

**Vysoká škola zdravotnická, o.p.s.**

**Praha 5**

**ZOBRAZOVACÍ METODY V DIAGNOSTICE PLICNÍ  
EMBOLIE**

**Bakalářská práce**

**Markéta Kasalická**

**Praha 2015**

**Vysoká škola zdravotnická, o.p.s.**

**Praha 5**

**ZOBRAZOVACÍ METODY V DIAGNOSTICE PLICNÍ  
EMBOLIE**

Bakalářská práce

Markéta Kasalická

Stupeň vzdělání: bakalář

Název studijního oboru: Radiologický asistent

Vedoucí práce: MUDR. Drahomíra Tichá

Praha 2015



**VYSOKÁ ŠKOLA ZDRAVOTNICKÁ, o. p. s.**  
*se sídlem v Praze 5, Duškova 7, PSČ 150 00*

**Kasalická Markéta**  
**3. A RA**

**Schválení tématu bakalářské práce**

Na základě Vaší žádosti ze dne 14. 4. 2014 Vám oznamuji  
schválení tématu Vaší bakalářské práce ve znění:

Zobrazovací metody v diagnostice plicní embolie

*Imaging Methods for Diagnosis of Pulmonary Embolism*

Vedoucí bakalářské práce: MUDr. Drahomíra Tichá

V Praze dne: 3. 11. 2014

  
doc. PhDr. Jitka Němcová, PhD.  
rektorka

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a všechny použité zdroje literatury jsem uvedla v seznamu použité literatury.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své bakalářské práce ke studijním účelům.

V Praze dne:

*podpis*

## PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych na tomto místě poděkovala paní MUDR. Drahomíře Tiché za pomoc, podnětné připomínky a vedení této bakalářské práce v přátelském duchu.

Můj dík patří i paní primářce MUDr. Lucii Zabadalové a emeritnímu primáři panu MUDr. Petru Dobíškovi z Radiologického oddělení Nemocnice Na Františku a rovněž paní primářce MUDr. Marii Buncové a vrchní sestře Bc. Daniele Bencsikové z Radioizotopového pracoviště IKEM za poskytnutí souhlasu se zpracováním informací a pomoc při zpracování potřebných materiálů k této práci.

A nemenší dík patří i mému manželovi a synům za trpělivost a pochopení po dobu studia.

## **ABSTRAKT**

KASALICKÁ, Markéta. Zobrazovací metody v diagnostice plicní embolie. Vysoká škola zdravotnická, o. p. s. Stupeň kvalifikace: Bakalář (Bc.). Vedoucí práce: MUDr. Drahomíra Tichá. Praha. 2015.

Tato bakalářská práce pojednává o možnostech a metodách diagnostiky při plicní embolii a podílu radiologického asistenta na jejich provedení.

V první části práce je popsána anatomie a fyziologie plic, vlastní onemocnění a obecné možnosti diagnostiky, v části druhé jsou rozepsány jednotlivé metodiky se zvláštním zaměřením na CT angiografii a perfuzní a ventilační scintigrafii, jejich dostupnost a vlastní podíl radiologického asistenta při jejich aplikaci.

Klíčová slova: Plicní embolie, CT angiografie plic, Ventilační a perfuzní scintigrafie plic, Radiologický asistent.

## **ABSTRACT**

KASALICKÁ, Markéta. Imaging methods for diagnosis of pulmonary embolism. Medical College. Degree: Bachelor (Bc). Supervisor: MUDr. Drahomíra Tichá. Prague. 2015.

This bachelor thesis discusses possibilities and methods of diagnostics in pulmonary embolism and the participation of radiology assistant for its implementation.

The first part describes anatomy a physiology of lungs, own diseases and general diagnostics possibilities; in the second part are described individual methodologies especially focused on CT angiography and perfusion/ventilation scintigraphy, their availability and at last the participation of radiology assistant in its own application.

Key words: pulmonary embolism, CT angiography of lungs, Ventilation and perfusion scintigraphy of lungs, Radiology assistant

# OBSAH

## Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	
SEZNAM ZKRATEK	
SEZNAM ODBORNÝCH VÝRAZŮ	
ÚVOD .....	13
1 ANATOMIE A FYZIOLOGIE DÝCHACÍHO SYSTÉMU .....	14
1.1 ANATOMIE .....	14
1.1.1 DUTINA NOSNÍ (CAVUM NASI).....	14
1.1.2 VEDLEJŠÍ DUTINY NOSNÍ (SINUS PARANASALES) .....	14
1.1.3 NOSOHLTAN (NASOPHARYNX) .....	15
1.1.4 HRTAN (LARYNX) .....	15
1.1.5 PRŮDUŠNICE (TRACHEA).....	15
1.1.6 PRŮDUŠKY (BRONCHI PRINCIPALES).....	15
1.1.7 PLÍCE ( <i>PULMO</i> ).....	16
1.1.8 KREVNÍ OBĚH PLIC.....	16
1.2 FYZIOLOGIE.....	18
1.3 PATOLOGIE DÝCHACÍHO SYSTÉMU.....	19
2 PLICNÍ EMBOLIE .....	21
3 MOŽNOSTI DIAGNOSTIKY .....	23
3.1 KLINICKÉ.....	23
3.2 LABORATORNÍ .....	23
3.3 ZOBRAZOVACÍ .....	24
3.3.1 RTG.....	24



3.3.2	SONOGRAFIE, ECHOKARDIOGRAFIE .....	25
3.3.3	DSA.....	26
3.3.4	MR ANGIOGRAFIE.....	26
4	CT ANGIOGRAFIE .....	28
4.1	HISTORIE CTA.....	28
4.2	DEFINICE CTA.....	28
4.3	INDIKACE CTA.....	29
4.4	KONTRASTNÍ LÁTKY A JEJICH PODÁNÍ.....	29
4.5	TECHNIKA PROVEDENÍ .....	31
4.5.1	EXPOZICE .....	31
4.5.2	KOLIMACE.....	32
4.5.3	FAKTOR STOUPÁNÍ .....	32
4.5.4	CIRKULAČNÍ ČAS .....	32
4.5.5	CIRKULAČNÍ FÁZE .....	33
4.5.6	POSTPROCESSING.....	33
4.5.7	REKONSTRUKCE PRO CTA .....	34
5	VENTILAČNÍ/ PERFUZNÍ SCINTIGRAFIE PLIC.....	36
5.1	PERFUZE .....	39
5.2	SPECT/CT .....	39
5.3	VENTILAČNĚ/PERFUZNÍ SPECT.....	40
6	ROLE RADIOLOGICKÉHO ASISTENTA U JEDNOTLIVÝCH VYŠETŘENÍ.....	42
6.1	RTG – PROSTÝ SNÍMEK PLIC .....	42
6.2	SONOGRAFIE, ECHOKARDIOGRAFIE .....	42
6.3	DSA.....	43
6.4	MR ANGIOGRAFIE.....	43
6.5	CT ANGIOGRAFIE .....	43

6.6	PERFUZNĚ VENTILAČNÍ SCAN.....	45
7	KAZUISTIKY.....	46
7.1	KAZUISTIKA V/P SCAN.....	46
7.2	KAZUISTIKA CT .....	48
8	DISKUSE.....	49
	ZÁVĚR.....	54

## SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek 1 Poruchy ventilace a perfuze v plicích .....	19
Obrázek 2 MDCT Phillipse Brilliance .....	28
Obrázek 3 Pulmonary embolism on spect/ct .....	36
Obrázek 4 Protokol CTA.....	44
Obrázek 5 Emboly v plicnici.....	48
Obrázek 6 Žádost o dovození nahlédnutí - IKEM .....	58
Obrázek 7 Žádost o dovození nahlédnutí - Na Františku.....	59
Tabulka 1 Nejčastější příznaky PE .....	22
Tabulka 2 Nálezy na snímcích RTG .....	25
Tabulka 3 Poměr CT vůči SPECT/CT v ČR.....	51

## SEZNAM ZKRATEK

CTA	CT angiografie
DSA	digitální subtrakční angiografie
DX	dexter
HDŽ	horní dutá žíla
CHOPN	chronická obstrukční plicní nemoc
KL	kontrastní látka
i.v	intravenózně
MDCT	multidetektorový vypočetní tomograf
MIP	maximum intensity projection
MPR	multiplanární rekonstrukce
PAD	perorální antidiabetika
PE	plicní embolie
RA	radiologický asistent
SIN	sinister

## SEZNAM ODBORNÝCH VÝRAZŮ

Alterace	změna
Atelektáza	nevzdušná plíce
Atenuace	zeslabení
Exsudát	zánětlivý výpotek
Dexter	pravý
Fluidothorax	plicní výpotek
Hemoptýza	vykašlávání krve
Kanylace	zavedení kanyly do žíly
Konstrikce	zúžení
Sinister	levý
Spasmus	křeč, sevření
Synkopa	mdloba, krátkodobá ztráta vědomí
Transudát	nezánětlivý výpotek

## ÚVOD

Plicní embolie patří v dnešní době mezi poměrně častá život ohrožující onemocnění kardiovaskulárního systému postihující pacienty všech věkových skupin včetně mladých, je součástí denní praxe na všech interních odděleních. Její závažnost kolísá od nízkého rizika s dobrou prognózou až po vysoce závažné šokové stavy a procento její mortality není zanedbatelné, až 30% u neléčené akutní PE, u léčené zhruba 8%. Patří jí třetí místo v příčinách úmrtí v České republice. Odhadem onemocní ročně až 10 000 pacientů. Její správná a včasná diagnostika, která má zásadní význam pro zahájení léčby a další osud nemocného, zůstává však i přes obecné pokroky v diagnostice kardiovaskulárních chorob stále obtížná, nicméně je základním předpokladem úspěšné terapie.

Vzhledem k dobré dostupnosti a nepřetržitému provozu radiologických oddělení disponujících multidetektorovým CT přístrojem ustoupila do pozadí metoda klasické DSA jakožto invazivního vyšetření, které se provádí pouze ve specializovaných centrech. Pro menší nemocnice bez oddělení nukleární medicíny může být obtížně dosažitelná i plicní scintigrafie, avšak i v těchto zařízeních se stále častěji objevuje spirální CT technologie, a tedy i dostupnost spirální CT angiografie.

# 1 ANATOMIE A FYZIOLOGIE DÝCHACÍHO SYSTÉMU

Dýchací systém zajišťuje výměnu plynů ( $O_2$  a  $CO_2$ ), a to vnějším dýcháním mezi vnějším prostředím a plícemi, a vnitřním dýcháním mezi krví a tkáněmi. Tato výměna slouží nejen k okysličování krve, ale má i podíl na udržení acidobazické rovnováhy.

## 1.1 ANATOMIE

### 1.1.1 DUTINA NOSNÍ (CAVUM NASI)

Začíná zevním nosem (*nasus externus*), jež má tvar trojboké pyramidy začínající kořenem nosu (*radix nasi*), pod ním je hřbet nosní (*dorsum nasi*) směřující k nosnímu hrotu (*apex nasi*). Boční stěny jsou tvořeny křídly (*alaenas*) a obkružují dírky (*nares*).

Dutina nosní se dělí na předsíň (*vestibulum nasi*), která je uvnitř zevního nosu a vlastní dutinu nosní (*cavitas nasi propria*) rozdělenou přepážkou (*septum nasi*) na dvě poloviny. Prostor dutiny nosní je dělen nosními skořepami (*concha nasalis media et inferior*) na nosní průchody (*meatus nasi superior, media et inferior*).

### 1.1.2 VEDLEJŠÍ DUTINY NOSNÍ (SINUS PARANASALES)

Vznikají tzv. pneumatizací, což znamená, že sliznice zasahuje do dutin kostí, které ohraničují dutinu nosní a tyto ustupují. Vedlejší dutiny nosní jsou čtyři – *sinus frontalis* v kosti čelní, *sinus maxillaris* v těle *maxilly* je z vedlejších dutin největší, *sinus ethmoidales* tvořená několika dutinkami na každé straně a *sinus sphenoidalis*, která se nachází v těle kosti klínové a je rozdělena septem.

### 1.1.3 NOSOHLTAN (NASOPHARYNX)

Nebo také *pars nasalis pharyngis* je nejvýše položená část hltanu.

### 1.1.4 HRTAN (LARYNX)

Dutá trubice tvořená chrupavkami, vazy a svaly sloužící k dýchání a tvorbě hlasu. Jeho dutina má tvar přesýpacích hodin. Zúžení uprostřed je tvořeno dvěma štěrbinami – *rima vestibuli*, která je mezi nepravými, nepohyblivými hlasivkovými vazy *plicae vestibulares* a *rima glottidis*, kolem níž jsou vlastní hlasivky (*plicae vocales*). Chrupavky tvořící larynx se nazývají *cartilago epiglottica*, *cartilago thyreoidea* a *cartilago cricoidea* a párová chrupavka – *cartilagine arytenoidae*.

### 1.1.5 PRŮDUŠNICE (TRACHEA)

Je zhruba 12 cm dlouhá, dělí se na krční a hrudní část. Krční úsek začíná u prstencové chrupavky, na které je průdušnice zavěšena. Hrudní úsek se nachází v horním mediastinu, kde je průdušnice posunuta lehce doprava obloukem aorty. Její stěnu tvoří podkovovité chrupavky spojené vazivem a na zadní stěně hladkou svalovinou a vazivem, zde chrupavka chybí.

### 1.1.6 PRŮDUŠKY (BRONCHI PRINCIPALES)

Průdušnice se dále dělí na dva hlavní průduškové kmeny – pravou průdušku (*bronchi principales dexter*), která je kratší a odstupuje pod uzavřenějším úhlem, a delší, pozvolnější levou průdušku (*bronchi principales sinister*). Tyto dva hlavní kmeny se posléze dělí na lalokové – vlevo dva (*bronchus lobaris superior et inferior sin.*) a vpravo tři (*bronchus lobaris superior, medius et inferior dx.*) větve a dále na větve segmentové.

Stěna průdušek je podobná stěně průdušnice, tvoří ji podkovité chrupavky a zezadu vazivo a hladké svalstvo.



### 1.1.7 PLÍCE (*PULMO*)

Párový orgán houbovitě konzistence uložený v pleurálních dutinách vystlaných pohrudnicí (*pleura parietalis*), která přechází v poplicnici (*pleura visceralis*) a přikrývá povrch plíce.

Prostor mezi pleurálními dutinami se nazývá mezihrudí (*mediastinum*) a kromě dalších orgánů (jícen, srdce) je na jeho vnitřní straně plicní hilus jímž do plic vstupuje hlavní kmen bronchu a dělí se na pravý a levý.

Pravá plíce (*pulmo dexter*) má tři laloky (*lobus superior, medius et inferior*) dále se dělí na segmenty, což je základní stavební a funkční jednotka plic, je ventilovaná jedním bronchem a vyživovaná jednou větví plicní tepny. Pravá plíce má těchto segmentů deset, v levé plíci (*pulmo sinister*) jsou dva laloky (*lobus superior et inferior*) a osm segmentů. (Naňka, 2009)

Trachea, bronchy a bronchioly vytvářejí k úrovni terminálních bronchiolů transportní zónu, která slouží k proudění vzduchu. Bronchy vstupující do plic plicním hilem se postupně větví na respirační (*bronchioly respiratorii*) a spolu s alveolárními dukty a alveoly vytváří zónu respirační, jež se podílí na výměně plynů O<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub> mezi nimi a krevními kapilárami. (KLENNER, 1999)

### 1.1.8 KREVŇÍ OBĚH PLIC

Plicní arterie dělí se od trunku pulmonalis na pravou a levou hlavní arterii a dále na menší větve sledují bronchiální větvení na rozdíl od žilního systému, který podél bronchiálního větvení neprobíhá.

Krevní oběhy jsou v plicích dva – nutritivní a funkční.

**Nutritivní oběh** nebo také bronchiální cirkulace tvoří bronchiální tepny (*aa. bronchiales*), což jsou větve hrudní aorty a zajišťují výživu pro stěny bronchů, vmezežené vazivo plic, lymfatické uzliny a poplicnici. Vytvářejí spojky s větvemi a. pulmonalis. Bronchiální žíly (vv. *bronchiales*) odvádějí krev pouze z *aa. bronchiales* až od oblasti středních bronchů a vlévají se do *v. azygos* a *v.*

*hemiazygos*. Žilní krev z okrajů bronchiálního stromu teče přímo do plicních žil a patří k funkčnímu oběhu. (NAŇKA,)(KLENNER, 1999)

**Funkční (plicní) oběh** neboli malý oběh krevní zajišťuje výměnu O<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub> mezi krví a vzduchem. Z pravé komory srdeční vystupuje *truncus pulmonalis*, který se záhy rozdělí na pravou a levou hlavní arterii (*a. pulmonalis dexter et sinister*) a dále se větví až na kapiláry kolem alveolů. Odtud naopak sbírají krev *vv. bronchiales*, procházejí mezi segmenty a v plicním hilu přivádějí krev do čtyř *vv. pulmonales* – dvě pravé a dvě levé.

Plicní oběh funguje rovněž jako tzv. nárazník krevního objemu, což znamená, že vychytává drobné krevní sraženiny ze žilního systému, aby nebyly zaneseny do tepenného řečiště a nezpůsobily větší škody v životně důležitých orgánech jako je mozek a srdce. (NAŇKA,)(KLENNER, 1999)

## 1.2 FYZIOLOGIE

Horní cesty dýchací zajišťují ohřátí a filtraci vdechovaného vzduchu.

Základní funkce tracheobronchiálního stromu jsou ventilace, respirace, distribuce, perfuze a difuze.

**Ventilace** - proces, kterým dochází k výměně plynů mezi zevním prostředím a plicními alveoly. Při nádechu (*inspirium*) se zvětšuje objem hrudníku, klesá zde tlak a vzduch proudí z okolního prostředí do plic. Při výdechu (*exspirium*) je tomu naopak. Dýchá-li člověk normálně, využívá při výdechu energie nádechu a elasticity plic a hrudníku, ty se vracejí do původní polohy, tím v hrudníku stoupá tlak a vytlačuje vzduch z plic. Při usilovném výdechu, kdy je třeba vydechnout celou vitální kapacitu, je nutná aktivní účast expiračních svalů.

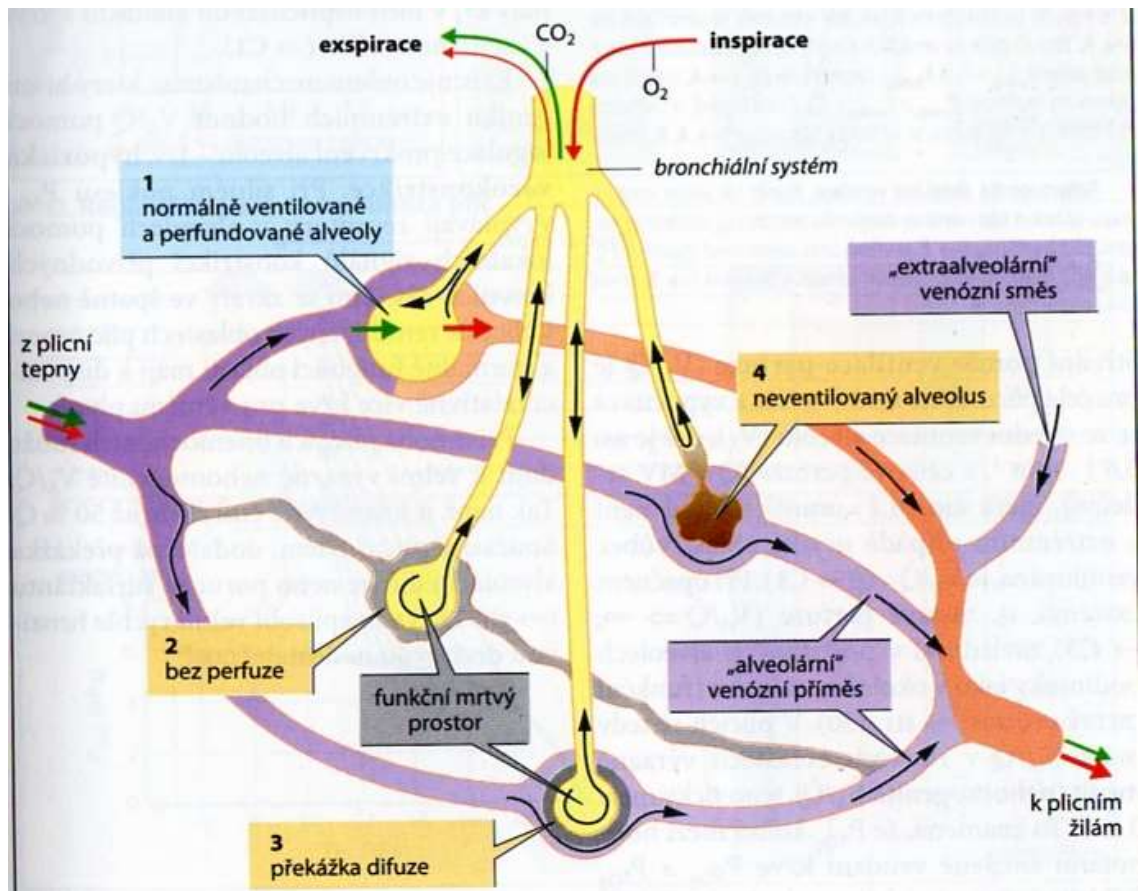
**Respirace** - mechanismus příjmu kyslíku a výdeje kysličníku uhličitého.

**Distribuce** - rozdělení vzduchu v různých částech plic.

**Perfuze** - průtok krve plícemi začínající plícnicí (*arteria pulmonalis*), která z pravé srdeční komory přivádí neokysličenou krev do kapilár kolem alveolů. V alveolech probíhá difúze kyslíku do krve a kysličníku uhličitého do alveol.

**Difuze** - transport plynů přes buněčnou a membránovou bariéru, což znamená, že kyslík se dostává do plicních alveolů a odtud prochází přes alveolární membránu do krevního oběhu a ten jej přenesse dále do tkání. O<sub>2</sub> difunduje z krve do buněk a CO<sub>2</sub> vznikající v buňkách opačným směrem. (SIBERNAGL, 2004)

Obrázek 1 Poruchy ventilace a perfuze v plicích



Zdroj: Atlas fyziologie člověka, 2004, str. 121

### 1.3 PATOLOGIE DÝCHACÍHO SYSTÉMU

**Plicní edém** – může být nekardiální a kardiální. Nekardiální souvisí s převodněním, příčinou bývá renální nedostatečnost, kardiální plicní edém je způsoben selháváním levostranných srdečních oddílů a neschopností přečerpávat krev z plic.

**Plicní embolie** – ucpání cév plicního řečiště zpravidla způsobené vmetkem z žilního systému nejčastěji dolních končetin. Jako raritní možnost je embolizace plodovou vodou či vzduchová embolie.

**Plicní hypertenze** – stav, kdy střední tlak krve v plicnici v klidu je roven 25 mm Hg nebo vyšší. Pacienti s plicní hypertenzí jsou více ohroženi vznikem plicní embolie vzhledem k zúžení plicních tepen. Zvýšení tlaku v plicnici nemusí

být vždy primární a může být důsledkem selhávání levého srdce, kdy se objevují známky plicní venózní hypertenze a fluidothorax. (BROŽÍK, 2014)

Závažnost akutní plicní embolie závisí na velikosti plicní cévní obstrukce vyvolané embolií a na předchozím stavu srdce a plic. U pacientů bez předchozího srdečního či plicního onemocnění je ke vzniku plicní hypertenze třeba 50% obstrukce plicního cévního řečiště. U pacientů s kardiálním nebo dřívějším plicním onemocněním postačí i menší obstrukce plicní cirkulace k vyvolání plicní hypertenze. Závažnost plicní hypertenze je tedy určována především stupněm cévní obstrukce. Spazmus cév v plicní cirkulaci se neúčastní vzniku plicní hypertenze při plicní embolii

**Bronchiální astma** – dušnost způsobená spasmem či konstrikcí bronchů.

**CHOPN**-chronická obstrukční choroba bronchopulmonální

**Pneumokonióza** – též zaprášení plic je porucha ventilace způsobená fibrózou v důsledku dlouhodobého vdechování prachu

**Zánětlivá a infekční onemocnění** – tuberkulóza, bronchopneumonie

**Nádorová onemocnění** - primární karcinom plic, metastázy jiných nádorů do plic

**Plicní fibroza**- chronické zánětlivé onemocnění

## 2 PLICNÍ EMBOLIE

Plicní embolie (PE) je obecný termín označující obstrukci různě velké části plicního arteriálního řečiště způsobené zanesením krevní sraženiny krevním proudem. (Klener, 1999)

Příčinou plicní embolie jsou nejčastěji trombózy hlubokých žil dolních končetin (až 85%), a to nejen proximální, ale i popliteální; dále mohou být zdrojem embolie pánevní žíly, ledvinné žíly či dolní dutá žíla.

V posledních letech se častěji vyskytují i embolie z oblasti horní duté žíly v souvislosti s kanylací žilního systému.

Z klinického hlediska dělíme akutní plicní embolii na několik typů:

- akutní masivní plicní embolie, která se vyznačuje hemodynamickou nestabilitou a jejíž mortalita se pohybuje okolo 20%.
- akutní submasivní plicní embolie je hemodynamicky stabilní, ale při echokardiografickém vyšetření zjistíme známky dysfunkce pravé komory.
- submasivní plicní embolie nevykazuje známky dysfunkce pravé komory.
- akutní malá plicní embolie může proběhnout bezpříznakově nebo se projeví jen zrychleným dýcháním a zvýšenou tepovou frekvencí.
- subakutní masivní plicní embolie se projevuje námahovou dušností zvyšující se v průběhu týdnů.

Nejčastější příznakem akutní plicní embolie je náhle vzniklá nebo prudce zhoršená klidová dušnost (85 – 90%), často s bolestí na hrudi (50%), která má charakter buď pleurální, nebo připomíná kardiální bolest.

Tabulka 1 Nejčastější příznaky PE

<i>Nejčastější klinické symptomy akutní plicní embolie – studie ICOPER, n=2110 (Goldhaber a spol. 1999)</i>	
<b>klinická známka</b>	<b>výskyt</b>
náhle vzniklá dušnost	82 %
bolest na hrudi jakéhokoliv charakteru	49 %
kašel	20 %
synkopa	14 %
hemoptýza	7 %

Zdroj: <http://www.kardio-cz.cz/>

Rizikové faktory pro vznik plicní embolie jsou vyšší (5–20x), kam patří velké břišní operace a ortopedické operace dolních končetin s následným znehybněním, traumata dolních končetin a pánve, gravidita ve vyšším věku nebo maligní nádory v břišní dutině s metastázami; a rizikové faktory menší (2-4x) jako jsou hypertenze, obezita, hormonální antikoncepce a substituce, skrytá malignita.

Trombolytická léčba je indikována u hemodynamicky nestabilních nemocných, nemocných s vysokým rizikem masivní plicní embolie, provázené kardiogenním šokem nebo hypotenzí (systolický tlak nižší než 90 mm Hg nebo pokles systolického tlaku o > 40 mm Hg) nebo projevy akutního pravostranného srdečního selhání. Trombolytická léčba je indikována dále u plicní embolie neustupující při léčbě heparinem, u recidivující a narůstající plicní embolie, v přítomnosti trombů v pravém srdci a u pacientů s foramen ovale apertum s pravolevým zkratem. Trombolytikem volby je altepláza. Při kontraindikaci trombolytické léčby nebo její neúčinnosti je na místě embolektomie nebo katetrizační léčba.

## 3 MOŽNOSTI DIAGNOSTIKY

### 3.1 KLINICKÉ

Diagnostika tromboembolické nemoci pouze klinická, bez užití laboratorních a zobrazovacích metodik, je velmi problematická. Při podezření na tuto příčinu dušnosti je třeba vzít v úvahu anamnestická data, tj. stav po operaci, u žen užívání estrogenů, data v rodinné anamnéze, která mohou svědčit pro výskyt koagulační poruchy.

K základnímu vyšetření může sloužit i EKG se změnami svědčícími pro přetížení pravé komory a především echokardiografie, která se ukazuje jako velmi pomocnou metodou v diagnostice masivní hemodynamicky nestabilní akutní plicní embolie. Její cena tkví v odlišení jiných příčin hemodynamické nestability.

Proto by echokardiografie měla být k dispozici v každé nemocnici 7 dní v týdnu 24 hodin.

Ve fyzikálním nálezu ale kromě tachykardie a tachypnoe nemusí být výraznější alterace a diagnostika musí být provedena jinak. Zvláště obtížná je diagnostika při sukcesivní plicní embolii, kde k prohlubující se dušnosti dochází postupně.

Na koronárních jednotkách bývá běžně dostupná echokardiografie, kde lze nepřímo hodnotit plicní hypertenzi a z toho usuzovat na poruchu průtoku krve plicním řečištěm.

### 3.2 LABORATORNÍ

Jako hlavní laboratorní marker plicní embolie se dnes užívá stanovení D-dimerů, produktu rozpadu fibrinogenu. Tento marker je ale nespecifický a jeho použití je především u stavu střední pravděpodobnosti. Jeho pozitivita nemusí nic znamenat, může být pozitivní při řadě stavů, jako jsou záněty,



nekrózy, nádorová onemocnění, infekce. Stanovení D-dimerů má hlavní význam při vyšetřování ambulantních hemodynamicky stabilních nemocných s nízkou nebo intermediální klinickou pravděpodobností. U hospitalizovaných nemocných je jeho význam menší.

Problém bývá jeho v dostupnosti (zařazení do spektra laboratorních vyšetřovacích metod) poskytovaných laboratoří, která slouží pro zařízení akutní péče.

### **3.3 ZOBRAZOVACÍ**

#### **3.3.1 RTG**

Skioskopie je základní metodou, která obvykle bývá provedena jako první zobrazovací vyšetření při dušnosti v rámci základní diferenciací diagnostiky.

Její význam pro diagnostiku plicní embolie je především ve vyloučení ostatních stavů, které mohou tuto dušnost vyvolávat (CHOPN, bronchopneumonie, nádorové postižení plic).

Na RTG snímku při akutní plicní embolii lze nalézt absenci cévní kresby, zesílení pleury, atelektázu, elevaci bránice na postižené straně, zvětšený hilus, prominenci plícnice.

Při nálezů výpotku jsou některé výpotky zjevně spjaté s určitými definovanými stavy a transudátem (při ascitu či hypoalbuminémii) či exsudátem. Pro plicní embolii je obvyklý výskyt výpotku v určitých lokalitách či naopak.

Tabulka 2 Nálezy na snímcích RTG

<i>Výskyt abnormalit na RTG hrudníku u akutní plicní embolie ve studii ICOPER</i>	
<b>abnormalita na RTG hrudníku</b>	<b>výskyt</b>
elevace bránice na postižené straně	26%
Atelektáza	24%
prominence plicnice	25%
plicní infiltrát	23%
pleurální výpotek na postižené straně	30%
dilatace srdeční	36%

Zdroj: <http://www.kardio-cz.cz/>

U rozvinuté masivní či segmentární plicní embolie je pozitivní hodnocení prostého snímku plic častější, horší situace je u výskytu embolie v subsegmentálních a periferních větvích. (Krupa, 2007)

### 3.3.2 SONOGRAFIE, ECHOKARDIOGRAFIE

Součástí vyšetření by měla být echokardiografie a u normotenzních pacientů také stanovení funkce pravé komory echokardiografií a stanovení biomarkerů plicní embolie. U pacientů s akutní masivní plicní embolií může pozitivní echokardiografický nález rozhodnout o zahájení léčby. V případě negativního nebo nejasného echokardiografického nálezu je třeba provést spirální CT angiografii.

Echokardiografie má u neselektovaných pacientů vyšetřovaných pro podezření na plicní embolii senzitivitu 67% a specificitu 94%. U nemocných s plicní embolií přijatých na jednotku intenzivní péče jsou echokardiografické známky plicní hypertenze přítomny až v 84%. (KARDIO.CZ)

Pro diagnostiku plicní embolie se v určitých algoritmech užívá i duplexní sonografie. Pokud je prokázán zdroj možné embolizace (flebotromboza), je plicní embolie jako příčina dušnosti pravděpodobná a terapie obdobná.

Echokardiografický obraz akutní plicní embolie je typický. Ukazuje dilataci pravé komory a plicnice, kde může být výjimečně patrný i trombus. Spolu se zvýšenými troponiny označuje více rizikovou skupinu normotenzních nemocných. Zvláště cenné se jeví vysoce senzitivní troponin T (hsTnT). V diferenciální diagnóze se obraz akutní plicní embolie nejvíce podobá chronickému cor pulmonale, kde ovšem bývá vidět i dilatace pravé síně, která u plicní embolie chybí.

### **3.3.3 DSA**

Dlouhou dobu byla jako zlatý standard pro diagnostiku plicní embolie používána plicní digitální subtrakční angiografie prováděná Seldingerovou metodou a s ní byly porovnávány výsledky ostatních diagnostických metod. Tato invazivní metodika je ale postupně opouštěna vzhledem k rozvoji ostatních zobrazovacích metodik a angiografií při podání kontrastních látek venózně. V současné době se používá pouze v souvislosti s eventuálním navazujícím cévně intervenčním výkonem a vyžaduje speciálně erudovaný personál a vybavený sál.

Toto vyšetření již není běžně dostupné, využíváné v podmínkách okresní nemocnice.

### **3.3.4 MR ANGIOGRAFIE**

Zatímco MR angiografie je běžně užívána především pro hodnocení perfuze a průtoku nervovými tkáněmi, tak v oblasti plicní embolie se neuplatňuje jako metoda první volby. Důvodem je jak vyšší přístrojová náročnost, cena vyšetření i kapacita MR přístrojů spjatá s objednacími lhůtami. Dále i fakt, že MR angiografie sice vykazuje vyšší senzitivitu pro embolie v centrálních, lobárních a segmentálních tepnách, ale poměrně nízkou pro embolizaci v subsegmentálních větvích. Není tedy schopná jednoznačně vyloučit embolii v drobných subsegmentálních tepnách. Její výhodou by bylo, že není nutné podání jodové kontrastní látky a je tedy použitelná pro pacienty, kteří jsou kontraindikováni k provedení CTA pro alergickou reakci na jodové KL.

Angiografie magnetickou rezonancí s gadoliniem vykazuje střední senzitivitu (77%- 100%), ale vysokou specificitu (95%-98%), jak to ukazují výsledky metaanalýzy s gadoliniem prováděné MR angiografie. (KARDIO.CZ)

## 4 CT ANGIOGRAFIE

### 4.1 HISTORIE CTA

První práce, v nichž byla popsána nová metodika vyšetření výpočetní tomografií, nazvaná helikální CT angiografie (helical CT angiography – CTA), se objevily počátkem 90. let 20. století.

V polovině devadesátých let se zdvojuje detektorový systém – přístroj TWIN – a v roce 1998 se objevuje technické řešení mnohořadé detektorové soustavy jako základ multidetektorového výpočetního tomografu – multislice detektor CT (MDCT), především šestnáctiřadý výpočetní tomograf umožňující pomocí submilimetrové kolimace izotropní zobrazení prostoru. (Ferda, 2004)

Obrázek 2 MDCT Phillipse Brilliance



Zdroj: Vlastní fotografie, NNF

### 4.2 DEFINICE CTA

CT angiografie (CTA) je neinvazivní nebo lépe miniinvazivní způsob zobrazení kardiovaskulární soustavy pomocí helikální akvizice dat a současně intravenózní aplikace kontrastní látky.

První podmínkou správného zobrazení anatomie cévních struktur je tedy zvýšení jejich kontrastu a druhou docílit při akvizici dat dostatečného prostorového rozlišení. U CTA plicnice nejde o zobrazení celkové anatomie plicní tepny, ale o zjištění embolů přítomných v řečišti. Z toho důvodu je vhodnější rozlišení v transverzální rovině. (Ferda, 2004)

### **4.3 INDIKACE CTA**

Je možné je rozdělit na indikace vhodné, kdy jiné metody jsou více zatěžující organismus či méně dostupné nebo efektivní, dále na nahraditelné jinou invazivní metodou a na výběrové, kdy je CTA schopno odpovědět na další otázku např. změny na orgánech zachycených při vyšetření.

Neindikovaná je CTA v případě, že na tyto otázky neodpoví nebo nepřinese žádnou další informaci, třeba v případě, že je současně indikována katetrizační angiografie. (Ferda, 2004)

### **4.4 KONTRASTNÍ LÁTKY A JEJICH PODÁNÍ**

Bez aplikace kontrastní látky nelze CTA provést, její vliv na kvalitu zobrazení cévních struktur je zcela zásadní.

Objem aplikované KL vytvoří vlnu zvýšení denzity, která postupuje cévní soustavou. Toto zvýšení by mělo dosáhnout úrovně 250 HU a výše. Doporučené množství kontrastní látky je 100 – 120 ml, při nižší hmotnosti lze použít jen 80 ml. (Ferda, 2004)

Množství použité kontrastní látky se neřídí pouze hmotností pacienta, ale je třeba znát i jeho renální funkce, zejména hodnotu kreatininu v krevním séru

Nejčastějším místem aplikace jsou žíly předloktí, někdy je u pacienta zajištěn centrální žilní katetr, v případě jeho použití je nutno počítat se zkrácením doby cirkulace KL na místo skenování o 10 – 15s.

Kanyla, která je zavedena, by měla mít dostatečný průsvit, aby byla schopna pojmout průtok až 5ml/s, tedy průsvit 16 - 20G (gauge).

Na našem oddělení jsou používány nejčastěji zelené kanyly o šíři 18G a průtok 3,5 – 4 ml/s. Jedná-li se o pacienta se slabými a křehkými žilami, nejčastěji staršího či po chemoterapiích, volíme růžovou kanylu 20G a snížíme průtok na maximálně 3,0 ml/s. Zda je kanyla správně zavedena je třeba vyzkoušet ještě před podáním kontrastní látky prudkým vstříknutím 20 ml fyziologického roztoku.

Koncentrace KL pro CTA je doporučována 350 mg/l a vyšší, protože je třeba dosáhnout vysoké denzity v cévách při poměrně krátkém akvizčním čase.

Na našem pracovišti se původně používal lomeron 400 mg/l, ale protože denzita v plicní žíle (na rozdíl od mozkových tepen, kde se používá dodnes) byla příliš vysoká a céva byla příliš kontrastní, a zase naopak při použití lomeron 350 mg/l se denzita zdála nižší a žíla kontrastní málo, osvědčilo se nám smíchání obou kontrastních látek v poměru 1:1, tedy 50 ml lomeronu 350 mg/l a 50 ml lomeronu 400 mg/l.

Kontraindikací pro podání KL je především alergie pacienta na jód, relativní kontraindikací jsou zhoršené renální funkce (hodnota kreatininu v krvi přesahuje 300 mmol/l) a diabetes II. typu na PAD obsahujících účinnou látku metformin. Pacienti s tímto typem cukrovky léčící se metforminem jsou poučeni, že mají lék dva dny před plánovaným vyšetřením vysadit. Vyšetření CTA ovšem bývá zpravidla indikováno jako akutní pro náhle vzniklou dušnost a prováděno z vitální indikace, je tedy nutné, aby tuto skutečnost indikující lékař zdůraznil na žádance.

Jedná-li se o nemocného se známou alergickou reakcí na některé léky či polyvalentní alergií, pacienta s bronchiálním astmatem, je povinností indikujícího lékaře pacientovi provést antialergickou přípravu, to znamená poučit ho, že večer před plánovaným vyšetřením si vezme Prednison tbl. 40 mg a v den vyšetření ráno 20 mg a zapije vodou.

Není-li pacient se známou alergií antialergicky připraven, může lékař provádějící kontrastní vyšetření před podáním kontrastní látky aplikovat

kortikoid, nejčastěji Solu-Medrol 100mg i.v. Jde li o vyšetření plánované, je lékař rentgenolog oprávněn toto vyšetření odmítnout a přeložit na jiný termín.

Jedná-li se o akutní vyšetření pacienta s alergickou anamnézou, indikující lékař připraví pacienta kortikoidem i.v. a na žádanku napíše, že se jedná o vyšetření z vitální indikace.

U pacientů s anamnézou silné alergické reakce na jodové kontrastní látky nebo s diagnózou ledvinné dysfunkce je používána duplexní sonografie žil dolních končetin a plicní scintigrafie.

## **4.5 TECHNIKA PROVEDENÍ**

Pro správné zobrazení a výtěžnost vyšetření je důležité správné použití akvizičních parametrů, které ovlivňují kvalitu naměřených hrubých dat. (FERDA, 2009)

Mezi akviziční data patří expozice (nastavení napětí a proudu na rentgence), kolimace, počet datových stop, rychlost posunu stolu a rychlost otáčky rotoru gantry o 360° neboli faktor stoupání (pitch).

Výsledná hrubá data jsou dále použita k rekonstrukci obrazových dat pomocí rekonstrukčních parametrů, jež zásadně ovlivňují jejich kvalitu. Rekonstrukčními parametry jsou rekonstrukční increment, což je šíře rekonstruované vrstvy překrývání mezi jednotlivými obrazy, a rekonstrukční algoritmus. Rovněž je třeba správného nastavení pole, tzv. field of view. Upravená a zrekonstruovaná data jsou odesílána do digitálního archivu PACS (picture archiving and communicating systém). (FERDA, 2009)

### **4.5.1 EXPOZICE**

Expozice je nastavení proudu (mAs) na rentgence a nastavení napětí (kV), jejich vzájemným poměrem je ovlivněn šum obrazu a absorbovaná dávka. (FERDA, 2009)



Běžné hodnoty nastavení napětí v kV jsou 80, 100, 120 a 140. U CT angiografie je doporučené nastavení napětí 100 – 120 kV/120 mAs.

#### **4.5.2 KOLIMACE**

Kolimace spolu s počtem datových stop vznikajících otočením gantry o celou otáčku 360° ovlivňují kvalitu zobrazení u multidetektorových systémů CT. Úhrnná kolimace udává šíři detektorové soustavy ozářené zářením X ve směru osy Z, datová stopa (dříve též nominální kolimace) je počet simultánně získaných stop důležitých pro prostorové rozlišení datového pole hrubých dat. Běžné nastavení kolimace/faktor stoupání pro CTA je 0,6 – 0,75 mm/1,5. (FERDA, 2009)

#### **4.5.3 FAKTOR STOUPÁNÍ**

Faktor stoupání neboli pitch je poměr mezi posunem stolu za jednu otáčku gantry o 360° a úhrnnou kolimací. Určuje hustotu závitů datových stop získaných během akvizice dat při posouvání stolu s pacientem skrze gantry. (FERDA, 2009)

#### **4.5.4 CIRKULAČNÍ ČAS**

Interval mezi podáním kontrastní látky a nasycením cílové oblasti, tedy doba, za kterou se dostane kontrast z místa aplikace do vyšetřované cévy. Jeho určení je nutné pro přesnou synchronizaci aplikace kontrastní látky a skenování. Použitelné jsou tři metody, z nichž od empirické se upouští, je použitelná jen u přístrojů s pomalou akvizicí. U moderních přístrojů s rychlou akvizicí je zjišťován pomocí bolus-timingu nebo bolus-trackingu.

**Bolus timing** neboli testování bolusu – pro stanovení cirkulačního času se aplikuje relativně malé množství kontrastní látky průtokem, který bude použit pro vlastní vyšetření cév. Pomocí nízkodávkových skenů v jediném místě s periodou 1-2 s se zjišťuje časový vývoj denzity ve sledované cévě. Podle

zjištěné doby maximálního vzestupu denzity se určí cirkulační čas pro akvizici CTA. Nevýhodou je zvýšení dávky aplikované kontrastní látky a nepřesnosti ve stanovení cirkulačního času, protože při aplikaci většího objemu KL, byť stejným průtokem, dochází ke změně cirkulačních parametrů. (FERDA, 2004)

**Bolus tracking** – monitorování bolusu. Fyziologickou metodou správné synchronizace aplikace kontrastní látky a akvizice dat je monitorování vývoje denzity již při aplikaci vlastního bolusu KL v rámci vyšetření CTA.

Na plánovacím skenu radiologický asistent určí úroveň monitorování a zvolí požadovanou cévu. Do této cévy umístí vzorkovací objem a stanoví se požadovaná prahová denzita. Po dosažení prahové denzity přístroj samočinně spustí akvizici dat. (FERDA, 2004)

Problémy se stanovením cirkulačního času nastávají v případě překážky venózní cesty do srdce, selhávání srdce nebo arteriální obstrukce proximálně od vyšetřované cévy. Cirkulační čas bývá prodloužen, proto může být obvyklá doba testování krátká. Chybným umístěním vzorkovacího objemu obsluhou do žíly (např. HDŽ) může dojít k předčasnému zahájení akvizice dat. V případě obliterované cévy kontrastní látka nepřitéká a k zahájení akvizice nedojde ve správnou chvíli. (FERDA, 2004)

#### **4.5.5 CIRKULAČNÍ FÁZE**

Odpovídá jednotlivým fázím průchodu kontrastní látky cévním systémem a farmakokinetické distribuci. Plicní arteriální fáze činí odstup 10-15 s.

#### **4.5.6 POSTPROCESSING**

Postprocessing je následné zpracování hrubých dat, která jsou získána při akvizici dat nastavením rekonstrukčních parametrů. Nastavením rekonstrukčního algoritmu se zvýrazní či naopak potlačí přechod denzitního rozhraní mezi jednotlivými obrazovými částmi. Pro rekonstrukce CTA je vhodný velmi měkký algoritmus, který ovšem nelze příliš použít pro plicní parenchym.

Vzhledem k tomu, že by spolu s CTA měl být plicní parenchym hodnocen, je třeba rekonstruovat obrazy i s použitím algoritmu se zvýrazněním přechodů denzit.

#### 4.5.7 REKONSTRUKCE PRO CTA

##### **MIP** – Maximum Intensity Projection

- vzniká na principu paralelních přímk procházejících trojrozměrným objemem a hustota pixelů výsledného obrazu odpovídá maximální hustotě v průběhu jednotlivé přímky. Při jeho vytvoření dosáhneme zvýraznění struktur s vyšší denzitou (cévy naplněné kontrastem),
- pro kvalitní obraz je nutné dosáhnou kvalitní náplně KL (denzita 200-250 HU),
- zvolit efektivní šíři axiálních obrazů, šíři nad 3 mm se zobrazí největší cévy, k zobrazení tenkých cév volit šíři 2-5 mm. (FERDA, 2009)

##### **MinIP** – Minimum Intensity Projection,

- je opačného principu než MIP
- využívá se k zobrazení struktur vyplněných obsahem s velmi nízkou denzitou vůči okolním tkáním (dýchací soustava),
- největší využití k zobrazení tracheobronchiálního stromu, diagnostika plicního emfyzému. (FERDA, 2009)

##### **VRT** – Volume Rendering Technique

- umožňuje rychlé a přehledné zobrazení prostorových poměrů,
- používají se sady tenkých vrstev překrývajících se v závislosti na šířce o  $\frac{1}{4}$  až  $\frac{1}{2}$ ,

- nejčastější je rekonstrukční algoritmus s potlačením denzitních rozhraní, který snižuje vliv šumu. (FERDA, 2009)

#### **MPR – Multiplanární Rekonstrukce**

- rovinný obraz vytvořený z trojrozměrného objemu dat,
- používá se v rovině frontální a sagitální (FERDA, 2009)

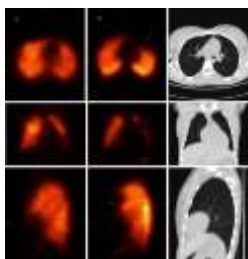
## 5 VENTILAČNÍ/ PERFUZNÍ SCINTIGRAFIE PLIC

Tato metoda zobrazuje regionální prokrvení a provzdušnění plic, distribuci krevního průtoku plicním řečištěm blokádou části plicních kapilár. Po dlouhou dobu zaujímala dominující roli. Používá se suspenze částic denaturovaného albuminu značeného  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA ( $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA značený makroagregát albuminu,  $^{99m}\text{Tc}$ -MAA).

Scintigrafie plicní ventilace se provádí pomocí radioaktivních plynů ( $^{81m}\text{Kr}$ ) nebo aerosolů ( $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA). Radioaktivní plyny zobrazují alveolární ventilaci plic, aerosoly pronikají pouze do koncových částí dýchacích cest (nikoli do alveolů), takže v případě turbulentního proudění při CHOPN je zobrazení distribuce proudu vzduchu nepřesné. Do klinické praxe byl zaveden Technegas aerosol (karbonové částice značené  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA) s ultra jemnou dispersí. Díky velikosti svých částic je schopen penetrovat hluboko do alveolů a tam zůstat vázaný na ohraničení alveolů, obraz při V scintigrafii je tak stabilní.

Zobrazení obvykle provádíme na planární gamakameře vsedě nebo vleže, vhodnější je snímat tomografické obrazy SPECT. Planární zobrazení je však na rozdíl od SPECT možno provést i u klaustrofobických pacientů. V nouzi při těžkém celkovém zdravotním stavu pacienta můžeme provést i méně snímků podle předpokládané lokalizace embolu. V poslední době se stále více používají hybridní přístroje SPECT/CT

Obrázek 3 Pulmonary embolism on spect/ct



Zdroj: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4003400/>

Vývoj i v nukleární medicíně vede k vývoji hybridních přístrojů (SPECT/CT) nejprve pro korekce atenuace při low dose CT, posléze i k plnohodnotnému CT (bez nutnosti podání jodové kontrastní látky).

Velmi podstatným problémem při použití metod nukleární medicíny je jejich dostupnost, nejen regionální, ale i časová.

V naprosté většině je perfuzní scintigrafie dostupná pouze v obvyklou pracovní dobu oddělení v rámci jedné či max. dvou denních směn, mimo tento čas není obvyklá (důvody organizační, personální i technické). V případě podezření na akutní embolii je tedy možnost vyšetřovat jen v běžnou denní pracovní dobu pro ošetřujícího lékaře rozhodujícího o dalším terapeutickém postupu pacientů s dušností velmi nevýhodná, i z tohoto důvodu plíc přestává být perfuzní scintigrafie vyšetřením první volby, přestože je to vysoce sensitivní a přesná metodika pro určení této diagnózy, jak potvrzuje i recentní metaanalýza na toto téma

Pro ventilační studie může být použito několik různých radiofarmak-inertní plyny  $^{81m}\text{Kr}$ ,  $^{99m}\text{Tc}$  - radiofarmaka jako carbonová suspenze Technegas, nebo radioaerosol jako ( $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA).

$^{81m}\text{Kr}$  je dodáván z  $^{81}\text{Rb}/^{81m}\text{Kr}$  generátoru. Krátký poločas 13 s způsobuje, že  $^{81m}\text{Kr}$  je inhalován kontinuálně během zobrazování a že jeho mizení z oblasti alveolů rozpadem je mnohem rychlejší než výdechem. Díky tomu při normální dechové frekvenci regionální  $^{81m}\text{Kr}$  koncentrace odpovídá regionální ventilaci. Díky vyšší energii gamazářiče (190.6 keV)  $^{81m}\text{Kr}$  v porovnání s  $^{99m}\text{Tc}$  (140 keV), může být V/P vyšetření prováděno současně. Efektivní radiační dávka  $^{81m}\text{Kr}$  je velmi nízká (27 nSv/MBq, <0.2 mSv pro 6 000 MBq). Užití  $^{81m}\text{Kr}$  je hlavně limitováno vzdáleností pracoviště od cyklotronu, neboť generátor produkovaný cyklotronem je použitelný pouze jeden den ( $T_{1/2}$  of 4.6 h pro  $^{81}\text{Rb}$ ).  $^{81m}\text{Kr}$  je nákladově efektivní, čím vyšší je počet vyšetřených pacientů na pracovišti, na druhou stranu jsou náklady vysoké, pokud je z tohoto dodaného generátoru vyšetřeno jen několik pacientů.  $^{133}\text{Xe}$  je jen vzácně užíván u ventilační scintigrafie díky jeho omezené dostupnosti a nízké energii.

$^{99m}\text{Tc}$  - značený Technegas (Cyclomedica Australia, Australia) sestává z malých částíček  $^{99m}\text{Tc}$ -grafitu (5 – 200 nm), které jsou generovány hořením větších grafitových částic a  $^{99m}\text{Tc}$ -pertechnetate v plynném argonu ve vysoké teplotě. Částice se zvětší agregací a tak mohou být podány během 3 minut (ne více než v 10 minutách). Pacient vdechne jeden až 3 hluboké vdechy před zobrazením a většina částic je uložena procesem difuze do alveolů, s biologickým poločasem  $T_{1/2}$  of 135 h. Důsledkem toho není čas k zahájenému snímání a doba snímání není časově kritická. Avšak díky sedimentaci, hot-spots se mohou objevit v horních dýchacích cestách a radioaktivita se může pohybovat vzhůru velkými dechovými cestami pomocí mucocilárních buněk a kašlem během snímání SPECT. Efektivní radiační dávka (15  $\mu\text{Sv}/\text{MBq}$ , 0.5 – 0.8 mSv pro 30 – 50 MBq) je vyšší než pro  $^{81m}\text{Kr}$  a radioaerosoly, ale nižší než pro radiofarmaka užívaná pro perfuzi .

Radioaerosoly jsou tvořeny v nebulizátorech, kde jsou preferenčně tvořeny částice velikosti o průměru 1 – 3  $\mu\text{m}$ ). Pokud jsou inhalovány pomalu, sedimentují do dolních dýchacích cest a do oblasti alveolů. Načasování a délka snímání je důležitá, protože retence v plicích závisí na typu radiofarmaka užitého pro ventilaci.  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA je odstraňován přes alveolární kapilární spojení s  $T_{1/2}$  okolo 60 min u nekuřáků, ale 2 až 5x rychleji u současných kuřáků. Pro rychlou clearance radiofarmaka svědčí rychlý záchyt radioaktivity v ledvinách. Řadou autorů je doporučena a používána korekce pro clearance  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA během vyšetření pomocí. Korekce ale není nezbytná pro  $^{99m}\text{Tc}$ -koloidy (e.g. albumin, sulfokoloidy) neboť ty přetrvávají déle v plicích. Hot-spots ve velkých dýchacích cestách se objevují častěji při použití radioaerosolů než při použití Technegasu. Efektivní radiační dávka z radioaerosolů je nízká :7  $\mu\text{Sv}/\text{MBq}$ , 0.21 mSv pro 30 MBq  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA; 4.7  $\mu\text{Sv}/\text{MBq}$ , 0.15 mSv pro 30 MBq z  $^{99m}\text{Tc}$ -albumin colloid (Venticoll). Na pracovištích, kde se provádí jen málo V/P vyšetření, jsou radioaerosoly nejvýhodnější z hlediska nákladové efektivity.

## 5.1 PERFUZE

Aby byla zajištěna uniformní distribuce perfuze, je nutné aby  $^{99m}\text{Tc}$ -značený makroagregát albuminu ( $^{99m}\text{Tc}$ -MAA) byl podán, zatímco pacient pomalu a hluboce dýchá. Podaná dávka je mezi 100 a 220 MBq (efektivní dávka 11  $\mu\text{Sv}/\text{MBq}$ , 1.1 – 2.4 mSv pro 100 – 220 MBq podané aktivity) a závisí hlavně na výběru radiofarmaka užívaného pro ventilaci. Vyšší dávka je potřeba, pokud je v rámci ventilačního scanu předcházejícího perfuzní scan užit radiofarmakum na základě  $^{99m}\text{Tc}$ , aby byla „přetlučena“ radioaktivita pozadí radiofarmaka užívaného pro ventilační scan. Na některých pracovištích se užívá 300 MBq  $^{99m}\text{Tc}$ -MAA k získání požadovaného poměru P/V ratio vyššího  $\geq 4$  při užití Technegasu, zatímco nižší dávka  $^{99m}\text{Tc}$ -MAA může být použita v případě použití  $^{81m}\text{Kr}$  ventilation, nebo v případě, že ventilační scan nepředchází perfuzní scan. Při i.v.injekci je podáno kolem 400,000 MAA částic, s výjimkou pacientů s plicní hypertenzí nebo pacientů s pravo-levou zkratovou vadou či u dětí.

## 5.2 SPECT/CT

Zavedení hybridní SPECT/CT tomografie umožnilo současnou akvizici V/P SPECT a CT plic. CT může být provedeno jako nízko dávkový (low-dose) CT scan plic nebo CTA. V jednom z protokolů hodnocení plicní embolizace je použita kombinace  $^{81m}\text{Kr}/^{99m}\text{Tc}$ -MAA (V/P) SPECT/CT. CT je provedeno jako low-dose CT scan bez použití kontrastní látky při klidném dechové frekvenci (140 kVp, 20 mAs/slice, collimator 16 × 1.5 mm, rotation time 0.5 s, pitch 0.813, matrix 512 × 512) bezprostředně před V/P SPECT scanem. Celkový čas pro toto kombinované vyšetření je nižší než 15 min. Efektivní radiační dávka low-dose CT scanu je kolem 1 mSv.

V prospektivní studii srovnávající současně provedení V/P SPECT, V/P SPECT/CT a CTA byla doplněna CTA (80ml jodové kontrastní látky, 350 mgI/ml) při použití bolus tracking techniky a zadržením hlubokého nádechu (120 kVp, 230 mAs/slice, collimator 16 × 0.75 mm, rotation time 0.5 s, pitch 0.94, 512 × 512 matrix).



### 5.3 VENTILAČNĚ/PERFUZNÍ SPECT

Radiofarmakum užívané pro ventilaci a perfuzi pro SPECT by mělo být aplikováno pacientovi ležícímu na zádech pro redukci vlivu gravitačních změn na jeho distribuci. Pokud je použito na ventilaci radiofarmakum na základě  $^{99m}\text{Tc}$ , musí být provedeno sekvenční snímání - nejprve ventilace, potom perfuze. K zajištění vazby ventilace a perfuze se pacient mezi aplikacemi obou radiofarmak nesmí hýbat. Pokud je užit  $^{81m}\text{Kr}$ , může být provedeno snímání ventilaci i perfuze současně (s využitím fotopeaku 190 keV pro  $^{81m}\text{Kr}$  a 140 keV pro  $^{99m}\text{Tc-MAA}$ ) – tento postup zaručuje optimální propojení obou metodik a redukci akvizičního času, alternativně ovšem  $^{81m}\text{Kr}$  a  $^{99m}\text{Tc-MAA}$  mohou být podány a snímány sekvenčně.

Níže jsou uvedeny příklady různých V/P scannovacích protokolů:

Sekvenční V/P SPECT protokol s užitím  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$  radioaerosol/ $^{99m}\text{Tc-MAA}$ . Nejprve je podaná dávka 30 MBq  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$  inhalována do plic a poté je provedeno ventilační SPECT vyšetření. Ihned poté je podáno i.v. 100 MBq  $^{99m}\text{Tc-MAA}$  a vzápětí je provedeno perfuzní SPECT vyšetření. Oba SPECT datové soubory dat jsou získány pomocí 64 projekcí, 10s pro ventilaci a 5s pro perfuzi s využitím low-energy general purpose (LEGP) kolimátoru a matrice 64 × 64. Protokol zahrnující obě SPECT vyšetření trvá 20 min, následně je provedena rekonstrukce. Protože 10 – 40% e  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$  je vylučováno z plic během ventilační SPECT akvizice, je na toto prováděna korekce. Navíc perfuzní SPECT je korigována na aktivitu pozadí zůstávajícího po  $^{99m}\text{Tc-}$  radiofarmaku použitým pro ventilaci.

Sekvenční V/P SPECT protokol při použití  $^{99m}\text{Tc-Technegas}/^{99m}\text{Tc-MAA}$ . Nejprve je dávka od 50 MBq  $^{99m}\text{Tc}$  inhalována do plic a pak je provedeno V/SPECT vyšetření. Bezprostředně poté je intravenózně podáno 220 MBq  $^{99m}\text{Tc-MAA}$  a následně provedeno P/SPECT vyšetření. Data z obou SPECT vyšetření jsou získána pomocí 60 projekcí, 12s pro ventilaci a 8s pro perfuzi při použití low-energy high-resolution (LEHR) kolimátoru a matrice 128 × 128. Tento protokol zahrnující obě SPECT vyšetření trvá zhruba 25 – 30 min s následnou rekonstrukcí.

Simultánní V/P SPECT protokol s užitím  $^{81m}\text{Kr}/^{99m}\text{Tc-MAA}$ . Nejprve 50 MBq  $^{99m}\text{Tc-MAA}$  je podáno intravenózně, pak je provedeno V/P SPECT, během kterého je inhalován  $^{81m}\text{Kr}$ . SPECT data zobrazených oblastí při užití dvou energií jsou získána v průběhu 36 projekcí (každá 20 s) při použití LEGP kolimátoru a matrice  $128 \times 128$ . Tento protokol trvá 13 min. Následně je provedena interaktivní rekonstrukce jak s korekcí na atenuaci, tak i bez ní. Tento rutinní protokol je kratší než 10 min (při užití 12s místo 20s na projekci).

## **6 ROLE RADIOLOGICKÉHO ASISTENTA U JEDNOTLIVÝCH VYŠETŘENÍ**

Radiologický asistent má při vyšetřeních nezastupitelnou roli. Přestože zjišťování radiologické anamnézy pacienta (alergie, onemocnění cukrovkou) by mělo být věcí indikujícího lékaře, ne vždy se tak v praxi děje. Není-li na oddělení zdravotní sestra, přebírá tuto povinnost radiologický asistent a podle potřeby ji konzultuje s lékařem.

### **6.1 RTG – PROSTÝ SNÍMEK PLIC**

Radiologický asistent vyzve pacienta jménem ke vstupu do kabinky, překontroluje jeho totožnost nejlépe přímým dotazem na jméno a rodné číslo (předpokládá se, že kartička pojišťovny byla již zkontrolována při zadávání žádanky), přehledne žádanku, zda obsahuje všechny patřičné údaje (kromě základních údajů pacienta musí obsahovat i diagnózu a indikaci k vyšetření, přesný požadavek na vyšetření). Pacient je vyzván, aby si do pŕl tĕla odložil, a poté ho RA nasmĕruje k vertigrafu a „napolohuje“ pro patřičné vyšetření, při AP projekci (předozadní snímek) stojí pacient čelem k vertigrafu, při PA (zadopřední) projekci stojí zády. Při bočném snímku stojí pacient ke kazetĕ natočený bokem, na kterĕm se nachází patologie. RA zvolí expozici, pacienta snímkuje a odešle oblĕci. Snímky poté načte na čtecím zařícení danĕho oddĕlení, upraví a odešle do PACS.

### **6.2 SONOGRAFIE, ECHOKARDIOGRAFIE**

Na tomto pracovišti pracuje radiologický asistent zpravidla pouze při nepřítomnosti zdravotní sestry na oddĕlení, kdy kontroluje totožnost pacienta, zadávání do počítače a případně zapisování zpráv podle diktátu lékaře..

### **6.3 DSA**

DSA jako invazivní vyšetření vyžaduje přesnou souhru celého týmu, který tvoří lékař rentgenolog či kardiolog, zdravotní sestra instrumentářka a radiologický asistent.

### **6.4 MR ANGIOGRAFIE**

Radiologický asistent vyzve pacienta, zkontroluje údaje ze žádanky a vyptá se důkladně na případné kontraindikace, kterými jsou kardiostimulátor a kochleární implantáty, a zdůrazní pacientovi, aby v kabině zanechal veškeré kovové předměty. Po uložení pacienta na vyšetřovací stůl připojí tlakovou pumpu s kontrastní látkou a na ovladovně nastaví sekvence. Pro MR angiografii se používají 3D sekvence T1 a T2 black blood vážený čas s kontrastní látkou.

### **6.5 CT ANGIOGRAFIE**

Není-li na pracovišti CT přítomna zdravotní sestra, je komunikace s pacientem na bedrech radiologického asistenta. Ten vyzve pacienta ke vstupu, zkontroluje jeho totožnost a veškeré údaje na žádance, kterou by měl indikující lékař správně vyplnit. Žádanka musí obsahovat kromě základních údajů totožnosti pacienta (jméno, rodné číslo) i číslo pacientovy pojišťovny, kód diagnózy a její slovní název, přesnou specifikaci části těla, která má být vyšetřena a důvod vyšetření. Je s výhodou, je-li na žádance i zmínka, zda a s jakým výsledkem pacient dané vyšetření absolvoval již v minulosti. Na žádance musí být vyplněna alergická anamnéza, zda pacient trpí nějakým chronickým onemocněním, především astmatem a cukrovkou, v jejím případě i údaj o léčbě, protože antidiabetika obsahující metformin mohou být v kombinaci s jodovými kontrastními preparáty neurotoxická a měla by být dva dny před plánovaným vyšetřením vysazena. Žádanka by měla obsahovat i údaj o funkci ledvin, tedy hodnotu kreatininu v krvi a údaj o váze a výšce, u žen datum poslední menstruace. Jedná-li se o vyšetření z vitální indikace (což zpravidla CTA bývá), pak musí být toto na žádance uvedeno s podpisem indikujícího lékaře.

Po kontrole všech těchto údajů radiologický asistent vysvětlí pacientovi způsob vyšetření, upozorní ho na možné projevy kontrastní látky (horko po těle, pocit na močení), vysvětlí mu spolupráci při vyšetření (hluboké či lehké nádechy) a nechá ho podepsat informovaný souhlas s vyšetřením. Poté pacienta vyzve, aby v kabině zanechal potřebné oblečení, a uloží ho na vyšetřovací stůl. Nemá-li pacient zavedenu kanylu, nejlépe v kubitě, učiní tak pověřená sestra či lékař radiolog, jehož přítomnost je v případě kontrastního vyšetření nezbytná. Radiologický asistent napolohuje pacienta na vyšetřovacím stole, podle zvyklostí oddělení hlavou či nohama do gantry. Poloha pro vyšetření CTA je vleže na zádech s rukama zvednutýma za hlavu. Zkontroluje tlakový injektor, zda není v hadičce vzduch a spojí ho s kanylou. V ovladovně zvolí patřičný protokol.

Obrázek 4 Protokol CTA

### 5.3.13 CTA plicních arterií – plicní embolie

Typ vyšetření:		spirální			Poloha pacienta:		HeadFirst Supine			
Příprava pacienta:		nalačno, příprava pro aplikaci KLIV								
Strategie:		BolusTracking, k.l.i.v. – fáze arteriální								
Rozsah vyšetření:		Plicní hroty – vrchol bráničních úhlů								
Expoziční parametry				kV	Topogram – 120 kV, scan 120 – 140 kV (silný pacient)					
				mAs	Topogram – 50 mAs, scan – podle DoseRight					
Scanovací parametry	fáze	kolimace	vrstvy	pitch	zpoždění	směr	šířka vrstvy	increment	okno	kernel
	arteriální	0,6 mm	64	1,25	4 s	Kranio- kaudální	5/1 mm	5/0,4 mm	CT angio	B30/B20
Kontrastní látka		typ		koncentrace		flow		objem		
		neionická		350 - 400 mgI/ml		4 - 5 ml/s		80 ml		
Bolus Tracking		zpoždění		hranice		pozice				
		4 s		80		Lumen plicnice				
Instrukce pacientovi:		nadechnout, nedýchat								
Poznámka:										

Zdroj: Standardy RDG, NNF

Po provedeném vyšetření je pacient odvezen zpět na ambulanci a radiologický asistent se věnuje postprocessingu.

## **6.6 PERFUZNĚ VENTILAČNÍ SCAN**

Radiologický asistent si ověří totožnost pacienta, zkontroluje správnost a úplnost vyplněné žádanky a uloží pacienta na vyšetřovací stůl a podrobně mu vysvětlí postup vyšetření. Vzhledem k výrazně nižší radiační zátěži oproti klasické CTA a absenci nutnosti aplikace jodové kontrastní látky, lze toto vyšetření provádět u osob alergických na jód a v indikovaných případech i u těhotných. RA připraví inhalátor a poučí pacienta, jakým způsobem bude vdechovat krypton či značené aerosolové částice. Navolí patřičné protokoly a provede vlastní vyšetření.

## 7 KAZUISTIKY

### 7.1 KAZUISTIKA V/P SCAN

#### **Pacient nar. 1967**

Odeslán z Pneumologické kliniky FTN.

**Ze žádanky:** „Prosím o vyšetření pleuropneumonie vpravo, stp. Drenáži. Kruté bolesti pod pravým žeberním obloukem nereagující na analgetika.“

Provedení:  $^{99m}\text{Tc}$ MAA, 150 MBq; perfuzní plicní scintigrafie + SPECT hrudníku. Akvizice – kamera DST-XL, zoom 1,33, 3D scan, cirkulační dráha 360°, krok 3°, trvání kroku 20s, kroků 64.

**Popis:** Scintigrafie plic provedena v 6 základních pohledech – předním, zadním, obou bočních a obou zadních šikmých, SPECT hrudníku. Ventilace neprovedena, nedodán krypton. Ve všech projekcích je obraz pravého křídla plic zkrácený s oslabením horního laloku. Střední lalok a bazální segmenty se nezobrazily. Rozšířené interlobium vpravo. Obrazy levého křídla jsou dobře ohraničené, syté a přiměřeně homogenní. Relativní distribuce L : P je 70% : 30%.

**Závěr:** Oslabení kapilární perfuze v horním laloku a výrazné oslabení až vymizení perfuze ve středním laloku a v bazálních segmentech pravého plicního křídla připouští možnost čerstvé plicní embolie. Fluidothorax? Nutná korelace s RTG nebo ventilačním scanem. Vlevo je rovnoměrná kapilární perfuze. Stranový poměr perfuze je výrazně posunut v neprospěch pravého křídla.

O deset dní později provedeno vyšetření znovu doplněné o ventilační scan.

**Provedení:**  $^{99m}\text{Tc}$ MAA inj., 81m krypton plyn k inhalaci, aktivita 150 MBq, perfuzní planární scinti, ventilační planární scinti, kvantifikace.

**Popis:** Simultánní planární scinti plic provedena v 8 pohledech – předním, zadním, P + L bočných a všech šikmých. Plicní křídla jsou kontrastně ohraničena. Obrazy pravého plicního křídla ve všech projekcích zkráceny s oslabením horního laloku, bazální segmenty se nezobrazují. Ve středním laloku je poněkud horší zobrazení perfuze. Relativní distribuce L : P je 65% : 35%; ventilace 68% : 32% - poměr obou funkcí posunut v neprospěch pravého plicního křídla.

**Závěr:** Alterace pravého plicního křídla – v.s. vyšším stavem bránice vpravo. Distribuce obou radiofarmak poměrně shodně mírně nehomogenní. Ve středním laloku poněkud horší zobrazení perfuze – nelze vyloučit podíl PE.



## 7.2 KAZUISTIKA CT

### Pacient nar. 1963

Přijat akutně pro výraznou dušnost, intoleranci námahy, pocit jako při viroze a bolestivost celého těla, zejména na hrudi a spodní části krku trvající desítky minut. Má ztížené dýchání, nelze dodechnout do břicha.

**Laboratorně:** D-dimery 3,2 [mg/l]

**RTG srdce + plic:** bez patologického nálezu

**CT angiografie plic:** Výrazné známky embolizace do obou pulmonálních arterií, všech lobárních a většiny segmentálních větví.

**Sonografie:** Hluboký žilní systém je v oblasti pravého stehna bez známek uzávěru. Vlevo je zřetelný trombus ve VFS, která je nestlačitelná, lumen zcela vyplněné.

Obrázek 5 Emboly v plicnici



Zdroj: Archiv NNF

## 8 DISKUSE

K tématu této bakalářské práce mě přivedla věta radiologického asistenta na oddělení nukleární medicíny v IKEM, kde jsem prakticovala, při vyšetřování mladé dívky s podezřením na plicní embolii, že tato metoda je mnohem šetrnější než klasická CT angiografie. Je ale stejně tak dostupná? A je její výsledek jednoznačný?

Vyloučení či potvrzení možnosti plicní embolizace je zásadní pro diferenciální diagnostiku dušnosti.

Diagnostické možnosti se neustále mění, v závislosti na vývoji techniky. Pro klinickou praxi je ale podstatná nejen její existence, nýbrž i její dosažitelnost.

Perfuzní plicní scintigrafii, která dlouho zůstávala hlavní diagnostickou metodou, provázejí určité problémy v logistice a tím limitují její klinickou použitelnost. Hlavní příčinou je omezená dostupnost.

Oddělení nukleární medicíny nejsou ve všech nemocnicích, i tam, kde je RTG oddělení samozřejmě součástí nemocničního komplementu.

Situace je dobře vykreslena v Praze, kde ještě před několika lety nebylo toto vyšetření dosažitelné v jedné z velkých pražských nemocnic, v nemocnici Na Bulovce, zcela recentně bylo oddělení nukleární medicíny znovu otevřeno v Ústřední vojenské nemocnici. Dále tato vyšetřovací metodika není dostupná v menších pražských nemocnicích NMSKB, NNF, Nemocnici Agel Praha (bývalá Železniční nemocnice). Dostupnost metodiky závisí nejen na dostupnosti přístrojů (to v tomto případě nebývá problém), ale i na dostupnosti radiofarmak a tedy i těch, kteří tato radiofarmaka připravují, radiofarmaceutů a dalšího technického personálu.

I proto je dosažitelnost tohoto vyšetření omezená a dosažitelnost 24hodin denně je velmi limitovaná, jen na několik klinik nukleární medicíny v ČR.

Kromě perfuzního scanu, který je tou jednodušší částí nukleárně-medicínského vyšetření, zůstává dalším logistickým problémem ventilační scan. Ten může být proveden  $^{81m}\text{Kr}$ , toto vyšetření je ale nutno objednat a z hlediska ekonomiky oddělení sdružovat potřebná vyšetření do jednoho dne, kdy je objednána dodávka radiofarmaka. Další možností je vyšetření aerosolem (aerosol DTPA značený  $^{99m}\text{Tc}$  – tam bývá ale obraz komplikován možnou sedimentací radiofarmak ve velkých dýchacích cestách, kdy na obrazu mohou tvořit tzv. hot spot). Další možnost, tzv. Technegas, je relativně finančně náročný a neuzívá se.

Klasickým přístrojem pro zobrazení perfuzních defektů byl pohybový scintigraf, později planární gamakamera – zprvu stacionární, dále pohyblivá, později dvouhlavá, která umožnila zkrátit dobu vyšetření současným snímáním AP a PA projekce. Zavedení SPECT umožnilo lepší a přesnější hodnocení, pro korekci atenuace začaly být gamamakery doplňovány o CT přístroj. Tento CT přístroj ale funguje jako low-dose CT a pro některá z vyšetření v nukleární medicíně se používá i pro přesnější lokalizaci ložiskové leze (nejčastěji pro příštitná tělíska)

Podle zdrojů na Úzis.cz se počet pracovišť nukleární medicíny v ČR drží na čísle 48, zatímco počet CT má tendenci mírně vzestupnou. V roce 2010 připadlo na 100 tisíc obyvatel 1,45 přístrojů CT, v roce 2012 to bylo 1,5 přístroje. Z vykázaných 14 224 000 vyšetření činilo CT vyšetření 7%.

V tabulce č. 2 jsou uvedena všechna oddělení nukleární medicíny disponující gamakamerami (a tedy možností perfuzní scintigrafie plic) a oproti tomu i všechna oddělení disponujícími CT přístrojem.

Je patrné, že taková oddělení jsou především ve velkých nemocnicích a nejsou dostupná v řadě zdravotnických zařízení, která CT mají.

Tabulka 3 Poměr CT vůči SPECT/CT v ČR

<b>KRAJ</b>	<b>POČET CT</b>	<b>POČET SPECT</b>
Praha	21	9
Středočeský	12	4
Liberecký	6	2
Karlovarský	6	1
Ústecký	10	2
Plzeňský	7	3
Jihočeský	9	2
Královehradecký	7	3
Pardubický	7	1
Vysočina	6	4
Jihomoravský	17	7
Zlínský	6	2
Olomoucký	10	3
Moravskoslezský	17	4
<b>CELKEM</b>	<b>141</b>	<b>47</b>

Zdroj: ČSNM, ČRS

Dříve běžnou plicní scintigrafii tedy dohánějí metody používající CT přístroj. Vliv na to má především dosažitelnost tohoto vyšetření jak v regionu (nyní běžně dostupné na regionální úrovni), tak v čase. Zde rozhodující úlohu hraje dostupnost statimového CT vyšetření 24hod denně. Každé pracoviště má jiné algoritmy vyšetření, podle dostupnosti přístrojových a laboratorních metodik. Při dušnosti a podezření na plicní embolizaci je možnost využít laboratorní metodiky (D-dimery) nebo echokardiografii. Ovšem ani echokardiografie není k dispozici sedm dní v týdnu 24 hodin denně.

Výběr jednotlivých metodik tedy do značné míry závisí na charakteru ambulance či oddělení, kde je příslušný pacient vyšetřován. Jiné požadavky budou na pracovišti s velkým plicním oddělením (klinikou), ve velkém kardiologickém centru či na oddělení charakteru okresní či městské nemocnice.

Před rozvojem zobrazovacích metodik byla za zlatý standard pokládána i klasická plicní angiografie.

Její provedení je ale nepochybně velmi náročné v mnoha ohledech, jak po stránce erudovaného personálu, tak techniky, a proto se od této metody postupně upouští.

CT vyšetření je relativně standardizované a při výskytu multidetektorových CT přístrojů se jeho provádění podstatněji neliší. Zajímavou novinkou, která může přispět k odlišení patologie v oblasti plic, jsou přístroje o dvou rentgenkách. První takové práce byly publikovány v našem písemnictví z plzeňského pracoviště, a zdá se, že tyto přístroje mohou ještě rozšířit CT diagnostiku plicních lezí. (citace..)

Limitací zde samozřejmě je alergie na kontrastní látku, může být i problémem toto vyšetření provádět při graviditě vzhledem k vyšším radičním dávkám.

Vyšetření pomocí magnetické rezonance, které v jiných případech alergie na KL může CT nahradit, se v tomto případě v našich podmínkách provádí poměrně výjimečně vzhledem k délce a výnosnosti vyšetření.

Zanedbatelný není ani výsledek či popis nálezů. Zatímco CT angiografie zpravidla plicní embolii potvrdí či vyloučí a závěry jsou psány poměrně jednoznačně, u plicní scintigrafie se spíše udává, zda poměr perfuze a ventilace mezi plicními křídly svědčí či nesvědčí pro plicní embolii, příp. ji nelze vyloučit. Je-li výsledek perfuzní plicní scintigrafie normální, potom akutní plicní embolii v podstatě vylučuje. Scintigrafie, která s vysokou pravděpodobností svědčí akutní plicní embolii by se měla pokládat za potvrzení této diagnózy. Jestliže však klinické údaje svědčí pro plicní embolii, přestože ventilačně perfuzní scintigrafie této možnosti neodpovídá, je třeba vážně usilovat o potvrzení zmíněné diagnózy, proto často lékaři doporučují korelaci s RTG či CT.

Jestliže ventilačně perfuzní scintigrafie diagnózu plicní embolie nepotvrdí u pacienta s nízkou klinickou pravděpodobností akutní plicní embolie nebo u pacienta se středně vysokou klinickou pravděpodobností, avšak bez průkazu přítomnosti D-dimerů, není třeba žádná další vyšetření doplňovat.

Snážila jsem se porovnat určitý počet vyšetření na CT a nukleární medicíně. Zjistila jsem, že srovnat stejný počet vyšetření ve stejném časovém úseku není možné, protože počet objednaných pacientů velké kliniky mnohonásobně převyšuje počet statimových pacientů relativně malé městské nemocnice. A proto jsem k počtu pacientů vyšetřených na CT v průběhu celého roku dala stejný počet pacientů z nukleární medicíny, kteří byli po vyšetření v průběhu dvou měsíců. Počet nemocných byl na CT 59, z toho 35 žen a 24 mužů a na oddělení nukleární medicíny přišlo 57 pacientů, 34 žen a 23 mužů. Znamky plicní embolie vykazovalo podle CT 17 nemocných, bez známek PE jich bylo 42, zatímco poměr pacientů na nukleární medicíně byl podle scintigrafie plic poměr pacientů, jejichž nález svědčil pro výskyt plicní embolie, prakticky opačný – u 45 nemocných se PE našla, 12 nemocných plicní embolii nemělo. U 11 pacientů s výskytem PE nalezeným na scintigrafii bylo nutno nález ještě zkombinovat s CT angiografií či RTG snímkem.

## ZÁVĚR

Tématem mé bakalářské práce bylo rozdělení diagnostických metod při zobrazení plicní embolie a úloha radiologického asistenta při jejich provádění.

Vzhledem k četnosti a mortalitě tohoto onemocnění je rychlá a přesná diagnostika základem.

Zvláštní zřetel jsem kladla na CT angiografii, která patří k metodě první volby pro svoji dostupnost a rychlost provedení navzdory vyšší dávce ionizačního záření. Naproti tomu metoda ventilační a perfuzní scintigrafie využívající gama záření je pro nemocného šetrnější, ale vzhledem k omezenému provozu oddělení nukleární medicíny poněkud hůře dostupné.

Radiologický asistent pracující na těchto odděleních musí být na dostatečné odborné výši, zpravidla pracuje samostatně a nese zodpovědnost za kvalitu provedené angiografie či scintigrafie. Je třeba, aby ovládal pravidla radiační ochrany a volbou patřičných protokolů vyšetření snížil riziko ozáření nemocného.

Tato práce je přehledem diagnostických zobrazovacích metod sloužících k zobrazení plicní embolie a popisuje práci radiologického asistenta při jejich provádění.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ČIHÁK, Radomír. *Anatomie* 2.1.vydání. Praha: Avicenum, 1988. ISBN 08-060-88.

BROŽÍK, Jan, V.Bartoš, E.Kočová, L.Steinhart, M.Slanina. P.Eliáš. Hodnocení plicní hypertenze na skiagramu hrudníku a HRCT plic u nemocných s chronickým plicním onemocněním. In: *Česká radiologie* 2014; 68(4); 273-281; ISSN 1210-7883

FERDA, Jiří, CT Angiografie. 1.vyd. Praha: Galén, 2004. 408s. ISBN 80-7262-281-1.

FERDA, Jiří. H.Mírka, J.Baxa. Multidetektorová výpočetní tomografie. Technika vyšetření, 1.vydání, Praha: Galén, 2009, 213 s., ISBN: 978-80-7262-608-3

FERDA, Jiří. J.Baxa, H.Mírka, B.Schmidt, T.Flohr, B.Kreuzberg. 4D CT – Angiografie. In: *Česká radiologie* 2009; 63(2): 163-172; [online] [cit. 2015-03-11]. Dostupné z: <http://www.cesradiol.cz/detail.php?stat=238>

GRIMM LJ, Coleman RE. Assessing the utility of the ventilation phase in ventilation-perfusion imaging for acute pulmonary embolism. *Nucl Med Commun.* 2013 Jan;34(1):1-4 [online] [cit. 2015-03-11]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23111382>

KINCL, Vladimír. A.DROZDOVÁ, R.PANOVSKÝ et al. Zobrazovací metody v diagnostice a stratifikaci rizika akutní plicní embolie. *Intervenční a akutní kardiologie*, 2014, 13(1); s.17-22; ISSN 1213-807X

KLENNER, Pavel et al. *Vnitřní lékařství*. 1. vydání, Praha: Galén a Karolinum, 1999. ISBN: 80-7262-007-X (Galén); ISBN: 80-7184-853-0 (Karolinum)

LANG, Otto, KAMÍNEK, Milan. Radionuklidové metody v diagnostice plicní embolie. *Kardiológia pre prax*, 2006, roč. 4, č. 4, s. 235-239. ISSN: 1336-3433.



LE ROUX PY, Robin P, Delluc A, Abgral R, Le Duc-Pennec A, Nowak E, Couturaud F, Le Gal G, Salaun PY. V/Q SPECT interpretation for pulmonary embolism diagnosis: which criteria to use? J Nucl Med. 2013 Jul;54(7):1077-81. [online] [cit. 2015-03-11]. Dostupné z <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23637200>

MORTENSEN J., H. Gutte. SPECT/CT and pulmonary embolism. In: Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2014 May;41 Suppl 1:S81-90 [online] [cit. 2015-03-11]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4003400/>

NAŇKA, Ondřej, ELIŠKOVÁ M., ELIŠKA O. *Přehled anatomie*. 2. dopl. a přeprac.vydání, Praha: Karolinum, 2009. ISBN 978-802-4617-176.

OGUNBIYI, Samuel O., MUIR, Ian, SATHIANATHAN, Joseph, ŽIŽKA, Jan. Pulmonary complications of septic deep venous thrombosis: characteristic CT findings. Česká radiologie, 2009, roč. 63, č. 1, s. 76-79. ISSN: 1210-7883.

ONYEDIKA C, Glaser JE, Freeman LM. Pulmonary embolism: role of ventilation-perfusion scintigraphy. Semin Nucl Med. 2013 Mar;43(2):82-7 [online] [cit. 2015-03-11]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23414824>

ROACH PJ, Schembri GP, Bailey DL. V/Q scanning using SPECT and SPECT/CT. J Nucl Med. 2013 Sep;54(9):1588-96 [online] [cit. 2015-03-11]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23907760>

SEIDL, Zdeněk. A.Burgetová, E.Hoffmannová, M.Mašek, M.Vaněčková, T.Viták. *Radiologie pro studium a praxi*. 1. vydání, Praha: Grada, 2012,368 s., ISBN: 978-80-247-4108-6

SIBERNAGL, Stefan, Despopoulos Agagmemnon. *Atlas fyziologie člověka*. 6.vydání, Praha, 2004, 448s.,ISBN: 978-80-247-0630-6

TAPSON, Victor F. Akutní plicní embolie, Medicína po promoci. Praha: Medical Tribune 2008 č.2 str.7 [online] [cit. 2015-03-11]. Dostupné z: <http://www.tribune.cz/clanek/11961>

WIDIMSKÝ, Jiří. J. Malý. Akutní plicní embolie a žilní trombóza: patogeneze, diagnostika, léčba a prevence. 3. rozš. a přeprac. vydání. Praha : Triton, c2011. ISBN: 978-80-7387-466-7.

WIDIMSKÝ, Jiří. J. Malý. Doporučení diagnostiky, prevence a léčby plicní embolie, verze 2007 [online] [cit. 2015-03-11]. Dostupné z: [http://www.kardio-cz.cz/resources/upload/data/128\\_22-plicni\\_embolie2008.pdf](http://www.kardio-cz.cz/resources/upload/data/128_22-plicni_embolie2008.pdf)

WIDIMSKÝ, Jiří. Diagnostika a léčba akutní plicní embolie v roce 2010. *Vnitřní lékařství*, 2011, 57(1); s. 5-21; ISSN: 0042-773X.

ZHANG, LJ, Zhou CS, Schoepf UJ, Sheng HX, Wu SY, Krazinski AW, Silverman JR, Meinel FG, Zhao YE, Zhang ZJ, Lu GM., Dual-energy CT lung ventilation/perfusion paging for diagnosing pulmonary embolism. *Eur. Radiol.* 2013 Oct;23(10):2666-75 [online] [cit. 2015-03-11]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23760304>

KRUPA, Petr. Postránecká V. Význam spirálního CT v diagnostice plicní embolie. *Intervenční a akutní kardiologie*, 2007(6); str. B20-B27; [online] [cit. 2015-03-11]. Dostupné z: <http://www.iakardiologie.cz/pdfs/kar/2007/03/14.pdf>

# Přílohy

Obrázek 6 Žádost o dovození nahlédnutí - IKEM

prim. MUDr. Marie Buncová CSc.  
oddělení Radioizotopové pracoviště  
IKEM  
Praha 4

V Praze, 20.11.2014

Žádost o dovození nahlédnutí do dokumentace a zpracování podkladů pro bakalářskou práci.

Dovoluji si požádat o možnost nahlédnutí do dokumentace pacientů RIP a následné zpracování údajů jako podkladů pro bakalářskou práci. Tyto údaje budou použity pouze pro bakalářskou práci a nebudou jinak zneužity.

Za vstřícnost velice děkuji.



Markéta Kasalická

KLINICKÉ A EXPERIMENTÁLNÍ MEDICÍNY  
Radioizotopové pracoviště  
140 21 Praha 4-Krč, Vídeňská 1958/9

MUDr. Marie Buncová, CSc.



PhDr. Martina Šochmanová, MBx

Obrázek 7 Žádost o dovození nahlédnutí - Na Františku

prim. MUDr. Lucie Zabadalová  
oddělení RDG  
nemocnice Na Františku 8  
Praha 1

V Praze, 17.12.2014

Žádost o dovození nahlédnutí do dokumentace a zpracování podkladů pro bakalářskou práci.

Dovoluji si požádat o možnost nahlédnutí do RTG dokumentace a následné zpracování údajů jako podkladů pro bakalářskou práci. Tyto údaje budou použity pouze pro bakalářskou práci a nebudou jinak zneužity.

Za vstřícnost velice děkuji.



Markéta Kasalická



MUDr. Lucie Zabadalová, primářka odd.