

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

Tereza Kunštárová

Radionuklidová diagnostika plicní embolie

Bakalářská práce

Vedoucí práce: MUDr. Miroslava Budíková, Ph.D.

Olomouc 2018

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a použila jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

Olomouc 30. dubna 2018

podpis

Chtěla bych poděkovat MUDr. Miroslavě Budíkové, Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce a za poskytnutí cenných rad při tvorbě.

ANOTACE

Typ závěrečné práce: bakalářská

Téma práce: Radionuklidová diagnostika plicní embolie

Název práce: Radionuklidová diagnostika plicní embolie

Název práce v AJ: Radionuclide diagnostics of pulmonary embolism

Datum zadání: 2017-11-25

Datum odevzdání: 2018-04-30

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav radiologických metod

Autor práce: Kunšťárová Tereza

Vedoucí práce: MUDr. Miroslava Budíková, Ph.D.

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

Abstrakt v ČJ: Bakalářská práce se zabývá scintigrafickým vyšetřením plic a jejímu využití při diagnostice plicní embolie. Stručně popisuje přístrojovou techniku využívanou při nukleárně medicínských vyšetřeních. Poskytuje přehled o radiofarmacích využívaných jak pro perfuzní, tak pro ventilační scintigrafii plic a blíže specifikuje způsoby snímání při využití jednotlivých radiofarmak. Práce se také zabývá radiační ochranou a porovnáním mezi scintigrafickým vyšetřením a výpočetní tomografií.

Abstrakt v AJ: The bachelor thesis deals with the scintigraphic imaging of lungs and its use in diagnosis of pulmonary embolism. It briefly describes technique used in the field of nuclear medicine. It reviews radiopharmaceuticals used for scintigraphic imaging of lung perfusion and ventilation. Application and acquisition are also described. Thesis also describes basic principals of radiation protection and comparison between CT and scintigraphy in the diagnosis of pulmonary embolism.

Klíčová slova v ČJ: plicní embolie, perfuzní scintigrafie, ventilační scintigrafie, radiofarmaka

Klíčová slova v AJ: pulmonary embolism, perfusion scintigraphy, ventilation scintigraphy, radiopharmaceuticals

Rozsah: 37 stran /2 přílohy

Obsah

| | |
|---|----|
| Úvod | 7 |
| 1. Plicní embolie | 9 |
| 1.1 Anatomie plic..... | 9 |
| 1.2 Etiologie..... | 9 |
| 1.3 Epidemiologie | 9 |
| 1.4 Rizikové faktory | 10 |
| 1.5 Klinický obraz plicní embolie | 12 |
| 1.6 Prognóza..... | 12 |
| 1.7 Léčba..... | 13 |
| 1.8 Plicní hypertenze | 13 |
| 2 Přístrojová technika..... | 14 |
| 2.1 Princip scintilačního detektoru..... | 14 |
| 2.2 Kolimátor | 15 |
| 2.3 Scintilační kamera – gamakamera..... | 16 |
| 3. Radionuklidová diagnostika plicní embolie | 18 |
| 3.1 Kontraindikace..... | 18 |
| 3.2 Poučení pacienta | 19 |
| 3.3 Perfuzní scintigrafie plic | 20 |
| 3.3.1 Radiofarmakum | 20 |
| 3.3.2 Provedení vyšetření..... | 21 |
| 3.4 Ventilační scintigrafie plic..... | 22 |
| 3.4.1 Radiofarmaka | 23 |
| 3.4.2 Provedení vyšetření..... | 24 |
| 3.5 Návaznost ventilační a perfuzní scintigrafie..... | 25 |
| 3.6 Interpretace výsledků..... | 27 |
| 3.7 Porovnání s CTAG | 28 |
| 3.8 Radiační ochrana | 29 |
| Závěr | 31 |
| Referenční seznam | 32 |
| Seznam zkratk..... | 35 |
| Obrazové Přílohy | 36 |

Úvod

Plicní embolie je závažné kardiovaskulární onemocnění, jehož incidence není přesně známá. Ročně se odhaduje asi 60 případů na 100 000 obyvatel. Velmi důležité je správné a včasné určení diagnózy a následné léčby. Při chybném určení diagnózy se úmrtnost pohybuje okolo 30 %, při správné diagnóze se však úmrtnost značně snižuje až o 20 %.

Embolizaci do plic je těžké diagnostikovat pouze na základě klinických příznaků. Akutní, která je malá může být klinicky němá, případně mohou nastat poměrně nespecifické příznaky. Může se projevit například zvýšením dechové a tepové frekvence. Pokud je rozsáhlá, může však vést až ke kardiogennímu šoku.

Diagnóza pomocí zobrazovacích metod může být potvrzena na základě scintigrafie plic či plicní CT angiografie (dále jen CTAG).

U gravidních pacientek je nutno zajistit maximální možnou ochranu jak pacientky, tak plodu a snížit tím rizika spojená s ozářením. Evropská společnost nukleární medicíny doporučuje v 1. trimestru využití dvoudenního protokolu.

Cílem bakalářské práce bylo shrnout dohledané poznatky o scintigrafii plic při podezření na embolizaci do a. pulmonalis a zodpovědět následující otázky:

- 1) Jaké jsou výhody při využití scintigrafie plic oproti plicní CTAG?
- 2) Jaká radiofarmaka se využívají pro ventilační a pro perfuzní scintigrafii plic?
- 3) Jak vyšetření probíhá?

Vstupní literatura:

1. KORANDA, Pavel a kol. 2014. Nukleární medicína. 1. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 201 s. ISBN 978-80-244-4031-6
2. MÍKOVÁ, Vlasta. 2008. *Nukleární medicína: průřez vyšetřovacími metodami v oboru nukleární medicína*. Praha: Galén. Care. 118 s. ISBN 978-80-7262-533-8.
3. KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. 2015 *Nukleární medicína*. 6. vydání (2. vydání v Nakladatelství P3K). V Praze: P3K. 161 s. ISBN 978-80-87343-54-8.
4. SAHA, Gopal B. 2010. *Fundamentals of nuclear pharmacy*. 6th ed. New York: Springer. 409 s. ISBN 978-1-4419-5859-4.
5. WIDIMSKÝ, Jiří a Jaroslav MALÝ. 2011. *Akutní plicní embolie a žilní trombóza: patogeneze, diagnostika, léčba a prevence*. 3., rozš. a přeprac. vyd. Praha: Triton. 420 s. ISBN 978-80-7387-466-7.

Pro vyhledání článků použitých pro tvorbu bakalářské práce byla využita databáze EBSCO, která je přístupná přes UPOL. Zadaná klíčová slova byla plicní embolie,

perfuzní scintigrafie, ventilační scintigrafie, radiofarmaka. V angličtině pulmonary embolism, perfusion scintigraphy, ventilation scintigraphy, radiopharmaceuticals. Vyhledány byly pouze články publikovány od roku 2009 po současnost. Vyhledáno bylo 28 článků, využito jich bylo celkem 11.

1 Plicní embolie

1.1 Anatomie plic

Plíce jsou uloženy v hrudní dutině – mediastinu. Jedná se o párový orgán houbovitě konzistence o tvaru komolého kužele. Pravá plíce se skládá ze tří laloků (lobus superior, medius a inferior), levá plíce se skládá ze dvou laloků (lobus superior a inferior). Laloky jsou od sebe odděleny jednotlivými fisurami. Dále se plíce dělí na plicní segmenty.

Segment je určen jako část plic, která je provzdušněna jedním bronchem a zásobena jednou větví plicní tepny. Pravá plíce je tvořena 10 segmenty (lobus superior dx. tvoří 3 segmenty, lobus medius dva segmenty, lobus inferior dx. pět segmentů). Levá plíce se skládá z 8 segmentů (4 segmenty lobus superior sin., 4 segmenty lobus inferior sin.).

Krev přitéká do plic přes a. pulmonalis a její větve. Tyto větve se dělí spolu s bronchy až na úroveň kapilár. Z kapilárních sítí vznikají vv. Pulmonales, které probíhají mezi plicními segmenty. (Naňka, 2005, s. 182-186)

1.2 Etiologie

Plicní embolie je závažný stav, který ohrožuje pacienta na životě. Nejčastější zdroj embolizace je krevní sraženina (tromb), pocházející ve většině případů z žil dolních končetin. V momentě, kdy se uvolní, putuje cévním systémem do plic. (Sovová, 2012, s. 128) V plíci se sraženina zastaví v a. pulmonalis nebo v některé z jejích větví, jelikož zúžení cév neumožňuje její další průchod. Dochází tedy k neprůchodnosti plicnice nebo její větve a plíce nebo její segment není prokrven. V plicní tepně se zvyšuje tlak, který pravá komora nestíhá kompenzovat a snižuje se minutový srdeční výdej. (Braun, Dornan, 2000, s. 217) Dalším zdrojem embolizace mohou být také tukové kapénky, vzduch, plodová voda nebo skupiny nádorových buněk.

1.3 Epidemiologie

Plicní embolie je velice obávané a závažné kardiovaskulární onemocnění. Přesný výskyt embolie není přesně znám, ale ze studií se odhaduje ročně asi 60 případů na 100 000 obyvatel. Pokud není včas diagnostikována a léčena, úmrtnost je necelých 30 %. Pokud je pacient včas diagnostikován a léčen, je úmrtnost menší než 10 %. Diagnostika může být velice složitá, kvůli nespecifickým příznakům. (Indra, Kudlička, 2016, s. 31-36)

1.4 Rizikové faktory

Hluboká žilní trombóza

Plicní embolie je komplikace onemocnění známého jako hluboká žilní trombóza (dále jen HŽT). Je to jeden z častých nežádoucích projevů této nemoci. (Morpurgo, 1994, s. 57).

Rizikové faktory HŽT označujeme jako Virchowova triáda. Řadíme mezi ně zpomalení krevního oběhu (například v důsledku imobilizace pacienta, při dlouhých jízdách nebo při stavech bezvědomí), druhým faktorem je poranění cévní stěny (po operacích, po porodu) a třetím jsou hyperkoagulační stavy. Mezi ostatní faktory patří diabetes mellitus, věk, obezita, poruchy krevního oběhu, dehydratace, těhotenství a operace. Není jasné, jak se podílí vznik HŽT v souvislosti s věkem, ale předpokládá se spojitost s pohybem pacientů ve vyšším věku.

Klinicky se projevuje trombóza jako otok postižené končetiny, hlavně u kotníku nebo bérce. Končetina je také teplejší a napjatá. Diagnostika se provádí pomocí ultrazvukového vyšetření a flebografie. (Braun, Dormann, 2000, s.185-186; Widimský, 2002, s. 20)

Pooperační komplikace a traumata

Vysoké riziko představují rozsáhlé operace v oblasti břicha, ortopedické (hlavně dolních končetin), urologické a gynekologické operace. Embolie se může objevit dokonce až měsíc po operaci. Z ortopedických operací je z daného hlediska nejrizikovější totální endoprotéza kyčelního kloubu, u urologických se jedná o totální prostatektomii. (Widimský, 2002, s.17-18)

Rizikové pacienti jsou také pacienti, kteří utrpěli trauma. (Morpurgo et al., 1994, s. 11). Jedná se o pacienty s úrazy hlavy, páteře, pánve a fraktur dolních končetin. Tito pacienti jsou rizikové kvůli delší imobilizaci a žilní stáze. Svou roli ve vzniku HŽT a embolie sehrává také vyšší věk, přítomnost centrálního žilního katetru a doba již zmíněné imobilizace. (Widimský, 2002, s.20)

Maligní onemocnění

U některých pacientů s maligním onemocněním dochází ke zvýšení koagulačních faktorů a snížení fibrinolýzy v jejichž důsledku se riziko embolie zvyšuje.

Jisté nebezpečí představuje také hormonální terapie a chemoterapie cytostatiky. (Widimský, 2002, s. 20)

Těhotenství

Plicní embolie je v současné době jednou z nejčastějších příčin mateřské mortality. Jak již bylo zmíněno výše, embolie je častou komplikací hluboké žilní trombózy. I u těhotných žen embolie vzniká jako komplikace tohoto onemocnění. Pokud se HŽT neléčí 15-24 % mívá za následek plicní embolii. Riziko embolie je vysoké také v období po porodu (šestinedělí). Diagnostika HŽT u těhotných pacientek je poněkud složitější, jelikož nejčastější projevy žilní trombózy se projevují i u pacientek, které trombózou netrpí (otok a bolest končetiny) a proto někdy mohou být podceněny. Aby se předešlo podceňování těchto příznaků, zjišťuje se, zda pacientky nebo někdo v rodině má diagnostikovanou trombofilní poruchu a ostatní rizikové faktory (věk, BMI, jiné těhotenské komplikace). (Mannová, Penka, Štourač, 2017, 93-95)

Fibrilace síní

Je jednou z nejvíce vyskytovaných arytmií. Vyskytuje se u pacientů trpících srdečním onemocněním, elektrolytovou nerovnováhou nebo u intoxikovaných. Pacient pociťuje slabost, palpitace, pocit nedostatku vzduchu. Je nepravidelná akce srdečních komor. U pacientů s fibrilací síní je embolie častou komplikací, na kterou se musí myslet. Okamžitá prevence je prostřednictvím heparinu. Pro pacienty s fibrilací síní, kteří již embolii prodělali nebo je prokázána přítomnost trombů v levé síni, je nevyhnutelná prevence pomocí antikoagulace. (Braun, Dormann, 2000, s. 135)

Leidenská mutace

V případě Leidenské mutace dochází k chybnému vzniku molekuly koagulačního faktoru. Dochází k záměně guaninu za adenin. V důsledku vzniku této špatné molekuly koagulační faktor nepracuje správně a zvyšuje se srážlivost krve. Důsledkem může být žilní trombóza, plicní embolie nebo cévní mozková příhoda. U pacientů s touto mutací je riziko tromboembolie až 80x vyšší než u pacientů bez mutace. Riziko vzniku embolie u pacientek s leidenskou mutací se výrazně zvyšuje, pokud pacientky užívají hormonální antikoncepci. Mutace se u pacientek bez

výrazných zdravotních problémů neprojevuje, proto je mnohdy nalezena náhodně. Diagnostikovat se dá pomocí genetických testů. (Rosková, Bystřická, 2014, 158-162)

1.5 Klinický obraz plicní embolie

U pacientů se projevuje náhle vzniklá klidová dušnost. Ve 49 % případů se objevuje bolest na hrudi, ve 20 % kašel. Mezi méně časté příznaky patří vykašlávání krve, synkopa či bezvědomí. Pacienti s vykašláváním krve většinou utrpěli plicní infarkt. Mezi další symptomy patří zvýšená tepová frekvence, zrychlené dýchání a hypotenze.

Symptomy podle typu embolie:

- Akutní masivní plicní embolie: Může způsobit kardiogenní šok, který provází nízký tlak a snížená diuréza. Může se také projevit pouze nízkým systolickým tlakem s hodnotami pod 90 mm Hg. Přispívá ke vzniku cor pulmonale.
- Akutní submasivní plicní embolie: Projevuje se zvýšením tepové a dechové frekvence. Na echokardiografii jsou patrné projevy dysfunkce pravé srdeční komory.
- Akutní malá plicní embolie: Projeví se zvýšením dechové a tepové frekvence, v některých případech zvýšením teploty, popřípadě klinicky nemá.
- Subakutní masivní plicní embolie: V tomto případě je přítomno vícero menších uzávěrů. Námahová dušnost se postupně zhoršuje a snižuje se tělesná výkonnost pacienta.
- Chronická tromboembolická plicní hypertenze: Dochází k recidivám embolie, projevují se jako subakutní masivní plicní embolie, ale ke zhoršování dochází déle. (Widimský, 2011, s. 63-69)

1.6 Prognóza

Prognóza závisí na následujících okolnostech:

- a) velikost postižené části plicního cévního řečiště
- b) onemocnění srdce a plic
- c) ostatní faktory jako jsou například věk, zhoubné onemocnění, nízký tlak

Krátkodobá prognóza je méně příznivá u pacientů, u kterých je třeba zahájit kardiopulmonární resuscitaci. Například u pacientů s nefunkční pravou komorou nebo její dilatací (cor pulmonale), dále u hypotenzních pacientů nebo u pacientů v kardiogenním šoku. Nejhorší prognózu má nerozpoznaná plicní embolie, u které je

úmrtnost 2-3 x horší než u výše zmíněných případů. U pacientů, kteří již jednou plicní embolií prodělali je podstatně vyšší riziko její recidivy. (Widimský, 2011, s. 141)

1.7 Léčba

Úkolem léčby je odstranění embolu a zajištění opětovného krevního průtoku v postižené lokalitě. Léčebné možnosti jsou dvě – farmakologická (antikolagulační, trombolytická) a chirurgická. Pokud se lékař rozhodne pro antikoagulační léčbu, je možno použít kumariny, heparany, antitrombiny nebo heparin. V případě trombolytické léčby se využívá streptokináza nebo urokináza. Podstatou chirurgické léčby je vytažení embolu. (Sovová, 2012, s. 129)

1.8 Plicní hypertenze

Plicní hypertenze je onemocnění, při kterém je střední tlak v plicní tepně vyšší než 20 mm Hg, zvyšuje se v důsledku zvyšování odporu plicních cév. Podle hodnoty středního plicního tlaku se dělí na lehkou, střední a těžkou. Podle příčiny onemocnění je rozdělována také na primární a sekundární. Primární plicní hypertenze postihuje malé tepny, jedná se o vzácnou formu této choroby, která se vyskytuje častěji u žen než u mužů. Projevuje se hlavně dušností po fyzické námaze a bolestmi na hrudi, mezi další symptomy patří také periferní cyanóza. Pacientům postiženým tímto onemocněním jsou předepisovány léky rozšiřující cévy. Sekundární plicní hypertenze vzniká v důsledku jiných kardiopulmonálních onemocnění, podle příčiny se dále rozděluje. Léčí se primární příčina onemocnění. (Sovová, 2012, s. 126-127)

2 Přístrojová technika

Pro detekci ionizujícího záření (dále jen IZ) se v oboru nukleární medicíny používají scintilační detektory. Zdrojem záření je otevřený zářič, jenž je naaplikován pacientovi. Jedná se o emisní metodu zobrazení – zdroj záření je umístěn v pacientově těle, není tedy žádný vnější zdroj IZ jako tomu platí v případě radiodiagnostiky. V radiodiagnostice se využívá zobrazení transmisní, kdy je zdroj záření (rentgenka) situován mimo pacientovo tělo, které leží mezi rentgenkou a detektorem, jenž měří zeslabení IZ.

Úkolem scintilačních kamer je zobrazit rozložení radiofarmaka ve vyšetřovaném orgánu pacientova těla. Jedná se tedy o funkční zobrazení. Při novějších scintigrafických metodách se využívají hybridní přístroje, pomocí kterých se zobrazují také anatomické struktury. (Koranda et al., 2014, s. 24) Scintilační detektory jsou nedílnou součástí gamakamer využívaných pro scintigrafická vyšetření. (Koranda et al., 2014, s. 27; 35)

2.1 Princip scintilačního detektoru

Scintilační detektor se skládá z následujících součástí:

- Scintilační krystal

Je transparentní deska obdélníkového tvaru obsahující jodid sodný aktivovaný thaliem – NaI(Tl), která zaujímá celé zorné pole detektoru. Krystal je umístěn uvnitř detektoru, aby se zabránilo mechanickému poškození a vlivu světla a vlhka. (Kupka et al., 2015, s. 28) V dnešních scintilačních kamerách je krystal o tloušťce 9,5 mm. Na šířce vrstvy scintilačního materiálu závisí kvalita obrazu – čím širší je, tím větší je rozptyl fotonů, dochází tedy ke zhoršení kvality obrazu. (Ptáček et al., 2007, str.6)

- Fotonásobiče

Jsou připevněny na krystal světlovodivým gelem. Zachycují fotony viditelného světla (scintilace vznikající v krystalu) a převádí je dále na elektrický signál. V detektoru jich může být až několik desítek, jsou urovnané do kruhového nebo šestiúhelníkovému průřezu. Fotonásobič se skládá z fotokatody, soustavy dynod a anody. Na vstupu fotonásobiče je fotokatoda, následuje systém dynod a na výstupu je fotoanoda. (Kupka et al., 2015, s.27-29) Světlovodivý gel umožňuje přestup scintilačních fotonů na fotokatodu a znemožňuje lom světla

na optických rozmezích. (Koranda et al., 2014, s. 27) Fotokatodu tvoří tenká vrstva kovu s nízkou výstupní prací elektronů. (Ullmann, online)

- Elektronická aparatura

Jejím úkolem je přijmout a dále zpracovat signál z fotonásobičů. Obsahuje polohové a sumační obvody, amplitudový analyzátor.

Amplitudový analyzátor je elektronický obvod, který propouští pouze impulzy, jejichž hodnota je v nastaveném energetickém rozmezí. Rozmezí se nastavuje tak, aby zahrnovalo fotonásobičův gama záření využitého radionuklidu. Analyzátor je složen ze dvou diskriminátorů, které jsou zapojeny v antikoincenci. Rozmezí mezi horní a dolní diskriminační hladinou se dá nastavit buď jako základní úroveň a kolem ní energetické okénko, nebo je třeba nastavit dolní a horní diskriminační hladinu. Antikoincidenčním obvodem pak projdou pouze impulzy vyšší než dolní diskriminační hladina a nižší než horní hladina. (Ullmann, online)

Princip:

Fotony gama záření, vycházející z pacienta, dopadají na scintilační krystal a dochází k tzv. zábleskům (scintilacím). Fotony viditelného světla ze záblesku dopadají na fotokatodu, čímž se uvolní elektrony, které jsou urychlovány směrem k dynodě. Při dopadu urychlených elektronů na dynodu se uvolní sekundární elektrony, které jsou urychlovány směrem k další dynodě, kde se uvolňují další elektrony. Tento jev končí v momentě, kdy elektrony dopadnou na poslední dynodu. Díky znásobení elektronů vzniká elektrický impuls, který se dá změřit. (Saha, 2010, s. 37-38) Impuls se dále posílá do zesilovače a elektronické aparatury. Díky výstupním signálům z fotonásobičů je možno pomocí polohových obvodů zjistit místo v krystalu, ve kterém záblesky vznikly. Kolimátor pak umožňuje zjistit místo přímo pacientově těle. Součástí elektronické aparatury je také amplitudový analyzátor, na kterém je potřeba nastavit rozmezí energií záření, jež se mají detekovat. Energie registrovaných fotonů se hodnotí na základě amplitudy z amplitudového analyzátoru. (Koranda et al., 2014, s. 24-27; Kupka et al., 2015, s. 28-29)

2.2 Kolimátor

Kolimátor je součástí gamakamer, jehož funkce by se dala přirovnat k filtru. Je připevněn k detektoru a jeho úkolem je omezit fotony dopadající na krystal. Omezuje rušivý vliv záření vycházející z okolních tkání. (Koranda et al., 2014, s. 28) Je vyroben z olova a má několik otvorů. Fotony orientované ve směru osy otvorů kolimátoru jsou

propuštěny dále ke krystalu, nejsou nijak omezeny. Fotony letící v jiném směru jsou pohlceny v septu (přepážka mezi jednotlivými otvory). Vlastnosti kolimátoru jsou dány počtem a uspořádáním otvorů a také tloušťkou vrstvy olova mezi jednotlivými otvory. Podle jejich uspořádání dělíme kolimátory na paralelní, divergentní, konvergentní, fanbeam a pinhole. Dále je možno rozdělit kolimátory podle energií a citlivosti. (Saha, 2010, s. 36-41) Při použití nesprávného kolimátoru se výrazně zhoršuje kvalita výsledného obrazu. Při scintigrafii pomocí ^{99m}Tc se využívá kolimátor pro nízké energie. (Ullmann, online)

Typy kolimátorů:

- pro nízké energie: $E < 160\text{keV}$ – tenká septa, jemná konstrukce
- pro střední energie: $E: 160\text{--}300\text{ keV}$
- pro vysoké energie: $E > 300\text{ keV}$ - mohutná konstrukce, šíře septa se pohybuje mezi 2-3 mm

(Koranda et al., 2014, s. 28)

- LEHR – vysoké rozlišení, nízká citlivost
- LEAP - střední rozlišení, střední citlivost
- HS – vysoká citlivost

(Koranda et al., 2014, s. 27)

2.3 Scintilační kamera – gamakamera

Scintilační kamera detekuje gama záření a používáme ji k získání planárního (2D) nebo tomografického (3D) obrazu.

Historicky první byla sestavena v roce 1858 Halem Oscarem Angerem. Její součástí byl jednotvorový kolimátor a tenký krystal. Záblesky, ke kterým v krystalu docházelo byly zachycovány na fotografickou desku. Po určité době byly přidány také fotonásobiče, kterých bylo nejdříve pouze 7. V roce 1964 začala gamakamery již s 19 fotonásobiči vyrábět firma Nuclear Chicago. (Ullmann, online)

Dnešní kamera sestává ze scintilačního detektoru, počítače a kolimátoru. Scintilační krystal je ve tvaru obdélníku, za ním je připevněno 60-65 fotonásobičů. Pokud dojde k záblesku, světlo se dostane do fotonásobičů. Nejvíce světla bude ve fotonásobiči, který je nad místem, kde scintilace vznikla. Signály všech fotonásobičů se odesílají do elektronické aparatury, která obsahuje polohové obvody. Pomocí informací z nich zjistíme, kde ke scintilaci došlo. Díky kolimátoru známe také směr, ze

kterého fotony přiletěly, tudíž můžeme zjistit, odkud byly fotony vyzářeny. Energii záření zjistíme ze sumačních obvodů, které jsou také součástí elektronické aparatury. Pro zkrácení doby snímání se v současné době většinou používají kamery, které mají detektory alespoň dva. Detektory jsou připevněny na kruhové gantry. (Koranda et al., 2014, s. 27)

Při získávání planárního obrazu se detektory nastaví do požadované pozice a detekují záření z dané části těla po dobu několika minut. Nevýhodou planárního zobrazení je, že dochází k sumaci jednotlivých vrstev. (Kupka et al., 2015, s. 29)

SPECT, SPECT/CT

Z nahrávání v režimu SPECT se získává 3D obraz. Princip získávání 3D snímku je odlišný než u planárního zobrazení. Detektor se otáčí kolem pacienta plynule nebo krokově, celkem se otočí o 360°. Pokud se snímá krokově, otočí se o předem zadaný úhel, zastaví se, po určité době snímá a pak se o stejný úhel opět otočí. V praxi se v současné době využívají kamery se dvěma detektory. Fakt, že jsou detektory dva znamená, že každý detektor se otočí o 180°, čímž se dvojnásobně zrychlí doba snímání. V počítači se zpracuje obraz, ze kterého se získávají potřebná data. Rekonstruují se 3D obrazy v transverzálním, sagitálním a koronálním řezu, tudíž nedochází k sumaci jako u planárního zobrazení. Pro upřesnění lokalizace funkčních změn jsou scintilační kamery obohaceny o CT.

Hybridní SPECT/CT umožňuje fúzi obrazů, což znamená, že v jednom obrazu jsou anatomické struktury a také akumulace radiofarmaka. CT může být nízkodávkové (tzv. low-dose) nebo diagnostické. Diagnostické CT znamená vyšší radiační zátěž pro pacienta. (Koranda et al., 2014, s. 29-30)

3 Radionuklidová diagnostika plicní embolie

Při podezření na plicní embolii jsou u pacienta hodnoceny klinické příznaky, je odebrána krev, provedeno EKG a prostý snímek plic. Diagnóza musí však být potvrzena pomocí dalších zobrazovacích metod. Mezi tyto metody patří radionuklidová diagnostika nebo plicní CT angiografie.

Radionuklidová diagnostika embolizace do plicnice sestává ze dvou vyšetření- perfuzní a ventilační scintigrafie plic. Zobrazení může být planární, SPECT nebo také hybridní SPECT/CT. V současné době je SPECT více preferován než planární, jelikož má vyšší specifitu i senzitivitu. Umožňuje přesnou diagnózu i pokud má pacient chronickou obstrukční plicní nemoc nebo zápal plic. (EANM guidelines, 2009, s. 1356-1358) Z dat získaných ze SPECT lze vygenerovat také planární obrazy (tzv. pseudoplanární). Z průzkumu, do kterého bylo zahrnuto 311 pracovišť vyplývá, že až 63 % z těchto pracovišť pseudoplanární obrazy generuje. Některá pracoviště je využívají za účelem posouzení, zda nález patrný na SPECT odpovídá nálezu na planárních scintigramech. Jiná pracoviště je získávají pouze aby byly nálezy k dispozici lékařům, kteří vyšetření indikovali, ačkoliv k hodnocení nálezu tyto pseudoplanární obrazy nevyužívají. (Le Roux et al., 2015, s. 1216)

Hybridní kamery umožňují provést také CT v návaznosti na scintigrafické vyšetření. Výhodou je, že pacient leží pořád ve stejné poloze. Provedené CT bývá nízkodávkové (low-dose), pacient tedy není vystavován vysoké radiační zátěži. Dávka low-dose CT se pohybuje okolo 1mSv a nepodává se kontrastní látka, nehrozí tedy alergické reakce. Z výše uvedeného průzkumu vyplývá, že přibližně polovina SPECT vyšetření plic je doplněna o nízkodávkové CT. (Le Roux et al., 2015, s.1214) Studie také ukazují, že při využití hybridního SPECT/CT je méně nálezů, které nelze diagnostikovat, než je tomu při využití planárního zobrazení. (Metter et al., 2017, s. 491) Před vyšetřením není nutná speciální příprava pacienta.

3.1 Kontraindikace

Při diagnostice plicní embolie neexistují absolutní kontraindikace. Existují pouze relativní kontraindikace, mezi které patří těhotenství a laktace. Při laktaci musí pacientka přerušit kojení na 12 hod. (Věstník MZ, 2016, s.217) Další relativní kontraindikací je plicní hypertenze. Principem perfuzní scintigrafie plic je blokáda plicních kapilár. Tato blokáda může pacientům s plicní hypertenzí způsobit akutní zhoršení klinického stavu. (Mettler et al., 2006, s. 161)

Těhotenství

Pokud je pacientka přicházející na vyšetření těhotná, je nutno aplikovat co nejnižší možnou aktivitu, zároveň ale musí být zachována diagnostická výtěžnost.

Nejvyšší riziko představuje 1. trimestr, kdy je plod na ionizující záření nejcitlivější. (EANM guidelines, 2009 s.1362) Defekty se mohou vyvinout již od dávky 0,1 Gy (dále jen Gy) a jsou podmíněny vývojovým stádiem plodu. V 1.-2. týdnu plod zanikne, nebo přežije, aniž by vznikly defekty jakéhokoliv charakteru. V období mezi 3.-8. týdnem je při přesáhnutí dávky 0,1 Gy vysoké nebezpečí vzniku malformací. Mentální postižení hrozí při přesáhnutí dávky 0,2 Gy ve 2.-8. měsíci. Pokud je plod v děloze ozářen, je také vyšší riziko vzniku maligních nádorů a leukemie. (Kupka et al., 2015, s.21)

Dle evropské asociace nukleární medicíny (dále jen EANM) je vhodné provést pouze perfuzní scintigrafii. Pokud je potřeba také vyšetření ventilace, v 1. trimestru se doporučuje provést dvoudenní protokol, aby byla radiační zátěž co nejnižší. První den se provádí pouze perfuzní scintigrafie. Pokud není defekt v perfuzi, lze vyloučit embolii. Pokud jsou na scintigramech abnormality v perfuzi, je provedena druhý den ventilační scintigrafie. Ve druhém a třetím trimestru je již využíván jednodenní protokol. (EANM guidelines, 2009 s.1362)

3.2 Poučení pacienta

Při příchodu pacienta na vyšetřovnu je třeba ověřit totožnost, aby nedocházelo k záměně pacientů. Musí sdělit své jméno, příjmení, rodné číslo (popřípadě číslo pojištěnce) a kód pojišťovny. (Věstník MZ, 2016, s. 216) Dále je nutno vysvětlit pacientovi podstatu vyšetření. Je nutno sdělit proč se vyšetření v jeho případě provádí, jaký z něj bude užitek, jaká jsou rizika a také jak bude probíhat. Musí být také být upozorněn, že v den vyšetření by měl být omezen fyzický kontakt s dětmi a těhotnými ženami a je nutno hodně pít, aby se urychlilo vyloučení radiofarmaka z těla. Pokud je pacientem žena v reprodukčním věku, je nutno zvážit také možnost gravidity.

Důležitá je také anamnéza – zda pacient embolizaci v minulosti prodělal, trpí-li hlubokou žilní trombózou nebo užívá hormonální antikoncepci. Pro výpočet aplikované aktivity radiofarmaka je nutno znát také pacientovu váhu a výšku.

Než začne vlastní vyšetření, musí být odevzdán informovaný souhlas. Pokud rozumí účelu vyšetření a průběhu a souhlasí, musí být podepsán. Má-li nějaké

nejasnosti, má možnost se ptát. Po aplikaci radiofarmaka je potřeba zaznamenat aktivitu, jenž byla aplikována a také čas aplikace do pacientovy dokumentace. (Věstník MZ, 2016 s. 253)

3.3 Perfuzní scintigrafie plic

Perfuzní scintigrafie plic je vyšetření poskytující informace o průtoku krve plicním parenchymem. Nejčastěji je vyšetřována při podezření na embolizaci do plicní tepny, mezi další indikace patří diagnostika pravo-levého zkratu. Dále vyšetření napomáhá při stanovení formy plicní hypertenze. (Kupka et al., 2015, s.59)

3.3.1 Radiofarmakum

Radiofarmakum je léčivý přípravek, který obsahuje radionuklid. Nejvíce využívaným radionuklidem v oblasti nukleární medicíny je technecium (^{99m}Tc), díky svým vlastnostem. Technecium je jediný radionuklid využívaný při perfuzní scintigrafii plic. Jedná se o zářič gamma s energií záření 140 keV a poločasem rozpadu 6 hodin (nepředstavuje zbytečně velkou radiační zátěž pro pacienta).

Generátor

Technecium se získává z radionuklidového generátoru, ve kterém se původní radionuklid, který má delší poločas rozpadu přeměňuje na zářič s poločasem rozpadu kratším než původní. Generátory jsou sekundárním zdrojem radionuklidů. Původní radionuklid nazýváme mateřský, vzniklý se nazývá dceřiný. Mateřský radionuklid je v případě technecia molybden (^{99}Mo) s poločasem rozpadu 67 hodin, primárně získáván výrobou v jaderném reaktoru. V generátoru je ve formě molybdenu amonného umístěn ve skleněné koloně s oxidem hlinitým (nerozpustný). Při přeměně na technecium vzniká technecistanový iont (TcO_4^-), který se při proplachu fyziologickým roztokem (eluze) naváže na sodík a vzniká technecistan sodný (NaTcO_4). (Pekárek, 2012, s.14) Aktivita technecia po promytí roste, dokud nedosáhne rovnováhy, maximální je po 23 hodinách a poté klesá společně s aktivitou molybdenu. (Koranda et al., 2014, s.17-18)

^{99m}Tc -MAA

Pro perfuzní scintigrafii plic je využíván ^{99m}Tc značený makroagregát albuminu (^{99m}Tc -MAA) (Koranda et al., 2014, s.84). Připravuje se zahříváním směsi lidského

sérového albuminu a chloridu cínatého. Směs se zahřívá po dobu 30 minut při teplotě 80-90°C, následuje proplach fyziologickým roztokem, aby se odstranily volné ionty cínu. Vzniklá suspenze se rozděluje do injekčních lahví a dále se pak využívá jako kit. Než se označí techneciem, skladuje se při teplotě 2-8°C. Při značení se směs zahřívá na pokojovou teplotu a přidává se technecistanový iont. Účinnost značení je vyšší než 90 %. V preparátu je potřeba zkontrolovat velikost částic a částice větší než 100 µm se musí odstranit. (Saha, 2010, s. 116)

Přípravek obsahuje částice, které jsou o rozměrech od 5 do 100 µm, nejvíce zastupovány jsou však v rozměru 10-30 µm. Aby měl scintigram diagnostickou výtěžnost, je nutné aplikovat alespoň 100 000 částic, v praxi se aplikuje i 200 – 300 000. (Koranda et al, 2014, s. 60) Maximální možný aplikovaný počet je však 700 000. (Věstník MZ, 2016, s. 252) Více než 100 000 částic se nedoporučuje aplikovat pacientům s plicní hypertenzí, dále by se měl jejich počet redukovat u pacientů s pravo-levým zkratem (zvyšuje se riziko mikroembolizací v mozku). (Saha, 2010, s.274) Částice, které jsou v průměru větší než 10 µm se zaklíní v plicním oběhu, jelikož jsou větší než plicní kapiláry, čímž způsobí dočasné mikroembolizace. Počet mikroembolizací závisí na počtu aplikovaných částic a počtu plicních arteriol a kapilár. Makroagregáty jsou po určité době mechanicky a enzymaticky degradovány. Ideální velikost částic je 20-60 µm, jelikož částice, které jsou menší jsou degradovány velmi rychle. (Zophel et al., 2008, s.2) Mettler udává, že až 95 % aplikovaných částic je z krevního oběhu odstraněno již při prvním průtoku plicními kapilárami. (Mettler et al., 2006, s. 161)

3.3.2 Provedení vyšetření

Vyšetření se provádí na scintilační kameře s kolimátorem LEHR, popř. LEAP s paralelními otvory. (Saha, 2010, s. 274) Při využití planárního zobrazení jsou realizovány statické scintigramy ve 4-6 projekcích – přední, zadní, šikmé. (Koranda et al., 2014, s. 86) Je možno využít také zobrazení v režimu SPECT, pomocí kterého mohou být lépe zobrazeny možné subsegmentální léze, jenž nemusí být viditelné na planárních scintigramech. (Kupka et al., 2015, s. 58)

Radiofarmakum se aplikuje intravenózně (dále jen i.v.). (Koranda et al. 2014, s. 86) Jelikož částice mají tendenci sedimentovat, doporučuje se před vlastní aplikací injekční stříkačku protřepat. (Mettler et al., 2006, s. 161) Pacient by měl při aplikaci a alespoň 1 minutu po ní ležet, aby nedošlo k ovlivnění průtoku krve plícemi kvůli

rozdílům hodnot hydrostatického tlaku v plicích (všedě je plicní baze prokrvena více). (Koranda et al., 2014, s. 86) Aktivita radiofarmaka se při perfuzní scintigrafii aplikuje v řádech MBq. Pokud se jedná o planární zobrazení, diagnostická referenční úroveň je 200MBq, při akvizici SPECT je diagnostická referenční úroveň 300MBq. Aktivita, jenž je podána musí být pečlivě zaznamenána do pacientovy dokumentace k vyšetření (Věstník MZ, 2016, s. 253). U dětí je doporučená aktivita 1,85 MBq/kg. (Mettler et al., 2006, s. 161) Vyšetření je zahájeno alespoň 2 minuty po aplikaci radiofarmaka.

Aby bylo možno co nejlépe zobrazit případná ložiska v plicích, doporučuje se poloha pacienta v průběhu vyšetření vsedě. (Kupka et al., 2015, s. 58) Pokud je pacient imobilní nebo se nahrává SPECT, je možnost provést vyšetření vleže na dvoudetektorové kameře. (Věstník MZ, 2016, s. 25)

Pomocí amplitudového analyzátoru je potřeba nastavit energetické rozmezí, které má detektor registrovat. Energie záření je v případě technecia 140 keV, rozmezí tedy musí danou hodnotu obsahovat. V praxi se rozmezí nastavuje na 15 % Energetické rozmezí je tedy mezi 119 a 161 keV. Dále je nutno nastavit obrazovou matici a počet impulzů (400 000). (Míková, 2008, s.69)

Při využití planárního zobrazení se používá matice 256x256. Vyšetření je dokončeno až po dosažení požadovaného počtu impulzů. V případě SPECT je matice 128x128. Detektor v jedné poloze sestává po dobu 15-20 sekund, dále se pak otáčí, dokud se neotočí o 360° (v případě 2 detektorů každý o 180°). Získaná data je potřeba zrekonstruovat, přičemž se využívá filtrovaná zpětná projekce nebo iterativní rekonstrukce. Při hodnocení nálezu dle PISA-PED kritérií se provádí také SPECT/CT. (Věstník MZ, 2016, s. 254)

3.4 Ventilační scintigrafie plic

Ventilační scintigrafie plic je vyšetření napomáhající při diagnostice plicní embolie. Pomocí perfuzní scintigrafie lze prokázat, zda je defekt v perfuzi, ale nespécifikuje, o jaký defekt se jedná. Vyšetření ventilace se provádí za účelem zvýšení specifity vyšetření. (Mazurek et al., 2015, s. 397) V případě plicní embolie je na scintigramech patrný perfuzní defekt, ale ventilace je zachována. Další indikací je posouzení funkce plic například u pacientů před transplantací. (Koranda et al., 2014, s.86) Také může napomocť při diagnostice kardiopulmonárních onemocnění jako je např. chronická obstrukční plicní nemoc (dále jen CHOPN). (EANM guidelines, 2009, s. 1359)

3.4.1 Radiofarmaka

Při ventilační scintigrafii je možno použít více druhů radiofarmak. Nelze použít ^{99m}Tc -MAA jako pro vyšetření perfuze, ale pro dané vyšetření existují jiné preparáty, některé jsou také techneciové. Radiofarmaka používaná při ventilační scintigrafii obecně mohou být ve formě aerosolů nebo radioaktivních plynů. Aerosoly jsou kapalné (vyráběny z ^{99m}Tc -DTPA) nebo pevné (Technegas). (Koranda et al, 2015, s. 85)

Krypton (^{81m}Kr) – patří mezi radioaktivní plyny. Jedná se o gamma zářič s energií záření 190 keV a poločasem rozpadu 13 sekund. Zdrojem je generátor, mateřským radionuklidem je rubidium (^{81}Rb) s poločasem rozpadu 4,6 hodiny. Z důvodu krátkého poločasu rozpadu rubidia je možno generátor použít pouze po krátkou dobu. (Koranda et al., s. 15; s. 19) Nevýhodou využívání kryptonu jsou vysoké finanční náklady, dostupnost a nutnost denní výměny generátoru. Vzhledem k nízké radiační zátěži je však vhodný při vyšetření dětí. (EANM guidelines, 2009, s.1360)

^{99m}Tc -značené aerosoly-vyrábí se z roztoku ^{99m}Tc -DTPA pomocí nebulizátorů. Částice jsou o velikosti 0,5 - 3 μm . Pokud by byly částice větší, mohlo by docházet k usazování aerosolu v průdušnici nebo v průduškách. Naopak menší částice se neusazují dostatečně v plicních sklípcích. V obou případech dochází ke znehodnocení kvality obrazu. (Koranda et al., 2014, s. 84) Biologický poločas rozpadu u nekuřáka je asi 0,75 hod, u aktivních i pasivních kuřáků se tento čas snižuje v důsledku zvýšené alveolární permeability. (Saha, 2010, s. 276) Nevýhodou je prodloužená doba vyšetření v důsledku nízké deponice v plicních alveolech, která je asi 1-2 %. (Kupka et al., 2015, s. 59)

Technegas (^{99m}Tc -značené částice uhlíku) – obsahuje částice o velikosti 5-200 nm. Ačkoliv jsou velice malé, shlukují se, čímž zvětšují svůj objem. Je nutné je aplikovat do 3 minut. Před zahájením vyšetření se pacient 1x-3x zhluboka nadechne, částice se uloží v plicích. Ve velkých dýchacích cestách se mohou zobrazit horké léze. Efektivní dávka je větší než při použití kryptonu. (Mortensen, Gutte, 2014, s.82) V USA není jeho použití schváleno, ale je aplikován při 79 % ventilačních studií v Kanadě, méně často v Evropě. Je vhodným indikátorem jak pro planární zobrazení, tak pro SPECT. (Metter et al., 2017, s. 490) U pacientů s CHOPN je vhodnější využití technegasu než aerosolů. (EANM guidelines, 2009, s.1368)

Xenon (^{133}Xe) – patří do skupiny radioaktivních plynů. Vyrábí se štěpením jader ^{235}U Uranu v jaderném reaktoru a jeho poločas rozpadu je 5,03 dne, energie záření je 81

keV. Kromě ventilační scintigrafie plic se dá také využít pro vyšetření perfuzní scintigrafii mozku. (Saha, 2010, s. 130-131) Jeho výhodou je relativně levná cena a umožňuje hodnocení všech fází ventilace. V USA je jediným dostupným radioaktivním plynem. (Metter et al., 2017, s.490)

Jaká radiofarmaka jsou použita pro ventilační scintigrafii se liší podle zvyklostí pracoviště. V roce 2014 byl realizován průzkum standardních postupů při diagnostice akutní PE, do kterého bylo zahrnuto celkem 311 zdravotnických zařízení z Kanady, Francie a Austrálie. Všechna Australská zařízení zahrnutá ve studii využila pouze Technegas, ve Francii a Kanadě převažovalo využití ^{99m}Tc -značených aerosolů. ^{81m}Kr byl využit v 17 % vyšetření ve Francii. ^{133}Xe byl použit pouze ve 4 % vyšetření v Kanadě. (Le Roux et al., 2015, s. 1214)

3.4.2 Provedení vyšetření

V případě ventilační scintigrafie se využívá také planárního i SPECT zobrazení. Při použití planárního zobrazení jsou výsledné obrazy tvořeny statickými scintigramy ve stejných projekcích jako u perfuzní scintigrafie-přední, zadní, bočné šikmé. Pacient je také ve stejné poloze. Je napojen na dýchací okruh s trojcestným ventilem, v ústech má náustek, popřípadě má dýchací masku. Je důležité, aby maska nebo náustek správně přiléhaly, aby nedocházelo k úniku radiofarmaka. (Kupka et al., 2015, s. 59-60) Pacient inhaluje radiofarmakum dle pokynu personálu. Ventilační systém musí zabezpečit odvod radiofarmaka, jenž je pacientem vydechováno.

V případě použití techneciových preparátů se energetické rozmezí nastavuje opět mezi hodnotami 119 a 161 keV. Energie záření kryptonu je 190 keV, musí se tedy nastavit odlišné energetické rozmezí mezi 161,5 a 218,5 keV. Matice je 256x256. Požadovaný počet impulzů je 400 000. (Věstník MZ, 2016, s. 255)

Ventilační scintigrafie plic pomocí:

^{81m}Kr

Pokud je jako radiofarmakum použit krypton, pacient je napojen na dýchací okruh a inhaluje jej v průběhu snímání kamerou. Výsledné scintigramy jsou kvalitní, zobrazují aktivitu v plicních sklípcích a nejsou na nich artefakty tělesného pozadí. Jelikož má krypton krátký poločas rozpadu, není vysoká radiační zátěž pacienta ani zdravotnických pracovníků. (Kupka et al., 2015, s. 59-60)

Diagnostická referenční úroveň je 6000 MBq. Pokud je pacientem dítě nebo osoba s váhou nad 70 kg, aktivita se v případě kryptonu nepřeočítává. Do dokumentace je nutno uvést typ radiofarmaka a počet vyšetření. (Věstník MZ, 2016, s. 255)

^{99m}Tc-značených aerosolů

Pacient inhaluje aerosol, jehož částice se usazují v plicních sklípcích. V plicích je zachyceno asi 10 % aktivity, zbytek je vydechován. Ke zdroji aerosolu je připojen filtr, který zachycuje vydechovaný vzduch, aby nedošlo ke kontaminaci prostředí. Po dosažení potřebné aktivity v plicích se zahajuje snímání kamerou. (Saha, 2010, s. 276) Aktivita v plicích bývá dostatečná pro provedení vyšetření ve většině případů po 10-15 minutách vdechování radiofarmaka.

Na scintigramech je stejně jako při použití kryptonu zobrazena aktivita v plicních sklípcích, ale navíc i aktivita, která se usadila na sliznici průdušnice a průdušek, popř. aktivita v jícnu a v žaludku. (Kupka et al., 2015, s.60) Diagnostická referenční úroveň je 1000 MBq. (Věstník MZ, 2016, s. 254)

¹³³Xe

V první fázi vyšetření (fáze počátečního nádechu) musí pacient maximálně vydechnout, následně vdechne ¹³³Xe o aktivitě 370-740 MBq a zadrží dech na 15 s. V této době se pořizuje statický scintigram.

Ve druhé fázi (ekvilibrum) pacient inhaluje po dobu 2-5 min ¹³³Xe zředěný ve 2 l kyslíku. Pořizuje se další statický scintigram, který zobrazuje objem okysličené plíce.

Ve třetí fázi (Washout) pacient inhaluje čerstvý vzduch. Snímá se série 15 s scintigramů po dobu 2-3 min a pozoruje se, jak se ¹³³Xe vylučuje z plic. Washout fáze může být prodloužena u pacientů s CHOPN, pokud je potřeba zhodnotit usazování RF v dýchacích cestách (3-5 min). (Mettler et al., 2006, s. 163)

3.5 Návaznost ventilační a perfuzní scintigrafie

Při podezření na embolizaci do a. pulmonalis je doporučeno provést ventilační i perfuzní scintigrafii. EAMN guidelines uvádějí, že kombinace ventilační a perfuzní scintigrafie zvyšuje specifitu vyšetření a umožňuje rozpoznání jiné možné patologie. (EAMN guidelines, 2009, s. 1359) Pokud je pro vyšetření ventilace využito ^{81m}Kr, lze provést vyšetření současně. V případě, že je použito jako radiofarmakum techneciový

preparát, je potřeba vyšetřovací protokol upravit tak, aby z výsledných scintigramů bylo možno rozeznat stav ventilace a stav perfuze.

Mortensen a Gutte uvádí, že při využití ^{99m}Tc -značených aerosolů je nejdříve pacientovi aplikován preparát připravený z roztoku ^{99m}Tc -DTPA o aktivitě 30 MBq. Pacient jej inhaluje a po ukončení inhalace se provádí ventilační scintigrafie s využitím SPECT zobrazení. Následně se aplikuje ^{99m}Tc -MAA s aktivitou 100 MBq a pokračuje se perfuzní scintografií také v režimu SPECT. Celkem je provedeno 128 projekcí (každá hlava detektoru provede 64). Při ventilační scintigrafii detektory sestávají v dané pozici po dobu 10 s, při perfuzní uvádějí 5 s. Celková doba vyšetření je asi 20 min. Perfuzní vyšetření se musí upravit, aby výsledné scintigramy nenarušila aktivita z pozadí z podání radiofarmaka pro ventilaci.

Pokud je využit Technegas aplikovaná aktivita je 50MBq. Po ukončení inhalace se provede ventilační scintigrafie v režimu SPECT. Následně se aplikuje se ^{99m}Tc -MAA o aktivitě 220 MBq a následuje SPECT perfuze. Celkem je provedeno 120 projekcí, detektory při vyšetření ventilace sestávají v dané pozici 12 s, při perfuzi 8 s. Celková doba vyšetření je 25-30 min. (Mortensen, Gutte, 2013, s. 82-83)

Simultánní zobrazení perfuze a ventilace

Výhodou rozdílu energií záření technecia a kryptonu je možnost již zmíněného současného zobrazování. V jeden čas lze provádět jak perfuzní, tak ventilační scintigrafii. Na amplitudovém analyzátoru je potřeba nastavit energie, které se mají detekovat. Simultánního zobrazení lze využít tedy pouze v případě, že je jako radiofarmakum pro ventilaci využit preparát, jenž neobsahuje technecium. (EANM. 2009, s. 1360) Kladem simultánního vyšetření je zkrácení doby akvizice dat, ve stejném čase je tedy možno vyšetřit více pacientů.

Nejdříve jsou i.v. aplikovány ^{99m}Tc -MAA, poté je spuštěna akvizice SPECT, během které pacient vdechuje ^{81m}Kr . Detektor zůstává v jedné poloze po dobu 20 s, poté se otočí o 5° . Nahrávání probíhá na gamakameře se dvěma detektory, každý detektor zaznamená 36 projekcí, dohromady jich tedy je 72. (Mortensen, Gutte, 2014, s. 83-84)

3.6 Interpretace výsledků

Na perfuzních scintigramech je možno spatřit výpadky v distribuci radiofarmaka znamenající neprokrvení dané oblasti plíce. Mohou být lokalizovány v celém plicním segmentu nebo jeho části, nebo také v celém laloku. Pro embolizaci a. pulmonalis svědčí tzv. klínovitý defekt. Perfuzní defekty mohou nastat z mnoha příčin, mezi které patří například postižení plicního řečiště trombem nebo embolem, dále útlak plicních tepen nádorem, zvětšeným srdcem nebo zánětlivým infiltrátem. (Kupka et al., 2015, s. 58-59) Pomocí vyšetření perfuze nelze přesně určit etiologii defektů.

Pro přiblížení původu defektu je vhodná ventilační scintigrafie. Pro plicní embolii je charakteristický tzv. mismatch (neshoda) - perfuzní defekt a zachovaná ventilace v místě poruchy perfuze. Ventilační scintigrafické však vyšetření nemusí být dostupné každodenně vzhledem k již zmíněné finanční nákladnosti Rb-Kr generátoru. (Koranda et al., 2014, s. 86-87)

Aby bylo možno stanovit diagnózu akutní PE, dle EANM musí být na výsledných scintigramech patrný mismatched defekt, který je v rozsahu alespoň jednoho segmentu, nebo dvou a více subsegmentů. O akutní PE se nejedná, jestliže je zachována perfuze nebo její porucha není segmentárního charakteru. (EANM guidelines, 2009, s.1365)

Dle věstníku MZ by měl mít pacient před příchodem na vyšetření vyhotoven rtg snímek plic, který může napomoci při určení diagnózy. (Věstník MZ, 2016, s.253) Pokud je na rtg snímku patrné zastření, je nízká pravděpodobnost, že se jedná o embolii. (Koranda et al., 2014, s. 87)

Kromě neshodného defektu mohou být na výsledných scintigramech viditelné také matched defekty, které znamenají současnou poruchu perfuze i ventilace. (Metter et al., 2017, s. 490) Současné defekty však svědčí spíše o primárně plicních onemocněních. (Koranda et al., 2014, s. 86-87). Objevují se např. u pacientů s CHOPN či zápallem plic. (EANM guidelines, 2009, s. 1364) Dále mohou být na scintigramech zobrazeny tzv. reverse-mismatched defekty, které znamenají, že porucha ventilace je významnější než porucha perfuze. (Metter et al., 2017, s. 490)

Prospective Investigation of Pulmonary Embolism Diagnosis (dále jen PIOPED) I, II je starší systém, pomocí kterého bylo možno diagnostikovat embolii. Systém je založen na pravděpodobnosti PE. S příchodem PIOPED se změnila také některá kritéria pro určení diagnózy. Nízká pravděpodobnost PE vzrostla z 10 % na 20 %,

v důsledku čehož se plicní CT angiografie (dále jen CTAG) stala metodou první volby, tudíž došlo k poklesu využití ventilačně-perfuzních scintigrafií. V PIOPED II byla kritéria pro velmi nízkou pravděpodobnost upravena tak, že pokud bylo klinické podezření nízké a podle scintigrafie byl velmi nízká pravděpodobnost, spolehlivost vyšetření byla srovnatelná s CTAG.

Prospective Investigation of Acute Pulmonary Embolism (dále jen PISA-PED) je systém, pomocí kterého lze diagnostikovat plicní embolii pomocí perfuzní scintigrafie a rtg snímku plic. Narozdíl od PIOPED pomocí tohoto systému není embolie diagnostikována na základě pravděpodobnosti, ale pouze jako pozitivní nebo negativní, popř. neurčitelná. Byl vydán v roce 1995. Pokud je na perfuzních scintigramech patrný klínovitý defekt, který nelze vysvětlit pomocí rtg snímku, plicní embolie je považována za pozitivní. Výhodou je nízká radiační zátěž a také nižší cena vyšetření než při využití ventilační scintigrafie. (Metter et al., 2017, s.491) Pokud je perfuze hodnocena dle PISA-PED kritérií, je doporučeno provést také SPECT/CT. (Věstník MZ, 2016, s.253) Při aplikaci těchto kritérií je uváděna senzitivita vyšetření 92 % a specificita 82 %. (Skarlovnik et al., 2014, s. 114)

3.7 Porovnání s CTAG

Jinou zobrazovací metodou umožňující diagnostiku PE je CTAG. Aby bylo možno zpozorovat PE na CT, je nutno aplikovat kontrastní látku. Při CT vyšetřeních se podává jodová kontrastní látka, se kterou se pojí také rizika.

Výhodou radionuklidové diagnostiky oproti CTAG je nepodávání této kontrastní látky, je tedy vhodná pro pacienty, kteří již prodělali vedlejší reakce, aniž by byla potřeba speciální příprava. Odpadá riziko vedlejších reakcí, mezi které patří např. nevolnost, vyrážka, vysoký tep, zúžení dýchacích cest nebo v nejtěžších případech až anafylaktický šok či kardiovaskulární selhání. Vyšetření pomocí radionuklidů je také vhodné pro pacienty s nedostatečnou funkcí ledvin, které pak nejsou tak významně zatěžovány ledviny vylučováním kontrastu. (Vomáčka et al., 2015, s.68)

Scintigrafie je také šetrnější z hlediska dávky na ženskou hrud' a tím také na prsní žlázy. (Koranda et al., 2014, s.86-87) Při využití CTAG se pohybuje dávka na prsní žlázy mezi hodnotami 10-70 mSv. V případě perfuzně-ventilační scintigrafie je dávka značně nižší 1,5 mSv. (Metter, Tulchinsky, Freeman, 2017, s. 489-491) Míková uvádí, že při perfuzní scintigrafii je radiační zátěž až 8x nižší než při CT hrudníku a při

ventilační je minimální. Scintigrafické vyšetření je také citlivější, má schopnost zaregistrovat defekty, které by na CT nemusely být viditelné. (Míková, 2008, s. 70)

Naproti tomu předností CTAG je dostupnost vyšetření. Na klinikách nukleární medicíny není nepřetržitý provoz, kdežto CT je v současnosti standardem většiny radiodiagnostických pracovišť, která pracují v souvislém provozu. Mezi další výhody patří fakt, že CT vyšetření má vyšší specificitu. Při CT vyšetření je možno zaznamenat i jiné patologie, než je PE. (Koranda et al., 2014, s. 86) CTAG plic má nízkou senzitivitu pro detekci subsegmentální embolie. Multidetektorové CT má senzitivitu vyšší, ale pořád nižší než scintigrafické vyšetření.

Ve studii provedené v letech 2001-2003 bylo zahrnuto 83 pacientů, kteří podstoupili jak CTAG plic, tak scintigrafické vyšetření během maximálně 3 dnů. Jak perfuzní, tak ventilační scintigrafie byla nahrávána v režimu SPECT, radiofarmakem pro vyšetření ventilace byl zvolen technegas. V případě multislice CT byla správná diagnóza určena v 77 případech (92,8%), při použití SPECT byla správná diagnóza v 78 případech (94%). (Reinartz et al., 2004, s. 1501-1507)

3.8 Radiační ochrana

Vzhledem k nepříznivým účinkům IZ na organismus je potřeba před zářením chránit jak pacienty, tak personál.

Ochrana pracovníků před vnějším ozářením sestává z ochrany časem, vzdáleností a stíněním.

- **Vzdáleností:** personál by měl od zdroje udržovat bezpečnou vzdálenost, dávka klesá se čtvercem vzdálenosti. (Kupka et al., 2015, s. 24) V případě nutnosti přesunutí zdroje je potřeba použít např. peány, nebo pinzety. Pokud již bylo naaplikováno radiofarmakum, doporučuje se, aby byl pracovník od pacienta alespoň 1 m vzdálen. (Hušák et al., 2009, s. 95)
- **Časem:** manipulace s radionuklidy by měla být co nejrychlejší, při přípravě radiofarmak se doporučuje střídání pracovníků
- **Stíněním:** Aby bylo možno odstínit gamma záření, musí být využit materiál s vysokou hustotou. Mezi stínící materiály patří například olovo, které je využíváno nejvíce. Radiofarmaka musí být při přemísťování z laboratoře na vyšetřovnu umístěny v olověném krytu. Vyšetřovny jsou vybaveny stínícími stěnami, s oknem, které umožňuje pozorovat pacienta při vyšetření. (Kupka et al., 2015, s. 24)

Riziko však nepředstavuje pouze vnější ozáření, ale také vnitřní. K vnitřnímu ozáření dochází, pokud radioaktivní preparát pronikne do organismu. Do těla může zářič vniknout v případě aerosolů inhalací. Pokud jsou radiofarmakem kontaminovány ruce, může do organismu vniknout pomocí potravy. Ochranou je nošení gumových rukavic, je však nutno si uvědomit, že chrání pouze před kontaminací rukou a s ní spojeným vnitřním ozářením, nikoliv před zdrojem samotným. Pracoviště nukleární medicíny spadá do kontrolovaného pásma, ve kterém je přísný zákaz pít, jíst a kouřit.

Ke kontaminaci oblečení může dojít například v důsledku přítomnosti radioaktivní látky na pracovní ploše ve vyšetřovně či v laboratoři. Znečištění těchto povrchů radioaktivními preparáty je možno monitorovat a tím také zabránit jejímu rozšiřování. Monitorování je prováděno přímo pomocí speciálních přístrojů k monitoringu sloužícím, nebo nepřímo prostřednictvím stěrů. (Hušák et al., 2009, s. 98)

Ochrana pacientů

Při využívání IZ existují již zmíněné nepříznivé účinky na lidský organismus. Tyto účinky mohou být buď stochastické (nahodilé, mohou nastat po aplikaci jakékoliv dávky) nebo deterministické (vznikající při překročení určité dávky). Lékařské ozáření představuje asi 90 % z celkového ozáření obyvatelstva, a proto je nutno zvážit možná rizika s aplikací záření spojená a vznik těchto nepříznivých účinků. Mezi základní principy radiační ochrany patří princip zdůvodnění a princip optimalizace.

Princip zdůvodnění znamená, že užitek z vyšetření, které pacient podstupuje musí přesahovat, nebo alespoň vyvažovat rizika s vyšetřením spojená. Prospěch a rizika musí pečlivě zvážit lékař, jenž vyšetření indikuje, také by měl zvážit další možné vyšetřovací metody. U gravidních pacientek se je záření využíváno, pokud jsou ohroženy na životě a je potřeba zajistit maximální možnou ochranu plodu.

Princip optimalizace v nukleární medicíně znamená, že je nutno aplikovat co nejnížší možnou aktivitu radiofarmaka, aby byla radiační zátěž co nejnížší. Zároveň musí být zachována diagnostická výtěžnost z vyšetření. V praxi existují diagnostické referenční úrovně (dále jen DRL), které je nutno dodržet. DRL udávají množství aplikované aktivity pro 70 kg pacienta při daném vyšetření. (Hušák et al., 2009, s. 71-72)

Závěr

Cílem bakalářské práce bylo shrnout poznatky o scintigrafii plic při podezření na plicní embolii. Cíl byl v rámci práce splněn.

PE je obávanou komplikací u imobilních pacientů, dále u pacientů s hlubokou žilní trombózou, těhotných žen a také u pacientů trpících poruchami koagulace (zvláště u žen, které mají již diagnostikovanou leidskou mutaci).

Včasná diagnostika a následná léčba PE výrazně zvyšuje pacientovu šanci na přežití. Léčba spočívá v podávání antikoagulantů či mechanickém odstranění embolu z plic.

Při podezření na embolizaci do a. pulmonalis je nutno diagnózu ověřit pomocí zobrazovacích metod. Lze využít radionuklidovou diagnostiku, která sestává z perfuzní a ventilační scintigrafie plic, nebo také CTAG. Výhodou scintigrafického vyšetření je podstatně nižší radiační zátěž než při CT vyšetření a také není pacientovi aplikována kontrastní látka. CT je však dostupnější, jelikož má nepřetržitý provoz. Při nahrávání v režimu SPECT je senzitivita i specificita CTAG a scintigrafie srovnatelná.

Při perfuzní scintigrafii se jako radiofarmakum využívá pouze ^{99m}Tc -MAA. Během aplikace a alespoň minutu po ní musí pacient setrvat vleže, aby nedošlo k ovlivnění hydrostatického tlaku v plicích.

Pro scintigrafické vyšetření ventilace plic existuje více druhů radiofarmak. Jaká jsou využívána závisí na jejich dostupnosti a standardech pracoviště. Lze využít ^{81m}Kr , ^{99m}Tc -značené aerosoly nebo ^{133}Xe . Všechny 3 radiofarmaka se aplikují inhalačně, zásadní rozdíl je však ve způsobu nahrávání, které je v bakalářské práci popsáno.

Rozdílná energie ^{99m}Tc a ^{81m}Kr umožňuje současné nahrávání ventilační i perfuzní scintigrafie, výrazně tedy zkracuje vyšetřovací čas. Nevýhodou kryptonu jsou vysoké finanční náklady a také nutnost dodávání generátoru každý den.

Pokud je provedena ventilační i perfuzní scintigrafie, embolizace v plicnici se pojeví jako perfuzně-ventilační mismatch. Na scintigramech bude patrný výpadek v perfuzi, ale ventilace bude zachována. Pokud je provedena pouze perfuzní scintigrafie, lze pro hodnocení využít PISA-PED kritéria.

Referenční seznam

Elektronické a bibliografické zdroje

1. BAJC M, NEILLY JB, MINIATI M, SCHUEMICHEN C, MEIGNAN M a JONSON B. 2009. EANM guidelines for ventilation/perfusion scintigraphy: Part 1. Pulmonary imaging with ventilation/perfusion single photon emission tomography. *European Journal Of Nuclear Medicine And Molecular Imaging* [online]. 36(8), 1356-70 [cit. 2018-04-14]. ISSN 16197089. Dostupné z: DOI: 10.1007/s00259-009-1170-5
2. BRAUN, Jörg a Arno DORMANN. 2000. *Vademecum lékaře: Vyšetřovací metody: Diagnostika: Terapie : Naléhavé situace*. 3., přeprac. a rozš. vyd. Praha: Galén, 791 s. ISBN 80-86257-10-x.
3. EDITED BY MARIO MORPURGO. 1994. *Pulmonary embolism*. New York: M. Dekker. 329 s. ISBN 0824791789.
4. HUŠÁK, Václav. 2009. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 138 s. ISBN 978-80-244-2350-0.
5. KORANDA, Pavel a kol. 2014. *Nukleární medicína*. 1. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 201 s. ISBN 978-80-244-4031-6
6. KRAFT, Otakar, PEKÁREK, Jan. 2014. *Radiofarmaka*. 1. vydání. Ostrava: XMEDIA servis s.r.o. 93 s. ISBN 978-80-7465-523-5
7. KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. 2015 *Nukleární medicína*. 6. vydání (2. vydání v Nakladatelství P3K). V Praze: P3K. 161 s. ISBN 978-80-87343-54-8.
8. LE ROUX PY, PELLETIER-GALARNEAU M, DE LAROCHE R, et al. 2015. Pulmonary Scintigraphy for the Diagnosis of Acute Pulmonary Embolism: A Survey of Current Practices in Australia, Canada, and France. *Journal Of Nuclear Medicine: Official Publication, Society Of Nuclear Medicine* [online]. 56(8), 1212-7 [cit. 2018-04-14]. ISSN 15355667. Dostupné z: DOI: 10.2967/jnumed.115.157743
9. LE ROUX PY, ROBIN P a SALAUN PY. 2018. New developments and future challenges of nuclear medicine and molecular imaging for pulmonary embolism. *Thrombosis Research* [online]. 163, 236-241 [cit. 2018-04-14]. ISSN 18792472. Dostupné z: DOI: 10.1016/j.thromres.2017.06.031
10. MANNOVÁ, J., M. PENKA a P. ŠTOURAČ. 2017. Hluboká žilní trombóza a plicní embolie v těhotenství. *Anaesthesiology* [online]. 28(2), 92-99 [cit. 2018-04-14]. ISSN 12142158. Dostupné z: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=8&sid=63a34088-4d7d-4616-b5de-a82e89933267%40sessionmgr4007>

11. MAZUREK A, DZIUK M, WITKOWSKA-PATENA E, PISZCZEK S a GIZEWSKA A. 2015. The Utility of Hybrid SPECT/CT Lung Perfusion Scintigraphy in Pulmonary Embolism Diagnosis. *Respiration; International Review Of Thoracic Diseases* [online]. 90(5), 393-401 [cit. 2018-04-14]. ISSN 14230356. Dostupné z: DOI: 10.1159/000439543
12. METTER D, TULCHINSKY M a FREEMAN LM. 2017. Current Status of Ventilation-Perfusion Scintigraphy for Suspected Pulmonary Embolism. *AJR. American Journal Of Roentgenology* [online]. 208(3), 489-494 [cit. 2018-04-14]. ISSN 15463141. Dostupné z: DOI: 10.2214/AJR.16.1719
13. METTLER, Fred A. a Milton J. GUIBERTEAU. 2006. *Essentials of nuclear medicine imaging*. 5th ed. Philadelphia, Pa.: Saunders/Elsevier. 577 s. ISBN 0721602010.
14. MÍKOVÁ, Vlasta. 2008. *Nukleární medicína: průřez vyšetřovacími metodami v oboru nukleární medicína*. Praha: Galén. Care. 118 s. ISBN 978-80-7262-533-8.
15. MINISTERSTVO ZDRAVOTNICTVÍ. 2016. Standardy zdravotní péče- „Národní radiologické standardy-nukleární medicína“... Věstník ministerstva zdravotnictví České republiky [online]. Částka 2, s. 216-218;253-257 (cit 2018-04-14). Dostupné také z:
https://www.mzcr.cz/Legislativa/dokumenty/vestnik-c2/2016_11347_3442_11.html
16. MORTENSEN, Jann a Henrik GUTTE.2014. SPECT/CT and pulmonary embolism. *European Journal of Nuclear Medicine* [online]. 41, 81-90 [cit. 2018-04-14]. ISSN 16197070. Dostupné z: DOI: 10.1007/s00259-013-2614-5
17. NAŇKA, Ondřej, ELIŠKOVÁ, Miroslava. 2009. Přehled anatomie. 2. doplněné a přepracované vydání. Praha: Galén. 416 s. ISBN 978-80-7262-612-0
18. Ptáček et al., 2007, Fyzikální základy zobrazování v nukleární medicíně a radiační ochrana. [online]. [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: <http://old.lf.upol.cz/menu/struktura-lf/kliniky/klinika-nuklearni-mediciny/pedagogicka-cinnost/fyzikalni-zaklady-zobrazovani-v-nuklearni-medicine-a-radiacni-ochrana/scintilacni-kamera-planarni-a-spect/scintilacni-kamera-zakladni-konstrukce/>
19. REINARTZ P, WILDBERGER JE, SCHAEFER W, NOWAK B, MAHNKEN AH a BUELL U. 2004. Tomographic imaging in the diagnosis of pulmonary embolism: a comparison between V/Q lung scintigraphy in SPECT technique and multislice spiral CT. *Journal Of Nuclear Medicine: Official Publication, Society Of Nuclear Medicine*[online]. 45(9), 1501-8 [cit. 2018-04-14]. ISSN 01615505. Dostupné z:

<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=12&sid=63a34088-4d7d-4616-b5de-a82e89933267%40sessionmgr4007>

20. SAHA, Gopal B. 2010. *Fundamentals of nuclear pharmacy*. 6th ed. New York: Springer. 409 s. ISBN 978-1-4419-5859-4.

21. SKARLOVNIK A, HRASTNIK D, FETTICH J a GRMEK M. 2014. Lung scintigraphy in the diagnosis of pulmonary embolism: current methods and interpretation criteria in clinical practice. *Radiology And Oncology*[online]. 48(2), 113-9 [cit. 2018-04-14]. ISSN 13182099. Dostupné z: DOI: 10.2478/raon-2013-0060

22. SOVOVÁ, Eliška. 2012 *Vybrané kapitoly z vnitřního lékařství pro nelékařské obory*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 283 s. ISBN 978-80-244-3133-8.

23. Ullman Vojtěch, <http://astronuklfyzika.cz/index.htm>, [online]. [cit. 2018-04-22].

24. VOMÁČKA, Jaroslav. 2015. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. Druhé, doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 157 s. ISBN 978-80-244-4508-3.

25. WIDIMSKÝ, Jiří a Jaroslav MALÝ. 2011. *Akutní plicní embolie a žilní trombóza: patogeneze, diagnostika, léčba a prevence*. 3., rozš. a přeprac. vyd. Praha: Triton. 420 s. ISBN 978-80-7387-466-7.

26. WIDIMSKÝ, Jiří a Jaroslav MALÝ. 2002. *Akutní plicní embolie a žilní trombóza*. Praha: Triton. 303 s. ISBN 8072542583.

27. ZÖPHEL K, BACHER-STIER C, PINKERT J a KROPP J. 2009. Ventilation/perfusion lung scintigraphy: what is still needed? A review considering technetium-99m-labeled macro-aggregates of albumin. *Annals Of Nuclear Medicine* [online]. 23(1), 1-16 [cit. 2018-04-14]. ISSN 09147187. Dostupné z: DOI: 10.1007/s12149-008-0187-3

Seznam zkratek

a. – arteria

CT - výpočetní tomografie

CTAG – CT angiografie

dx. – pravý

Gy- Grey

Hg - rtuť

HŽT – hluboká žilní trombóza

CHOPN – chronická obstrukční plicní nemoc

i.v. - intravenózní

IZ - ionizující záření

$^{81\text{m}}\text{Kr}$ - krypton

m - metr

MAA - makroagregáty albuminu

MBq - megabecquerel

min - minuta

mm – milimetr

NaTcO_4^- - technecistan sodný

$\text{NaI}(\text{Tl})$ - chlorid sodný aktivovaný thaliem

PE - plicní embolie

s - sekunda

SPECT – jednofotonová emisní tomografie

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ - technecium

$^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ - technecistan

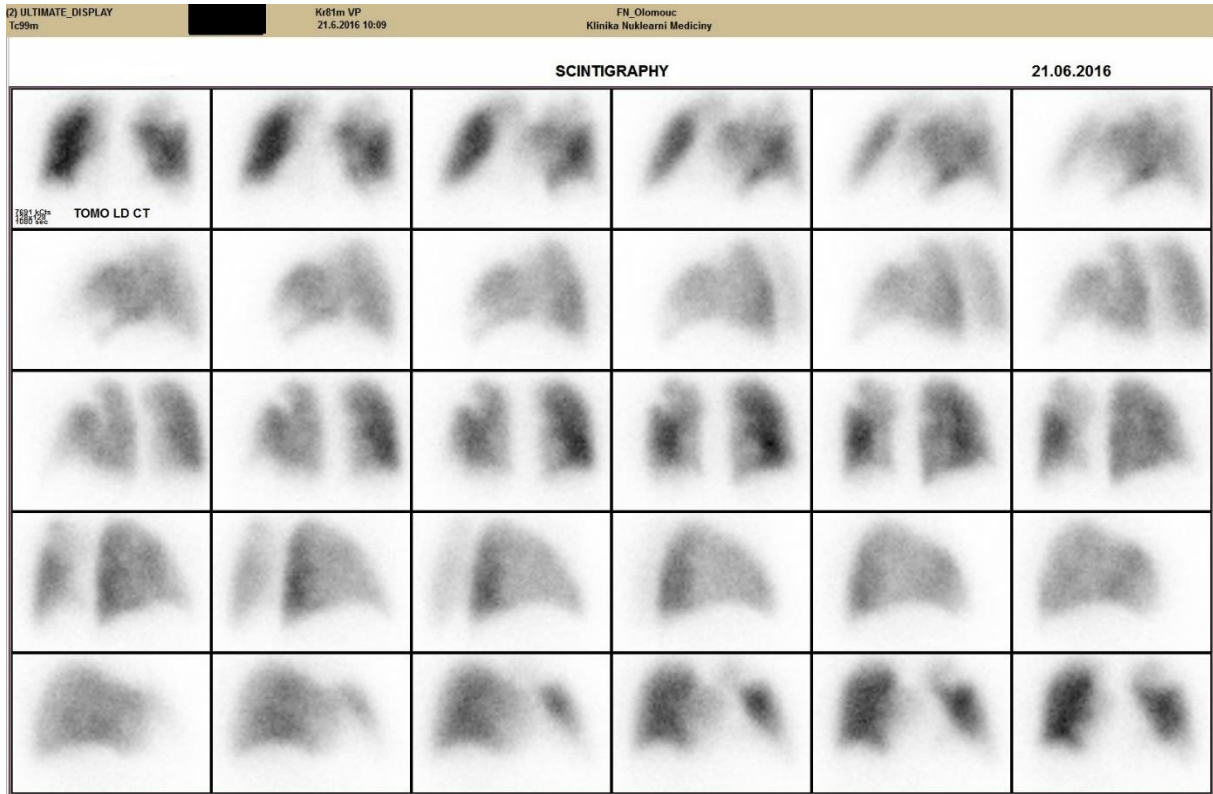
^{133}Xe - Xenon

μm - mikrometr

Obrazové přílohy

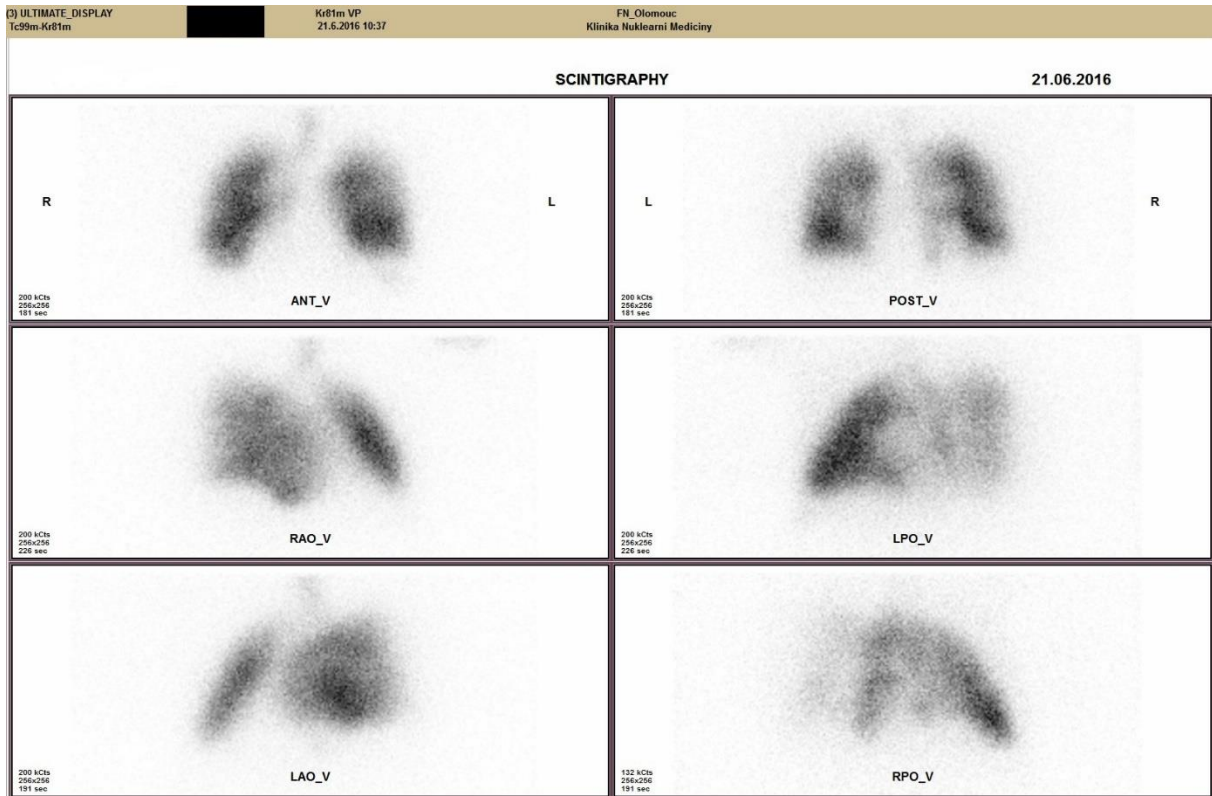
Obrazová příloha č. 1

SPECT/ low-dose CT plicní perfuze



Obrazová příloha č. 2

Ventilační scintigramy plic (přední, zadní, šikmé projekce)



Na SPECT/ LD CT plicní perfuze a na ventilačních scintigramech nacházíme normoventilovaný defekt plicní perfuze vlevo apikálně, na LDCT bez strukturálního korelátu. Pravá plíce bez průkazných defektů plicní perfuze či ventilace.

Závěr: Scintigrafický nález svědčí pro embolizaci do a. pulmonalis vlevo.