

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod



Jiří Horalík

**Význam radioizotopových metod u embolizace do arterie
pulmonalis**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: prof. MUDr. Milan Kamínek, Ph.D.

Olomouc 2012

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

Olomouc 30. dubna 2012

podpis

Děkuji prof. MUDr. Milanu Kamínkovi, Ph.D., za odborné vedení bakalářské práce. Děkuji kolektivu Kliniky nukleární medicíny FN Olomouc za cenné rady při zpracování této bakalářské práce.

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Autor práce: Jiří Horalík

Vedoucí práce: prof. MUDr. Milan Kamínek, Ph.D.

Oponent práce: MUDr. Iva Metelková, Ph.D.

Ústav a vysoká škola: Ústav radiologických metod
Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta zdravotnických věd

Rozsah práce: 31 stran, 4 strany příloh.

Název práce v ČJ: Význam radioizotopových metod u embolizace do arterie pulmonalis

Název práce v AJ: The importance of radioisotope methods in pulmonary artery embolization to

Datum zadání: 2012-01-11

Datum odevzdání: 2012-13-05

Datum obhajoby: 2012-06-06

Klíčová slova v ČJ: Scintigrafie plic, perfuzní scintigrafie, ventilační scintigrafie, SPECT, radiofarmakum, plicní embolie

Klíčová slova v AJ: Lung scintigraphy, perfusion scintigraphy, ventilation scintigraphy, SPECT, radiopharmaceutical, pulmonary embolism

Abstrakt v ČJ:

V této přehledové bakalářské práci se zabývám tématem „Význam radioizotopových metod u embolizace do arterie pulmonalis“. Plicní embolie je život ohrožující stav s méně nápadnými klinickými projevy a jen včasné zahájená léčba může takto postiženého člověka zachránit. Proto je velmi důležité plicní embolii včasné odhalit a k tomu slouží dostupné diagnostické metody.

Abstrakt v AJ:

In this overview thesis is focused topic of „Importance radioisotope methods for pulmonary embolism in the artery“. Pulmonary embolism is a life-threatening condition with a less prominent clinical manifestations, and only early treatment can save such a handicapped person. Therefore it is very important to timely detect pulmonary embolisms, and it is available diagnostic methods.

OBSAH

ÚVOD	7
1 PLICNÍ EMBOLIE	8
1.1 Epidemiologie.....	8
1.2 Etiologie.....	9
1.3 Klinické a laboratorní rizikové faktory.....	9
1.4 Prognóza.....	10
1.5 Léčba.....	11
1.6 Hluboká žilní trombóza	11
2 RADIOFARMAKA	12
2.1 Radiofarmaka pro perfuzní scintigrafii plic	12
2.2 Radiofarmaka pro ventilační scintigrafii plic.....	13
3 PŘÍSTROJOVÉ VYBAVENÍ.....	14
4 VYŠETŘOVACÍ METODY NUKLEÁRNÍ MEDICÍNY	17
4.1 Statická scintigrafie plic perfuzní	17
4.2 Statická scintigrafie plic ventilační	17
4.3 Tomografická scintigrafie plic perfuzní – SPECT	18
4.4 Hybridní scintigrafie plic perfuzní – SPECT/CT	18
4.5 Radionuklidová flebografie	19
4.6 Příprava pacienta a kontraindikace	19
4.7 Zpracování a vyhodnocení dat	20
4.8 Radiační zátěž pacienta.....	21
4.9 Diagnostická přesnost a výtěžnost	21
5 VYŠETŘOVACÍ METODY MIMO NUKLEÁRNÍ MEDICÍNU	23
5.1 Spirální CT angiografie	23
5.2 Plicní angiografie	23
5.3 Magnetická rezonance	24
5.4 Duplexní ultrasonografie	24
5.5 CT-flebografie.....	25
5.6 MR-flebografie.....	25
5.7 Kontrastní flebografie	25
5.8 Pomocné diagnostické metody	25
ZÁVĚR	27

BIBLIOGRAFICKÉ A ELEKTRONICKÉ ZDROJE	28
SEZNAM ZKRATEK.....	30
PŘÍLOHY	31

ÚVOD

Pro správné stanovení diagnózy plicní embolie mají v algoritmu vyšetření radioizotopové zobrazovací metody významné a v některých případech nezastupitelné místo.

K diagnostice plicního řečiště jsou dále využívány metody radiodiagnostické a laboratorní. Větší pozornost je zde věnována vyšetřovacím metodám nukleární medicíny. Radionuklidová vyšetření plic patří mezi nejčastější diagnostické metody nukleární medicíny. Jejich provedením získáme informace o funkčnosti vyšetřovaného orgánu, v tomto případě o homogenitě nebo defektech plicní perfuze. Podstatou vyšetření je nitrožilní aplikace radiofarmaka – gama zářiče s nosičem – jehož rozložení ve vyšetřované oblasti je zaznamenáváno pomocí scintilační kamery.

Jen dobře indikovaná, provedená a vyhodnocená vyšetřovací metoda dává možnost včasné stanovit diagnózu plicní embolie. V mnoha případech jde o soubor provedených vyšetření. Podle jejich výsledku lze zvolit optimální strategii léčby. Cílem této bakalářské práce je předložit publikované poznatky o plicní embolii, uvést soubor používaných zobrazovacích metod a uvést jejich výhody a nevýhody. Větší pozornost je věnována vyšetřovacím metodám nukleární medicíny.

Otázky bakalářské práce:

- 1) Jaké jsou současné postupy nukleární medicíny k průkazu či vyloučení plicní embolie?
- 2) V kterých případech je lépe provést CT angiografii a kdy metody nukleární medicíny?

Cíle bakalářské práce:

- 1) Shrnout publikované poznatky o PE.
- 2) Předložit přehled diagnostických metod používaných při podezření na PE.
- 3) Uvést výhody a nevýhody uvedených metod.

1 PLICNÍ EMBOLIE

Diagnóza plicní embolie (PE) znamená pro pacienta velmi závažný život ohrožující stav, který může skončit smrtí. Při embolizaci dochází k náhlému uzávěru a neprůchodnosti plicnice nebo některé z jejích větví. Zobrazovací metoda by měla být provedena u akutní masivní plicní embolie do 1 hodiny, u nemasivní do 24 hodin. Příznaky PE mohou být u každého člověka individuální, jako nejčastější se objevuje náhlá dušnost, dále bolest na hrudi, kašel, kolapsový stav, nízký krevní tlak a rychlá tepová frekvence. (8)

Podle formy lze plicní embolii rozdělit:

- ✓ akutní masivní
- ✓ akutní submasivní
- ✓ akutní malá
- ✓ subakutní masivní
- ✓ chronická tromboembolická plicní hypertenze (8)

1.1 Epidemiologie

Výskyt plicních embolií není přesný, v ČR se předpokládá asi 10 000 PE ročně. Podle studie probíhající v západní Francii je četnost PE 60/100 000 obyvatel, což by v České republice znamenalo každoročně 6000 případů PE. Přesné epidemiologické studie však chybí, protože klesá počet provedených pitev na všechny zemřelé.

Nejčastěji nacházíme PE ve věkové skupině 60 – 70 let. PE vykazuje vysokou mortalitu, zejména pak pokud je neléčena. (4)

1.2 Etiologie

Při plicní embolizaci dochází nejčastěji k embolii žilních trombů do cévního řečiště v plicích. Ojedinele se mohou vyskytovat i jiné příčiny z jiných materiálů např. embolie vzduchová, embolie tukem či plodovou vodou. Následky závisejí na rozsahu uzavřeného cévního plicního řečiště, na jeho stavu před embolizací a také na reakcích na vlastní embolii.

K embolizaci u tromboembolické nemoci dochází po uvolnění trombů z místa vzniku, které následně putují do plicního arteriálního řečiště. Tromby se v 85% tvoří v hlubokých žilách dolních končetin, jedná se o tromby jak proximální, tak popliteální. Zbývajícím zdrojem PE jsou žíly pánevní, ledvinné, dolní dutá žíla, pravé srdce a v souvislosti s žilní kanylací i horní dutá žíla. (4) (5) (6)

1.3 Klinické a laboratorní rizikové faktory

Větší klinické rizikové faktory:

Stavy po operaci – větší operační zákroky v oblasti pánve a břicha, náhrada kolenního či kyčelního kloubu atd.

Porodnictví – šestinedělí, císařský řez atd.

K dalším významným rizikovým klinickým faktorům patří fraktury dolních končetin, maligní onemocnění, omezená hybnost v důsledku hospitalizace ve zdravotnickém zařízení a také stavy po již prodělané žilní tromboembolii. (4) (5)

Menší klinické rizikové faktory:

Mezi menší rizikové klinické faktory patří obezita, užívání orální antikoncepce, srdeční selhání, centrální žilní katetr, dlouhé cestování vsedě atd. (4) (5)

Laboratorních rizikové faktory:

Laboratorních rizikové faktory můžeme rozdělit na vrozené nebo získané (získané se vyskytují několikanásobně více než familiérní). Tyto faktory lze využít ke skríningu, zejména u pacientů s podezřením na trombofilní stav, kdy je rovnováha působením vrozených či získaných faktorů narušena.

Jedná se nejčastěji o:

- ✓ deficit antitrombinu
- ✓ deficit proteinu C a S
- ✓ APC rezistence
- ✓ porucha fybrinolýzy
- ✓ antifosfolipidový syndrom (4) (5)

1.4 Prognóza

Prognóza je stanovena rozsahem PE, stavem kardiopulmonárního systému před PE, věkem pacienta a také vlivem jiného onemocnění.

- *Krátkodobá prognóza* závisí na rychlosti provedení diagnostiky a zahájení léčby od vzniku PE. Závisí tedy na aktuálním klinickém stavu. Prognóza neléčené PE je nesrovnatelně horší, úmrtnost je 2-3krát vyšší.
- *Dlouhodobá prognóza* je významně ovlivněna vysokým věkem (nad 75let) a předchozím nebo současným onemocněním např. onkologickým, ICHS nebo chronickým plicním onemocněním.

Prognóza pacienta za pobytu ve zdravotnickém zařízení je závislá na funkci pravé komory a celkovém hemodynamickém stavu. Před propuštěním je třeba provést zobrazovací vyšetření shodné s provedenou metodou v akutní fázi. (5)

1.5 Léčba

Jako léčba je nejčastěji indikována antikoagulační léčba, kdy dochází ke snížení krevní srážlivosti. Účinnost této léčby je nutné kontrolovat krevními testy, její délka se může pohybovat od 3 měsíců až celoživotně. U těžkých forem PE nastupuje trombolytická léčba, která má však větší rizika. Nebezpečím je krvácení do kůže, podkoží a především vnitřních orgánů např. žaludku, střeva, ledviny. U pacientů oběhově nestabilních je provedena plicní angiografie, vzácněji je pak za určitých okolností indikován chirurgický zákrok tzv. plicní embolektomie. U opakovaných PE lze přistoupit k preventivnímu zákroku – zavedení kaválního filtru do dolní duté žíly katetrizačním výkonem přes tříselnou žílu. (5) (8)

1.6 Hluboká žilní trombóza

Hluboká žilní trombóza (flebotrombóza) je nejčastějším zdrojem embolů. Je to stav, kdy krevní sraženina (trombus) úplně nebo částečně obturuje žilní řečiště postiženého místa. Je způsobený hyperkoagulací, zpomalením krevního toku nebo poškozením cévní stěny. Klinicky se projevuje bolestivostí, otokem, změnou barvy a teploty pod postiženým místem, zvýšenou žilní náplní. Změny jsou však závislé na rozsahu a lokalizaci postižení, mohou být zkresleny jiným onemocněním. Pacient může být i zcela bez příznaků, proto je třeba doplnit další vyšetřovací metody. Provádí se stanovení D-dimerů, duplexní sonografie, flebografie (kontrastní flebografie, MR-flebografie, CT-flebografie). Průkaz flebotrombózy vede k zahájení antikoagulační léčby a k indikaci vyšetření k průkazu event. PE. (5) (10)

2 RADIOFARMAKA

Radiofarmaka jsou léčivé přípravky, které jsou aplikována k diagnostickým nebo terapeutickým účelům. Účinnou složkou je radionuklid, který je včleněn pro lékařské účely a je zdrojem ionizujícího záření. Při manipulaci s nimi je nutné zachovávat zásady práce se zdroji ionizujícího záření, je také důležité dodržovat kritéria kladená na léčivé přípravky, většina z nich je aplikována parenterálně. Radionuklidy jsou naznačené na anorganické i organické látky.

Radionuklid je charakterizován poločasem přeměny, druhem a energií ionizujícího záření. Jeho množství se přesněji nazývá jeho aktivita, která je udávána v becquerelech (Bq). Radiofarmaka pro lékařské účely se vyrábějí uměle v jaderných reaktorech, cyklotronech, nebo se získávají z radionuklidových generátorů jako dceřinné radionuklidy. (1) (2)

2.1 Radiofarmaka pro perfuzní scintigrafii plic

Pro perfuzní scintigrafii plic se v naprosté většině používá ^{99m}Tc značené makroagregáty albuminu – ^{99m}Tc MAA. V tomto radiofarmaku jsou obsaženy částice o rozměrech 10-100 μm , v největším zastoupení jsou to částice o optimální velikosti 30 – 50 μm . Jejich množství k jedné aplikaci by nemělo přesáhnout u dospělého jedince 700 000, u novorozence 50 000, u ročního dítěte 165 000. Minimální množství částic s výjimkou novorozenců je pak 100 000.

Po intravenózní (i. v.) aplikaci putují naznačené částice pravou srdeční síní a pravou srdeční komorou, dále pokračují do plic, kde jsou zachyceny v prekapilárách. Průměr plicních kapilár je přibližně 8 μm . Takto mikroembolizována je asi každá desetitisícátá kapilára (obstrukce 0,1-0,3 % plicního řečiště), takže nedochází po aplikaci k významné hemodynamické reakci. Částice se po několika hodinách rozštěpí na menší částice, které již projdou řečištěm, biologický poločas částic MAA v plicích je 4-6 hodin.

Po podání RF se nevyskytují žádné přímé farmakologické nežádoucí účinky, alergické reakce jsou extrémně vzácné. (1) (2) (7)

Doporučená aplikovaná aktivita RF je 150 – 200MBq. (7)

2.2 Radiofarmaka pro ventilační scintigrafii plic

Radiofarmaka pro ventilační scintigrafii plic dělíme na radioaktivní plyny a aerosoly.

Radioaktivní plyny – ^{81m}Kr , ^{133}Xe

Použití ^{133}Xe je možné v důsledku radiační hygieny jen na speciálně upraveném pracovišti, vůbec nejčastější radiofarmakum pro ventilační scintigrafii plic je ^{81m}Kr . Jeho výhodou je možnost provést po sobě perfuzní a ventilační scintigrafii plic. Tento plyn je získáván z ^{81}Rb - ^{81m}Kr generátoru. Bohužel k jeho negativům patří vysoká cena a poměrně krátký poločas rozpadu mateřského radionuklidu ^{81}Rb (4,6 hodin), který omezuje použitelnost generátoru na maximálně jeden den. Poločas rozpadu dceřinného radionuklidu ^{81m}Kr 13 sekund plně postačuje k vytvoření kvalitního scintigramu. (1) (2)

Aerosoly – se dále dělí na kapalně a pevně.

Kapalně aerosoly jsou připravovány pomocí ultrazvukových nebulizátorů z roztoku ^{99m}Tc -DTPA. (1) (2)

Pevné aerosoly se v České republice nepoužívají, mezi nejznámější patří Technegas (částice uhlíku značené ^{99m}Tc) a také suchý vzduch, který je pod tlakem smíchán s ^{99m}Tc -DTPA suspendovanou v alkoholu. (1) (2)

3 PŘÍSTROJOVÉ VYBAVENÍ

Základním rozdílem mezi radiodiagnostickým a scintigrafickým vyšetřením je ve zdroji ionizujícího záření. Při nukleárně medicínském vyšetření je zdroj záření umístěn uvnitř pacienta, rozložení RF je ve vyšetřované oblasti snímáno pomocí scintilační kamery. Při radiodiagnostickém vyšetření se zdroj záření (základním je rentgenka) nachází mimo pacienta, záření po průchodu danou oblastí dopadá na detekční materiál či mechaniku.

Pro detekci záření gama se v nukleární medicíně využívá scintilačního detektoru, jehož princip je založený na excitaci atomů detekční látky, což je v naprosté většině jodid sodný aktivovaný thaliem NaI(Tl). Scintilační detektor se skládá ze scintilačního krystalu s detekční látkou, světlovodiče, souborem fotonásobičů, kolimátorem a složitého počítačového obvodu s výstupem digitálního obrazu ukládaného v paměti počítače do matice, složené z jednotlivých pixelů. Velmi důležité jsou detekční parametry scintilační kamery, které nejvíce záleží na prostorové rozlišovací schopnosti, homogenitě, citlivosti, energetickém a časovém rozlišení. (1)

Na prostorovou rozlišovací schopnost má velký vliv rozlišení kolimátoru. Pro planární a tomografickou scintigrafii jsou vhodné různé druhy kolimátorů, jejichž správnost k vyšetření záleží na energii záření gama použitého RF a na vztahu rozlišovací schopností a citlivostí kolimátoru.

Typy kolimátorů:

- ✓ jednootvorový kolimátor typu pinhole (velmi dobrá rozlišovací schopnost při malé vzdálenosti od vyšetřovaného objektu, nízká citlivost), mnohootvorový kolimátor s paralelními otvory (používaný pro většinu vyšetření), kolimátor typu fanbeam (fokusován v transversálním směru, vhodný pro vyšetření mozku)
- ✓ kolimátor typu HR s vysokým rozlišením a nízkou citlivostí, víceúčelový kolimátor LEAP se středním rozlišením a střední citlivostí, kolimátor HS s vysokou citlivostí,...

- ✓ kolimátor nízkoenergetický (do 160keV, např. ^{99m}Tc , ^{123}I), kolimátor pro střední energie (do 300keV, např. ^{111}In), kolimátor pro vysoké energie (více než 400keV, např. ^{131}I) (1)

Dvourozměrným zobrazením vyšetřované oblasti se nazývá planární scintigrafie, pro získání trojrozměrného obrazu distribuce radiofarmaka dané oblasti je třeba provést tomografickou scintigrafii – SPECT nebo PET. (3)

Konstrukčně je scintilační krystal s fotonásobiči a příslušnou elektronikou zapouzdřen v tzv. hlavici (detektoru), na jejíž části určené pro snímání je umístěno zařízení, umožňující těsné připevnění kolimátoru ke krystalu. Tato hlavice je připoutána ke speciálnímu stojanu, umožňující pohyb v horizontálním a vertikálním směru, detektorem lze i otáčet. U přístroje s možností provedení SPECT akvizice je stojan v prstencovém uspořádání, které umožňuje rotaci detektoru kolem vyšetřované oblasti. Pod detektorem je umístěno lehátko, které pro provedení statické a dynamické scintigrafie nemusí být součástí přístroje. Pro SPECT nebo celotělové vyšetření je stůl pevnou součástí celé vyšetřovací části přístroje, kdy je při užití systému body-contouring synchronizován pohyb detektoru a stolu při probíhající akvizici. Detektor tak kopíruje tělo v co nejbližší vzdálenosti od povrchu pacienta. (3)

- Pro statickou scintigrafii plic je plně dostačující jednodetektorová planární scintilační kamera s kolimátorem LEHR s paralelními otvory, při kombinovaném perfuzně ventilačním vyšetření je vhodný kolimátor LEAP s paralelními otvory. (7)
- Pro SPECT plic je nutná scintilační SPECT kamera, vhodnější je dvoudetektorová, s kolimátorem s vysokým rozlišením. (1) (7)
- K vyšetření SPECT/CT musí být na pracovišti k dispozici hybridní přístroj, kdy v jedné aparatuře je kamera SPECT a vícedetektorový počítačový tomograf (CT). (1)
- Při ventilaci je také třeba zajistit ^{81}Rb generátor a ventilační systém, do kterého je vháněno radiofarmakum, které je dále vdechováno

pacientem. Ventilační systém samozřejmě zabezpečuje i odvod radiofarmaka mimo vyšetřovnu. (7)

4 VYŠETŘOVACÍ METODY NUKLEÁRNÍ MEDICÍNY

Cílem scintigrafických vyšetřovacích metod není zobrazení anatomického detailu, ale fyziologického nebo patofyziologického procesu. (1) (2)

4.1 Statická scintigrafie plic perfuzní

Pacient při i. v. aplikaci radiofarmaka leží na zádech. Tato poloha je nutná, protože vsedě či vstoje je perfuze plic ovlivněna působením gravitace, jejíž vliv způsobuje odlišný hydrostatický tlak v jednotlivých oddílech plic.

Snímání probíhá v ideálním případě vsedě, poloha vleže není vhodná pro nedostatečné rozvinutí plic. Vyšetřujeme několik minut po aplikaci ve 4–6 projekcích (přední, zadní a šikmé). Pacient musí během akvizice zachovávat nastavenou polohu bez pohybu, je co nejblíže detektoru ve středu jeho zorného pole. Pozici pacienta průběžně kontrolujeme na monitoru. Během snímání pacient normálně dýchá.

Pro kvalitní scintigram je důležité správně nastavit parametry přístroje pro akvizici, to značí energetické okno na 140keV, šířku energetického okna na 15 %, obrazovou matici 256×256 pixelů, zoom 1,23 a počet impulzů na scintigram na 400 000. Takto přednastavené studie pro scintigrafii se mohou lišit podle typu přístroje a také dle pracoviště. (1) (2) (7)

4.2 Statická scintigrafie plic ventilační

Radioaktivní plyn je během akvizice vháněn do ventilačního systému, pomocí trojcestného kohoutu je vdechován pacientem a vydechovaný je odváděn mimo vyšetřovací místnost. Součástí trojcestného ventilu je výměnný antimikrobiální filtr, který musí být vyměněn před zahájením každého vyšetření za účelem zachování neinfekčnosti náustku či masky, pomocí kterých pacient plyn inhaluje. Pacient musí být náležitě poučen o správnosti dýchání, musí dýchat pouze z ventilačního okruhu, proto je při použití náustku ucpán nos pomocí skřipce.

Snímání je identické jako u perfuzní scintigrafie, vyšetřujeme opět ve 4 - 6 projekcích. Vyšetření se provádí spolu s perfuzní scintigrafií – tzv. ventilačně perfuzní scintigrafie plic.

Získání hodnotitelného scintigramu zajišťuje nastavení akvizičních parametrů na energetické okno 190keV, šířka energetického okna je 15 %, obrazová matice 256×256 pixelů, zoom 1,23 a počet impulzů na scintigram 400 000. (1) (2) (7)

4.3 Tomografická scintigrafie plic perfuzní – SPECT

Pacient při i. v. aplikaci RF i během prováděné akvizice leží, volně dýchá. Během akvizice se detektory otáčí kolem pacientova hrudníku v celkovém úhlu rotace 360°, pod jednotlivými úhly je zaznamenávána depozice RF v plicích. Po zpracování získaných dat pomocí vhodně zvolené počítačové rekonstrukce získáme trojrozměrný obraz rozložení RF v plicním řečišti, respektive řezy ve třech rovinách na sebe kolmých.

Akviziční parametry pro doudetektorový přístroj: SPECT obrazová matice – 128×128 pixelů, zoom 1,00. Počet SPECT projekcí – 128 (64×2), čas na jednu projekci – 18 s, orbita: non-circular (body contouring), režim: step and shoot, energetické okno 140keV, šířka energetického okna 15 %. (3) (7)

4.4 Hybridní scintigrafie plic perfuzní – SPECT/CT

Hybridní systém SPECT/CT nám umožňuje pořídit informace jak funkčního tak anatomického zobrazení v jedné poloze v těsném časovém sledu. CT v kombinaci se SPECT má dvě možnosti režimu:

- nízkodávkový režim umožňuje získat pouze orientační obrazy s nízkým rozlišením tzv. low-dose CT

- plně diagnostický režim jako u běžného CT s vysokým rozlišením dává přesnou informaci o anatomických strukturách, znamená však pro pacienta podstatně vyšší radiační zátěž

Akviziční nastavení pro SPECT je obdobné jako v případě samostatného SPECT snímání, nastavení CT je předvoleno od výrobce. (1) (7)

4.5 Radionuklidová flebografie

RF – ^{99m}Tc -MAA se v tomto případě aplikuje ležícímu pacientovi do periferie končetiny a scintigraficky zaznamenává venózní odtok z místa aplikace, hodnotí se přítomnost trombů v hlubokém žilním systému a správná funkce venae perforantes. Vyšetření se zahajuje se zataženými škrtidly nad kotníkem, pod a nad kolenem, což brání odtoku krve povrchním žilním řečištěm končetiny. Po odtoku RF navazuje provedení statické perfuzní scintigrafie plic v klasickém provedení.

Tato metoda je pouze orientační a již se neprovádí, byla nahrazena duplexní ultrasonografií. Pouze při nejasném sonografickém nálezu v distálních partiích bérce může pomoci objasnit nález. (1)

4.6 Příprava pacienta a kontraindikace

Příprava pacienta před scintigrafickými vyšetřeními plic není žádná. Před ventilační scintigrafií plic je pro pacienty s dechovými obtížemi, kteří se léčí pro známé plicní onemocnění, vhodné zvážit podání bronchodilatancií.

Absolutní kontraindikace neexistují. Relativní kontraindikací je gravidita, vyšetření se pak provádí při minimalizaci aplikované aktivity RF. Při laktaci je třeba přerušit kojení dítěte na dobu 12 hodin. (1) (2) (7)

4.7 Zpracování a vyhodnocení dat

Statické (planární) scintigramy se zobrazují v monochromatické barevné škále při volbě optimálních mezí pro dolní a horní zobrazovanou četnost impulsů.

Před hodnocením SPECT vyšetření je třeba provést iterativní rekonstrukci. Je nutné také zvolit optimální zobrazení četnosti impulsů. Při doplnění SPECT akvizici CT je třeba provést jejich fúzi.

Při vyhodnocování posuzuje lékař charakter a rozsah defektů perfuze plic. Při patologicko-fyziologických změnách perfuze a ventilace plic svědčí pro plicní embolii defekt perfuze segmentálního charakteru bez korelátu na ventilační scintigrafii tzv. perfuzně ventilační mismatch. Při nálezů perfuzního defektu bez možnosti doplnit ventilační scintigrafii je nutno korelovat s RTG snímkem či CT plic. Pokud je v oblasti perfuzního defektu na scintigramu plic zastření na rentgenovém snímku nebo na CT, je pravděpodobnost přítomnosti PE velmi nízká. Při PE není na rentgenovém snímku nebo CT plic v místě perfuzního defektu zřejmé zastření.

Perfuzní defekty vzniklé následky PE mají segmentální charakter. Defekt odpovídá segmentálnímu uspořádání plic, nasedá na konturu plíce, v typickém případě má nálezu klínovitý tvar.

Pro PE svědčí ventilačně perfuzní mismatch zaujímající více než 0,5 segmentu. V současnosti se průkaz PE hodnotí spíše podle klínovitého tvaru perfuzního defektu, podle rozsahu alterace perfuze. Moderní trendy vedou ke spolehlivějšímu zhodnocení klínovitého charakteru při provedení perfuzní SPECT akvizice, kdy lze sledovat konturu plic v celém rozsahu. Při dostupnosti hybridního přístroje a provedení SPECT s low-dose CT dále vede k přesnější korelaci s anatomickými strukturami. (1) (2) (7)

4.8 Radiační zátěž pacienta

Perfuzní scintigrafie plic:

Při použité aktivitě RF 150MBq je odhad efektivní dávky 1,65mSv. Plíce, což je orgán s nejvyšší absorbovanou dávkou, obdrží přibližně 10mGy. (7)

Perfuzní scintigrafie plic ^{99m}Tc-MAA		
	Orgán s nejvyšší absorbovanou dávkou [mGy/MBq]	Efektivní dávka [mSv/MBq]
Dospělí	0,066 plíce	0,011
Děti 5 let	0,2 plíce	0,034

Tabulka 1 Výpočet dávky pro RF ^{99m}Tc (zdroj: Radiolog. standardy FN Olomouc)

Ventilační scintigrafie plic:

Při aplikaci inhalací RF závisí na aktivitě v generátoru, odhadem 6000MBq. Zde se pohybuje efektivní dávka kolem 0,16mSv, absorbovaná dávka v plicích je zhruba 1,25mGy. (7)

Scintigrafie plic ventilační ^{81m}Kr		
	Orgán s nejvyšší absorbovanou dávkou [mGy/MBq]	Efektivní dávka [mSv/MBq]
Dospělí	0,00021 plíce	0,00027
Děti 5 let	0,00068 plíce	0,00088

Tabulka 2 Výpočet dávky pro RF ^{81m}Kr (zdroj: Radiolog. standardy FN Olomouc)

4.9 Diagnostická přesnost a výtěžnost

Plicní scintigrafie bez patologického nálezu vylučuje PE na 100 %, je to nejcennější nález. Samostatný pozitivní nález plicní scintigrafie není jednoznačnou indikací k antikoagulační léčbě, výsledek je vždy nutné kombinovat s vyšší hladinou D-dimerů, klinickým obrazem nebo s vyšetřením žilního systému dolních končetin a pánve.

Provedení plicní scintigrafie závisí na časové dostupnosti a klinickém stavu pacienta. Vhodné je zejména pro pacienty se sníženou funkcí ledvin (glomerulární filtrace pod 30 ml/min.), kde je podání kontrastní látky při CTA

nevhodné, a také u mladých lidí, žen fertilního věku nebo gravidních žen, kde se jedná o menší radiační zátěže. Plicní scintigrafie má své nezastupitelné místo i u pacientů alergických na kontrastní látky, v nemocnicích, kde nejsou dostupné vícevrstvé spirální CT přístroje, nebo pokud nejsou CT snímky dostatečně kvalitní, a také u pacientů s negativním výsledkem na CTA ale významným klinickým projevem svědčící pro PE. (5)

Pro planární vyšetření se uvádí:

Senzitivita plicní scintigrafie pro průkaz PE - 76%

Specifická plicní scintigrafie pro průkaz PE - 85%

Správnost plicní scintigrafie pro průkaz PE - 81%

Reprodukovatelnost hodnocení nálezů mezi lékaři - 94% (5)

Pro SPECT vyšetření se uvádí:

Senzitivita plicní scintigrafie pro průkaz PE - 97%

Specifická plicní scintigrafie pro průkaz PE - 91%

Správnost plicní scintigrafie pro průkaz PE - 94%

Reprodukovatelnost hodnocení nálezů mezi lékaři - 88% (5)

5 VYŠETŘOVACÍ METODY MIMO NUKLEÁRNÍ MEDICÍNU

5.1 Spirální CT angiografie

Plicní angiografie je v této době hlavní zobrazovací metodou k průkazu či vyloučení PE. K jeho provedení je nutné mít na pracovišti k dispozici multidetektorový spirální CT přístroj, který nám umožní provést po podání neionické kontrastní látky i. v. snímání během velmi krátké expoziční doby (pod 15 sekund) při jednom nádechu. Pro nízkou senzitivitu, zapříčiněnou v omezeném zobrazení segmentálních a subsegmentálních plicních tepen, se nedoporučuje používat jednodetektorový spirální CT přístroj, využívá se pouze za předpokladu doplnění vyšetření žilního systému dolních končetin.

Jasným nálezem PE je obstrukce větve plicnice nebo nekontrastní defekt náplně. Výhodou je i průkaz jiných onemocnění plic a mediastina, zobrazení srdce, velkých cév a ostatních struktur, které mohou vysvětlit klinické obtíže pacienta.

CTA má větší senzitivitu než ventilačně perfuzní scintigrafie, její použití je však spojeno s větší radiační zátěží pro pacienta. Průměrná efektivní dávka je 5,4mSv, tato hodnota však může být dle zvoleného vyšetřovacího protokolu velmi variabilní.

Příprava pacienta před i. v. podáním kontrastní látky musí proběhnout v souladu s místními standardními radiologickými postupy. (9) (5)

5.2 Plicní angiografie

Při nedostupnosti multidetektorových CT přístrojů v dřívější době bylo provedení plicní angiografie zlatým standardem. Nyní jsou její hlavní indikací nejasnosti u pacienta s masívní PE, nemožnost podávání heparinu a kontraindikace k trombolytické léčbě. Plicní angiografie se též provádí u pacientů, kde se plánuje následná katetrizační a cílená trombolytická terapie. Její provedení je požadováno také před chirurgickou plicní embolektomií.

K provedení je třeba angiolinka, což je kombinace operačního sálu a RTG vyšetřovny. Vyšetření je založeno na vstříku neionické kontrastní látky

do plicního kmene po zavedení katetru (pigtail nebo Grollmanův katétr) do cévy z tříselné oblasti a následném snímkování. Snímkování při nástřiku probíhá v předozadní a přední šikmé projekci, k průkazu PE je třeba zaznamenat defekty v kontrastní náplni plicních tepen.

Součástí vyšetření je také provedení měření hemodynamiky, což vede k upřesnění diagnózy.

Mezi relativní kontraindikace patří alergické reakce na kontrastní látku, velké riziko krvácení a renální insuficience.

Příprava pacienta před i. v. podáním kontrastní látky podléhá místním standardním radiologickým postupům. (4) (5) (9)

5.3 Magnetická rezonance

Užití angiografie MR v diagnostice PE je předmětem studií. CTA je považována za přesnější, výhodou zůstává nižší riziko alergické reakce na gadoliniový kontrast, který má také menší nefrotoxicitu. MRA má vysokou specifitu (cca. 97 %), ale pouze střední senzitivitu, což je zapříčiněno horší detekcí PE v segmentálních a subsegmentálních arteriích.

Pacienta také není vystaven radiační zátěži, kontraindikací je však přítomnost kovových implantátů. (4) (5)

5.4 Duplexní ultrasonografie

Duplexní sonografie je hlavní vyšetřovací metodou při pátrání a průkazu žilní trombózy. Jedná se o kombinaci dvoudimenzionálního zobrazení cév a barevné i pulzní Dopplerovské ultrasonografie.

Tato metoda je neinvazivní a při dobré dostupnosti tohoto přístroje ji lze provést v podstatě kdekoliv. Výhodou je i nízká cena a nulová radiační zátěž. K průkazu žilní trombózy svědčí změny anatomické a krevního toku. (4) (5)

5.5 CT-flebografie

CT-flebografie lze použít jako součást diagnostiky PE při vyšetření CT plicní angiografie, lze tak získat informace i o zdroji PE. Tato detekce žilní trombózy je vysoce senzitivní, ale nákladná, navíc spojená s riziky aplikace kontrastní látky a radiační zátěže. Další nevýhodou je cenová nákladnost. (4) (5)

5.6 MR-flebografie

MR-flebografie je neinvazivní metoda s vysokou senzitivitou k průkazu žilní trombózy. Nedochází k radiační zátěži pacienta, neaplikuje se žádná kontrastní látka, kontraindikací je však přítomnost kovových implantátů. Toto vyšetření se pro špatnou dostupnost a vyšší cenu využívá výjimečně. Využívá se hlavně u pacientů s kontraindikacemi k aplikaci kontrastní látky. (4) (5)

5.7 Kontrastní flebografie

Této vyšetřovací metody k průkazu žilní flebotrombózy se již nevyužívá, byla zcela nahrazena modernějšími metodami, hlavně duplexní ultrasonografií. Nevýhodami jsou invazivita, vysoká cena a aplikace kontrastní látky, což je spojeno s dalšími známými riziky. (4) (5)

5.8 Pomocné diagnostické metody

Elektrokardiografie (EKG)

Známky akutní PE na EKG: negativní T ve V₁₋₃, S IQ III negativní T_{III}, blok pravého Tawarova raménka, P_{2,3} pulmonale, Qr ve V₁ a elevace ST ve V₁ ≥ 1 mV, S_IS_{II}S_{III}, rotace ve směru ručiček - S do V₆. (4) (5)

RTG hrudníku

Normální RTG snímek plic nevylučuje PE. Při patologickém nálezu však může pomoci diagnostikovat nemoci jiné etiologie nebo změnit výsledek – konkrétně

u perfuzní scintigrafie plic. V rámci hodnocení perfuze plic je korelace s RTG hrudníku nezbytná. (4) (5)

D-dimery

Působí-li plazmin na fibrin, jeho konečným produktem jsou D-dimery. Jejich stanovení v klinické praxi se provádí standardně, jejich pozitivita však může znamenat i záněty, infekce, nekrózy či nádorová onemocnění. To je také důvodem jeho nízké specifcity.

Význam mají u ambulantních stabilních pacientů, u hospitalizovaných by jejich pozitivní hodnota mohla být zapříčiněna jiným onemocněním nebo vyšším věkem (nad 80 let). Může se také jednat o chybu při odběru, zpracování a vyhodnocení krevního vzorku. Je-li hodnota D-dimerů normální, ale klinický stav pacienta svědčí pro PE, je nutno vždy provést dostupnou zobrazovací metodu. (4) (5)

Krevní plyny

Nález hypoxémie a hypokapnie nemusí být specifický pro PE. Může však naznačit další postup. (4) (5)

Echokardiografie

Pro PE svědčí známky plicní hypertenze, dilatace a dysfunkce pravé komory, které nejsou ve spojení s jiným onemocněním. Pravděpodobnost se zvyšuje průkazem hluboké žilní trombózy pomocí ultrazvuku. Klasickým transtorakálním přístupem nelze embolus v plicním řečišti prokázat, někdy toho lze dosáhnout přístupem transezofageálním.

Přestože normální echokardiogram PE úplně nevylučuje, má tato metoda nezastupitelné místo v diagnostickém algoritmu. Odliší např. perikardiální tamponádu, dilatační kardiomyopatii, dysfunkci levé komory při ICHS jako jinou příčinu hemodynamické nestability.

Echokardiografie má také prognostický význam v posouzení závažnosti stavu pacienta s PE. (4) (5)

ZÁVĚR

Na počátku tvorby této přehledové bakalářské práce byly zadány otázky a stanoveny tak cíle, které byly splněny. Byl vytvořen soubor publikovaných znalostí o PE a vyšetřovacích metodách, které jsou při podezření na tuto diagnózu prováděny. Hlavní pozornost byla zaměřena na vyšetřovací metody nukleární medicíny – perfuzní scintigrafii plic, perfuzně ventilační scintigrafii plic, perfuzní SPECT a SPECT/CT plic. Byly uvedeny jejich výhody a nevýhody. Dále bylo přiblíženo postavení scintigrafických metod vůči ostatním vyšetřovacím metodám, které jsou v této práci uvedeny.

Zobrazovací metody prošly v posledním desetiletí velkým vývojem. Zdokonalení přístrojové techniky a diagnostických přípravků umožnilo zkvalitnění vyšetřovacích metod, zvýšilo jejich specifitu a senzitivitu. Alarmující z celého světa je však i zvýšení radiační zátěže pro pacienta, zejména se standardním využíváním multidetektorových spirálních CT přístrojů. Pro mladší populaci je třeba více využívat vyšetření s nižší radiační zátěží, zejména pro ženy ve fertilním věku, těhotné a kojící. Volba scintigrafie plic pro tuto skupinu je správnou cestou, samozřejmě její dostupnost a klinický stav je pro pacienta a indikujícího lékaře rozhodující.

Výhodou scintigrafie je i možnost jejího provedení u lidí s alergií na kontrastní látku a také s renální insuficiencí. Nevýhodou je omezená dostupnost scintigrafických metod, provoz pracovišť nukleární medicíny totiž není nepřetržitý.

V praxi je zásadní informovanost všech zdravotnických pracovníků o celosvětových trendech ve standardizaci postupů u pacientů s podezřením na diagnózu PE.

BIBLIOGRAFICKÉ A ELEKTRONICKÉ ZDROJE

1. MYSLIVEČEK, Miroslav; KAMÍNEK, Milan; KORANDA, Pavel; HUŠÁK, Václav. Nukleární medicína - 1. díl. 1. vydání. Olomouc: Universita Palackého v Olomouci, 2007. 131 s. ISBN 978-80-244-1723-3, s. 21-28, 29-48, 125-130
2. KUPKA, Karel a kolektiv. Nukleární medicína. 1. vydání. Příbram: P3K, 2007. 185 s. ISBN 978-80-903584-9-2, s. 31, 78-80
3. ULLMANN Vojtěch, Jaderná fyzika a fyzika ionizujícího záření. Dostupné online: <http://astronuklfyzika.cz/strana2.htm>
4. Jansa P, Popelová J, Al-Hiti H, Lindner J, Linhart A. Chronická plicní hypertenze. Doporučený diagnostický a léčebný postup České kardiologické společnosti. Cor Vasa 2011; 53(3):169–182. Dostupné online: <http://www.kardio-cz.cz/index.php?action=view&id=684&desktop=clanky>
5. Widimský J, Malý J, Eliáš P, Lang O, Franc P, Roztočil K. Doporučení diagnostiky, léčby a prevence plicní embolie. Doporučený diagnostický a léčebný postup České kardiologické společnosti. Cor Vasa 2008; 50(Suppl): 1S25–1S72. Dostupné online: <http://www.kardio-cz.cz/index.php?action=view&id=684&desktop=clanky>
6. KROFTA, Kamil. Pneumologie. 1. vydání. Praha: nakladatelství TRITON, 2005. 279s. ISBN 80-7254-710-0, s. 198-204
7. Radiologické standardy FN Olomouc
8. IKEM-Kardiocentrum. Dostupné online: <http://www.ikem.cz/www?docid=1005973>
9. Zdravotnické noviny. Akutní plicní embolie. Dostupné online: <http://www.zdn.cz/clanek/priloha-lekarske-listy/akutni-plicni-embolie-139210>

10. Akutní trombóza hlubokého žilního systému – flebotrombóza (formát pdf). Dostupné online:

<http://public.fnol.cz/www/urgent/Seminare/20090115/TEN.pdf>

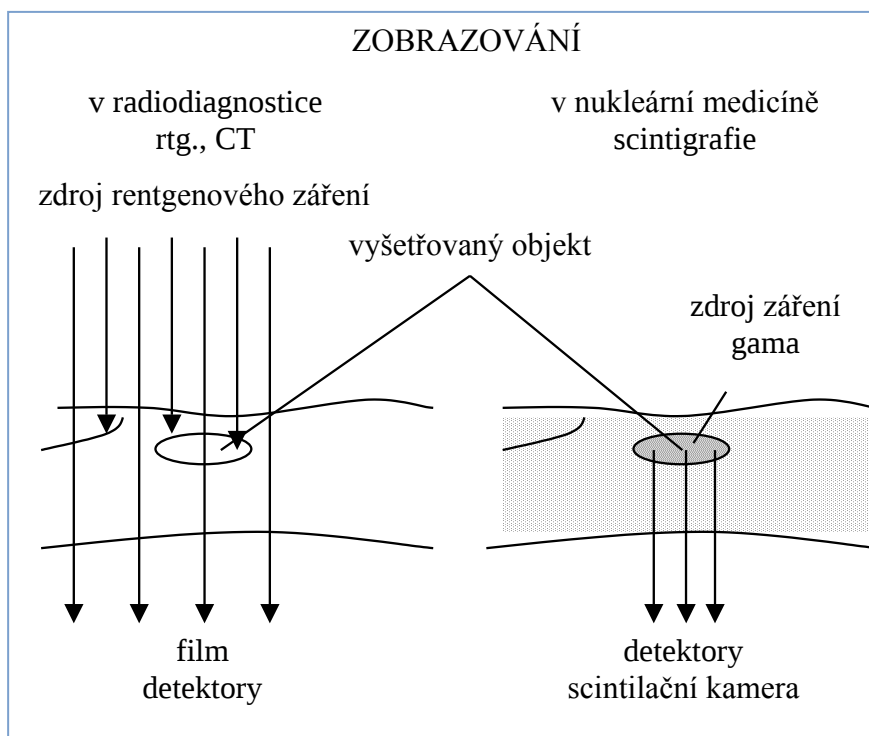
SEZNAM ZKRATEK

AJ	anglický jazyk
Bq	Becquerel
CT	výpočetní tomografie (Computed Tomography)
CTA	CT angiografie
ČJ	český jazyk
DTPA	kyselina diethylentriaminopentaoctová
EKG	elektrokardiograf
FN	Fakultní nemocnice
HR	kolimátor s vysokým rozlišením a nízkou citlivostí
i. v.	intravenózně
$^{81\text{m}}\text{Kr}$	krypton
LEAP	víceúčelový kolimátor se středním rozlišením a střední citlivostí
LEHR	nízkoenergetický kolimátor s vysokým rozlišením
low-dose CT	nízkodávkový režim CT
MBq	megabecquerel
MR	magnetická rezonance
MRA	angiografie magnetickou rezonancí
mSv	milisievert
PE	plicní embolie
RF	radiofarmakum
^{81}Rb	rubidium
s.	strana
SPECT	jednofotonová emisní počítačová tomografie (Single Photon Emission Copmputerized Tomography)
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	technecium
tzv.	tak zvané
UP	Univerzita Palackého
^{133}Xe	xenon

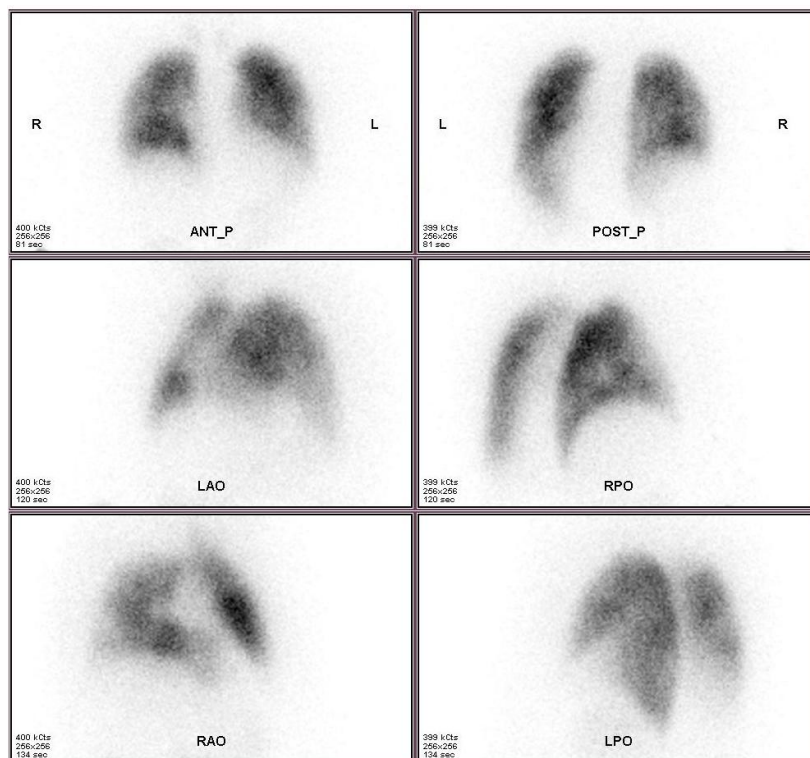
PŘÍLOHY

- Příloha 1 - Rozdíl principů radiodiagnostického a scintigrafického vyšetření
(zdroj: Nukleární medicína 1. díl., UP v Olomouci, 2007, s. 40)
- Příloha 2 - Perfuzní scintigrafie plic statická
(zdroj: archiv FN Olomouc)
- Příloha 3 - Perfuzně ventilační scintigrafie plic statická
(zdroj: archiv FN Olomouc)
- Příloha 4 - Perfuzní scintigrafie plic SPECT
(zdroj: archiv FN Olomouc)
- Příloha 5 - Perfuzní scintigrafie plic SPECT/low-dose CT
(zdroj: archiv FN Olomouc)
- Příloha 6 - Fúze perfuzní scintigrafie plic SPECT/low-dose CT
(zdroj: archiv FN Olomouc)

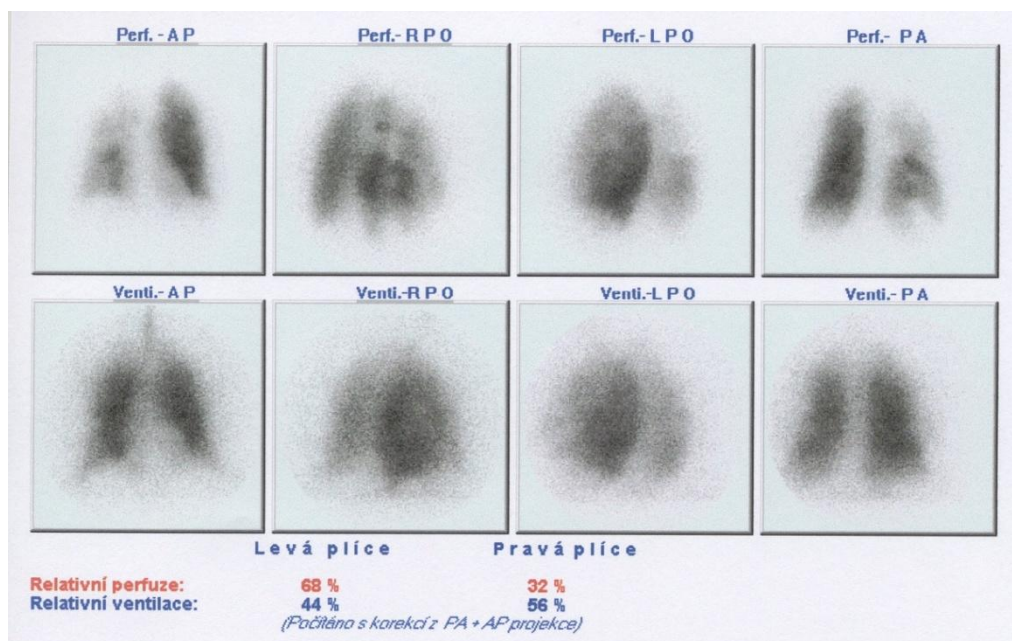
Příloha 1 - Rozdíl principů radiodiagnostického a scintigrafického vyšetření



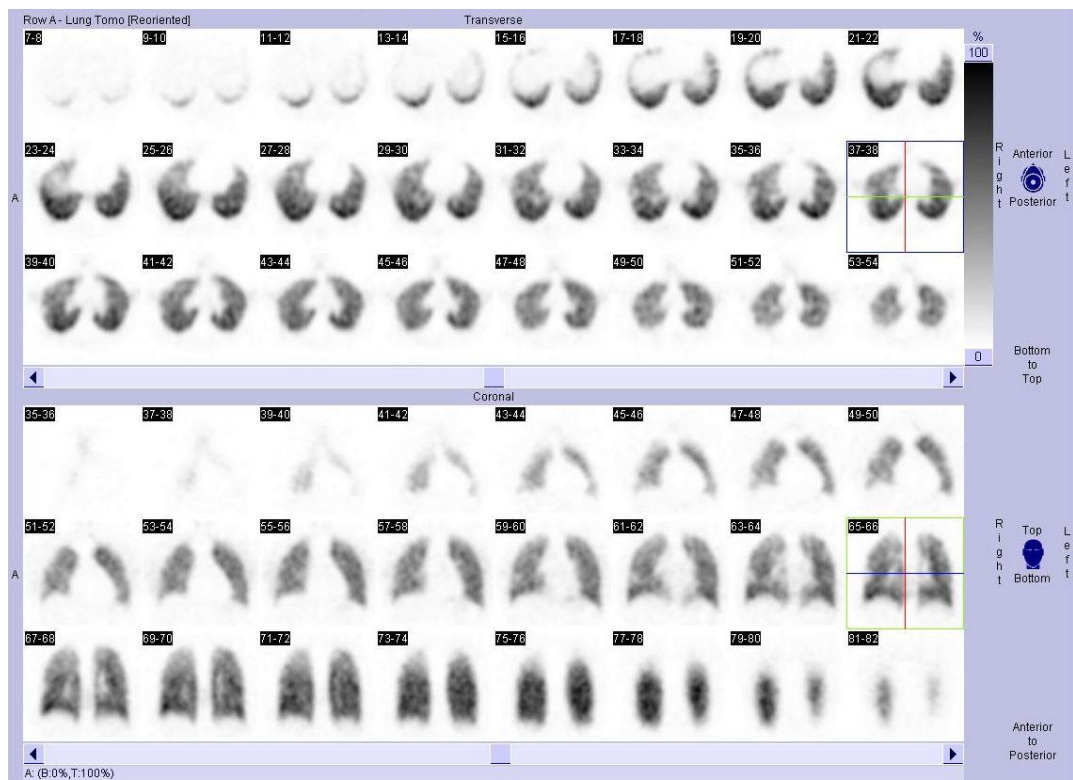
Příloha 2 - Perfuzní scintigrafie plic statická



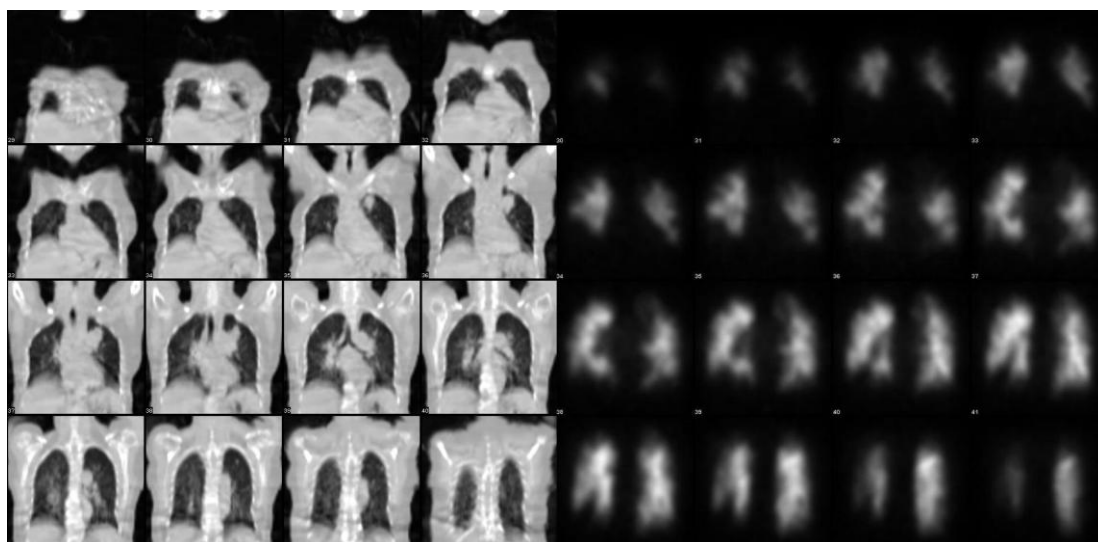
Příloha 3 - Perfuzně ventilační scintigrafie plic statická



Příloha 4 - Perfuzní scintigrafie plic SPECT



Příloha 5 - Perfuzní scintigrafie plic SPECT/low-dose CT



Příloha 6 - Fúze perfuzní scintigrafie plic SPECT/low-dose CT

