

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2020

Tomáš Frýda

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví B5345

Tomáš Frýda

Studijní obor: Radiologický asistent 5345R010

**POSTAVENÍ SCINTIGRAFICKÝCH METOD PŘI
DIAGNOSTICE AKUTNÍ PLICNÍ EMBOLIE**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. Karel Mařík

PLZEŇ 2020

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta zdravotnických studií

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Tomáš FRÝDA
Osobní číslo:	Z17B0228P
Studijní program:	B5345 Specializace ve zdravotnictví
Studijní obor:	Radlogický asistent
Téma práce:	Postavení scintigrafických metod při diagnostice akutní plicní embolie
Zadávatel katedra:	Katedra záchranářství, diagnostických oborů a veřejného zdravotnictví

Zásady pro vypracování

- Zpracovat seznam odborné literatury na vybrané téma
- Stanovit cíl kvalifikační práce
- Zpracovat teoretickou a praktickou část práce dle požadavků FZS
- Popsat metodiku praktické části
- Vypracovat diskuzi a závěr- kvalifikační práce
- Dodržet formální úpravu kvalifikační práce dle požadavků FZS
- Dodržet citační normu

Rozsah bakalářské práce:
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

- MALÁN, Alexander. Vybrané kapitoly z nukleární medicíny. Plzeň: Klinika zobrazovacích metod FN Plzeň, 2013.
- WARD, Jeremy P. T. a LINDEN, R. W. A. Základy fyziologie. 1. české vyd. Praha: Galén, 2010. 164 s. ISBN 978-80-7262-667-0.
- WIDIMSKÝ, Jiří a Jaroslav MALÝ. Akutní plicní embolie a žilní trombóza. Vyd. 1. Praha: Triton, 2002, 303 s. ISBN 80-725-4258-3.
- KORANDA, Pavel a kol. Nukleární medicína. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. 201 s. Skripta. ISBN 978-80-244-4031-6.
- CHLUMSKÝ, Jan. Plicní funkce pro klinickou praxi. Praha: Maxdorf, c2014. Jessenius. ISBN 978-80-7345-392-3.

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Karel Mařík**
Katedra záchranářství, diagnostických oborů a veřejného zdravotnictví

Datum zadání bakalářské práce: **18. června 2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **31. března 2020**



PhDr. Lukáš Štich
děkan



Mgr. Stanislava Reichertová
vedoucí katedry

V Plzni dne 31. ledna 2020

Prohlášení

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

V Plzni dne 31. 3. 2020.

.....

vlastnoruční podpis

Abstrakt

Příjmení a jméno: Frýda Tomáš

Katedra: Katedra záchranářství a technických oborů

Název práce: Postavení scintigrafických metod při diagnostice akutní plicní embolie

Vedoucí práce: Mgr. Karel Mařík

Počet stran – číslované: 36

Počet stran – nečíslované: 25

Počet příloh: 2

Počet titulů použité literatury: 22

Klíčová slova: plicní embolie, nukleární medicína, scintigrafie, CT angiografie

Souhrn: Tématem této bakalářské práce je Postavení scintigrafických metod při diagnostice akutní plicní embolie. Je rozčleněna na teoretickou a praktickou část. Teoretická část se věnuje rozboru plicní embolie, scintigrafie, scintigrafickým metodám v diagnostice plicní embolie a CT angiografii. Praktická část je vypracována formou kvantitativního výzkumu.

Abstract

Surname and name: Frýda Tomáš

Department: Department of paramedical rescue work and technical studies

Title of thesis: The position of scintigraphic methods in the diagnosis of acute pulmonary embolism

Consultant: Mgr. Karel Mařík

Number of pages – numbered: 36

Number of pages – unnumbered: 25

Number of appendices: 2

Number of literature items used: 22

Keywords: pulmonary embolism, nuclear medicine, scintigraphy, CT angiography

Summary: The topic of this bachelor thesis is the role of scintigraphic methods in the diagnosis of acute pulmonary embolism. It is divided into theoretical and practical part. The theoretical part deals with the analysis of pulmonary embolism, scintigraphy, scintigraphic methods in the diagnosis of pulmonary embolism and CT angiography. The practical part is developed in the form of quantitative research.

Předmluva

Téma mé bakalářské práce je Postavení scintigrafických metod v diagnostice akutní plicní embolie. Téma jsem zvolil z důvodu zájmu o plicní embolii a historii této choroby v rodině. Cílem práce bylo zjistit úspěšnost scintigrafických metod oproti jiným diagnostickým modalitám.

Poděkování:

Děkuji Mgr. Bc. Karlu Maříkovi za pomoc, ochotu, rady, informace a vedení při vypracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat MUDr. Alexandru Malánovi za poskytnutí dat k vypracování praktické části.

OBSAH

SEZNAM ZKRATEK	12
SEZNAM TABULEK	14
SEZNAM GRAFŮ	15
SEZNAM OBRÁZKŮ	16
ÚVOD.....	17
TEORETICKÁ ČÁST	18
1 PLÍCE	18
1.1 Plicní cirkulace	18
1.1.1 Nutritivní oběh.....	18
1.1.2 Funkční oběh	18
2 PLICNÍ EMBOLIE.....	19
2.1 Zdroj.....	19
2.2 Klinické rizikové faktory	19
2.2.1 Chirurgické výkony	19
2.2.2 Traumata dolních končetin a pánve.....	19
2.2.3 Maligní nádory	19
2.2.4 Žilní trombóza nebo plicní embolie v anamnéze.....	20
2.2.5 Pooperační sepse	20
2.2.6 Věk	20
2.2.7 Gravidita	20
2.2.8 Imobilizace	20
2.2.9 Srdeční selhání.....	21
2.2.10 Náhlá cévní mozková příhoda	21
2.2.11 Obezita.....	21
2.3 Formy plicní embolie.....	21
2.3.1 Akutní masivní plicní embolie	21
2.3.2 Akutní submasivní plicní embolie.....	21
2.3.3 Akutní malá plicní embolie	21
2.3.4 Subakutní masivní plicní embolie	22
2.3.5 Chronická tromboembolická plicní hypertenze.....	22
2.4 Diagnostika	22
2.4.1 Anamnestické symptomy	22
2.4.2 EKG.....	22
2.4.3 RTG snímek.....	23
2.4.4 Echokardiografie	23

2.4.5	CT angiografie	23
2.4.6	Duplexní sonografie	23
2.4.7	Scintigrafie	25
2.4.8	Plicní angiografie.....	25
2.4.9	D-dimery.....	26
2.4.10	Biomarkery	26
2.5	Léčba.....	26
2.5.1	Trombolytická léčba	26
2.5.2	Antikoagulační léčba	27
2.5.3	Endovaskulární léčba.....	28
2.6	Prevence	28
2.6.1	Fyzikální prevence.....	28
2.6.2	Farmakologické prevence.....	29
3	SCINTIGRAFIE	30
3.1	Princip scintilačního detektoru	30
3.2	Gamakamera	30
3.2.1	Scintilační krystal	31
3.2.2	Kolimátor.....	31
3.2.3	Detekční parametry.....	32
3.3	SPECT	32
3.3.1	Rekonstrukce	33
4	SCINTIGRAFICKÉ METODY V PULMONOLOGII.....	34
4.1	Perfuzní scintigrafie plic	34
4.1.1	Radiofarmaka.....	34
4.1.2	Provedení	34
4.1.3	Hodnocení.....	35
4.2	SPECT plic	36
4.2.1	SPECT snímání	36
4.3	Ventilační vyšetření plic	36
4.3.1	Radiofarmaka.....	37
4.3.2	Statická ventilační scintigrafie plic.....	37
4.3.3	Dynamická ventilační scintigrafie plic	38
4.4	Vyšetření plicní permeability.....	38
4.5	Vyšetření mukociliární clearance	39
5	CT ANGIOGRAFIE	40
5.1	Princip zobrazení	40
5.2	Provedení vyšetření.....	41

5.3	Nálezy	41
	PRAKTICKÁ ČÁST	43
6	CÍLE A HYPOTÉZY	43
7	METODIKA	44
7.1	Sběr dat	44
7.2	Zpracování dat	44
8	VÝZKUM.....	45
9	DISKUZE	51
	ZÁVĚR.....	53
	SEZNAM LITERATURY.....	54
	SEZNAM PŘÍLOH	56
	PŘÍLOHY	57

SEZNAM ZKRATEK

^{127}Xe	Radionuklid xenonu 127
^{133}Xe	Radionuklid xenonu 133
$^{81\text{m}}\text{Kr}$	Radionuklid kryptonu 81
^{81}Rb	Rubidium
$^{99\text{m}}\text{Tc-DTPA}$	Kyselina diethylentriaminpentaoctová značená techneciem
$^{99\text{m}}\text{Tc-MAA}$	Makroagregát lidského albuminu značený techneciem
AP	Anterior-posterior
CT	Výpočetní tomografie
EKG	Elektrokardiografie
FWHM.....	Full width at half maximum
CHOPN.....	Chronická obstrukční plicní nemoc
JIP	Jednotka intenzivní péče
keV	Kilo elektron volt
KL.....	Kontrastní látka
LPO.....	Left posterior oblique
LSO.....	Lutetium Oxyorthosilicate
MBq.....	Mega Becquerely
mm Hg	Torr
OSEM.....	Ordered subset expectation maximization
PA	Posterior-anterior
PE	Plicní embolie

PSF Point spread function

RF Radiofarmakum

RPO Right posterior oblique

RTG Rentgen

SPECT Single Photon Emission Computed Tomography

SPECT/CT..... Single Photon Emission Computed Tomography s CT

TEN Tromboembolická nemoc

t-PA..... Tkáňový aktivátor plazminogenu

dx. Dextra

sin. Sinistra

ml/s. Mililitry za sekundu

CTEPH. Chronická tromboembolická plicní hypertenze

BNP. Mozkové natriuretické peptidy

a. Tepna

aa. Tepny

v. Žíla

vv. Žíly

cm. Centimetr

ml/s. Mililitry za sekundu

s. Sekunda

ml. Mililitr

2D. Dvourozměrný

3D. Trojrozměrný

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Porovnání výsledků perfuzního vyšetření (zdroj vlastní).....	45
Tabulka 2: Porovnání výsledků ventilačního vyšetření (zdroj vlastní)	46
Tabulka 3: Porovnání výsledků CT angiografie (zdroj vlastní)	47
Tabulka 4: Porovnání výsledků perfuzního a ventilačního vyšetření (zdroj vlastní)	48
Tabulka 5: Porovnání výsledků CT angiografie a scintigrafických vyšetření (zdroj vlastní)	50

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Porovnání výsledků perfuzního vyšetření (zdroj vlastní)	45
Graf 2: Porovnání výsledků ventilačního vyšetření (zdroj vlastní).....	46
Graf 3: Porovnání výsledků CT angiografie (zdroj vlastní)	47
Graf 4: Porovnání výsledků perfuzního a ventilačního vyšetření (zdroj vlastní).....	49
Graf 5: Porovnání výsledků CT angiografie a scintigrafických vyšetření (zdroj vlastní)...	50

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1- Charakteristické vlastnosti scintilačních krystalů.....	57
Obrázek 2-SPECT/CT ve FN Lochotín.....	57
Obrázek 3-Scintilační kamera ve FN Lochotín	58
Obrázek 4-Normální nález na ventilační a perfuzní scintigrafii plic.....	58
Obrázek 5-Plicní embolie na perfuzním a ventilačním vyšetření plic.....	59
Obrázek 6-CT ve FN Lochotín.....	59
Obrázek 7-Plicní embolie na CT angiografii.....	60
Obrázek 8-Stavba plic	60

ÚVOD

Jako téma k vypracování bakalářské práce jsem zvolil Postavení scintigrafických metod při diagnostice akutní plicní embolie. Dané téma jsem vybral z důvodu z důvodu zájmu o plicní embolii a historií této choroby v rodině. Výsledky a závěry této práce mohou též sloužit i v budoucnosti, například za účelem porovnání dat s budoucími výzkumy. Díky získávání a sběru potřebných srovnávacích dat na vybraných pracovištích Fakultní nemocnice Plzeň je možné získat představu o četnosti vyšetření na těchto pracovištích.

Plicní embolie je nemoc postihující plicní řečiště nebo jeho větve. Nejčastěji je způsobena krevní sraženinou ve formě trombu. Toto onemocnění je vážné a život ohrožující. V diagnostice PE mají největší průkaznost právě ventilační a perfuzní scintigrafie plic a CT angiografie

Hlavním cílem bakalářské práce je porovnat úspěšnost scintigrafických metod v pulmonologii s metodou CT angiografie.

V teoretické části bude rozebrána plicní embolie z všeobecného hlediska, základy scintigrafie a používaných přístrojů v nukleární medicíně. Podrobně budou rozebrány metody nukleární medicíny používané k vyšetření plic a využití CT angiografie u podezření na plicní embolii.

Praktická část bude provedena formou kvantitativního výzkumu. Bude orientována na zpracování a porovnání statistických dat, která získám z nemocničního systému Kliniky zobrazovacích metod ve Fakultní nemocnici Plzeň za pomoci MUDr. Alexandra Malána a Mgr. Bc. Karla Maříka. Bude porovnána úspěšnost jednotlivých vyšetření, úspěšnost scintigrafických vyšetření mezi sebou a úspěšnost scintigrafických vyšetření oproti vyšetření CT angiografie. Na konci zhodnotím zjištěné výsledky a uvedu, zda jsem vyvrátil nebo potvrdil stanovené cíle a hypotézy.

TEORETICKÁ ČÁST

1 PLÍCE

Plíce mají tvar podobný tupému kuželu a jsou párovým orgánem. Plicní baze je vydutá a posazena na klenbu bránice. Povrch plic je vypouklý a doléhá na stěnu hrudní. Na straně vnitřní lze nalézt plicní hilus. Plicním hilem do plíce vchází ústřední bronchus, a. pulmonalis, v. pulmonalis, aa. bronchiales a můžeme zde najít i lymfatické uzliny. Vrchol plic má oblý tvar a dosahuje až nad 1. žebro. (1)

Levá plíce se dělí na 2 laloky, lobus inferior a lobus superior. Plíce pravá je rozdělena na 3 laloky, lobus inferior, lobus medius a lobus superior. Laloky jsou dále rozčleněny rýhami. Pravé rozdělují fissura horizontalis a fissura obliqua dx. a levé fissura obliqua sin. (1)

1.1 Plicní cirkulace

Na plicní cirkulaci se podílí 2 oběhy. (2)

1.1.1 Nutritivní oběh

Hlavní funkcí je nutrice pulmonární tkáně. Nutritivní oběh je složkou systémového oběhu, reprezentuje až 2% minutového kardiálního množství a dopravuje do plic okysličenou krev, především do bronchiálního větvení. (2)

1.1.2 Funkční oběh

Je řadově sdružen se systémovou cirkulací, ale rozlišují se od sebe podstatně. Významově je řečiště o nízkém tlaku a malém odporu, nazýváme ho kapacitní. Při nárůstu množství krve reaguje roztažením a zpřístupněním dalších arterií. Následkem této odezvy je funkce plic. (2)

2 PLICNÍ EMBOLIE

PE je cévní nemoc ohrožující život pacienta. Probíhá formou nepředvídaného ucpání plicnice či některé její větve nebo větví. Cévy jsou nejčastěji ucpány krevní sraženinou. (21)

2.1 Zdroj

U většiny pacientů je vznik plicní embolie způsoben trombózou žil dolních končetin. U dalších nemocných bývá příčinou embolie trombóza pánevních žil, ledvinných žil, dolní duté žíly nebo pravého srdce. Faktory předcházející žilní trombóze, kterou následuje plicní embolie, zahrnují tzv. Virchowovu triádu: změny koagulace, poruchy cévní stěny a zpomalení toku. Ze sledování plyne, že nejvíce rizikových faktorů má souvislost se zpomalením toku krve a změnou hemostázy. Z pokusných průzkumů plyne, že žilní trombóza nejčastěji vzniká při aktivaci koagulace, poruše fibrinolýzy a stázy. (3)

2.2 Klinické rizikové faktory

2.2.1 Chirurgické výkony

Obzvláště u pacientů starších 40 let jsou hlavní rizikové faktory především náhrady kyčelních kloubů a velké operace v oblasti pánve a břicha. 30%-50% je riziko u zákroků na dolních končetinách a 30% u gynekologických a urologických zákroků. Nebezpečí TEN u ortopedických a chirurgických pacientů plyne z věku, primární choroby a přičleněných nemocí pacienta a také druhu chirurgického zákroku. V podřízenosti na korektně provedené nefarmakologické nebo farmakologické prevenci se mění i počet tromboembolických komplikací v chirurgických odvětvích. (3)

2.2.2 Traumata dolních končetin a pánve

Rizika podobná jako při komplikovaných chirurgických zákrocích. Nejvyšší rizika nastávají při úrazech v oblastech hlavy, páteře nebo pánve. Vysoké riziko je také při frakturách dolních končetin. Mnohonásobná zranění znamenají vyšší nebezpečí komplikace. Nebezpečí TEN se zvyšuje s všeobecnými faktory, jako například věk, imobilizace trvající déle než 3 dny nebo centrální žilní katetry. (3)

2.2.3 Maligní nádory

Trombotické či hemoragické potíže mohou často znesnadňovat nádorová onemocnění. Původy změn hemostatické stability jsou rozmanité a plynou z činitelů doprovázejících agresivní terapii nádorových onemocnění, změn doprovázejících obtíže

nádorových onemocnění či jejich charakteru. Venózní TEN upozorňuje na potenciální malignitu, ale zároveň danou malignitu většinou komplikuje a doprovází. V patogenezi venózní TEN u nádorových onemocnění jsou důležité příznaky, hlavně větší koncentrace koagulačních faktorů, redukováná fibrinolýza, delší znehybnění, podstoupené chirurgické zákroky, chemoterapie, hormonální terapie a centrální žilní katetry. (3)

2.2.4 Žilní trombóza nebo plicní embolie v anamnéze

TEN v anamnéze navyšují opakování a vracení venózních tromboembolií. Výskyt daného symptomu zásadně komplikuje antikoagulační sekundární prevenci venózních tromboembolií. U pacientů po náhlé venózní trombóze nebo s venózní tromboembolií v rodinné anamnéze narůstá možnost návratu nemoci nejčastěji kvůli nejasnému kongenitálnímu trombofilnímu stavu. (3)

2.2.5 Pooperační seps

Pacient v sepsi je ve zvýšeném stavu hyperkoagulace, při kterém je velké nebezpečí výskytu venózních tromboembolií. Dochází ke spuštění hemostázy více mechanismy, hlavně spotřebou inhibitorů hemostázy, například antitrombinu. (3)

2.2.6 Věk

S vyšším věkem roste i nebezpečí vzniku trombózy. U osob starších 75 let je incidence 1 ze 100 lidí. Příčina vázanosti venózní trombózy na věku je neznámá. S největší pravděpodobností je to díky smíšenému vlivu menší mobility, snížení svalové tenze a nárůstu morbidit. (3)

2.2.7 Gravidita

TEN je jedna z nejčastějších komplikací, která způsobuje onemocnění a smrt v období těhotenství. Nebezpečí venózní trombózy a pulmonární embolie je 10x vyšší u gravidních žen než u žen negravidních. (3)

2.2.8 Imobilizace

Dlouhá imobilita je jedním z nejběžnějších zdrojů venózní trombózy. Vyskytuje se u pacientů po zlomeninách, traumatech, stabilizacích končetin a dlouhodobé nehybnosti dolních končetin v malém prostoru. V daných situacích dochází k poškození činnosti svalstva při proudění krve žilami. Podle výsledků Leidenské studie bylo prokázáno, že četnost venózní trombózy je u nehybných osob o 13,9% vyšší než u osob chodících. (3)

2.2.9 Srdeční selhání

Značnější frekvencovanost žilních trombóz je zapříčiněna kombinací různých činitelů u léčení srdečního selhání. Mezi tyto činitele patří nepohyblivost, venostáza a nižší fibrinolýza akcentovaná nepohyblivostí, věk nebo přídatná léčba. (3)

2.2.10 Náhlá cévní mozková příhoda

U náhlé cévní mozkové příhody je větší počet příčin, které zvyšují riziko TEN. Například stáza v částečně ochrnuté končetině, věk, kanylace centrálních žil a vyšší seskupení fibrinogenu. (3)

2.2.11 Obezita

Obezita v oblasti břicha je dosažený trombofilní stav, který je zapříčiněn hlavně zredukováním fibrinolytické aktivity a objemu. Obezita je mnoha analýzami označována jako nezávislý faktor pooperační TEN. (3)

2.3 Formy plicní embolie

Plicní embolii dělíme na formy: akutní submasivní plicní embolie, akutní masivní plicní embolie, akutní malá plicní embolie, chronická tromboembolická plicní hypertenze a subakutní masivní plicní embolie. (4)

2.3.1 Akutní masivní plicní embolie

Akutní masivní plicní embolie patří mezi nemoci se špatnou prognózou. Úmrtnost, i když je plicní embolie léčena, je přibližně 20%. Typická je nestálá hemodynamika, ale vyskytuje se i synkopa, hypotenze nebo srdeční ochromení (šok). Může způsobit hypertrofii pravé komory charakterizovanou symptomy náhlého selhání pravé srdeční komory, například náhlá dilatace pravé komory, tachykardie, nepravidelný takt, systolický šelest z nedomykavosti trojčipé chlopně, a vysoký venózní tlak. (4)

2.3.2 Akutní submasivní plicní embolie

Pro klinický vývoj je typická neměnnost hemodynamiky, vyskytuje se tachypnoe s tachykardií. Na echokardiografii je ale možné vidět příznaky disfunkce pravé komory srdeční. Pacienti s touto dysfunkcí mají 2x vyšší úmrtnost oproti pacientům bez disfunkce. (4)

2.3.3 Akutní malá plicní embolie

Typické příznaky akutní malé plicní embolie jsou tachypnoe a tachykardie. Menší plicní embolie je často bez příznaků, někdy jen s mírně zvýšenou teplotou. (4)

2.3.4 Subakutní masivní plicní embolie

Více drobných embolií je nejčastější příčinou subakutní plicní embolie. Obvykle zabere 1-2 týdny než vznikne pulmonární arteriální ucpání. Mezi nejpodstatnější příznaky patří pokles tělesné produktivity a dušnost při zátěži. Pokud se objeví bez predispozičních příznaků, hledáme vady hemostázy. Pokud nastane i bez poruch hemostázy, je pravděpodobné, že v těle probíhá neodhalené maligní onemocnění. Při rozeznání venózní trombózy lze indikovat zahájení terapie i bez faktorů plicní embolie. (3)

2.3.5 Chronická tromboembolická plicní hypertenze

CTEPH je poměrně raritní choroba vznikající u nemocných po opětovných PE, u kterých nedošlo z různorodých důvodů k celkové lýze tromboembolu. Příznaky mohou být únava, slabost, neproduktivní kašel, synkopta, palpitace, bolesti v hrudní oblasti nebo pravosrdečné selhání. V diagnostice CTEPH mají zásadní místo zobrazovací metody. Laboratorní posudky nemají u CTEPH vysokou specificitu. EKG má opodstatnění u diagnózy hypertrofie pravé komory. Primární metodou k odhalení CTEPH je však echokardiografie s dopplerovským vyšetřením. (22)

2.4 Diagnostika

Akutní plicní embolie patří mezi kardiální nemoci s velice špatnou diagnostikou. Přesnost určení se všeobecně snižuje se stářím pacienta. (3)

2.4.1 Anamnestické symptomy

Nečekaná klidová dušnost patří k nejčastějším anamnestickým symptomům. Nastává až u 95% nemocných. Symptomy, jako například bolest na prsou nebo hemoptýza, se vyskytují zřídka a patří mezi nespecifické příznaky. (3)

Při nenadálé plicní embolii bez výskytu anamnestických predispozičních příznaků musíme hledat případné trombofilní stavy. Pokud není špatná hemokoagulace, tak náhlá plicní embolie nebo venózní trombóza jsou varovným signálem na neodhalenou zhoubnou nemoc. Diagnostika venózní trombózy je podstatná z důvodu určení způsobu terapie i bez symptomů plicní embolie. Duplexní sonografie je podstatná při diagnóze. (3)

2.4.2 EKG

Q III, S I, záporné T III a záporné výkyvy (vlny) T ve svodech V-3, ojediněle V4, V5 nebo dokonce V6 jsou charakteristickými znaky PE. Občas se může vyskytovat fibrilace síní, blokáda pravého Tawarova raménka (úplná či neúplná), eventuálně sinusová tachykardie. (5)

Tyto změny se nejčastěji vyskytují pouze u hemodynamicky významné verze. V diagnostice PE je citlivost EKG zhruba 60%, proto je možné u probíhající akutní PE mít EKG výsledky zcela normální. (5)

2.4.3 RTG snímek

Pro eliminaci podezření jiného možného nálezu má významné postavení RTG snímek plic. Určení akutní plicní embolie většinou brání nepříznivá citlivost a specifická. Mezi RTG projevy akutní PE se řadí například atelektáza, elevace bránice, oligemie, rozšířený hilus a prominence truncus pulmonalis. (3)

RTG snímek se provádí vstoje v zadopřední a boční projekci, u nemohoucích pacientů se snímek provádí vsedě, nebo vleže. Pacient musí být v nádechu. (3)

2.4.4 Echokardiografie

Echokardiografie neposkytuje jasný důkaz o plicní embolii objevem embolu v plicním řečišti. Embolie zapříčiní ucpání plicního řečiště, což vede k postupné plicní hypertenzi a selhávání pravé komory. Na echokardiogramu je typická roztažením a vadou kinetiky pravé komory. Snímek náhlého cor pulmonale a pulmonární hypertenze, který je neobjasnitelný další nemocí, zesiluje pravděpodobnost plicní embolie, často doprovázenou venózní trombózou. (3)

2.4.5 CT angiografie

CT angiografie je považována za zlatý standart v diagnostice akutní PE. Je dobře dostupná a se současnou generací CT přístrojů je možné vyšetření s vysokým rozlišením provést v jednom krátkém nádechu. Výhodou vyšetření je vyšší specifická oproti scintigrafickým metodám. Nevýhodou je potřeba přesného načasování průtoku kontrastní látky, ale to je možné vyšetřit pomocí metody bolus tracking. Embolie se může na výsledném zobrazení projevit neprůtokem KL nebo slabým obtékáním úseku plicní tepny. Zasažený úsek může být i lehce rozšířen. (6)

2.4.6 Duplexní sonografie

Duplexní sonografie je metodou první volby a je považována za zlatý standart v diagnostice hluboké žilní trombózy. Úspěšnost této metody se odvíjí od její velmi značné citlivosti a specifické. Velkými pozitivy duplexní sonografii jsou také neinvazivita, opatrnost (šetrnost), přístupnost, finanční nenáročnost a výborné opakovatelnosti. (7)

Oproti ostatním metodám je prioritou duplexní sonografie spojení 2D zobrazení vaskulárních struktur společně se zhodnocením toku krve díky pulsnímu doppleru a barevnému dopplerovskému mapování. (4)

Ultrazvukové projevy flebotrombózy:

B-mód:

- rozdílná echogenita látky ve venózním lumen (záleží na době od vzniku trombózy),
- partikulárně komprimovatelné či nekomprimovatelné venózní lumen,
- roztažení venózního lumen v komparaci s kolaterální vénou (u akutní trombózy),
- vápenatění, konstriktce či „chybějící“ venózní lumen (u posttrombotických změn, které jsou starší)
- vyšší echogenita krve tekoucí pod a nad trombem (uváznutí krve)

Barevné mapování krevního toku:

- absence proudění krve u kompletního venózního uzavření (není barevný signál)
- reziduální tok oblévající trombus u parciálního venózního uzávěru
- zachycení diferenciálně rozvinutého postranního (kolaterálního) oběhu
- brzké prokázání rekanalizace trombózy (nález proudění krve)
- důkaz potrombotické venózní (valvulární) nedostatečnosti (regurgitace)

Pulzní doppler:

- absence dopplerovského signálu u kompletního venózního uzávěru
- dokázání reziduálního proudění a rekanalizace

- nepřímý průkaz trombózy (absence fázicity a pomalejší proud samovolného toku krve pod oblastí uzávěru, akcelerace samovolného krevního toku v oblasti částečného uzávěru)
- nepřímé potvrzení trombózy augmentací (absence akcelerace toku krve za současného stlačení končetiny pod sondou)

Power doppler:

- potvrzení nadmíru zpomaleného reziduálního toku
- důkaz brzké rekanalizace
- průkaz kolaterálního oběhu se zpomaleným tokem (7)

2.4.7 Scintigrafie

Výhodou scintigrafie je neinvazivita a velká účinnost při diagnostice PE. Vyšetření se skládá z plicní ventilace a plicní perfuze, které lze provádět najednou či zvlášť. (3)

Scintigrafie plicní perfuze

Vyšetření sloužící ke zhodnocení krevního zásobení plic. Není nutná žádná příprava. Pacient dostane radiofarmakum o aktivitě 40 – 150 MBq a bude snímán gamakamerou. Vyšetření trvá zhruba 15 minut. (Více v příslušné kapitole) (8)

Scintigrafie plicní ventilace

Přídavný zákrok k scintigrafii pulmonární perfuze upřesňuje reformy perfuze. Po zákrocích na plicích může být indikován k predikci reziduální pulmonární činnosti, dále slouží před transplantací ke zhodnocení pulmonární ventilace a defektu pasáže periferních respiračních cest. (9)

2.4.8 Plicní angiografie

Plicní angiografie je velice spolehlivý test, jeho nevýhodou je invazivita. V současné době je stále užitečný, obzvláště při nejasnosti nálezů neinvazivních metod. S prováděnou plicní angiografií by měla být prováděna i přímá hemodynamická měření. (10)

2.4.9 D-dimery

D-dimery jsou finální následek účinku plazminu na fibrin. Při výskytu akutního trombu je úroveň D-dimerů v plazmě vyšší, kvůli simultánní aktivaci fibrinolýzy zapříčiněnou reakcí koagulačního komplexu na trombus. U nepředpokládané PE nebo trombózy je úroveň D-dimerů normální, tudíž záporná prediktivní úroveň D-dimerů je dobrá. Specificita fibrinu pro PE a žilní trombózu je nízká i přes fakt, že D-dimery jsou pro fibrin specifické. A to hlavně z důvodu, že i mnoho jiných okolností vyvolává produkci fibrinu. Můžeme říct, že kladná prediktivní úroveň D-dimerů je nepříliš vysoká a nejsou příhodné pro verifikaci PE. (20)

2.4.10 Biomarkery

Biomarkery jsou důležité pouze u hemodynamicky stálé plicní embolie. U akutní masivní plicní embolie nebezpečí znamená klinický obraz s výskytem kardiogenního šoku nebo hypotenzí. (3)

Troponiny

Nejsenzitivnější a nejspecifičtější biomarkery ukazující na poškození myokardiálních buněk jsou kardiální troponiny. Prokazatelné i u mikroskopické nekrózy myokardu. Zjišťují se při převzetí nemocného a po 6-7 hodinách, kdy mají nejvyšší koncentraci. Jako mezní hodnota troponinu pro hospitalizační úmrtnost se ukázala hodnota T 0,09ng/ml. (3)

Natriuretické peptidy

Základní podnět sloučení a vyloučení mozkových natriuretických peptidů (BNP) je natažení kardiomyocytů. Vyšší množství mozkových natriuretických peptidů doplňují nefunkčnost pravé komory u pacientů s akutní plicní embolií. (3)

2.5 Léčba

Léčba pacienta s akutní plicní embolií probíhá bezvýhradně v nemocničním zařízení, koronární jednotce nebo JIP interního oddělení. Základním důvodem léčení akutní plicní embolie je odstranění překážky v plicním cévním řečišti. Vážnost akutní PE podmiňuje výběr vhodné farmakologické léčby. (3)

2.5.1 Trombolytická léčba

Trombolytická terapie je jediný aktivní farmakologický způsob léčby embolií a trombóz. K léčbě se zde používají léky zvané trombolytika. Princip trombolytik spočívá

ve spuštění fybrinolytické soustavy, a to tak, že přímo či nepřímo spouští přeměnu plazminogenu na plazmin pomocí aktivátorů plazminogenu. (3)

Aktivátory plazminogenu lze dělit na přímé či nepřímé. Mezi přímé aktivátory patří urokináza a t-PA. Nepřímým aktivátorem plazminogenu je například streptokináza. (3)

Trombolytika lze dělit dle efektivity a historické evoluce na I., II. a III. generaci. Do I. generace se řadí urokináza a streptokináza. Ve II. generaci nalezneme anistreplázu, jednořetězcový urokinázový aktivátor plazminogenu nebo tkáňový aktivátor plazminogenu. Trombolytika z II. generace disponují značně předpovědatelnější kurativní efekt, jsou méně antigenní a početněji fibrinspecifická. Trombolytika III. generace jsou mutačně upravené látky vycházející z t-PA. Patří sem retepláza, tenectepláza, sarupláza a stafylokináza. Vyznačují se zásadními efekty u pacientů s trombotickými uzávěry arteriálního řečiště a prodlouženým eliminačním poločasem. (3)

Indikacemi k trombolytické terapii jsou:

- PE nereagující na heparinovou léčbu
- PE, která recidivuje a narůstá
- tromby v pravém srdci
- rozsáhlejší PE u pacientů s limitovanou kardiopulmonární rezervou
- masivní PE probíhající s hypotenzí nebo kardiogenním ochromením či snížením systolického tlaku v truncus pulmonalis o 40 mm Hg a více přetrvávající 15 minut a déle. (3)

Nejběžnější nežádoucí účinek je krvácení, je závislé na množství podané dávky. (3)

2.5.2 Antikoagulační léčba

Perorálně užívaná antikoagulancia jsou mnohem výhodnější pro chronické užívání. Nejznámějším zástupcem je warfarin.

Parentální koagulancia dělíme na přímá a nepřímá. Nepřímá antikoagulancia účinkují jako kofaktor, navazují se na antitrombin, ten změnou střetu inhibuje katalycký prostor trombinu. Následně po aktivaci antitrombinu se antikoagulancia uvolní ze spojení a perioda antitrombinové aktivace se opakuje. Zástupcem je nefrakcionovaný heparin. Přímá antikoagulancia inhibují trombin bezprostředně, antitrombin se nepodílí. Zastupují rekombinantní analoga hirudinu. (11)

2.5.3 Endovaskulární léčba

Tato metoda se nejčastěji používá, v kombinaci s trombolýzou, u masivní akutní plicní embolie, kdy jde o co nejrychlejší obnovení toku krve v plicích.

Mezi nejpodstatnější indikace k endovaskulární terapii patří:

- Pacient s nestálou hemodynamikou a podezřením na masivní PE (při verifikaci diagnózy ihned následuje lokální léčba)
- Nezdárná systémová trombolytická terapie, po které se nedostavilo zlepšení situace pacienta
- Masivní PE při totální kontraindikaci systémové trombolýzy.

Při endovaskulární léčbě se používá mechanická trombektomie, katetrová embolektomie a fragmentace katetrem. (3)

K mechanické trombektomii se přistupuje v případě zdlouhavé, kontraindikované nebo neúčinné trombolitické terapie. Velikou výhodou je možnost rychlé rekanalizace centrálního pulmonárního řečiště. Principem metody je mechanické roztržení trombu na menší části, které se rozptýlí do periferního řečiště vedoucí k zintenzivnění toku krve a lepší hemodynamice v plicích. (3)

Při katetrové embolektomii zavede lékař katetr z tříselné tepny do místa obstrukce, kde malým množstvím KL ověří polohu sraženiny a pomocí stříkačky následně sraženinu nasaje do násosky a katetrem odstraní. Tento proces je několikrát opakován. (3)

2.6 Prevence

Prevenci u pacientů s rizikem na tromboembolii se provádí pomocí fyzikálních a farmakologických metod. U pacientů s vysokým rizikem venózní tromboembolie je systematická prevence nezbytná. (3)

2.6.1 Fyzikální prevence

U pacientů, kteří jsou po zákroku, snižuje výskyt akutní venózní trombózy brzká rehabilitace a vstávání. Nízkorizikovní pacienti mohou předcházet vzniku trombózy v období imobility pomocí procvičování plantární a dorsální flexe po dobu minimálně jedné minuty každou hodinu. Pružné antitrombotické punčochy s nízkým svěrem (20 mm Hg vleže nad kotníkem) mají význam u pacientů se středním rizikem vzniku trombózy. Celkově nejefektivnějším postupem prevence trombózy je intermitentní pružná

komprese nafukovacími punčochami. Tento postup se nejčastěji aplikuje u nemocných, u kterých je i nepatrná hemoragie. Může zredukovat riziko trombózy až o 60%. (3)

2.6.2 Farmakologické prevence

Při farmakologické prevenci se používá nízkomolekulární heparin díky své vyšší efektivitě a bezpečnosti oproti nefracinovanému heparinu. Další předností je dávkování 1x za den subkutánně. Množství nadoparinu určíme podle váhy pacienta. 2 hodiny před zákrokem se aplikuje první dávka. Podávání nadoparinu přerušujeme s mobilizací nemocného. (3)

3 SCINTIGRAFIE

Scintigrafie je zobrazovací metodou v nukleární medicíně. Název je odvozen od využití fyzikálního jevu zvaného scintilace. U scintigrafie se pro zobrazení využívají volné radioaktivní zářiče, které jsou podávány pacientům v podobě RF. Podstata scintigrafie vychází z indikátorového principu. Tento princip je založen na neinvazivním sledování pohybu RF v těle vyšetřovaného. Planární scintigrafii dělíme na statickou (analogue snímku) nebo dynamickou (smyčka videa). Scintigrafie poskytuje hlavně informace o funkci organismu. (12)

3.1 Princip scintilačního detektoru

Fotonásobič, scintilační krystal a elektronická souprava s počítačem jsou tři základní součásti každého scintilačního detektoru. Záblesky světla vznikají při interakci fotonového záření se scintilačním krystalem. U současných kamer je nejpoužívanější materiál ve scintilačních krystalech pro detekci gama záření LSO. Starší typy kamer používaly jodid sodný aktivovaný thaliem (NaI(Tl)). (13)

Scintilace je děj, při kterém vznikají fotony světla po interakci látky s ionizujícím zářením. (14)

Detekce světla vycházejícího z krystalu a transformaci na elektrický signál zajišťuje fotonásobič, který je přilepen na krystal fotovodivě. Elektrické signály jsou dobře měřitelné na výstupu fotonásobiče díky interakci, při které se elektrony, vzniklé dopadem světla na fotokatodu fotonásobiče, násobí v soustavě dynod s připojeným vysokým napětím. (13)

Do amplitudového analyzátoru postupují elektrické signály dále a zde jsou posuzovány podle energie. Energie zachyceného fotonu je rovna velikosti podnětu. Analyzátor napojený na scintilační detektor nám umožňuje posuzovat energetické spektrum zářiče a zároveň zvolit optimální energii (fotopeak) pro pořízení záznamu. (13)

3.2 Gamakamera

Gamakamera, nebo také scintilační kamera, je primární zařízení užívané k scintigrafii. Nejpodstatnější část kamery je detekční soustava, pomocí které získáváme planární a tomografické snímky. Detekční soustava je tvořena kolimátorem, scintilačním krystalem, fotonásobičem, zhotovující elektronikou, zdrojem elektřiny a lůžkem. (13)

3.2.1 Scintilační krystal

LSO tvoří scintilační krystal, který může mít obdélníkovou, kruhovou či čtvercovou formu o různých rozměrech (dle výrobce). Pomocí světlokondukčního materiálu, zjednodušujícího přenos světla na fotokatodu fotonásobiče a zamezujícího lomu světla na optickém rozmezí, je opticky přiděláno několik desítek (dle typu a výrobce) plástvovitě rozmístěných fotonásobičů ke krystalu. (13)

U krystalu nás zajímá hlavně konverzní účinnost, luminescenční spektrum, scintilační dosvit, hustota, mechanické, chemické a optické vlastnosti a energetické rozlišení. (14)

V krystalu proniká světlo všemi proudy po způsobení scintilace zapříčiněné fotonem gama záření. Fotonásobič umístěný nad prostorem interakce krystalu a fotonu zachytí největší množství světla. Údaje o místě scintilace v krystalu dostaneme díky zhodnocení výstupních impulzů fotonásobičů elektronického polohového obvodu. Místo vyzáření fotonů z těla nemocného lze stanovit, pokud známe dráhu fotonů. (13)

3.2.2 Kolimátor

Kolimátor je několik centimetrů silná olověná deska pokrývající zornou oblast detektoru. Obsahuje značný počet drobných otvorů (sept), kterými nechá projít pouze gama fotony ve svislém proudy na detektor, ostatní filtruje. Tomografická a planární scintigrafie využívají různé druhy olověných kolimátorů. (12)

Kolimátory se dělí dle uspořádání (konfigurace) otvorů, senzitivity a diferenciální způsobilosti (typ HR s velkou diferenciací, ale menší senzitivita, typ AP s průměrnou diferenciací i senzitivitou, typ HS s velkou senzitivitou, atd.), tvaru (množství otvorů) a energie záření gama radiofarmaka použitého při vyšetření. (13)

Podle tvaru otvorů se kolimátory dělí na multiotvorové, které mají až tisíce paralelních otvorů procházejících svíse k povrchu scintilačního krystalu, pinhole (trychtýřovitý tvar s nízkou citlivostí), divergentní, konvergentní a fanbeam. (13)

Kolimátory se dále rozdělují do tří primárních souborů dle snímané energie. První typ je pro nízké energie, tj. nižší než 160 keV (^{201}Tl , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{123}I). Druhý typ je pro střední energie, tj. v okruhu 300 keV (^{111}In). Třetí typ je pro vysoké energie, tj. větší než 300 keV (^{131}I). Tloušťka olověných příček (lamel) mezi dílčími kolimátory je závislá na energii použitého gama záření, tudíž čím větší energie, tím tlustší je potřeba olověná příčka.

Senzitivita a rozlišení snímku kolimátoru jsou méně kvalitní u kolimátoru se silnějšími příčkami. (13)

3.2.3 Detekční parametry

Nejpodstatnější parametry jsou senzitivita, energetické rozlišení a prostorové rozlišení.

Prostorové rozlišení je definováno jako šíře v pólce výše profilu. Pokud dva nedaleko od sebe umístěné čárové či bodové detektory mají mezi sebou minimální vzdálenost jedné pološířky, mohou být rozeznány v obraze jako rozdílné. Detektor kamery musí být při vyšetření v nejmenší možné vzdálenosti od těla vyšetřovaného pro získání nejlepšího možného rozlišení. (13)

Pojmem senzitivita scintilační kamery chápeme frekvencovanost detekovaných impulzů měřená s plošným zdrojem fotonového zářiče s průměrem 10 centimetrů aplikovaná na 1 MBq. (13)

Nejběžněji se senzitivita stanovuje pro ^{99m}Tc . Diferenciační schopnost se vzájemně ovlivňuje se senzitivitou, tedy s vyšší senzitivitou klesá prostorové rozlišení a naopak. (13)

Energetické rozlišení scintilační kamery definujeme jako vztah FWHM peaku a energie vrcholu peaku, tedy uvádí možný úsek škály od 0 keV do 140 keV, který by fotopeak obsadil. Novodobá zařízení mají energetické rozlišení aspoň 10% či kvalitnější. (13)

PSF je postup digitálního rozboru světelného obrazu odvíjející se z matematických schémat astrofyziky. Vychází z rozboru individuálních bodů světla. Vede ke zvýšení kvality obrazu. (15)

3.3 SPECT

Jednofotonová emisní tomografie je tomografickým postupem v nukleární medicíně. Při tomto postupu se aplikují radionuklidy vyzařující při transmutaci jediný foton. (12)

Kamery SPECT jsou sestavené z jednohlavých, dvouhlavých či tříhlavých soustav s lůžkem. V praxi se nejčastěji používají kamery Angerova typu, zpravidla s dvěma detektory a rozsáhlou zornou oblastí. Stavba detektorů je totožná jako u planární kamery. Výhodou je možnost provádět nejen tomografické akvizice, ale i dynamické, statické nebo

celotělové snímání. Množství detektorů ovlivňuje akviziční čas, ale ne technické vlastnosti kamery. (12, 19)

Podstata SPECT je postavena na sběru dat z více planárních postavení pod různými sklony, data jsou poté výpočetně přepracována do transaxiálních řezů. SPECT poskytuje informaci o funkci metabolismu, jako ostatní metody nukleární medicíny, a jeho signál určen intenzitou aktivity RF ve vyšetřované oblasti, kdežto klasické CT podává informaci o anatomii a signál je určen atenuací záření v tkáni. (12)

Oproti planárnímu snímání má SPECT výhody ve vyšším kontrastním zobrazení poruch, u tomografických snímků není překrytí obrazu zářením z tkáňového pozadí, poskytuje informace o umístění poruchy ve 3D a možnost kvantitativního posouzení. (15)

Při sběru dat na SPECT musí být vyšetřovaný vleže na zádech nebo na břiše v neměnné pozici, zatímco kolem něj rotují detektory a provádí akvizici pod rozdílnými sklony. Formát zorné oblasti detektoru určuje velikost snímaného prostoru. Pokud nelze zorným polem pokrýt obsah nutný k nasnímání, musíme provést po částech vícenásobný sběr dat. (12)

3.3.1 Rekonstrukce

Filtrovaná zpětná projekce je snazší a časově nenáročnější metodou, ale méně kvalitnější. Nevýhodami při této rekonstrukci je nemožnost obsáhnout náročnější korekce a hvězdicový artefakt.

Iterativní metody rekonstrukce patří mezi současně běžně nepoužívanější. Pro jejich proveditelnost je potřeba výkonnější počítač. Výsledné obrazy jsou značně kvalitnější a výhodou je možnost využití široké škály korekcí. Nepoužívanější je algoritmus OSEM nabízející plný potenciál iterativní metody a vysokou rychlost. (12)

Parametry rekonstrukce značně ovlivňují finální zobrazení. Nepoužívanější kritéria jsou druh a intenzita filtru, množství subsetů a iterací při OSEM, zařazení různých korekcí. Hlavními korekcemi jsou korekce atenuace, působení rozptýlených fotonů a diferenční vlastnosti detektoru. (12)

4 SCINTIGRAFICKÉ METODY V PULMONOLOGII

Tyto metody nám dávají možnost zhodnotit pulmonární perfuzi, pulmonární ventilaci, plicní permeabilitu a mukociliární clearance. (9)

4.1 Perfuzní scintigrafie plic

Jedno z nejčastěji indikovaných scintigrafických vyšetření. Eliminace možnosti embolizace plicní tepny je nejčastější indikací k perfuzní scintigrafii plic. Mezi jiné indikace patří například diagnostika pravolevého srdečního zkratu. (13)

4.1.1 Radiofarmaka

Při tomto vyšetření se nejčastěji používají ^{99m}Tc -makroagregát lidského albuminu (^{99m}Tc -MAA) a ^{99m}Tc -mikrosfery lidského albuminu. Podaná aktivita u plně vyspělých pacientů je od 40 do 180 MBq. Elementy jsou velké v rozpětí 10-150 mikrometrů. 300 000 – 500 000 je maximální rozmezí aplikovatelných elementů, které nesmí být překročeno, jinak by byla způsobena PE elementy. Množství podaného radiofarmaka nesmí být větší než 1 ml. 4-8 hodin je poločas unikání elementů z plic. (9)

4.1.2 Provedení

Jelikož mají částice tendenci se usazovat v klidovém stavu a tvořit větší shluky, je nutné je před aplikací protřepat. Vyhnout by se mělo aspiraci krve do stříkačky, jelikož to způsobí agreagaci částic MMA a to může způsobit perfuzní artefakty. Suspenze obsahující ^{99m}Tc -MAA by měla být podávána formou pomalého nitrožilního bolu po dobu 30 vteřin za stálého normálního dýchání pacienta. Tento postup zajistí, že částice budou vpravovány přes několik respiračních cyklů, což povede k usnadnění rovnoměrnému rozdělení v rámci plicního oběhu. (18)

Bezvýhradná kontraindikace tohoto vyšetření neexistuje, pouze gravidita, a to je kontraindikace relativní. Možno snížit riziko zmenšením dávky na minimum. Vyšetření je možné prodělat bez preparace. Kvůli zabránění působení gravitační síly na šíření elementů albuminu podáváme radiofarmakum vleže na zádech. Skenování pacienta je možné ihned po aplikaci radiofarmaka, nastavení vyšetřovaného už není omezením. Ve 4-6 planárních projekcích provádíme získávání dat. Pro posouzení mají nejvyšší hodnotu projekce AP, PA, LPO a RPO. Počet použitých impulzů pro nahrání individuálních projekcí se pohybuje mezi 500 – 800 tisíci. Nejvyužívanější matice jsou 128x128 a 256x256. (9)

4.1.3 Hodnocení

Vyšetření se posuzuje vizuálně. V ojedinělých případech, kdy je nutná predikce funkce po zákroku, provádíme hodnocení semikvantitativní. Při popisu zkoumáme rozměry kardiálního stínu, polohu pulmonárních bazí a povahu akumulace radiofarmaka v pulmonárním parenchymu. (9)

Negativní nález se projeví nepřítomností defektů perfuze na subsegmentární či segmentární úrovni a stejnourodou akumulací radiofarmaka v plicním parenchymu. (9)

Pozitivní objev aktuální PE poznáme odhalením samostatného nebo vícečetných výběžkovitých defektů perfuze, které mohou být orientovány pouze na jedné straně, ale i na obou stranách. Vrchem jsou tyto defekty orientovány k hilovým částem pulmonárního křídla. V některých případech postihují celý plicní lalok nebo dokonce kompletní pulmonární křídlo. Ovšem nepatrná PE se může projevit jako defekt perfuze na subsegmentární úrovni, z toho důvodu je vhodné vyšetření porovnat s rentgenovým snímkem plic či úrovní D-dimerů. (9)

Nejasný objev se projeví buď různorodostí perfuze nebo neobvyklým defektem perfuze v plicním parenchymu. Pravděpodobné je i sdružení s velice charakteristickými výběžkovitými perfuzními poruchami. Povědomost o dlouhodobém absolvovaném PE, ale i srdeční či pulmonární chorobě je podstatná za daných podmínek. Druhořadé perfuzní defekty jsou typické například u tumorů, fibróz či CHOPN. Za daných podmínek je nezbytností rozšířit vyšetření o další postupy, alespoň vyšetření ventilace (9)

U posuzování se nesmí opomenout malá specifická a velice dobrá citlivost. Nejpresnější diagnostiku poskytuje toto vyšetření u pacientů v mladším věku, jež neprokazují onemocnění způsobující druhořadé změny perfuze (dlouhodobé srdeční a pulmonární choroby). Při výskytu rozporných defektů perfuze se ke specifikaci vyšetření může obrátit na CT angiografii plic, pokud pacient netrpí alergií na jodovou KL nebo obyčejný RTG snímek plic. Ventilací vyšetření je možné provést v odstupu 1 až 2 dnů nebo v ten samý den. Pokud je nesporně potvrzena uskutečněná PE a pacient má ukončenou terapii, je vhodné pacientovi udělat ověřovací perfuzní plicní scintigrafii ke zhodnocení změn reparační. Pokud by pacient v dalších letech měl podezření na další PE, využijeme toto vyšetření k hodnocení. Nesmírně vážené jsou obzvláště u pacientů při nekompletních změnách reparační perfuze sdruženými s druhotnými a prvotními změnami perfuze. (9)

4.2 SPECT plic

SPECT vyšetření zlepšuje senzitivitu pulmonární scintigrafie díky možnosti potvrdit i nepatrné poruchy a odhalit PE i za přítomnosti CHOPN nebo pneumonie. Nevýhodou je však komplikace vyšetření respiračními pohyby, kterou je možné odstranit pomocí gated tomografie. (12)

Výhodou proti planárnímu vyšetření je 3D obraz, vyšší senzitivita a specificita. V oblasti segmentové arterie bývá sraženina dostatečně velká, aby byla detekovatelná na základě několika planárních snímků i přes pohybové artefakty a nízké rozlišení. U statické scintigrafie jsou nejhůře zobrazitelné střední segmenty u mediastina, proto je zde SPECT preferován. Detekce poruch ventilace a perfuze na úrovni subsegmentů je na SPECTu značně kvalitnější oproti planárnímu snímání. Podle některých studií lze na SPECTu dosáhnout senzitivity, specificity až o desítky procent více než při planárním snímání. (16)

4.2.1 SPECT snímání

Aplikace RF je stejná jako u planárního snímání. Při aplikaci RF inhalační cestou, či vdechováním, bychom měli měřit aktivitu v plicích, abychom se ujistili o adekvátním rozložení aktivity. Vyšetření by se mělo provádět na kameře s dvěma nebo třemi hlavami a velkým FOV (field of view) kvůli potřebě omezení času snímání a snížení pohybových artefaktů. Pokud máme jinou kameru, například s méně hlavami a menším FOV, musíme vyšetření provést na ní a počítat s horšími snímky. Poměr aktivit mezi ventilací a perfuzí je 1:4. Pro ventilaci je ideální aktivita okolo 30 MBq a pro perfuzi 110 MBq. Snímání by mělo ideálně probíhat 20 minut s maticí 64x64 a nízkoenergetický kolimátor. Doba vyšetření je velice dobře snesitelná i pro kriticky nemocné pacienty. Celkový počet projekcí je 128. U ventilace každá projekce trvá 10s. U perfuze, která se provádí buď ihned po ventilaci nebo současně s ventilací pomocí dual energy snímání a bez změny pohybu pacienta, trvá každá projekce 5s. Během obou vyšetření leží pacient na zádech a snaží se minimalizovat pohyb a změny polohy. (16)

4.3 Ventilační vyšetření plic

Doplňkové vyšetření k perfuzní scintigrafii slouží k upřesnění perfuzních rozdílů. Mezi jiné podněty k vyšetření patří například posudek plicní ventilace (plicní prognóza), než jde pacient na transplantaci plic. Velikou výhodou vyšetření je nízké radioaktivní zatížení pacienta, jedinou relativní kontraindikací je opět těhotenství. (9)

4.3.1 Radiofarmaka

Radiofarmaka užívaná k ventilačnímu vyšetření jsou ze skupenství plynů, aerosolů a uhlíkových aerosolů.

Mezi plynná patří ^{81m}Kr , ^{133}Xe , ^{127}Xe . Aktuálně má největší využití ^{81m}Kr . Řadí se mezi vzácné plyny, má 13s poločas přeměny a energii 190 keV. Produkce probíhá v generátoru z mateřského nuklidu ^{81}Rb s velmi krátkým poločasem přeměny, 4,6 hodin, což je jeho velká nevýhoda. Ventilační vyšetření s ^{81m}Kr se kvůli krátkému poločasu přeměny a vysoké ceně generátoru provádí pouze 1x až 2x týdně při dostatku pacientů. (13)

Do aerosolů se řadí $^{99m}\text{Tc-DTPA}$. Aby bylo vyšetření hodnotné, je třeba, aby elementy aerosolu měly vhodnou velikost, která se pohybuje v rozmezí od 0,1 do 0,5 μm . Tato velikost zajišťuje, aby byly elementy zachyceny hlavně na plicních sklípcích. Pokud je element větší než 3 μm , způsobuje snížení výtěžnosti ventilačního vyšetření, zapříčiněnou jeho usazováním v rozsáhlejších respiračních cestách (bronchy, trachea). U elementů nedosahujících velikosti 1 μm nedosáhneme požadovaného zachycení RF na plicních sklípcích a většina aerosolu je vyloučena respiračně z těla ven. (13)

Rozlišujeme aerosoly na tekuté a na tuhé. Tekuté aerosoly jsou zhotoveny z nálevu $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ a podpory ultrazvukového nebulizátoru. Z uhlíkových aerosolů se nejčastěji používá $^{99m}\text{Tc-Technegas}$ (elementy uhlíku značené ^{99m}Tc), v České republice se jeho využití téměř neuplatňuje. (13)

4.3.2 Statická ventilační scintigrafie plic

Statická ventilace s ^{81m}Kr může být v závislosti na zvyklostech a vybavení pracoviště realizována před, při nebo ihned po scintigrafii perfuzní díky diferencii energie ^{81m}Kr s energií 190 keV, a ^{81m}Tc , s energií 140 keV. Při sběru dat, který probíhá ve čtyřech primárních projekcích, vyšetřovaný plynule vdechuje ^{81m}Kr , ten je vyplachován z generátoru díky O_2 . Jakost získaných scintigramů je vysoká a zátěž radioaktivitou pro vyšetřovaného i personál velice malá. (9)

Statická ventilace s $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ oproti metodě s ^{81m}Kr znamená vyšší zátěž radioaktivitou pro personál i vyšetřovaného, finanční výdaje vyšetření jsou však menší. Jakost pořízených scintigramů je podřadnější kvůli usazování elementů v respiračních cestách (viz výše). Aplikovaného RF je menší množství o značné detekovatelné aktivitě (1-2 cm^3), tempo toku O_2 je 8-10 l/min, čas vdechování ze soustavy je 3-5 minut. Zařízení

na vdechování aerosolu se skládá ze sjednoceného inhalačního a exhalačního ventilu, jímáče vydechovaného plynu, mohutného clonění, nebulizátoru a usazovacího pytle. Elementy dosahují běžně velikosti 0,7 - 1 μ m. Po zakončení vdechování sbíráme data ve čtyřech standartních planárních protokolech při frekvenci 300-500 tisíc signálů na snímek. (9)

Statická ventilace s ^{99m}Tc -Technegasem je finančně obtížnější typ postupu, ale jakost pořízených scintigramů je absolutně porovnatelná s ^{81m}Kr . Atributy ^{99m}Tc označených uhlíkových elementů vyrobených aerosolovým generátorem jsou na hranici mezi atributy plynů a aerosolů. Elementy daného aerosolu se velikostně pohybují do 200 μ m a skvěle pronikají do pulmonární periferie. (9)

4.3.3 Dynamická ventilační scintigrafie plic

RF aplikovaná při této metodě jsou ^{133}Xe či ^{127}Xe . Poločas přeměny pro ^{133}Xe je 5,2 dne a pro ^{127}Xe 36 dní. Dynamická ventilace plic poskytuje informace k lokálnímu a kompletnímu zhodnocení respiračních vlastností plic. K uskutečnění metody je třeba dechoměrové respirační soustavy přístrojů poskytující možnost respirovat mix ^{133}Xe a vzduchu. Záznamy zhotovujeme pouze v PA projekci a uskutečňuje se formou dynamické studie. Metoda se skládá ze tří částí. V první části, tzv. wash-in, vyšetřovaný inhaluje mix vzduchu a ^{133}Xe . Druhá fáze, tzv. equilibrium, nastává po dospění balance v plicích. Po dosažení druhé fáze se zablokuje přístup ^{133}Xe a vyšetřovaný inhaluje čistý vzduch do kompletní exhalace ^{133}Xe , tato fáze se jmenuje wash-out. Metoda má nedostatek v závislosti na schopnosti kooperace vyšetřovaného, menší jakost scintigramu, z důvodu energie fotonů a ziskem dat pouze v PA projekci, neproveditelnost ostatních projekcí z důvodu značného zatížení radioaktivitou. (9)

4.4 Vyšetření plicní permeability

Poskytuje informace ke zhodnocení situace epiteliální pulmonární membrány. Podstata vyšetření stojí na určení tempa vylučování vdechovaných elementů aerosolu z plic, tzv. určení alveokapilární clearance. Metoda pomáhá sledovat postup děje a účinnosti terapie intersticiálních pulmonárních chorob, například sarkodióza, či pulmonární zasažení toxicitou. (9)

Metoda se provádí po pulmonární ventilaci s aerosolem ^{99m}Tc -DTPA, kdy v návaznosti na snímání standartních projekcí zahájíme dynamický rozbor v PA projekci. Standartní výsledky poločasu vyloučení jsou v rozmezí 50 – 70 minut. Pacienti

bez obtíží mají na histogramu vývoj monoexponenciální. Při evaluaci určujeme nejen poločas vylučování z kompletních pulmonárních křídel, ale i jejich individuálních oblastí, zejména z pulmonárních bazí a vrcholů. (9)

4.5 Vyšetření mukociliární clearance

Hlavním účelem vyšetření je zhodnocení činnosti bronchiálních epitelů. (12)

Vyšetření začíná inhalací označeného aerosolu s průměrnou velikostí elementů minimálně 5 μ m. Tyto elementy se ukládají na zevní straně epitelu tracheobronchiálního větvení. Elementy jsou dále eliminovány do hltanu. (12)

Průměrný čas odstranění elementů určený díky dynamické scintigrafii se pohybuje mezi 4 až 6 hodinami. Postup má hlavní využití v ORL a pulmonární medicíně. (12, 9)

5 CT ANGIOGRAFIE

Jedná se o neinvazivní zobrazovací metodu kardiovaskulárního systému pomocí intravenózního podání kontrastní látky a helikálního sběru informací. (17)

CT poskytuje mimo jiné i užitečné informace o jiných možných probíhajících onemocněních, například aortálním aneurysmatu, pneumonii či nádorech. (16)

Proveditelnost může být horší až nemožná u pacientů s kritickým onemocněním, selháváním ledvin, čerstvě prodělaným infarktem myokardu, alergií na KL či připojení na ventilační podporu. (16)

Velkou výhodou CT angiografie oproti metodám nukleární medicíny je dostupnost na většině pracovišť 24 hodin denně. Z tohoto důvodu bývá někdy preferována před scintigrafií. (16)

Nevýhodou CT angiografie je vyšší radiační dávka a menší citlivost. (16)

Vyšetření může být zhoršeno dýchacími pohyby, apnoe nebo například u žen prsy. (17)

Velkou pomocí jsou CT přístroje pro nukleární medicínu v oblasti hybridních přístrojů, např. SPECT. Díky CT můžeme využít korekci atenuace pomocí densitních map. Densitní mapy pro úpravu zeslabení jsou obdobou značně lepšímu densitnímu obrazu vzniklému díky rentgenovému CT zobrazení. Technika úpravy atenuace využívaná u nejmodernějších generací hybridních přístrojů SPECT/CT je považována za nejdokonalejší a je založena na použití synchronního zobrazení tomografické scintigrafie a CT. Radiační absorpční koeficienty můžeme chápat jako densitní hodnoty v obrazu CT v daném místě. Kvůli energetické závislosti absorpčních koeficientů je nutné absorpční koeficienty (určené z CT čísla densitní mapy pro aplikovanou střední energii záření X) převést na energii záření využívaného ve scintigrafii, a to záření gamma (pro SPECT konkrétně 140 keV). Precizní shodná pozice struktur u rekonstrukcí obrazů CT a SPECT je pravidlem korektnosti. (14)

5.1 Princip zobrazení

Tato metoda je determinovaná pro zhodnocení činnosti a stavby kardiovaskulárního systému. K dosažení spolehlivého zobrazení arteriálních uspořádání je nutné splnit dvě

podmínky. První podmínkou je při sběru informací dosáhnout dostačujícího geometrického rozlišení. Druhou podmínkou je podání kontrastní látky intravenózně, jelikož při nativním CT vyšetření je kontrastní rozdíl okolních tkání a krve téměř rovný nule. (17)

5.2 Provedení vyšetření

Vyšetření se provádí na spirálním (helikálním) CT zařízení s jednou či více řadami detektorů. Rotační čas soustavy detektorů a rentgenky by měl být v rozmezí 0,3-1s. Na novějších přístrojích, které mají vyšší počet řad detektorů, je rotační čas i celkový čas akvizice kratší a vyšší preciznost získaných dat. (3)

Cíleně se snažíme dosáhnout expozičního času okolo 20s a nejúžší možné kolimace (<1mm), na zhodnocení truncus pulmonalis stačí i kolimace 2,5mm. V případě použití multidetektorového CT a upravení parametrů lze expozičního čas snížit na 5–10s. (17)

Větvení truncus pulmonalis (až k subsegmentárním arteriálním tepnám dolních a horních laloků) musí být pokryto v jedné spirální expozici. Rozsah vyšetření by měl být od vrchního okraje arcus aortae po inferiorní pulmonární vény. Rozměr tohoto prostoru je mezi 12-17 cm. (3)

Při použití kolimace menší než 1 mm nastavíme rekonstrukční increment na překrytí o jednu třetinu, v případě kolimace do 2,5mm však zvolíme překrytí o jednu polovinu. (17)

KL se podává intravenózně přetlakovým injektorem. Obvykle aplikujeme 60–120 ml neiontové (kvůli lepší osmolaritě a menšímu srdečnímu zatížení nemocných) jodové KL, v podobě jednofázového bolu. Propláchnutí fyziologickým roztokem snižuje výskyt obrazových artefaktů v úseku v. brachicephalica a v. cava superior. Objem KL se může měnit dle trvání expozice. Průtok KL je nastaven na 3-4 ml/s. Bolus-tracking je doporučený při plánování akvizice. Nejvhodnější místo na situování bolus-trackingu je kmen a. pulmonalis. Samostatně lze zobrazit truncus pulmonalis už při rychlých akvizicích. Pokud použijeme akvizici delší, je možno zobrazit malý i velký oběh. (17)

5.3 Nálezy

Jasně potvrzení PE stojí na zásadách evaluace klasických diagnostických angiografických vyšetření. Prezence embolu v arterii se prokáže úplnou ztrátou

průchodnosti arterie nebo hypodenzní poruchou v kontrastním obsahu arterie. Zasažená část arterie může být lehce dilatovaná. (3)

Periferní cípové opacity s přilehlou bazí k viscerální pleuře a otupeným vrcholkem orientovaným centrálně jsou poměrně specifickým objevem. (3)

PRAKTICKÁ ČÁST

Výzkum

6 CÍLE A HYPOTÉZY

Cíle

1. Porovnání úspěšnosti jednotlivých vyšetření
2. Porovnání mezi ventilačním a perfuzním vyšetřením.
3. Porovnání metod nukleární medicíny a CT angiografie.

Hypotézy

1. Předpokládám, že nejúspěšnější bude CT angiografie.
2. Předpokládám, že ventilační vyšetření plic bude mít více nejasných nálezů.
3. Předpokládám, že úspěšnost obou vyšetření se bude pohybovat na stejné úrovni.

7 METODIKA

K vypracování praktické části bakalářské práce byl vybrán výzkum kvantitativním způsobem. Byla získána data o výsledcích průkazu, neprůkazu a diskutabilitě akutní PE 62 pacientů, jenž byli vyšetřeni ve Fakultní nemocnici Plzeň na Klinice zobrazovacích metod v době od 1. 1. 2018 do 30. 10. 2019. Získaná data byla vyhodnocena v podobě grafů a tabulek. S povolením od Mgr. Světluše Chabrové jsem čerpal data v období praxe (18. 11. 2019 – 22. 11. 2019) ze systému Fakultní nemocnice Plzeň.

Pro kvantitativní zpracování dat byli vybráni pacienti, kteří měli podezření na akutní PE a absolvovali CT angiografii, scintilační perfuzní vyšetření plic a scintilační ventilační vyšetření plic. V době mezi 1. 1. 2018 do 30. 10. splňovalo požadovaná kritéria 62 pacientů.

7.1 Sběr dat

Na začátku byl požádán MUDr. Alexandr Malán o přístup do nemocničního systému Fakultní nemocnice Plzeň. Z nemocničního systému byly staženy 2 soubory pacientů. První soubor byli pacienti, kteří podstoupili scintigrafické perfuzní vyšetření plic v období od 1. 1. 2018 do 30. 10. 2019. Druhý soubor obsahoval pacienty, kteří podstoupili scintilační ventilační vyšetření plic v období od 1. 1. 2018 do 30. 10. 2019, nejčastěji prováděné s ^{81m}Kr . Poté byly oba soubory porovnány a vybráni pacienti, kteří podstoupili obě vyšetření. Následně jsem procházel dokumentaci jednotlivých pacientů a zjišťoval, kteří absolvovali i CT angiografické vyšetření. Soubor pacientů se všemi vyšetřeními jsem znovu prohledal v nemocničním systému a vyřadil pacienty bez indikace na akutní PE. Ve výsledku jsem měl soubor 62 pacientů splňující všechny podmínky.

7.2 Zpracování dat

U pacientů ve výsledném souboru jsem a sbíral výsledky daných vyšetření. Po získání všech výsledků jsem porovnával výsledky jednotlivých vyšetření mezi sebou. Porovnal jsem výsledky vyšetření perfuze s vyšetřením ventilace a výsledky vyšetření scintigrafickými metodami s vyšetřením CT angiografie. Dále jsem porovnával výsledky jednotlivých vyšetření mezi pacienty. U perfuzních a ventilačních vyšetření jsem měl porovnání pozitivních, negativních a diskutabilních nálezů akutní PE. U CT angiografických vyšetření jsem získal porovnání průkazu či vyloučení akutní PE.

8 VÝZKUM

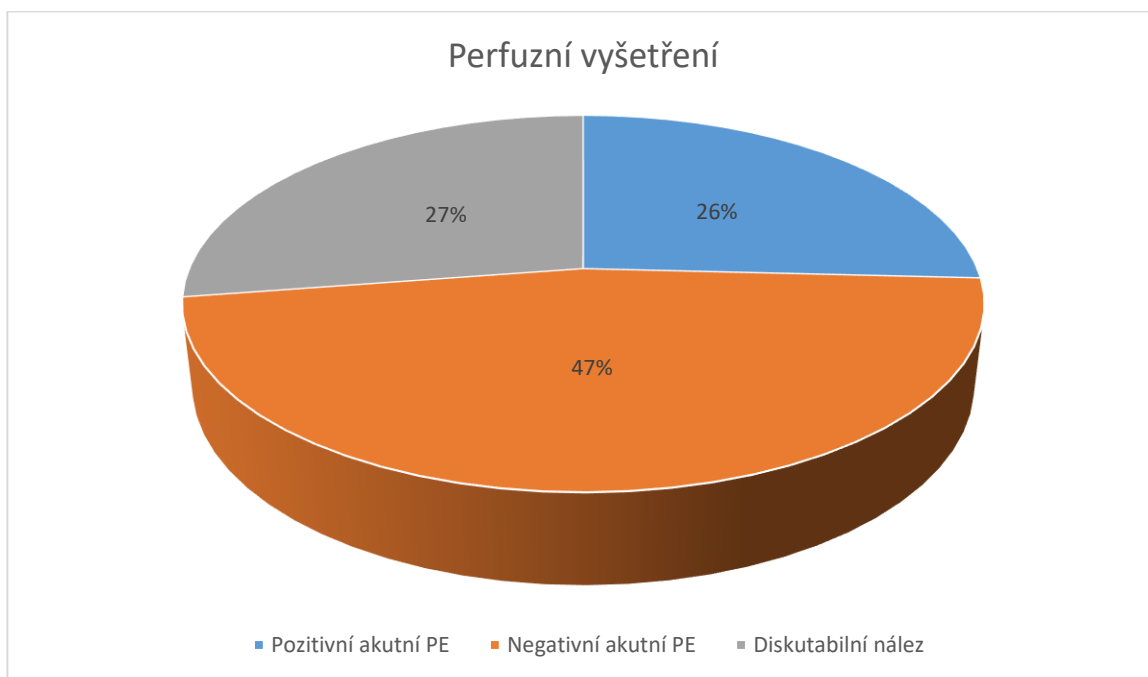
Tabulka 1 zobrazuje rozdělení zkoumaných pacientů podle výsledků jejich perfuzního vyšetření plic. Výsledky vyšetření jsem rozdělil na kategorie pozitivní akutní PE, negativní akutní PE a diskutabilní nález.

Tabulka 1: Porovnání výsledků perfuzního vyšetření (zdroj vlastní)

Výsledek	Počet pacientů	Procentuální zastoupení
Pozitivní akutní PE	16	26%
Negativní akutní PE	29	47%
Diskutabilní nález	17	27%
Celkem	62	100%

Graf 1 ukazuje procentuální porovnání výsledků perfuzního vyšetření plic u pacientů ze zkoumaného vzorku vztahený k závěrečnému hodnocení.

Graf 1: Porovnání výsledků perfuzního vyšetření (zdroj vlastní)



Z výsledků plyne, že u 47% pacientů ze zkoumaného vzorku bylo pomocí perfuzního vyšetření vyloučeno riziko akutní PE. Dále výsledky ukázaly, že nález

diskutabilních nálezů byl u 27% pacientů. Posledním nálezem bylo potvrzení akutní PE, které se prokázalo u 26% pacientů. Vyšší hodnota negativních nálezů může být způsobena například vyšším věkem pacientů, u kterých je vyšší šance na falešné podezření na akutní PE, nebo výskytem sekundárních poruch perfuze.

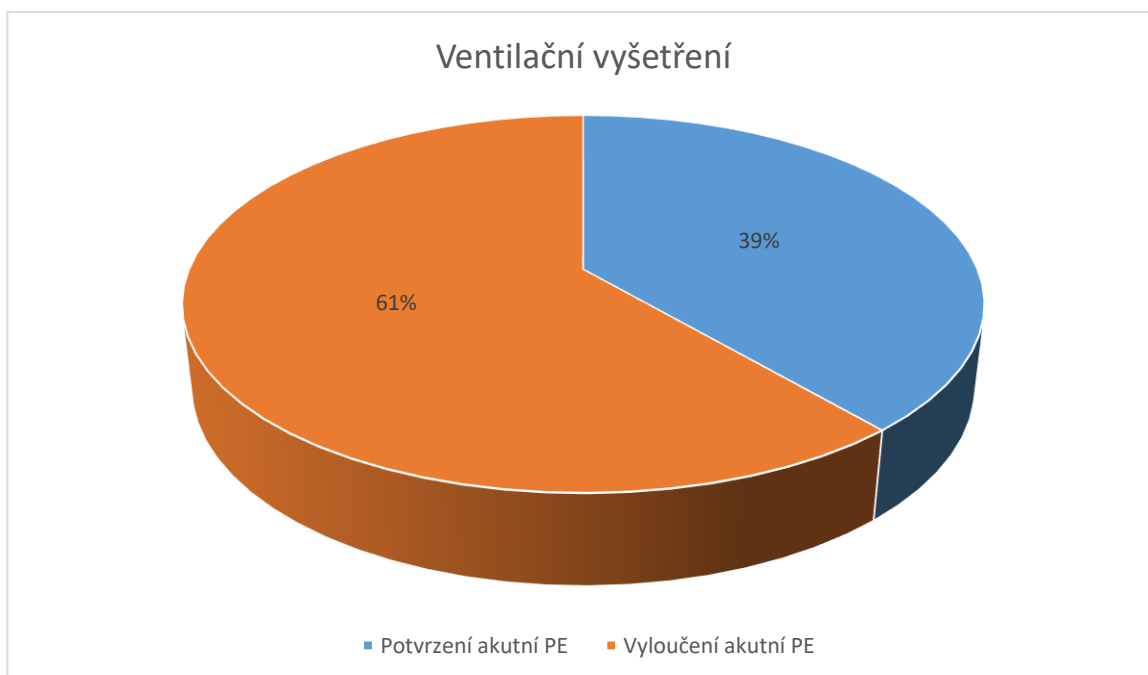
V tabulce 2 můžeme vidět rozdělení pacientů podle výsledků vyšetření ventilace plic do kategorií s potvrzením akutní PE a vyloučením akutní PE.

Tabulka 2: Porovnání výsledků ventilačního vyšetření (zdroj vlastní)

Výsledek	Počet pacientů	Procentuální zastoupení
Potvrzení akutní PE	24	39%
Vyloučení akutní PE	38	61%
Celkem	62	100%

Graf 2 znázorňuje procentuální zobrazení výsledků ventilačního vyšetření plic ze zkoumaného vzorku pacientů vztahený k celkovému závěru.

Graf 2: Porovnání výsledků ventilačního vyšetření (zdroj vlastní)



Z výsledků můžeme vidět, že u 39% zkoumaných pacientů v závěru ventilační vyšetření potvrdilo přítomnost akutní PE. U 61% pacientů však ventilační vyšetření akutní PE vyloučilo. Vyšší četnost pozitivních nálezů oproti perfuznímu vyšetření může být dána tím, že nám ventilační vyšetření poskytlo doplňující informace potřebné k ujasnění diskutabilních nálezů perfuze.

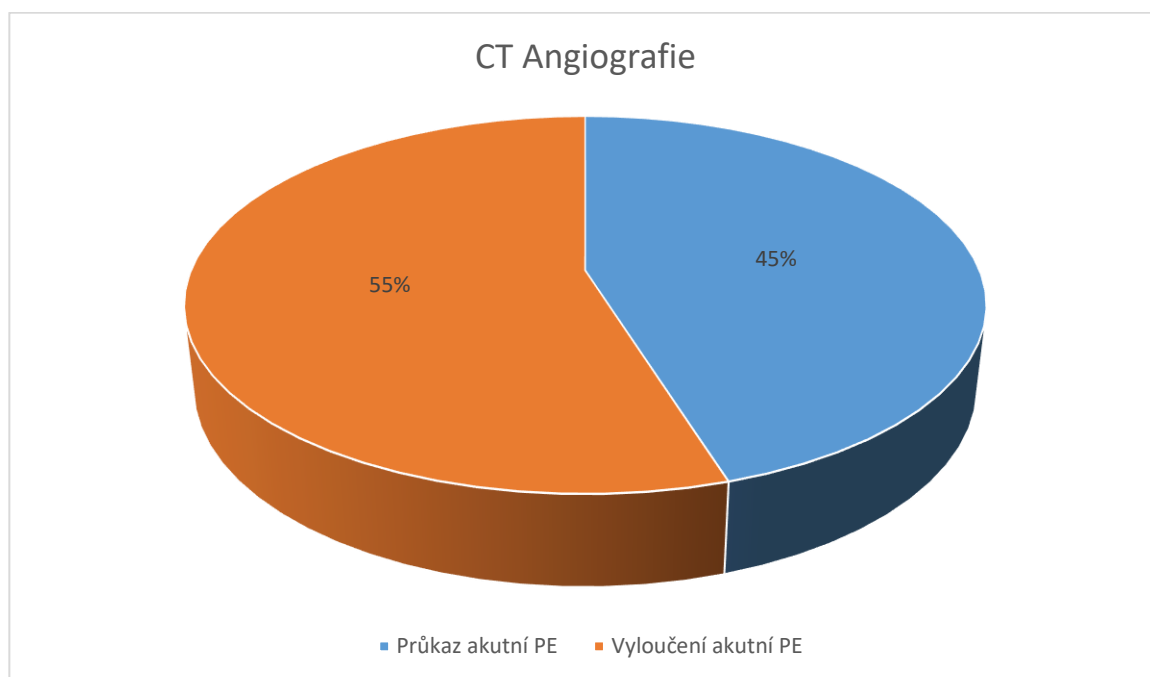
Tabulka 3 zobrazuje rozložení pacientů ze vzorku podle nálezu na CT angiografické vyšetření na pacienty s prokázanou a neprokázanou akutní PE.

Tabulka 3: Porovnání výsledků CT angiografie (zdroj vlastní)

Výsledek	Počet pacientů	Procentuální zastoupení
Průkaz akutní PE	28	45%
Vyloučení akutní PE	34	55%
Celkem	62	100%

V grafu 3 vidíme procentuální rozložení pacientů podle výsledků CT angografie.

Graf 3: Porovnání výsledků CT angiografie (zdroj vlastní)



Podle výsledků můžeme říct, že u 55% pacientů byla vyloučena akutní PE a u 45% pacientů byla akutní PE potvrzena. Z toho plyne, že úspěšnost nálezů na CT angiografii je menší než polovina a podobá se úspěšnosti perfuzně ventilačního scanu.

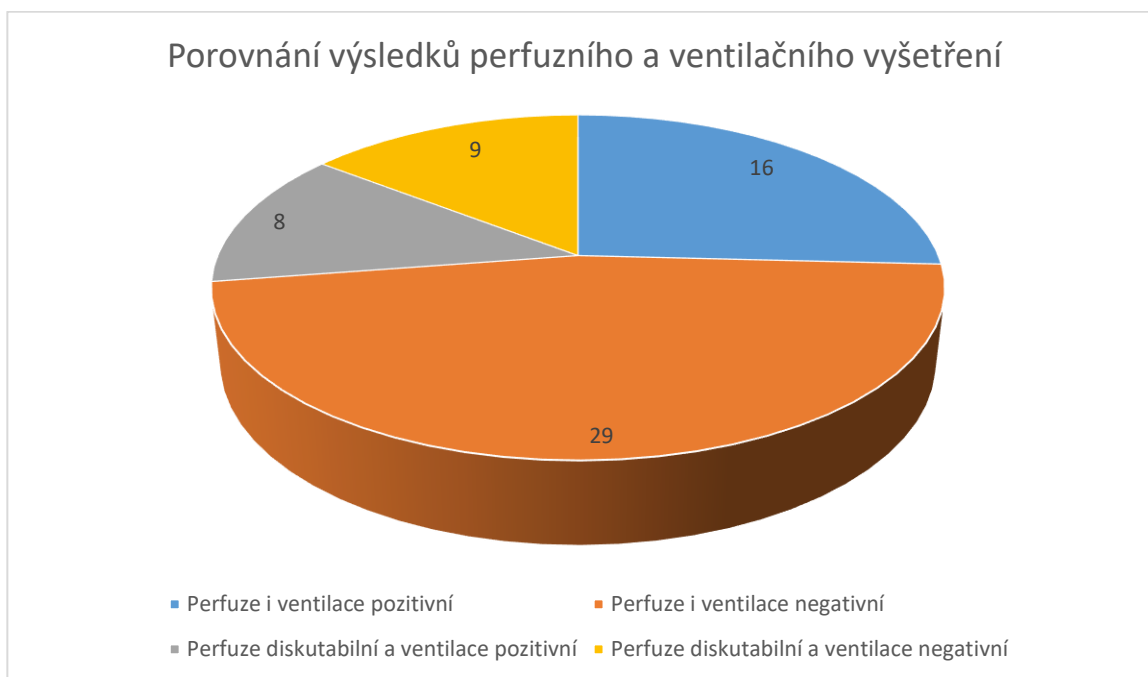
V tabulce 4 vidíme rozdělení pacientů na základě výsledků obou scintigrafických vyšetření. Pacienty jsem rozdělil na 4 skupiny a to pozitivní nález na perfuzi i ventilaci, negativní nález na perfuzi i ventilaci, diskutabilní nález perfuze a pozitivní nález ventilace, diskutabilní nález perfuze a negativní ventilace.

Tabulka 4: Porovnání výsledků perfuzního a ventilačního vyšetření (zdroj vlastní)

Výsledek	Počet pacientů	Procentuální zastoupení
Perfuze i ventilace pozitivní	16	26%
Perfuze i ventilace negativní	29	47%
Perfuze diskutabilní a ventilace pozitivní	8	13%
Perfuze diskutabilní a ventilace negativní	9	14%
Celkem	62	100%

Graf 4 zobrazuje porovnání pacientů podle výsledků vyšetření perfuzní a plicní scintigrafie.

Graf 4: Porovnání výsledků perfuzního a ventilačního vyšetření (zdroj vlastní)



Z průzkumu vyplynulo, že u 29 pacientů s podezřením na akutní PE se v závěru podezření vyloučilo pomocí obou vyšetření. U 16 pacientů naopak scintigrafické metody prokázali akutní PE. V dalších dvou skupinách jsou pacienti s nejasným nálezem na perfuzním vyšetření a rozdílnými nálezy na vyšetření ventilačním. V jedné skupině je 8 pacientů, u kterých ventilační vyšetření poskytlo dostatečné informace k potvrzení akutní PE. V poslední skupině je 9 pacientů, u kterých naopak ventilační vyšetření poskytlo informace, které svědčily k vyloučení akutní PE. Nejasnost u perfuzního vyšetření může být dána nižší specificitou vyšetření, věkem pacientů či přítomností sekundárních poruch perfuze.

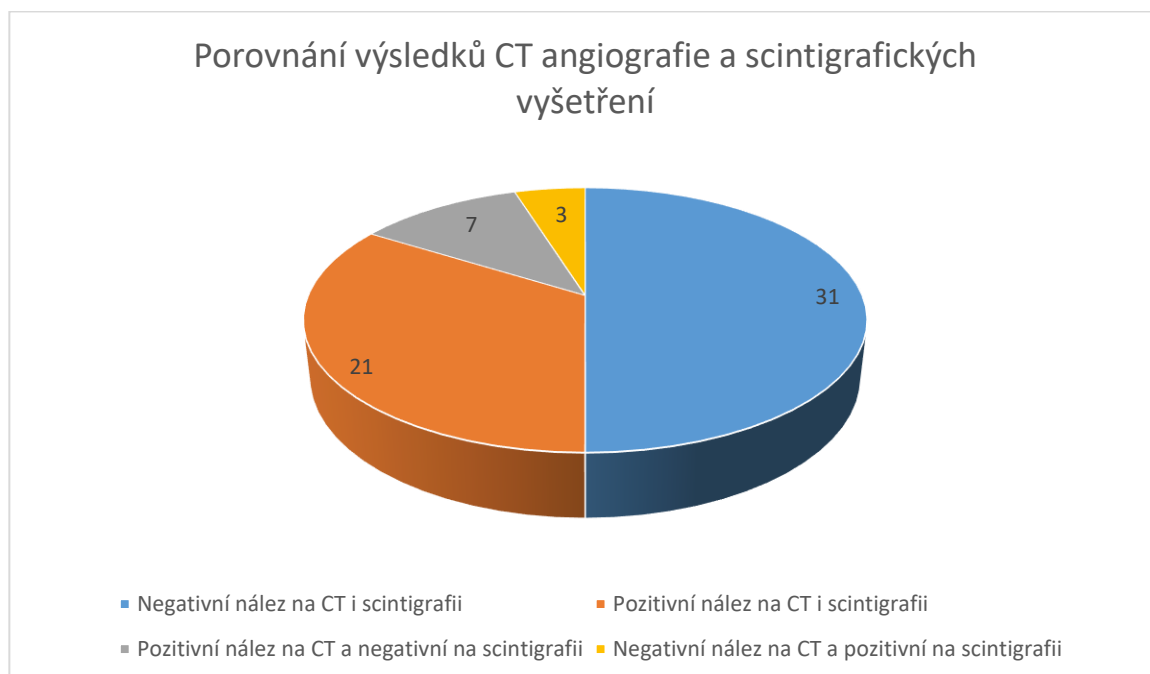
Tabulka 5 rozděluje pacienty ze zkoumaného vzorku na základě výsledků scintigrafických vyšetření a CT angiografie. Pacienti byli rozděleni do 4 skupin podle výsledku porovnání. Nejčetnějším nálezem je negativní nález na CT i scintigrafii, který se prokázal u 31 (50%) pacientů. Hned za ním je pozitivní nález na CT i scintigrafii potvrzen u 21 (34%) pacientů. Předposlední z pohledu četnosti je pozitivní nález na CT a negativní na scintigrafii zjištěný u 7 (11%) pacientů. Nejméně četným nálezem je negativní nález na CT a pozitivní na scintigrafii, který byl stanoven pouze u 3 (5%) pacientů.

Tabulka 5: Porovnání výsledků CT angiografie a scintigrafických vyšetření (zdroj vlastní)

Výsledek	Počet pacientů	Procentuální zastoupení
Negativní nález na CT i scintigrafii	31	50%
Pozitivní nález na CT i scintigrafii	21	34%
Pozitivní nález na CT a negativní na scintigrafii	7	11%
Negativní nález na CT a pozitivní na scintigrafii	3	5%
Celkem	62	100%

V grafu 5 je možné vidět četnost pacientů podle jednotlivých výsledků vyšetření.

Graf 5: Porovnání výsledků CT angiografie a scintigrafických vyšetření (zdroj vlastní)



Nejvyšší četnost negativních nálezů na obou vyšetřeních může být dána například přítomností jiného onemocnění s totožnými symptomy akutní PE. Neshoda nálezů na CT a scintigrafii by mohla být dána různými faktory, například přítomností chronických plicních onemocnění nebo velikostí trombu. Z daného výzkumu plyne, že po vyšetření CT angiografií i scintigrafickými metodami je úspěšnost diagnostiky akutní PE menší než 50%.

9 DISKUZE

Teoretickou část jsem začal stručným popisem anatomie plic a jejich oběhu. Dále jsem popisoval plicní embolii, její zdroje, rizikové faktory, formy, diagnostiku, léčbu a prevenci. Dále jsem popsal scintigrafii a její základní principy a používané přístroje, scintigrafická vyšetření plic a nakonec CT angiografii.

Prvním cílem bylo porovnání úspěšnosti jednotlivých vyšetření. Jako nejúspěšnější vyšetření vyšla CT angiografie s úspěšností 45%. Druhé nejúspěšnější vyšetření bylo ventilační vyšetření plic s úspěšností 39%. Nejméně úspěšné bylo perfuzní vyšetření plic s úspěšností 26%. Nízká úspěšnost perfuzního vyšetření může být způsobena vyšším nálezem diskutabilních nálezů, které nelze zařadit jako pozitivní ani negativní průkazy akutní PE. Naopak vysoká úspěšnost ventilačního vyšetření může být zdůvodněna tím, že toto vyšetření se v nejčastěji indikovalo jako doplňkové vyšetření pro upřesnění nálezů a rozdílů perfuze a ventilace, tudíž mělo k dispozici, pro vyloučení nejasností, výsledky perfuzních vyšetření.

Druhý cíl jsem stanovil pomocí grafu a tabulky. Z dat vyplynulo, že nejčastějším nálezem obou metod byl negativní nález a to u 29 pacientů. To může být opět zdůvodněno nižší specificitou scintigrafie kombinovanou s možnou přítomností jiných onemocnění postihující plíce a plicní oběh. Druhým nejčastějším nálezem byl pozitivní nález na obou metodách, který byl potvrzen u 16 pacientů. Rozdíly metod se našly u 17 pacientů. Rozdíly byly dány hlavně ve ventilačním vyšetření, protože u všech 17 pacientů byla perfuze diskutabilní. U 9 pacientů byla ventilace negativní. Naopak u 8 byl nález ventilačního vyšetření pozitivní.

Třetí cíl ukázal, že nejčastějším nálezem bylo vyloučení akutní PE a to u 31 pacientů. Druhým nejčastějším nálezem bylo potvrzení akutní PE, který byl u 21 pacientů. Vyšší počet negativních nálezů může být zapříčiněn například přítomností onemocnění či symptomů způsobující falšené podezření na akutní PE. Neshody vyšetření se projevily u 10 pacientů. 7 pacientů mělo pozitivní nález na CT a negativní na scintigrafii. Tyto nálezy mohou být u jedinců staršího věku nebo s přítomností onemocnění způsobující zhoršení specificity scintigrafických vyšetření. 3 pacienti naopak měli nález negativní na CT a pozitivní na scintigrafii. Takovýto výsledek může být například u pacientů s velice malým embolem, který je problematický na CT angiografii odhalit.

Z toho rozdílu bychom mohli usoudit, že CT angiografie má v diagnostice akutní PE větší úspěšnost oproti scintigrafii.

První hypotézu jsem potvrdil, jelikož se zjistilo, že vyšetření s nejvyšší úspěšností je opravdu CT angiografie a to s 45% potvrzených nálezů akutní PE.

Druhou hypotézu jsem nepotvrdil, jelikož z výzkumu vyšlo 17 diskutabilních nálezů na perfuzní scintigrafii.

Třetí hypotézu jsem jasně neprokázal, protože CT angiografie měla vyšší úspěšnost oproti metodám scintigrafie.

Velikou pomocí bylo CT angiografické vyšetření hlavně v případech nálezů diskutabilní perfuze. Jelikož velikou slabinou nukleární medicíny je nízká specificita, CT angiografie se v tomto ohledu drží velice dobře, ale naopak upadá v senzitivitě. Proto nám u nejasných nálezů může pomoci rozhodnout, zda se opravdu jedná o akutní PE či o jinou chorobu. Naopak scintigrafie převyšuje CT angiografii u pacientů s velice malými emboly, které CT angiografie nedokáže odhalit.

ZÁVĚR

V bakalářské práci bylo hlavním cílem zjistit postavení metod scintigrafie v diagnostice akutní plicní embolie a porovnat s konkurenčními metodami a to hlavně CT angiografií.

V teoretické části byla krátce popsána anatomie plic. Stručně byla popsána plicní embolie, možnosti její diagnostiky, léčby a prevence. Poté byla popsána scintigrafie a technické komponenty.

Velice důležitou částí bylo popsat metody scintigrafie využívané v pulmonologii. Byly popsány ventilační a perfuzní vyšetření, vyšetření plicní permeability a vyšetření mukociliární clearance.

V závěru teoretické části byla popsána CT angiografie a její využití u diagnostiky plicní embolie.

Praktická část je orientována na posouzení kvantitativních statistických dat získaných z nemocničního systému na Klinice zobrazovacích metod ve Fakultní nemocnici Plzeň. Statistická data tvořil soubor 62 respondentů s podezřením na akutní plicní embolii a podstoupenými vyšetřeními CT angiografie, perfuzní scintigrafie plic a ventilační scintigrafie plic. Hlavním záměrem bylo porovnávání úspěšnosti jednotlivých metod a poté úspěšností metod mezi sebou.

U statického zkoumání bylo zjištěno, že jednotlivá vyšetření měla úspěšnost menší než polovinu. Při porovnání scintigrafických metod mezi sebou bylo zjištěno, že nejvíce nálezů bylo negativních na obou vyšetřeních a velký počet nejasných nálezů. Při porovnání metod scintigrafie a CT angiografie bylo zjištěno, že nejčastěji jsou nálezy negativní pro průkaz akutní PE.

Akutní plicní embolie je vážný stav ohrožující život nemocného. Metody scintigrafie i CT angiografie jsou obě velice přínosné a dále se rozvíjí. Výhodou CT angiografie je hlavně její dostupnost a rychlost vyšetření, nevýhodou je zatížení pacienta kontrastní látkou a možnost neodhalení drobnější plicní embolie. Výhodou metod scintigrafie je vysoká senzitivita s možností odhalit i malé plicní embolie, nevýhodou je naopak nízká specifita, zatížení pacienta radiofarmaky a cena vyšetření.

;

SEZNAM LITERATURY

1. NAŇKA, Ondřej a Miloslava ELIŠKOVÁ. *Přehled anatomie, třetí doplněné a přepracované vydání*. Praha : Galén, 2015. ISBN 978-80-7492-206-0.
2. ROKYTA, Richard et al. *Fyziologie*. Praha : Galén, 2016. ISBN 978-80-7492-238-1.
3. WIDIMSKÝ, Jiří, Jaroslav MALÝ a kol. *Akutní plicní embolie a žilní trombóza: patogeneze, diagnostika, léčba a prevence*. 3. rozšířené a přepracované vydání. Praha: Triton, 2011. ISBN 978-80-7387-466-7.
4. WIDIMSKÝ, Jiří a spol. Česká kardiologická společnost. [Online] [Citace: 2019-09-10.] Dostupné z: http://www.kardio-cz.cz/data/upload/Doporuceni_diagnostiky_lecby_a_prevence_plicni_embolie_verze_2007.pdf.
5. BĚLOHLÁVEK, Jan a kol. *EKG v akutní kardiologii : průvodce pro intenzivní péči i rutinní klinickou praxi*. Praha : Maxdorf, 2014. ISBN 978-80-7345-419-7.
6. METTLER, Fred A., Jr. *Essentials of Radiology*. Philadelphia : Elsevier Saunders, 2014. ISBN 978-1-4557-4225-7.
7. MUSIL, Dalibor a kolektiv. *Ultrazvukové vyšetření žil dolních končetin, 2., přepracované vydání*. Praha : Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5597-7.
8. BAXA, Jan a Tomáš VENDIŠ. *Nukleární medicína - Jednotlivá vyšetření*. [Online] *Klinika zobrazovacích metod, 2007-2020*. [Citace: 2020-03-01.] Dostupné z: <https://radiologieplzen.eu/nuklearni-medicina/jednotliva-vysetreni/>
9. MALÁN, Alexander. *Vybrané kapitoly nukleární medicíny*. Plzeň : Klinika zobrazovacích metod FN Plzeň, 2013.
10. TORBICK, Adam et al., Guidelines on the diagnosis and management of acute pulmonary embolism: The Task Force for the Diagnosis and Management of Acute Pulmonary Embolism of the European Society of Cardiology (ESC). *European Heart Journal* [online]. 2008, 1 September 2008, (Volume 29, Issue 18), pages 2276–2315 [Citace: 2020-03-06]. Dostupné z: <https://academic.oup.com/eurheartj/article/29/18/2276/450005>

;

11. **KARETOVÁ, Debora a Jan BULTAS.** *Farmakoterapie tromboembolických stavů.* Praha : Maxdorf, 2015. ISBN 978-80-7345-459-3.
12. **KUPKA, Karel a spol.** *Nukleární medicína : učební text.* Praha : P3K, 2015. ISBN 978-80-87343-54-8.
13. **KORANDA, Pavel a kolektiv.** *Nukleární medicína.* Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-4031-6.
14. **ULLMANN, Vojtěch,** <http://astronuklfyzika.cz/index.htm>, [online]. [Citace: 2020-03-04].
15. **FERDA, Jiří a spol.** *Základy zobrazovacích metod.* Praha : Galén, 2015. ISBN 978-80-7492-164-3.
16. **BAJC, Marika et al.** European Association of Nuclear Medicine [Online] 24. Červenec 2009. [Citace: 2019-12-27.] Dostupné z: http://eanm.org/publications/guidelines/gl_pulm_embolism_part2.pdf.
17. **FERDA, Jiří.** *CT ANGIOGRAFIE.* Praha : Galén, 2004. ISBN 80-7262-281-1.
18. **BAJC, Marika et al.** European Association of Nuclear Medicine. [Online] 27. Červen 2009. [Citace: 2019-12-26.] Dostupné z: http://eanm.org/publications/guidelines/gl_pulm_embolism_part1.pdf.
19. **SEIDL, Zdeněk a kol.** *Radiologie pro studium a praxi.* Praha : Grada Publishing, 2012. ISBN 978-80-247-4108-6.
20. **BĚLOHLÁVEK, Jan.** Plicní embolie. *Postgraduální medicína* [online]. Praha, 7.5.2012 [Citace: 2020-03-08]. Dostupné z: <https://zdravi.euro.cz/clanek/postgradualni-medicina/plicni-embolie-464717>
21. Plicní embolie. IKEM: Institut klinické a experimentální medicíny [online]. c2015-2020 [Citace: 2020-03-10]. Dostupné z: <http://www.ikem.cz/www?docid=1005973>
22. **LINDER, Jaroslav a Pavel JANSÁ.** *Chronická tromboembolická plicní hypertenze: endarterektomie plicních tepen.* Praha: MAXDORF, 2009. ISBN ISBN 978-80-7345-181-3.

;

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1-Obrázková dokumentace	57
Příloha 2-Povolení o sběru dat.....	61

;

PŘÍLOHY

Příloha 1-Obrázková dokumentace

Obrázek 1- Charakteristické vlastnosti scintilačních krystalů

Scintilátor:	Nal(Tl)	CsI(Tl)	Y ₂ SiO ₅ (Ce)	BaF ₂	LaBr ₃ (Ce)	Gd ₂ SiO ₅ (Ce)	Bi ₄ Ge ₃ O ₁₂	Lu ₂ SiO ₅ (Ce)	CdWO ₄	PbWO ₄
Hustota [g/cm ³]	3,67	4,51	4,53	4,89	5,1	6,71	7,13	7,41	7,9	8,23
λ _{max} [nm]	415	400/565	420	220/310	360	440	480	420	470/540	410/500
scint. dosvit [ms]	0,23	0,6/3,4	0,07	0,008	0,016	0,06	0,3	0,04	20/5	
h [foton/MeV]	4.10 ⁴	5.10 ⁴	4,6.10 ⁴	1,8.10 ³	6,3.10 ⁴	1.10 ⁴	8.10 ³	3.10 ⁴	5.10 ³	3.10 ²

Zdroj: <http://astronuklfyzika.cz/DetekceSpektrometrie.htm#Spektrum>

Obrázek 2-SPECT/CT ve FN Lochotín



Zdroj: <https://radiologieplzen.eu/wp-content/uploads/DSCN0254.jpg>

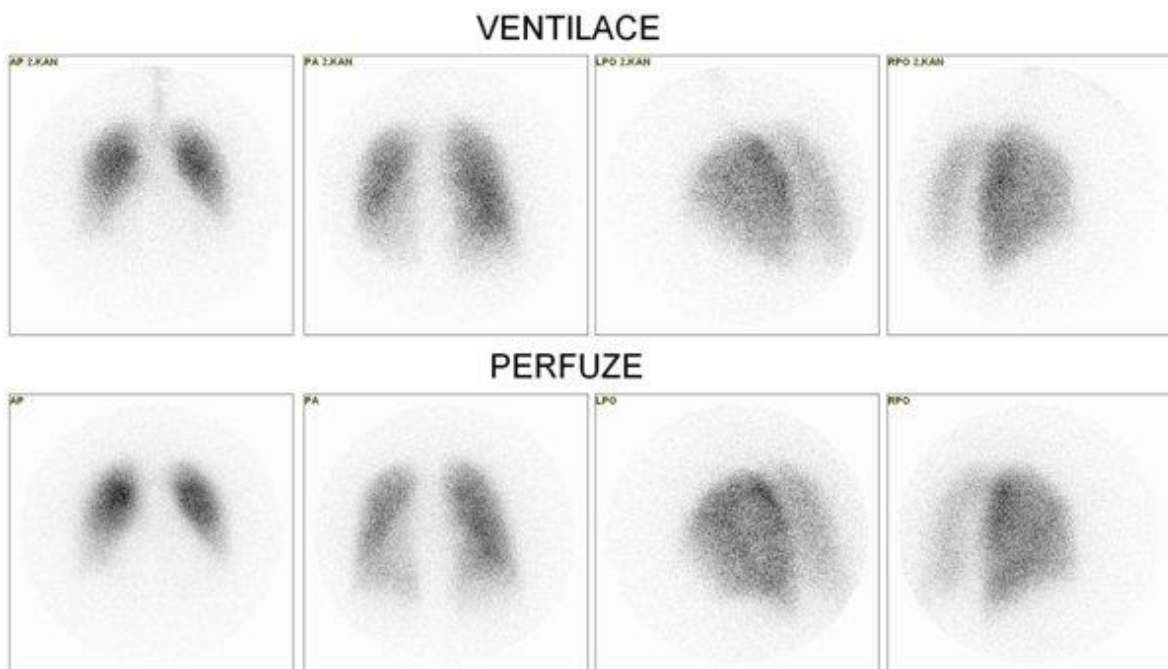
;

Obrázek 3-Scintilační kamera ve FN Lochotín



Zdroj: <https://radiologieplzen.eu/wp-content/uploads/DSCN0251.jpg>

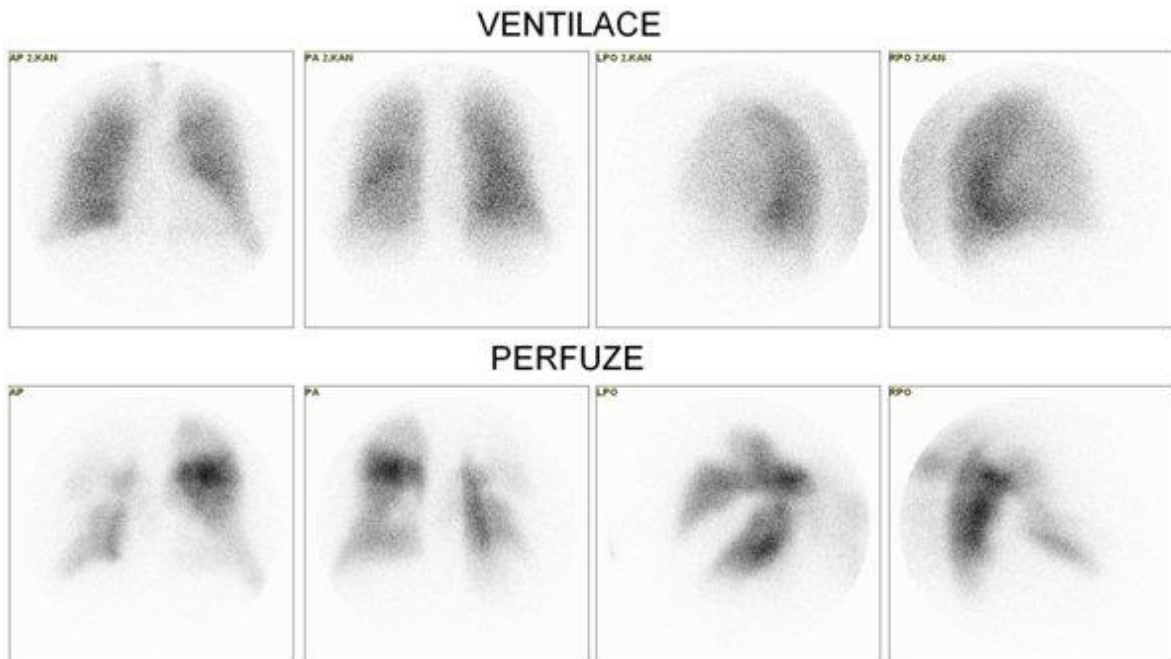
Obrázek 4-Normální nález na ventilační a perfuzní scintigrafii plic



Zdroj: <http://unm.lf1.cuni.cz/vysetreni/11a.jpg>

;

Obrázek 5-Plicní embolie na perfuzním a ventilačním vyšetření plic



Zdroj: <http://unm.lf1.cuni.cz/vysetreni/11b.jpg>

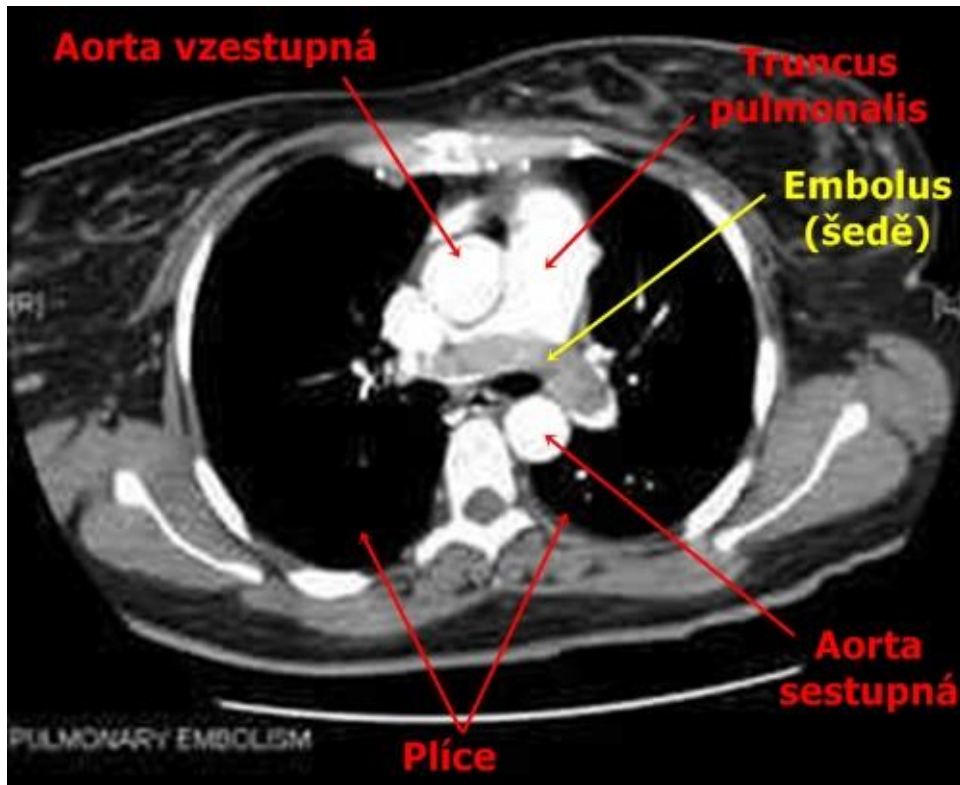
Obrázek 6-CT ve FN Lochoťín



Zdroj: https://radiologieplzen.eu/wp-content/uploads/100_55171.jpg

;

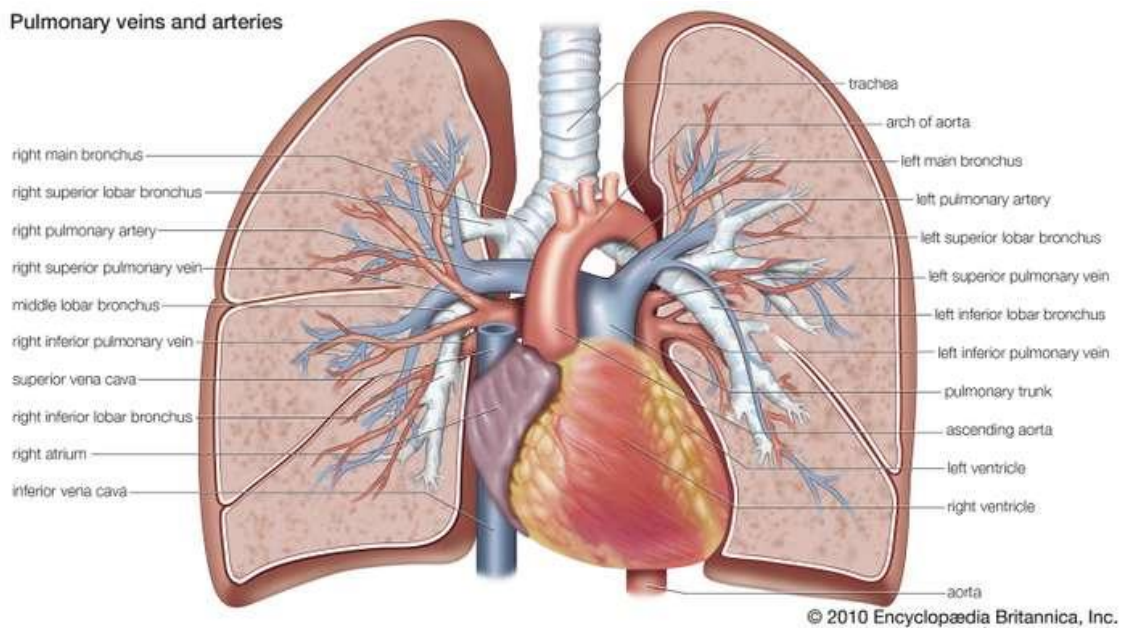
Obrázek 7-Plicní embolie na CT angiografii



Zdroj: <https://www.stefajir.cz/files/PlicniEmbolieCT.jpg>

Obrázek 8-Stavba plic

Pulmonary veins and arteries



Zdroj: <https://cdn.britannica.com/s:700x500/20/125820-050-F1FD8A7E/veins-arteries-human.jpg>

;

Příloha 2-Povolení o sběru dat



FAKULTNÍ NEMOCNICE PLZEŇ
Útvar náměstka pro ošetrovatelskou péči
Edvarda Beneše 13, 305 99 Plzeň - Bory
alej Svobody 80, 304 60 Plzeň - Lochotín
IČO 00669886 tel.: 377 401 111, 377 103 111

Vážený pan

Tomáš Frýda

Student oboru Radiologický asistent

Fakulta zdravotnických studií - Katedra záchranářství, diagnostických oborů a veřejného zdravotnictví

Žápadočeská univerzita v Plzni

Povolení sběru informací ve FN Plzeň

Na základě Vaší žádosti Vám jménem Utvaru náměstkyně pro ošetrovatelskou péči FN Plzeň **uděluji souhlas** se sběrem informací o zobrazovacích metodách, používaných na *Klinice zobrazovacích metod (KZM) FN Plzeň*. Informace budete získávat v souvislosti s vypracováním Vaší bakalářské práce s názvem „*Postavení scintigrafických metod při diagnostice akutní plicní embolie*“.

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

- Vrchní radiologický asistent 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 v době Vašich, školou schválených, praktik, **pod přímým vedením MUDr. Alexandera Malána, vedoucího lékaře KZM FN Plzeň**.
- Obrazové 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 výsledků 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 pociťovali 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: chabrovass@fnplzen.cz

22. 10. 2019