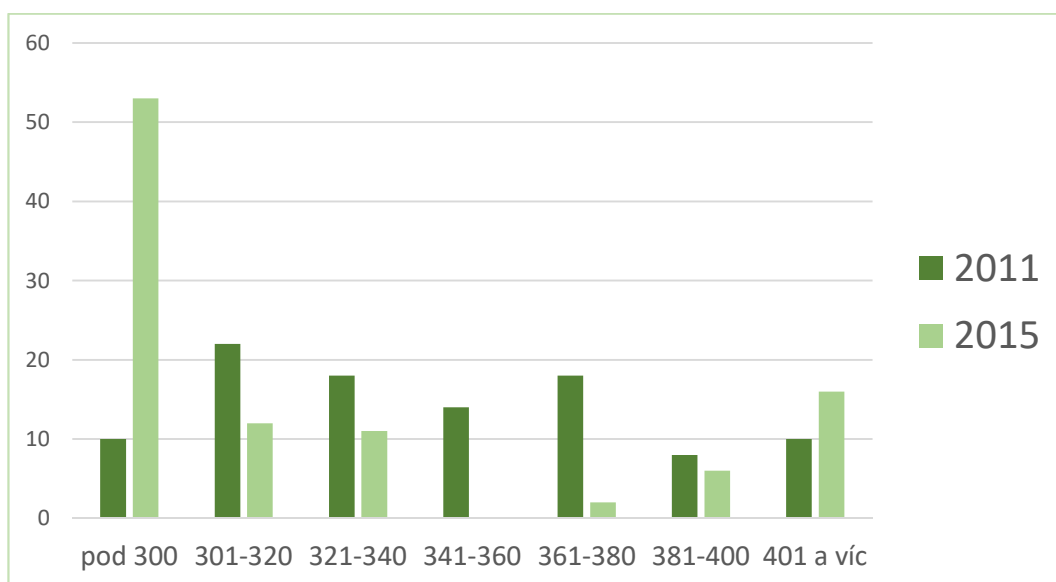
Tabulka č. 5 analyzuje počet pacientů s provedenou CT angiografií plic podle odesílajících oddělení. Radiodiagnostické oddělení v Havlíčkově Brodě spolupracuje úzce se všemi svými odděleními, ať již se jedná o chirurgické nebo interní obory, ale CT vyšetření využívá také sousední psychiatrická léčebna. Nejvíce pacientů přichází z nemocnice a to z interního oddělení; nejméně z psychiatrické léčebny kde žádanka byla vždy jen z oddělení vnitřního lékařství PL7A.

Tabulka 5: Počet pacientů s provedenou CT angiografií rozdělených dle indikujících oddělení

	Nemocnice Havlíčkův Brod			PL
	Chirurgické obory	Interní obory	Ostatní odd.	Interní obory
2011	31	68	12	5
2012	42	79	14	6
2013	49	96	19	21
2014	33	91	10	16
2015	72	163	22	8

Zdroj: vlastní

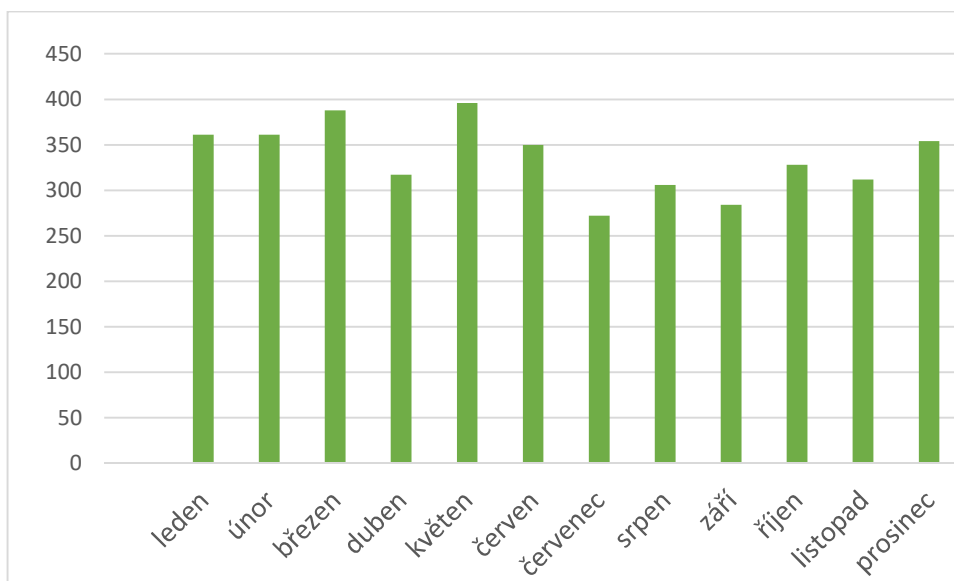
Graf č.4: znázorňuje radiační dávku u CT angiografie plic. K šetření dávky je vybrán tzv. DLP - Dose length product, což je ukazatel integrované dávky v celém objemu CT vyšetření. Získává se násobením délky skenovaného objemu a dávky CTDI vol na CT vyšetření, představuje hodnotu dávky v celé vyšetřované oblasti. Jednotka je mGy x cm². CT přístroj musí zobrazit údaje o dávce ihned po ukončení vyšetření. Je využita situace, kdy došlo v nemocnici Havlíčkův Brod k výměně CT přístroje. Na místo starého CT přístroje Brilliance 6 Slice, je zcela nový moderní multispirální CT přístroj Ingenuity Core 128 (obr. 5). Proto je pracováno s DLP pacientů z roku 2011 a 2015. Každý rok bylo náhodně vybráno 100 vyšetření CT angiografie plicních tepen.



Graf 4: Znázornění DLP u CT angiografie plic; rok 2011 a 2015 (zdroj: vlastní).

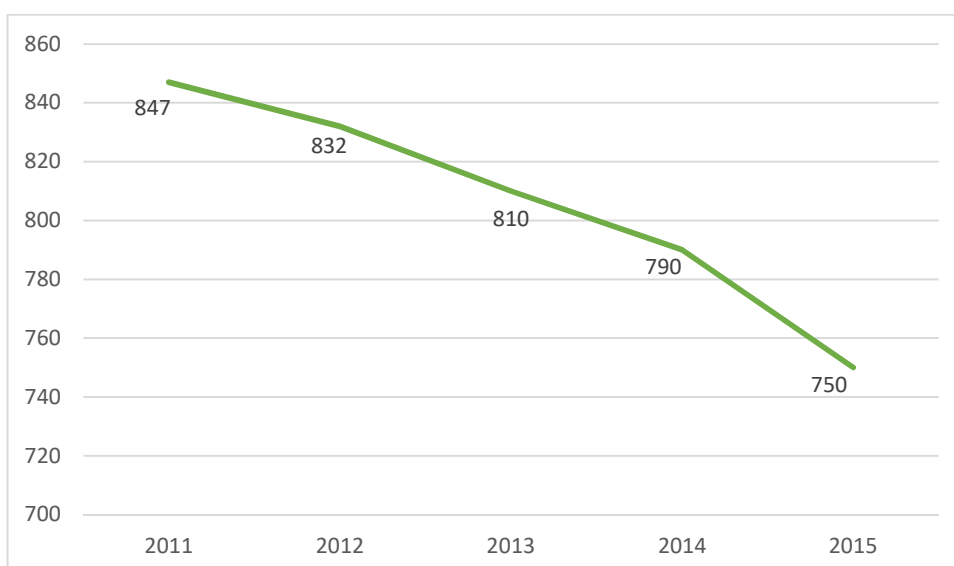
5.3.2 Četnost zobrazovacích metod – scintigrafie plic – nukleární medicína

Scintigrafií plic provedených u pacientů s podezřením na embolii plic v roce 2011-2015 bylo 4029. Velký počet pacientů je rozdělen i do jednotlivých měsíců – graf č. 5. Nejvíce pacientů přichází na vyšetření v měsíci květnu, o něco méně v březnu. Následuje leden, únor, červen a prosinec - to jsou, co se týče do počtu vyšetření, podobné měsíce; duben, srpen, září, říjen, listopad – opět podobné měsíce s ještě menším počtem vyšetření než předešlé měsíce a nejméně pacientů přichází v červenci.



Graf 5: Počet scintigrafií plic v letech 2011 – 2015 rozdělených do jednotlivých měsíců (zdroj: vlastní).

Graf č. 6 znázorňuje všechny pacienty přicházející na vyšetření scintigrafie plic. Celkový počet vyšetřených každým rokem ubývá. Rozdíl mezi rokem 2011 a 2015 je 97 nemocných což je přibližně 11 %.



Graf 6: Počet provedených scintigrafií plic v roce 2011 – 2015 (zdroj: vlastní).

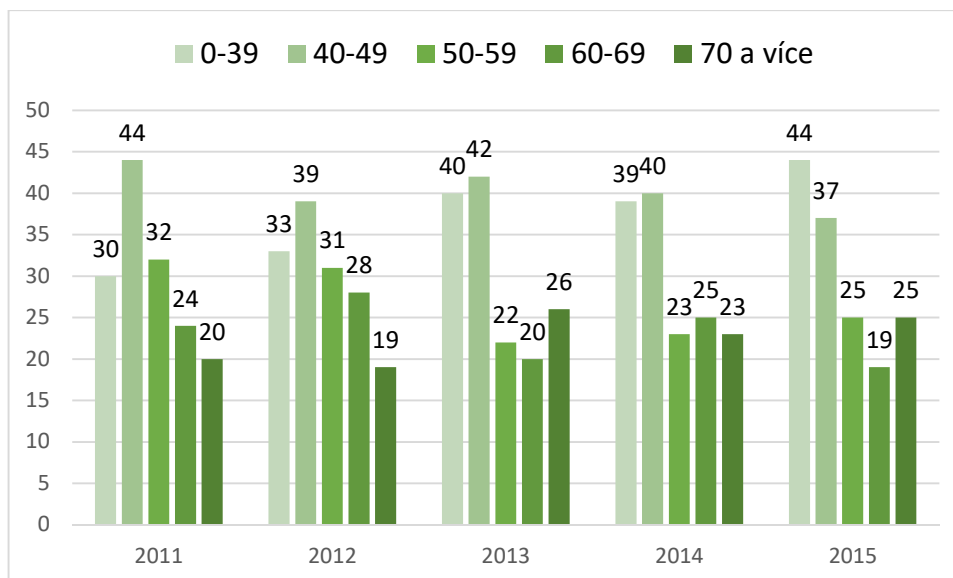
V tabulce č. 6 je znázorněno zastoupení mužů a žen přicházejících na vyšetření – scintigrafie plic. V roce 2011 z celkového počtu 847 bylo 343 mužů a 504 žen. V roce 2012 z počtu 832 bylo 312 mužů a 520 žen. V roce 2013 z počtu 810 bylo 349 mužů a 461 žen. V roce 2014 z počtu 790 bylo 313 mužů a 477 žen. V roce 2015 z počtu 750 bylo 226 mužů a 524 žen. Každým rokem bylo vyšetřeno více žen než mužů. Rozdíl byl okolo 20 %, v roce 2015 byl rozdíl dokonce 40 %.

Tabulka 6: Počet pacientů s provedenou scintigrafií plic rozdělených na muže a ženy + procentuální zastoupení.

rok	počet vyšetření	muži		ženy	
		počet	zastoupení [%]	počet	zastoupení [%]
2011	847	343	40	504	60
2012	832	312	37,5	520	62,5
2013	810	349	43	461	57
2014	790	313	40	477	60
2015	750	226	30	524	70

Zdroj: vlastní

Pro úplnost analýzy jsou pacienti se scintigrafií plic tak jako u CT angiografií rozděleni podle věku. Je opět vytvořeno 5 kategorií věku, ale pro velký počet vyšetření byl udělán náhodný výběr 150 pacientů v každém roce. Největší zastoupení pacientů je v první a v druhé kategorii tzn., že nejvíce pacientů je ve věku 18–49 let. Ostatní kategorie již jsou vyrovnané. Na vyšetření scintigrafii plic přichází více mladších pacientů. Nejmladší pacient byl osmnáctiletý. Vše je znázorněno v grafu č. 7.



Graf 7: Počet pacientů se scintigrafií plic v letech 2011 až 2015 rozdělených dle věku (zdroj: vlastní).

Tabulka č. 7 rozděluje pacienty vyšetřené na nukleární medicíně pro podezření na plicní embolii dle indikujícího oddělení. Nejvíce klientů v roce 2011 – 64 %; v roce 2012 – 60 %; v roce 2013 – 64 %; v roce 2014 – 64 % a v roce 2015 – 68 % je z psychiatrické léčebny.

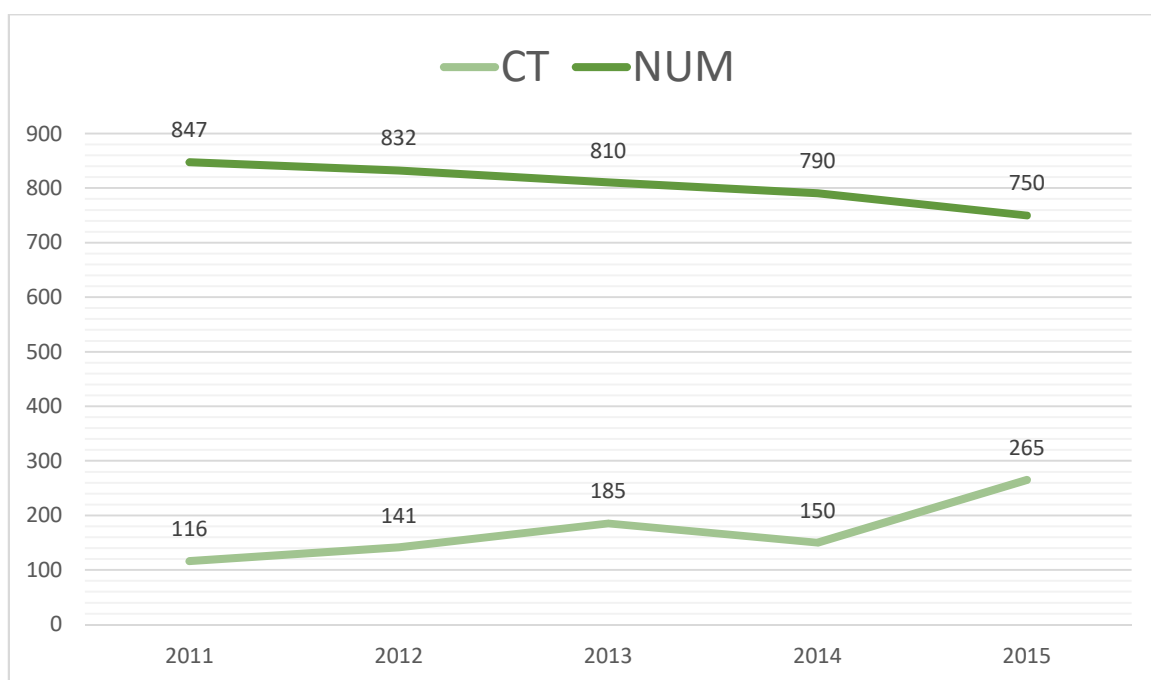
Tabulka 7: Počet pacientů s provedenou scintigrafií plic rozdělených dle indikujících oddělení

	Nemocnice Havlíčkův Brod			Psychiatrická léčebna
	Chirurgické obory	Interní obory	Ostatní obory	Interní obory
2011	8	203	148	488
2012	9	165	151	507
2013	5	148	132	525
2014	9	129	141	511
2015	6	98	136	510

Zdroj: vlastní

5.3.3 Odpověď na hypotézu

Pro odpověď na hypotézu (V diagnostice plicní embolie se nejčastěji využívá CT angiografie plic), jsem vytvořil graf č. 7, kdy na ose x je období sbíraných dat (rok 2011-2015) a na ose y je počet všech vyšetření. V grafu jsou dvě křivky: NUM = vyšetření na oddělení nukleární medicíny tzv. scintigrafie plic a CT = vyšetření na radiodiagnostickém oddělení tzv. CT angiografie plic. Křivka NUM je pomalu klesající – počet vyšetření každým rokem ubývá, naopak křivka CT je rostoucí – počet vyšetření přibývá. Křivky jsou na začátku daleko od sebe, to znamená, že je velký rozdíl v počtu vyšetření. Na konci grafu se přibližují – rozdíl je menší. V roce 2011 bylo o 731 (75 % více scintigrafií plic než CT angiografií plic); v roce 2012 bylo o 691 (71 % více scintigrafií plic než CT angiografií plic); v roce 2013 bylo o 625 (62 % více scintigrafií plic než CT angiografií plic); v roce 2014 bylo o 640 (68 % více scintigrafií plic než CT angiografií plic); v roce 2015 bylo o 485 (47 % více scintigrafií plic než CT angiografií plic).



Graf 8: Počet vyšetření na odd. nukleární medicíny a na CT v roce 2011 – 2015 (zdroj: vlastní)

6. Diskuze

Vývoj multidetektorových CT přístrojů založený na podstatném zkrácení času vyšetření a zlepšení prostorového rozlišení umožnil kvalitní a podrobné zobrazení cévního systému a významně rozšířil možnosti jeho neinvazivního vyšetřování. CT angiografie plic se tak stala nedílnou součástí vyšetřovacích algoritmů mnoha patologických stavů a její rutinní zavedení do praxe znamenalo významné navýšení počtu výkonů na CT pracovištích.

Hypotéza se nepotvrdila, protože v letech 2011-2015 bylo na oddělení nukleární medicíny celkem vyšetřeno 3172 (82 %) pacientů, oproti vyšetřovaným pacientům na radiodiagnostickém oddělení, kde bylo vyšetřeno 857 (18 %) pacientů. Docházím tedy k závěru, že na nukleární medicíně je vyšetřeno o 64 % více pacientů. Skutečnost je daná zřejmě tím, že v Havlíčkově Brodě jsou vyšetřováni nejenom pacienti ze spádové oblasti, ale vyšetření scintigrafii plic využívá sousední psychiatrická léčebna, kde jsou hospitalizováni pacienti z celé republiky. A lékaři z psychiatrické léčebny posílají klienty s podezřením na plicní embolii na scintigrafii plic. Na otázku: „ Proč?“, mi bylo odpovězeno: „Jsme tak zvyklí.“

Avšak šetřením bylo zjištěno, že pacientů se scintigrafií plic každým rokem ubývá, kdežto na CT angiografii plic přibývá. Myslím, že je to celkovým posunem computerové tomografie dopředu, kdy s výkonnějším přístrojem se urychlil provoz, vyšetření trvá několik minut a díky využití vysoce kvalitních kontrastních látek nevznikají téměř žádné nežádoucí reakce. U scintigrafie plic mohou být vyšetřeni i lidé s alergií na jód, ale vyšetření trvá déle.

Na CT angiografii plicních tepen převažují muži. V roce 2011-2015 bylo celkem vyšetřeno 857 pacientů. Z toho bylo vyšetřeno 474 mužů a 383 žen. Každý rok bylo vyšetřeno více mužů než žen. Rozdíl byl více než 10 %. Jenom v roce 2013 byl rozdíl 3 %. Naopak na scintigrafii plic bylo vyšetřeno více žen než mužů a to z celkového počtu 4029 pacientů. Z toho bylo vyšetřeno 2486 žen a 1543 mužů. Každým rokem bylo vyšetřeno více žen než mužů. Rozdíl byl okolo 20 %, V roce 2015 byl rozdíl dokonce 40 %.

Z podobných důvodů došlo k situaci u věku pacientů. Na CT angiografii je převaha starších pacientů, což potvrzuje i literatura, ale na scintigrafii plic je více mladších nemocných.

Zajímavé bylo rozdělení pacientů se scintografií plic do jednotlivých měsíců v roce. Nejvíce vyšetření bylo provedeno v měsíci březnu a květnu. I literatura potvrzuje největší výskyt plicních embolií na jaře.

Ve své práci jsem se zabýval i diagnózou, s kterou pacienti na CT angiografii plicních tepen přichází. Vzhledem k velkému počtu dat byl vybrán jen rok 2015 a z 265 pacientů jen 100 CT angiografií náhodně vybraných. Nejvíce pacientů 21 bylo s diagnózou I269 - plicní embolie bez ak. cor. pulm.; 16 pacientů R074 - bolesti na hrudi; 14 pacientů J9600 - akutní respirační selhání; 13 pacientů J189 - pneumonie; 11 pacientů I500 - městnavé selhání srdce; 7 pacientů R060 - dušnost; 4 pacienti R55 - mdloba a diagnózy R000 - tachykardie, R402 - bezvědomí, J180 - bronchopneumonie po 1 pacientovi.

V roce 2014 je v nemocnici Havlíčkův Brod p. o. vyměněn CT přístroj. Na místo starého CT přístroje Brilliance 6 Slice, je zcela nový moderní multispirální CT přístroj Ingenuity Core 128. Proto je pracováno s DLP pacientů z roku 2011 a 2015. Každý rok bylo náhodně vybráno 100 vyšetření CT angiografie plicních tepen. Této situace jsem využil a porovnal DLP na starém CT a novém multispirálním CT přístroji Ingenuity Core 128. U nového přístroje opravdu došlo k nárůstu pacientů o 43 % s DLP pod $300 \text{ mGy} \times \text{cm}^2$, ale o 6 % procent stoupl i počet pacientů s dávkou 400 a více $\text{mGy} \times \text{cm}^2$. Zjišťoval jsem proč tomu tak je a vždy šlo o silné jedince s váhou více než 115 kg.

7. Závěr

Úkolem mé bakalářské práce bylo popsat činnosti radiologického asistenta při CT angiografii vyšetření plic a scintigrafickém vyšetření plic. Práci jsem rozdělil na teoretickou a praktickou část. V teoretické části popisují stavbu a funkci plic, druhy PE, radiační ochranu, CT angiografii plic a scintigrafická vyšetření plic.

Podkladem pro dosažení cílů bakalářské práce bylo sledování jednotlivých výkonů na radiodiagnostických pracovištích a odděleních nukleární medicíny.

Každá ze zobrazovacích metod má v diagnostice plicní embolie svůj význam.

V nemocnici Havlíčkův Brod se provádí u pacientů s podezřením na plicní embolii častěji scintigrafie plic, ačkoli CT angiografie plic je rychlejší metoda.

Úloha radiologického asistenta při radiodiagnostických a radionuklidových vyšetření plic je komplexní. Úloha RA přispívá velkou měrou k úspěchu vyšetření. Důležitá je zejména dobrá spolupráce s lékařem, který vyšetření hodnotí a jehož pokyny se laborant při provádění vyšetření řídí. Dále je zapotřebí znalost radiohygienických zásad a spolupráce s pracovníkem dohlížejícím na zdroje ionizujícího záření na pracovišti. Pro správné provedení vyšetření radiologickým asistentem je důležitá nejen znalost přístrojového vybavení, principu a postupu vyšetření, ale i znalost anatomie, fyziologických funkcí a patologie vyšetřovaného orgánu. Vzhledem k tomu, že vyšetřujeme i pacienty s život ohrožujícími nemocemi, musí znát radiologický asistent zásady první pomoci a zejména resuscitace. Onemocnění, zvláště takové, které ohrožuje život pacienta, se samozřejmě neprojevuje jen v tělesné složce člověka. Nemoc a vyhlídky na její další průběh mnohdy silně zatěžují psychiku nemocného, a proto je nezbytné, aby radiologický asistent přistupoval k pacientovi ohleduplně, s porozuměním a s empatií.

8. Seznam informačních zdrojů

1. BENEŠ, J., et al., 2015b. *Základy fyziky pro lékařské a zdravotnické obory*. Praha: Grada. 228 s. ISBN 978-80-247-4712-5.
2. ČIHÁK, Radomír, Rastislav DRUGA (ed.) a Miloš GRIM (ed.). *Anatomie*. 2., upr. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2004, 673 s. ISBN 80-247-1132-x.
3. DÍTĚ, Petr. *Vnitřní lékařství: učebnice pro lékařské fakulty*. 2., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Galén, c2007. ISBN 978-80-7262-496-6.
4. DYLEVSKÝ, I. *Funkční anatomie*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009, 532 s. ISBN 978-80-247-3240-4.
5. ELIŠKOVÁ, Miloslava a Ondřej NAŇKA. *Přehled anatomie*. Praha: Karolinum, 2006. ISBN 80-246-1216-x.
6. FERDA, Jiří, Hynek MÍRKA, Jan BAXA a Alexander MALÁN. *Základy zobrazovacích metod*. Praha: Galén, 2015. ISBN 978-80-7492-164-3.
7. FERDA, Jiří, Milan NOVÁK a Boris KREUZBERG. *Výpočetní tomografie*. Praha: Galén, 2002, 663 s. ISBN 8072621726.
8. HAROLD, C. E. a B. ADAMS, ed. *Sestra a akutní stavy od A do Z*. Praha: Grada, 1999. ISBN 80-7169-893-8.
9. KORANDA, Pavel. *Nukleární medicína*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014, 201 s. ISBN 978-80-244-4031-6.
10. KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. *Nukleární medicína: [učební text]*. Praha: P3K, c2007. ISBN 978-80-903584-9-2.
11. LANG, O., ŠANTORA, J., 2009. *Biofyzika a radiologie*. Praha: Evropské vzdělávací centrum Praha. 80 s. ISBN 978-80-87386-01-9.
12. *Lidské tělo: průvodce pro celou rodinu*. Přeložil Ludmila BÉBAROVÁ. Praha: Ottovo nakladatelství, 2013. ISBN 978-80-7451-277-3.
13. MATHIAS PROKOP, Michael Galanski, co eds.: Aart J. Cornelia Schaefer-Prokop CO EDS.: AART J. VAN DER MOLEN, WITH CONTRIBUTION BY C. ENGELKE .. [ET AL.] a TRANSL. BY TERRY C. TELGER. *Spiral and multislice computed tomography of the body*. Stuttgart: Thieme, 2003. ISBN 9783131164810.
14. MÍKOVÁ, Vlasta (ed.). *Nukleární medicína: průřez vyšetřovacími metodami v oboru nukleární medicína*. Praha: Galén, 2008, 118 s. Care. ISBN 978-80-7262-533-8.
15. OUDWERK M, van BEEK EJ, WEILOPOLSKI P, et al. *Comparison of contrast enhanced magnetic resonance angiography and conventional pulmonary angiography for diagnosis of pulmonary embolism: a prospective study*. Lancet 2002; 338: 1643.7
16. REMY-JARDIN M, PISTOLESI M, GOODMAN L, et al. *Management of suspected acute pulmonary embolism in the era of CT angiography: a statement from the Fleischner Society*. Radiology 2007; 245: 315-29
17. ROBERTS, Alice M. *Kompletní lidské tělo: [unikátní obrazový průvodce]*. Praha: Knižní klub, 2012. ISBN 978-80-242-2958-4.
18. ROSINA, J., et al., 2013. *Biofyzika – Pro zdravotnické a biomedicínské obory*. Praha: Grada. 224 s. ISBN 978-80-247-4237-3.
19. SEIDL, Zdeněk. *Radiologie pro studium i praxi*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4108-6.
20. TEŘL, Milan. *Plicní lékařství*. Praha: Karolinum, 2004. ISBN 80-246-0820-0.

21. VOMÁČKA, Jaroslav, Josef NEKULA a Jiří KOZÁK. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2012. ISBN 978-80-244-3126-0.
22. WIDIMSKÝ, Jiří a Jaroslav MALÝ. *Akutní plicní embolie a žilní trombóza: patogeneze, diagnostika, léčba a prevence*. 3., rozš. a přeprac. vyd. Praha: Triton, c2011. ISBN 978-80-7387-466-7.

Online informační zdroje:

1. ANATOMY, Human. <http://en.shram.kiev.ua> [online]. [cit. 31.3.2018]. Dostupný na www: http://en.shram.kiev.ua/health/anatomy/page_493.shtml
2. DÝCHACÍ SOUSTAVA. <http://slideplayer.cz> [online]. [cit. 31.3.2018]. Dostupný na www: <http://slideplayer.cz/slide/2898788/release/woothee>
3. LARA FLIX, Isaac. www.educaplay.com [online]. [cit. 31.3.2018]. Dostupný na [www:https://www.educaplay.com/en/learningresources/2786046/anatomia_test_2.htm](https://www.educaplay.com/en/learningresources/2786046/anatomia_test_2.htm)
4. MEDICINA, Postgraduální. zdravi.euro.cz [online]. [cit. 31.3.2018]. Dostupný na www: https://zdravi.euro.cz/news/check-pro?id=448927&seo_name=postgradualni-medicina
5. MLČOCH, Zbyněk. Embolizace plic, plicní embolie - příznaky, projevy, symptomy [online]. 2012 [cit. 2017-03-14]. Dostupné z: <http://www.priznaky-projevy.cz/interna/kardiologie-srdce-cevy/embolizace-plic-plicni-embolie-priznaky-projevy-symptomy>
6. Mudr. Feit, Josef CSc.. Atlas patologie pro studenty medicíny : Patologie plic [online]. 2008 , 2008 [cit. 2009-02-18]. Dostupný z [www:<http://atlases.muni.cz/atlases/stud/atl_cz/main+plice.html>](http://www.atlases.muni.cz/atlases/stud/atl_cz/main+plice.html).
7. NETRVAL, Jachym. <http://slideplayer.cz> [online]. [cit. 31.3.2018]. Dostupný na WWW: <http://slideplayer.cz/slide/2355197/>
8. Plicní embolie. Nemocnice na Homolce [online]. 2015 [cit. 2017-03-14]. Dostupné z: <https://www.homolka.cz/cs-CZ/oddeleni/kardiocentrum/kardiologie/co-lecime-jake-vykony-provadime/plicni-embolie.html>
9. STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST [online]. [cit. 2018-07-18]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/legislativa/nove-atomove-pravo>
10. VANDYKE CARTER, Henry. commons.wikimedia.org [online]. [cit. 31.3.2018]. Dostupný na www: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gray968.png>
11. ZDRAVÍ, Centrum. <http://www.centrumzdravibrno.cz> [online]. [cit. 31.3.2018]. Dostupný na www: <http://www.centrumzdravibrno.cz/clanky-a-videa/oblicej-jako-zrcadlo-nasich-organu/>

9. Seznam příloh a obrázků

Seznam obrázků

Obrázek 1: Transverzální řez v úrovni Th4	13
Obrázek 2: Jak kyslík prochází tělem	15
Obrázek 3: Kavální filtr	21
Obrázek 4: Technika zachycení odstranitelného filtru za háček	21
Obrázek 5: CT – PHILIPS INGENUITY CORE128 (zdroj vlastní).....	56
Obrázek 6: TLAKOVÁ STRÍKAČKA (zdroj vlastní).....	57
Obrázek 7: Přístroj na ONM HB (zdroj vlastní).....	58
Obrázek 8: Kryptonový generátor na ONM HB (zdroj vlastní).....	58
Obrázek 9: Vyšetřovací projekce na ONM HB (zdroj vlastní).....	59
Obrázek 10: Vyšetřovací projekce na ONM HB (zdroj vlastní).....	59
Obrázek 11: Výsledné obrázky na ONM HB (zdroj vlastní).....	60
Obrázek 12: Patologie plicní embolie (zdroj vlastní).....	60
Obrázek 13: Nastavení parametrů na PC konzoli při CT ag plic (zdroj vlastní).....	61

Seznam tabulek

Tabulka 1: Výhody a nevýhody zobrazovacích metod.....	28
Tabulka 2: Počet všech vyšetřených pacientů na CT; počet CT angiografií plic v letech 2011 až 2015 + procentuální zastoupení.....	38
Tabulka 3: Počet pacientů s provedenou CT angiografií plic rozdělených na muže a ženy + procentuální zastoupení.....	38
Tabulka 4: Počet pacientů s provedenou CT angiografií plic rozdělených dle věku.	39
Tabulka 5: Počet pacientů s provedenou CT angiografií rozdělených dle indikujících oddělení.....	40
Tabulka 6: Počet pacientů s provedenou scintigrafií plic rozdělených na muže a ženy + procentuální zastoupení.	43
Tabulka 7: Počet pacientů s provedenou scintigrafií plic rozdělených dle indikujících oddělení.....	44

Seznam grafů

Graf 1: Počet vyšetřených pacientů pro plicní embolii v nemocnici Havlíčkův Brod v letech 2011-2015 (zdroj vlastní).....	36
Graf 2: Počet provedených angiografií plic na CT v roce 2011 – 2015 (zdroj: vlastní). 37	
Graf 3: Počet pacientů s provedenou CT angiografií plic rozdělených dle diagnóz. (n=100) (zdroj: vlastní).....	40
Graf 4: Znázornění DLP u CT angiografie plic; rok 2011 a 2015 (zdroj: vlastní).....	41
Graf 5: Počet scintigrafií plic v letech 2011 – 2015 rozdělených do jednotlivých měsíců (zdroj: vlastní).....	42
Graf 6: Počet provedených scintigrafií plic v roce 2011 – 2015 (zdroj: vlastní).....	42
Graf 7: Počet pacientů se scintigrafií plic v letech 2011 až 2015 rozdělených dle věku (zdroj: vlastní).....	44
Graf 8: Počet vyšetření na odd. nukleární medicíny a na CT v roce 2011 – 2015 (zdroj: vlastní)	45

10. Seznam zkratek

A	arteriae
CT	počítačová tomografie
ČR	Česká republika
Lat	latinsky
MR	magnetická rezonance
V	venae
DSA	digitální subtrakční angiografie
MR	magnetická rezonance
Např.	například
RA	radiologický asistent
p.o.	příspěvková organizace
obr.	obrázek
PE	plicní embolie
CT ag	počítačová tomografie angiografie plic
RTG	rentgen
Rtg.snímek	rentgenový snímek
i.v.	intra venózně
PACS	picture archiving and communication system
NIS	nemocniční informační systém
DTPA	dietyltriainopentaoctová kyselina
¹ H	vodík

mm	milimetr
HU	Hounsfield unit
MPR	Multiplanární rekonstrukce
ROI	Region of interest
PC	personal computer
w	window width
c	window centre

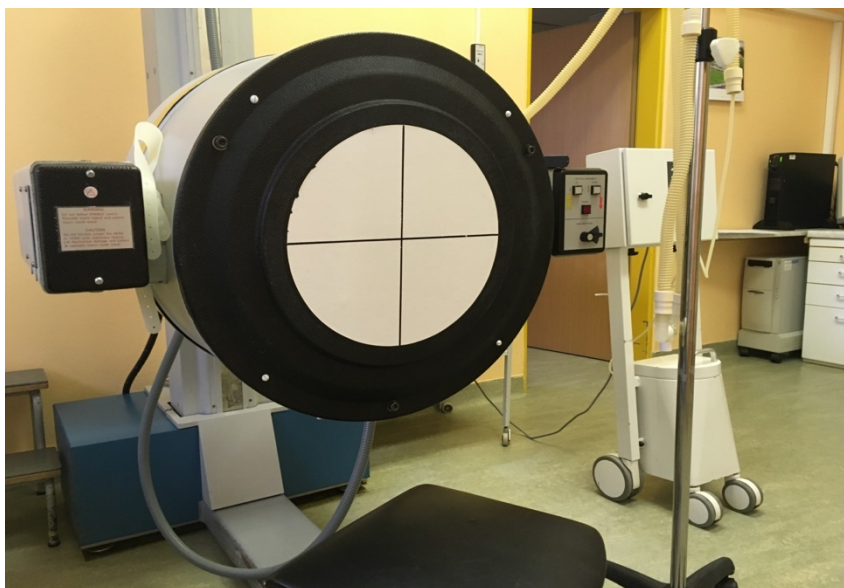
11. Seznam obrázků



Obrázek 5: CT – PHILIPS INGENUITY CORE128 (zdroj vlastní).



Obrázek 6: TLAKOVÁ STŘÍKAČKA (zdroj vlastní).



Obrázek 7: Příklad na ONM HB (zdroj vlastní).



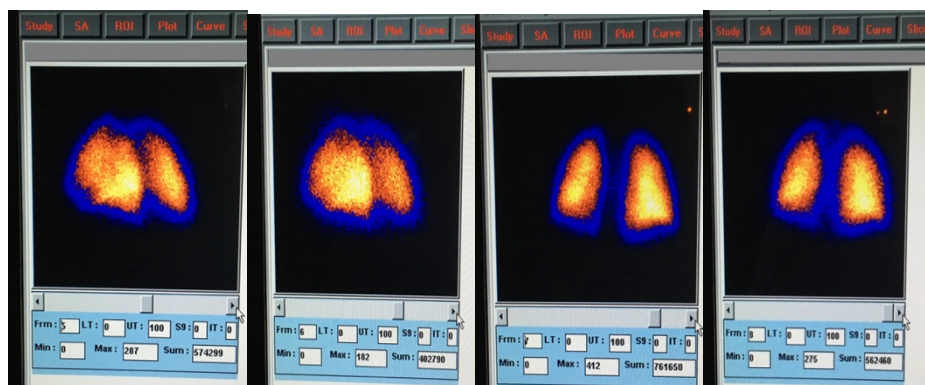
Obrázek 8: Kryptonový generátor na ONM HB (zdroj vlastní).



Obrázek 9: Vyšetřovací projekce na ONM HB (zdroj vlastní).



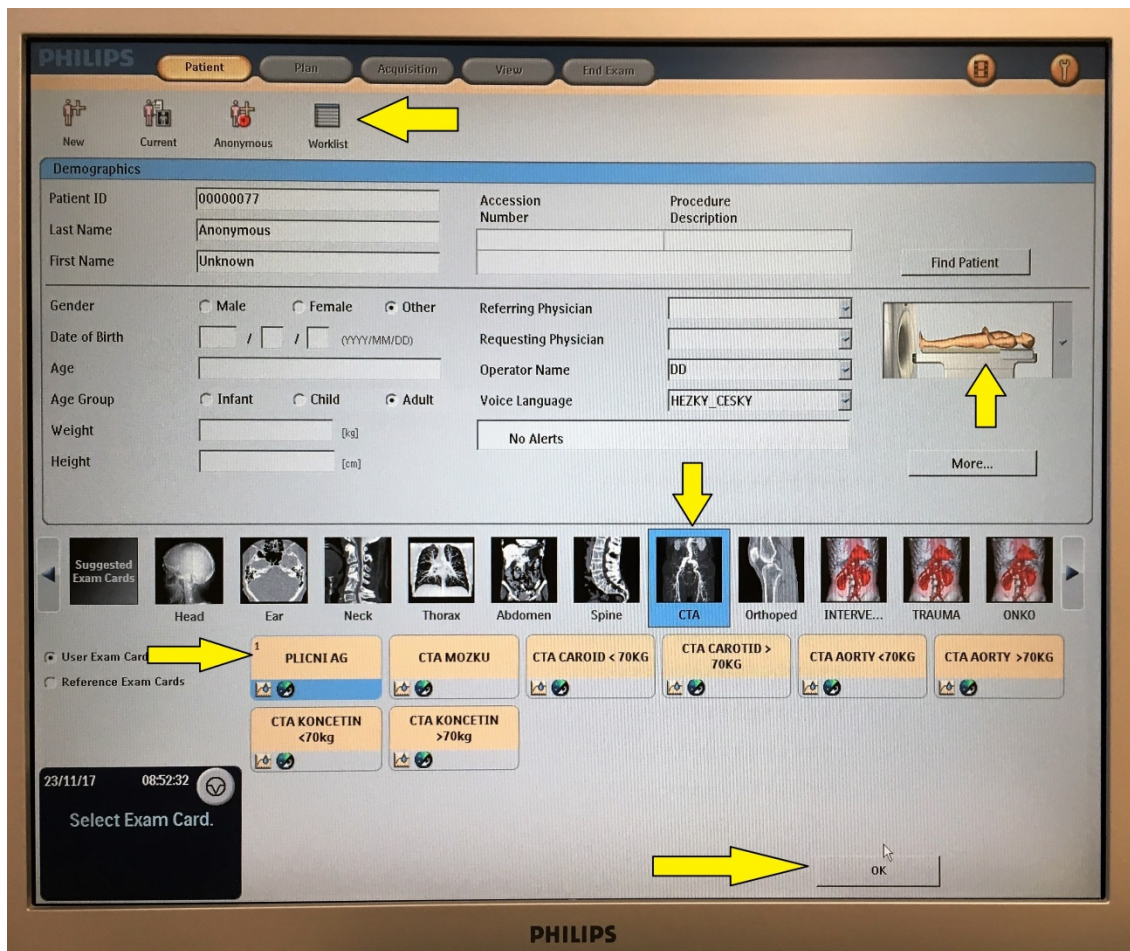
Obrázek 10: Vyšetřovací projekce na ONM HB (zdroj vlastní).



Obrázek 11: Výsledné obrázky na ONM HB (zdroj vlastní).



Obrázek 12: Patologie plicní embolie (zdroj vlastní).



Obrázek 13: Nastavení parametrů na PC konzoli při CT ag plic (zdroj vlastní).