

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2018

Kristýna Horniačková

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií

Současné postavení perfuzně-ventilační plicní scintigrafie v diagnostice plicní
embolizace

Kristýna Horniačková

Bakalářská práce

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií
Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Kristýna Horniačková**
Osobní číslo: **Z15094**
Studijní program: **B5345 Specializace ve zdravotnictví**
Studijní obor: **Radiologický asistent**
Název tématu: **Současné postavení perfuzně-ventilační plicní scintigrafie
v diagnostice plicní embolizace**
Zadávací katedra: **Katedra informatiky, managementu a radiologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Studium literatury, sběr informací a popis současného stavu řešené problematiky.
2. Stanovení cílů a metodiky práce.
3. Příprava a realizace výzkumného šetření dle stanovené metodiky.
4. Analýza a interpretace získaných dat.
5. Zhodnocení výsledků práce.

Rozsah grafických prací: **dle doporučení vedoucího**

Rozsah pracovní zprávy: **35 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. FERDA, Jiří. CT angiografie. Praha: Galén, 2004. ISBN 80-7262-281-1.
2. KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. Nukleární medicína. 6. vyd. Praha: P3K, 2015. ISBN 978-80-8734-354-8.
3. Věstník Ministerstva zdravotnictví České republiky [online], 2016. Praha: Ministerstvo zdravotnictví České republiky, 2016(2) [cit. 2018-01-12]. Dostupné z: https://www.mzcr.cz/Odbornik/dokumenty/nuklearni-medicina_8773_3050_3.html
4. WIDIMSKÝ, Jiří a Jaroslav MALÝ. Akutní plicní embolie a žilní trombóza: patogeneze, diagnostika, léčba a prevence. 2., rozš. a přeprac. vyd. Praha: Triton, 2005. ISBN 80-7254-639-2.

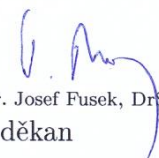
Vedoucí bakalářské práce:

MUDr. Irena Vyhnánková


Katedra informatiky, managementu a radiologie

Datum zadání bakalářské práce: **1. prosince 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce: **7. května 2018**


prof. MUDr. Josef Fusek, DrSc.
děkan

L.S.


Věra Záhorová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 26. února 2018

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 7. 5. 2018

Kristýna Horniačková

PODĚKOVÁNÍ

Mé poděkování patří MUDr. Ireně Vyhnánkové, za její odborné vedení bakalářské práce, vstřícné jednání a za cenné rady a připomínky, které mi při bakalářské práci ochotně podávala a pomohla mi tímto práci zkompletovat.

ANOTACE

Bakalářská práce je zaměřena na téma „Současné postavení perfuzně-ventilační plicní scintigrafie v diagnostice plicní embolizace“. V daném tématu se zabírám charakteristikou plicní embolie, příznaky, jejím vznikem a léčbou. Hlavním tématem je vyšetření nesoucí název Perfuzní a ventilační scintigrafie plic, která se provádí na oddělení nukleární medicíny. Dále přibližuji ostatní metody, kterými lze embolizaci plic diagnostikovat, jako je například CT angiografie, vyšetření prostým RTG snímkem, digitální substrakční angiografií aj. V poslední části bakalářské práce se věnuji rozdílům ve vyšetření CT angiografie a již zmiňované perfuzně-ventilační scintigrafii plic, kde řeším výhody, nevýhody, kontraindikace a další problematiky ohledně těchto dvou vyšetření.

KLÍČOVÁ SLOVA

plíce, embolie, diagnostika, scintigrafie, angiografie

TITLE

Current status of ventilation/perfusion scintigraphy in diagnosis of pulmonary embolism

ANNOTATION

The bachelor thesis is focused on the topic of "Current position of perfusion-ventilation pulmonary scintigraphy in the diagnosis of pulmonary embolism". In the thesis I focused on the characteristics of pulmonary embolism, its symptoms, origin and treatment. The main topic is an examination called ventilation/perfusion scintigraphy of the lungs, which is performed in the department of Nuclear Medicine. Next, other methods by which lung embolization can be diagnosed are described, such as CT angiography, X-ray examination, digital subtraction angiography, etc. In the last part of my bachelor thesis I address the differences in examination of CT angiography and already mentioned pulmonary perfusion-ventilation scintigraphy, where I discuss advantages, disadvantages, contraindications and other issues related to these two examinations.

KEYWORDS

lung, embolism, diagnostics, scintigraphy, angiography

OBSAH

ÚVOD	16
CÍLE PRÁCE.....	17
1 ANATOMIE A FYZIOLOGIE DÝCHACÍCH CEST	18
1.1 Stavba dýchacích cest	18
1.2 Fyziologie dýchacích cest	18
1.2.1 Ventilace plic	18
1.2.2 Výměna a transport dýchacích plynů.....	19
2 ANATOMIE A FYZIOLOGIE OBĚHOVÉ SOUSTAVY	20
2.1 Srdce.....	20
2.1.1 Tok krve srdcem	20
2.2 Tepny.....	20
2.3 Žíly	21
2.4 Krev.....	21
3 TROMBOEMBOLICKÁ NEMOC	23
3.1 Definice tromboembolické nemoci	23
3.2 Klinické rizikové faktory žilní trombózy.....	23
3.3 Prevence tromboembolické nemoci	24
3.3.1 Fyzikální metoda.....	24
3.3.2 Farmakologická prevence	24
3.4 Diagnóza žilní trombózy	25
3.4.1 Anamnéza	25
3.4.2 Klinické známky	25
3.5 Vyšetřovací metody	26
3.6 Léčba žilní trombózy.....	26
4 PLICNÍ EMBOLIE	28
4.1 Definice plicní embolie	28

4.1.1	Druhy embolie	28
4.2	Formy plicní embolie	28
4.2.1	Akutní masivní plicní embolie.....	29
4.2.2	Akutní submasivní plicní embolie	29
4.2.3	Akutní malá plicní embolie.....	29
4.2.4	Subakutní masivní plicní embolie.....	29
4.2.5	Chronická tromboembolická plicní hypertenze	29
4.3	Příznaky plicní embolie.....	30
4.4	Klinické rizikové faktory plicní embolie	30
4.4.1	Klinické faktory	30
4.4.2	Laboratorní faktory	31
4.5	Léčba plicní embolie	31
4.5.1	Podpůrná léčba při plicní embolii.....	31
4.5.2	Léčba trombolytická	31
4.5.3	Antikoagulační léčba	32
4.5.4	Chirurgická plicní embolektomie	32
4.5.5	Léčba plicní embolie katetrem.....	33
5	VYŠETŘOVACÍ METODY PRO PRŮKAZ PLICNÍ EMBOLIZACE NA ODDĚLENÍ NUKLEÁRNÍ MEDICÍNY	34
5.1	Oddělení nukleární medicíny	34
5.1.1	Přístroje užívané na oddělení nukleární medicíny	34
5.1.2	Radiofarmaka.....	35
5.2	Perfuzní scintigrafie plic	36
5.2.1	Indikace a kontraindikace k vyšetření	36
5.2.2	Použitá radiofarmaka	37
5.2.3	Příprava pacienta na vyšetření	37
5.2.4	Průběh vyšetření	37

5.2.5	Výsledky vyšetření	38
5.3	Ventilační scintigrafie plic	38
5.3.1	Indikace a kontraindikace k vyšetření	38
5.3.2	Použitá radiofarmaka	38
5.3.3	Příprava pacienta na vyšetření	39
5.3.4	Průběh vyšetření	39
5.3.5	Výsledky vyšetření	40
5.4	Obrazová dokumentace vzniklá při perfuzně-ventilační scintigrafii	40
6	VYŠETŘOVACÍ METODY PRO PRŮKAZ PLICNÍ EMBOLIZACE MIMO ODDĚLENÍ NUKLEÁRNÍ MEDICÍNY	43
6.1	Krevní testy	43
6.2	EKG vyšetření	43
6.2.1	Princip EKG	43
6.2.2	Průběh vyšetření	44
6.2.3	EKG pro průkaz plicní embolie	44
6.3	RTG snímek plic	44
6.3.1	Princip rentgenového záření a RTG přístroj	45
6.3.2	RTG snímek plic pro průkaz plicní embolie	46
6.4	Ultrasonografické vyšetření	46
6.4.1	Princip ultrasonografie a její využití	46
6.4.2	Dopplerovská ultrasonografie a její princip	48
6.4.3	UZ pro průkaz plicní embolie	48
6.5	Digitální subtrakční angiografie	48
6.5.1	Princip DSA	48
6.5.2	Příprava pacienta na vyšetření	49
6.5.3	Postup vyšetření DSA	49
6.5.4	DSA pro průkaz plicní embolie	49

6.6	Magnetická rezonance.....	49
6.6.1	Princip magnetické rezonance	50
6.6.2	Součásti MR přístroje	51
6.6.3	Kontraindikace k vyšetření magnetickou rezonancí.....	51
6.6.4	MR angiografie	52
6.6.5	MR pro průkaz plicní embolie	52
6.7	CT angiografie	52
6.7.1	CT přístroj.....	52
6.7.2	Princip CT angiografie.....	54
6.7.3	Indikace a kontraindikace CTA plicního oběhu	55
6.7.4	Rizika vyšetření	55
6.7.5	Příprava pacienta na vyšetření	55
6.7.6	Průběh vyšetření	55
6.7.7	CT angiografie pro průkaz plicní embolie.....	56
6.7.8	Obrazová dokumentace CT angiografie plicní embolizace	56
6.8	Schéma pro diagnostiku plicní embolizace.....	58
7	POROVNÁNÍ PERFUZNĚ-VENTILAČNÍ SCINTIGRAFIE PLIC S CT ANGIOGRAFIÍ V DIAGNOSTICE PLICNÍ EMBOLIZACE.....	61
7.1	Senzitivita vyšetření	61
7.2	Specifická vyšetření	61
7.3	Kontraindikace vyšetření	61
7.4	Radiační zátěž pacienta	62
7.5	Výhody vyšetření	62
7.6	Nevýhody vyšetření	62
7.7	Výsledky porovnání v tabulkovém uspořádání.....	63
8	DISKUZE	64
9	ZÁVĚR	65

10	POUŽITÁ LITERATURA	67
----	--------------------------	----

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

Obrázek 1 Dvojhlavá SPECT gamakamera.....	35
Obrázek 2 Perfuzně-ventilační scintigrafie plic v diagnostice plicní embolizace č. 1	41
Obrázek 3 Perfuzně-ventilační scintigrafie plic pro diagnostiku plicní embolizace č. 2	41
Obrázek 4 Perfuzně-ventilační scintigrafie plic pro diagnostiku plicní embolizace č. 3	42
Obrázek 5 Rentgenové zařízení	45
Obrázek 6 Ultrasonografický přístroj	47
Obrázek 7 Magnetická rezonance	51
Obrázek 8 CT neboli počítačová tomografie	53
Obrázek 9 CT angiografie – axiální řez; mnohočetná embolizace	57
Obrázek 10 CT angiografie – koronární řez; masivní embolizace	57
Obrázek 11 CT angiografie – sagitální řez; mnohočetná embolizace	58
Tabulka 1 Rozdělení rizikových faktorů (trombofilních stavů) (Samama a spol., 1999).....	23
Tabulka 2 Vyšetřovací metody žilní trombózy.....	26
Tabulka 3 Intervaly denzit tkání v Hounsfieldových jednotkách	54
Tabulka 4 Algoritmus diagnostiky masivní plicní embolizace – hemodynamicky nestabilní pacient.....	59
Tabulka 5 Algoritmus diagnostiky plicní embolie – hemodynamicky stabilní pacient	60
Tabulka 6 Shrnutí porovnání CT angiografie a P-V scintigrafie plic v diagnostice plicní embolizace	63

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

°C	stupně Celsia
2D	dvourozměrný
3D	trojrozměrný
aj.	a jiné
ASA	kyselina acetylsalicylová
CO ₂	oxid uhličitý
CT	Computed tomography (výpočetní tomografie)
CTA	CT angiografie
CTEPH	Chronická tromboembolická plicní hypertenze
DSA	Digitální subtrakční angiografie
EKG	elektrokardiografické vyšetření
HU	Hounsfieldova jednotka
Kr	krypton
m	metastabilní
MAA	makroagregát albuminu
MBq	megabequerel
MBq	megabequerel
mGy	miligray
ml	mililitr
mm/s	milimetru za sekundu
mmHg	miligram rtuťového sloupce
MR	Magnetická rezonance
Ms	milisekunda

např.	například
O ₂	kyslík
PE	plicní embolie
PET	z angl. Positron Emission Tomography
pH	potenciál vodíku (udává kyselost nebo zásaditost látky)
př.	příklad
P-V	perfuzně-ventilační
Rb	rubidium
RTG	rentgenové vyšetření
s	sekunda
SPECT	z angl. Single-Photon Emission Computed Tomography
str.	strana
Tc	technecium
TEN	tromboembolická nemoc
tj.	to jest
UZ	ultrasonografické vyšetření
μm	mikrometr

ÚVOD

V této práci se budu zabývat problematikou diagnostiky embolizace plic. Embolizace plic je onemocnění zasahující krevní řečiště plicní tkáně. Je to velmi závažné onemocnění, které v některých případech může končit smrtí. Její diagnostika je mnohdy svízelná. Práce je rozdělena do několika kapitol. V první části práce se budu zabývat anatomií, která je nezbytná pro pochopení dané problematiky. Osvětlím tromboembolickou nemoc, která je velmi úzce spojena s plicní embolizací. Díky včasné diagnostice tromboembolické nemoci, a především její léčbě, se výrazně snižuje riziko vzniku krevní sraženiny a jejího následného uvolnění do krevního oběhu. Embolizace jiného druhu mnohdy nelze předpokládat a o to více je jejich vznik nepředvídatelný. Dále popíšu téma embolizace, kde zmíním základní pojmy spojené s plicní embolizací, druhy, formy embolizací a její léčbu. Hlavní část bakalářské práce je věnována diagnostice plicní embolizace. Ta je rozdělena na dvě kapitoly. První kapitolou je postavení oddělení nukleární medicíny v diagnostice plicní embolizace. Krátkou metodikou se budu věnovat oddělení a nadále se v této kapitole budu věnovat perfuzně-ventilační scintigrafii, kde u obou typů vyšetření uvedu indikace, kontraindikace, postupy při vyšetření a výsledky vyšetření společně s obrazovou dokumentací. Druhá kapitola nese ostatní diagnostické metody pro diagnostiku plicní embolizace, které se provádějí mimo oddělení nukleární medicíny. Mezi ně patří především prostý RTG snímek plic, EKG, ultrasonografické vyšetření, digitální subtrakční angiografie, CT angiografie, MR angiografie a vyšetření krve na D-dimery. Zde se budu taktéž zabývat indikacemi, kontraindikacemi, postupem a výsledky vyšetření. Dalším tématem bude porovnání perfuzně-ventilační scintigrafie plic s CT angiografií, kde se budu věnovat výhodám a nevýhodám vyšetření, porovnání senzitivity, specificity, kontraindikacím a radiační zátěží u obou vyšetření. Toto téma shrnu do základní tabulky především pro lepší přehlednost. V poslední části práce budu diskutovat na nynějším postavení diagnostiky plicní embolie na oddělení nukleární medicíny.

CÍLE PRÁCE

Cílem této práce je vytvořit přehled používaných zobrazovacích metod pro diagnostiku plicní embolie a porovnání perfuzně-ventilační (P-V) plicní scintigrafie s nejčastěji pro tuto diagnózu užívanou metodou CT – angiografií. Součástí práce bude uvedení výhod a nevýhod obou vyšetření, jejich senzitivity a specifity, kontraindikací, uvedení úrovně radiační zátěže a z toho vyplývající optimální doporučení pro provedení P-V scintigrafie nebo CT – angiografie v diagnostice plicní embolizace.

Cíle práce:

- Seznámení s plicní embolizací (pojmy s ní spojené, vznik plicní embolie, příznaky plicní embolie)
- Perfuzní a ventilační plicní scintigrafie (indikace k vyšetření, příprava na vyšetření, radiofarmakum a výsledky vyšetření)
- Ostatní zobrazovací metody pro diagnostiku plicní embolie
- Perfuzní a ventilační plicní scintigrafie v porovnání s nejčastěji využívanou CT angiografií (výhody, nevýhody vyšetření CT – angiografií a perfuzně-ventilační scintografií včetně porovnání senzitivity a specifity, radiační zátěže a kontraindikací)
- Diskuze
- Závěr

1 ANATOMIE A FYZIOLOGIE DÝCHACÍCH CEST

1.1 Stavba dýchacích cest

Dýchací cesty se skládají z nosní dutiny, nosohltanu, hrtanu, průdušnice, průdušek a plic. Plíce samotné se dělí na dvě poloviny, na levou a pravou plíci. Mají tvar jehlanu, jejich tkáň je bohatá na cévy, vaziva, nervy, tkáň mají měkkou, jemnou, houbovitou, a především velmi pružnou. U novorozence mají plíce růžové zbarvení, s přibývajícím věkem se plíce zbarvují do šeda, v důsledku vlivu vdechovaného vzduchu, ve kterém se nachází částice prachu. Jsou to orgány, které díky své rozlehlosti zaplňují většinou část hrudní dutiny, svou výškou zasahují svými hroty ke klíčku, a svou bází se nachází těsně u bránice (sval, který odděluje dutinu hrudní od dutiny břišní). Poplicnice je jemná blána, která překrývá povrch levé i pravé plíce. Hrudní dutina je však pokryta blánou pohrudnicí. Mezi poplicnicí a pohrudnicí se nachází pleurální dutina, která je vyplněna malým množstvím tekutiny, která má za úkol zabránit tření plicnice s pohrudnicí. Každá plíce je rozdělena na laloky. Pravá plíce má laloky tři, levá má laloky dva, tomu je dáno z důvodu umístění srdce. Každý úsek plicní tkáně, který obsahuje průdušku, elastické vazivo a cévy se nazývá plicní segment. Jednotlivé segmenty plicní tkáně se dále dělí na lalůčky. Do lalůček vstupuje koncová průdušinka, která se dále větví na respirační průdušinku. Respirační průdušinka se nadále dělí na plicní váčky, z kterých vystupují mnohočetné plicní sklípky, přes které dochází k výměně plynů mezi plicemi a krví. [1], [2]

1.2 Fyziologie dýchacích cest

1.2.1 Ventilace plic

Ventilace plic se dělí na dvě po sobě následující fáze, vdech a výdech. Ty se po sobě pravidelně opakují. Při zátěži probíhají intenzivněji, naopak při klidovém režimu pomaleji. Při nádechu i výdechu jsou nám nápomocné dýchací svaly, které se dělí na svaly vdechové a výdechové.

- Vdechové svaly – pomáhají rozšířit dutinu hrudní, patří mezi ně zevní mezižeberní svaly (zvedají a zvětšují dutinu hrudní), bránice (je nejdůležitější sval, oploští se a klesá směrem dolů, což představuje zvětšení prostoru pro nádech plic) a pomocné svaly (do této skupiny řadíme například malý prsní sval, aj.).
- Výdechové svaly – pomáhají ke zmenšení dutiny hrudní, patří mezi ně vnitřní mezižeberní svaly a pomocné svaly (do této skupiny spadají svaly břicha, což odsouvá bránici směrem nahoru).

Při nádechu dochází ke stahu dýchacího svalstva, dojde tak k roztažení dutiny hrudní a plic, které kopírují pohyb hrudní dutiny, která se pomocí dýchacího svalstva zvětšuje. Při nádechu

učiněným v klidu se do plic nasajeme 500 ml vzduchu. Takový objem stejně tak i vydechneme. Výdech je umožněn díky uvolnění vdechových svalů, to znamená, že se hrudní dutina zmenšuje, s ní se zmenšují i plíce a dochází k uvolnění vzduchu z plic ven. Při nadechnutí 500 ml objemu vzduchu se do plicních sklípků dostane pouze 350 ml. Pouze u těchto 350 ml vzduchu dojde k výměně dýchacích plynů mezi plícemi a krví. Zbylá část obsahu není využita. Dýchání regulují také inspirační neurony, které dávají impuls k nádechu, a naopak impuls k výdechu dávají expirační neurony. Inspirační neurony jsou také ovlivněny hormony, jejichž hodnoty stoupají při zátěži organismu (adrenalin, progesteron, noradrenalin) a dále vlivem kůry mozkové (limbickým systémem a motorickou kůrou). Samotný rytmus dechu a jeho hloubku můžeme ovlivnit přes vlastní vůli neomezeně. Inspirační neurony vysílají dvanáct až patnáct impulsů při dýchání v klidu. [1], [2]

1.2.2 Výměna a transport dýchacích plynů

„Výměna dýchacích plynů se uskutečňuje prostou difuzí po tlakovém spádu, tj. plyn difunduje z místa vyššího parciálního tlaku do místa tlaku nižšího. Snadněji difunduje CO₂ než O₂, což je dáno rozdílnými fyzikálně-chemickými vlastnostmi obou plynů.“¹ Kyslík se do krve difunduje přes stěnu plicního sklípku, stěnu vlásečnice, vrstvou krevní plazmy a membránou červené krvinky. Červené krvinky transportují kyslík krví do tkání díky krevnímu barvivu zvaném hemoglobin. Po navázání O₂ na hemoglobin se červené barvivo mění na oxyhemoglobin. Oxid uhličitý vzniká při metabolismu tkání. Difunduje z buněk do krve vlásečnic, které se mění na krev žilní. V krvi se částečně rozpustí, další část se změní na bikarbonát a část se navázáním na červené krvinky změní na karbaminohemoglobin. Tímto způsobem je oxid uhličitý doveden krví do plic, kde přes stěnu plicního sklípku difunduje do plic a my jej společně s vydechovaným vzduchem vydechneme z těla ven. O₂ a CO₂ se vzájemně podporují. [1], [2]

¹ MERKUNOVÁ, Alena a Miroslav OREL. *Anatomie a fyziologie člověka pro humanitní obory*. Praha: Grada, 2008. Psyché (Grada). ISBN 978-80-247-1521-6. str.124

2 ANATOMIE A FYZIOLOGIE OBĚHOVÉ SOUSTAVY

Oběhovou soustavu tvoří srdce, cévy, krev, mízní cévy a míza. Díky nepřetržité funkci srdce dochází k nepřetržitému proudění krve po celém těle. Jedná se o uzavřený systém.

2.1 Srdce

Srdce je svalový dutý orgán, který pracuje nepřetržitě 24 hodin denně. Jeho funkcí je přečerpávání krve. Je uloženo větší částí vlevo v mezihrudí. Srdeční stěna je tvořena endokardem (pokrývá stěny srdečních dutin), myokardem (mohutná svalovina, zajišťuje vedení vzruchů srdcem a jeho rytmické stahy), epikardem (zevní tenký vazivový obal srdce) a perikardem (přechází v něj epikard, vytváří ochrannou vrstvu kolem srdce). Mezi epikardem a perikardem je malé množství tekutiny, která zabraňuje tomu, aby u epikardu a perikardu docházelo ke tření. Srdce dělíme na levou a pravou polovinu, v každé z nich se ukrývá předsíně a komora. Mezi pravou síní a pravou komorou se nachází trojcípá chlopeč a mezi levou síní a levou komorou se nachází chlopeč dvojcípá. Chlopeč mají za úkol vést tok krve pouze jedním směrem. Chlopeč poloměsíčitě nalezneme i u odstupu plicního kmene a srdečnice. Krevní zásobu srdce zajišťuje pravá a levá věnčitá tepna, které jsou odstupujícími větvemi ze srdečnice. Ty se dále větví v kapiláry, které dostatečně zajišťují okysličení srdce. Čerpací funkce srdce je dána dvěma po sobě následujícími ději, stahem (systolou) a relaxací (diastolou) síní a komor. Systola předsíně nebo komory zajistí vypuzení krve a diastola předsíně nebo komory zajistí naplnění příslušné komory či předsíně. Systola a diastola se rytmicky střídají, díky čemuž dochází k nepřetrženému přečerpávání krve srdcem a proudění krve po celém těle. [1], [2]

2.1.1 Tok krve srdcem

„Odkysličenou žilní krev přivádí do pravé předsíně horní a dolní dutá žíla. Z pravé předsíně krev vtéká do pravé komory, která odkysličenou krev vypuzuje do plicního kmene (také plicnice), kterým začíná malý krevní oběh. Po okysličení v plicích krev odtéká plicními žilami do levé síně odtud do levé komory a je vypuzována do srdečnice, kterou začíná velký krevní oběh.“²

2.2 Tepny

Tepny vedou okysličenou krev do celého těla. Aorta vystupuje z levé komory, poté se stáčí v aortální oblouk, který přechází v aortu hrudní a aortu břišní, která se na konci břišní aorty dělí na dvě společné kyčelní tepny. Tepny z oblouku aorty, hrudní a břišní aorta zajišťují přísun

² MERKUNOVÁ, Alena a Miroslav OREL. *Anatomie a fyziologie člověka pro humanitní obory*. Praha: Grada, 2008. Psyché (Grada). ISBN 978-80-247-1521-6. str. 87

okysličené krve pro hlavu, krk, horní končetiny, hrudní dutinu a orgány dutiny břišní. Dvě společné kyčelní tepny, které vycházejí z břišní aorty zajišťují přísun okysličené krve pro oblast pánve a dolních končetin. [2]

2.3 Žíly

Je nutné si uvědomit přechod tepny v žílu. Tepna přechází v tepénku a ta v kapiláry. Kapiláry se vlévají do žilek a žilky do žil. Žilní systém zajišťuje odvod odkysličené krve z těla zpět do pravé předsíně srdeční. Přívod odkysličené krve do srdce nám zajišťují tři žíly, kterými jsou horní dutá žíla, dolní dutá žíla a věnčitý splav. Horní dutá žíla přivádí odkysličenou krev z mozku, hlavy, krku a horních končetin. Dolní dutá žíla odvádí odkysličenou krev z dolních končetin, orgánů dutiny břišní je její stěny a z orgánů z oblasti pánve. Krev ze střev, žaludku, sleziny a slinivky břišní je nejprve odvedena portální žílou do jater, až poté je odkysličená krev odvedena jaterní žílou do dolní duté žíly. Věnčitý splav zajišťuje odvod odkysličené krve z myokardu, rovněž do pravé předsíně. [1], [2]

2.4 Krev

Tělní tekutina, která má funkci transportní, regulační, obrannou a funkci při stavění krvácení.

- Transport – živin, dýchacích plynů, zplodin metabolismu buněk a regulátorů metabolických reakcí buněk (hormony, vitamíny).
- Regulace – hodnoty pH (hodnota udávající kyselost či zásaditost látky), zastoupení iontů, koncentrace osmoticky aktivních látek, tělesné teploty.
- Obrana (imunita) – likvidace původce infekčních chorob, aj.
- Zástava krvácení – destičková zátka a srážení krve.

V těle člověka obvykle proudí 4,5-6 l krve, hodnota je proměnlivá z hlediska pohlaví. Teplota krve se pohybuje na 38 °C, pH krve se pohybuje v rozmezí 7,36-7,44. Krev se skládá z:

- Plazmy – tekutina, která zajišťuje kapalnost krve. Z 90 % obsahuje cukry (glukózu), tuky, bílkoviny (albuminy, globuliny, aj.), látky nebílkovinného dusíku (př. močovina), barviva (bilirubin) a ketolátky.
- Červených krvinek – taktéž erythrocyty. Jejich životnost je 120 dní, mají tvar bikonkávního disku (uprostřed tenké oproti okrajům). Díky hemoglobinu lze okysličit krev a krví tkáň, v opačném případě díky hemoglobinu lze odvést z těla oxid uhličitý. Jejich tvorba probíhá v krvetvorné kostní dřeni. Slouží jako ukazatelé zdravotního stavu (sedimentační rychlost červených krvinek).

- Bílých krvinek – taktéž zvaných leukocyty. Na rozdíl od červených krvinek neobsahují hemoglobin a mají jádro, dělíme je na granulocyty a agranulocyty. Vyznačují se velmi významnou aktivitou v imunitní funkci a vznikají v kostní dřeni.
- Krevních destiček – taktéž nazývaných trombocyty. Nemají jádro, jejich životnost je necelých 10 dní, mají výrazné uplatnění při zástavě krvácení – tvorba destičkové zátky. [1]

3 TROMBOEMBOLICKÁ NEMOC

3.1 Definice tromboembolické nemoci

Tromboembolická nemoc vzniká za přítomnosti trombu v krevním řečišti, který představuje překážku pro správný průtok krve. Díky jeho ulpívání na stěně žíly dochází ke zpomalení průchodu krve příslušnou žílou, nebo k úplné obstrukci krevního toku. Po uvolnění trombu z přilehlé stěny se z něj stává embolus, který s sebou nese řadu nepříjemných zdravotních potíží, které mohou končit smrtí. [3]

3.2 Klinické rizikové faktory žilní trombózy

Klinické rizikové faktory dělíme dle Samama a spol., roku 1999 do tří základních skupin, které lze vidět v následující tabulce (Tabulka 1).

Tabulka 1 Rozdělení rizikových faktorů (trombofilních stavů) (Samama a spol., 1999)³

Vrozené trombofilní stavy	Získané trombofilní stavy	Trombofilní stavy smíšené/ neurčené
<ul style="list-style-type: none">• Rezistence na aktivovaný protein C (APC-R) v důsledku mutace faktoru V Leiden• Mutace protrombinu (20210 G-A)• Deficit antitrombinu• Deficity proteinu C a proteinu S	<ul style="list-style-type: none">• Vyšší věk• Těhotenství a šestinedělí• Hormonální terapie (kontraceptiva i substituční terapie)• Traumata, imobilizace, velké chirurgické a ortopedické operace (určité riziko i při menších výkonech)• Malignity• Myeloproliferativní onemocnění, nefrotický syndrom, jaterní onemocnění,	<ul style="list-style-type: none">• Hyperhomocysteinémie• Vysoká hladina faktoru VIII• APC rezistence při absenci V Leiden• Abnormality fibrinolýzy• Dysfibrinogenémie a hyperfibrinogenémie• Deficit heparinového kofaktoru II• Nedostatek faktoru XII• Vysoká hladina faktoru IX a XI

³ WIDIMSKÝ, Jiří a Jaroslav MALÝ. *Akutní plicní embolie a žilní trombóza: patogeneze, diagnostika, léčba a prevence*. 2., rozš. a přeprac. vyd. Praha: Triton, 2005. ISBN 80-7254-639-2. str. 20

Vrozené trombofilní stavy	Získané trombofilní stavy	Trombofilní stavy smíšené/ neurčené
	<ul style="list-style-type: none"> • paroxysmální noční hemoglobinurie • Antifosfolipidový syndrom • Syndrom lepivých destiček 	

3.3 Prevence tromboembolické nemoci

Pro prevenci vzniku tromboembolické nemoci lze využít dvě metody.

3.3.1 Fyzikální metoda

Představuje včasnou rehabilitaci pro pacienta zejména po operacích. Do fyzikální metody spadá například co nejrychlejší mobilizace pacienta, tj. například vstávání pacienta z lůžka. Do této kategorie se také řadí elastické antitrombotické kompresní punčochy. „*Nejúčinnější fyzikální prevencí je termitentní elastická komprese nafukovacími punčochami. Sníží se výskyt trombózy až o 60 %. Užívá se hlavně u nemocných, kde i malé krvácení by představovalo vážnou komplikaci (neurochirurgie)*“⁴ [3]

3.3.2 Farmakologická prevence

Farmakologickou prevencí se rozumí prevence za pomoci léčebných prostředků. Do této kategorie spadá například nízkomolekulární heparin, rhodexan a warfarin.

- Nízkomolekulární heparin: podává se 1 x denně subkutánně, což je hlavní výhodou oproti nefrakcionovanému heparinu. Nízkomolekulární heparin je provázen menším výskytem krvácivých komplikací, proto je šetrnější a bezpečnější než nefrakcionovaný heparin. Podává se 2 hodiny před operací a po operaci do doby, dokud nedojde k úplné mobilizaci pacienta. Dávka heparinu pro podání odpovídá hmotnosti pacienta.
- Rheodextran: zvyšuje proudění krve v žilách a snižuje tendenci vzájemného spojování krevních destiček. Podává se 500 ml 2 hodiny před operací a poté první a druhý den po operaci, taktéž po 500 ml.

⁴ WIDIMSKÝ, Jiří a Jaroslav MALÝ. *Akutní plicní embolie a žilní trombóza: patogeneze, diagnostika, léčba a prevence*. 2., rozš. a přeprac. vyd. Praha: Triton, 2005. ISBN 80-7254-639-2. str. 293

- Warfarin: léčba warfarinem je alternativní řešení pro nízkomolekulární heparin.

3.4 Diagnóza žilní trombózy

Diagnostika žilní trombózy se provádí na základě anamnézy a klinických projevů onemocnění.

3.4.1 Anamnéza

Základem klinické diagnózy je anamnéza pacienta. Řadíme sem žilní stázu, do které spadá imobilizace pacienta, hemiplegie končetin, sádrová fixace a dlouhé cestování; poškození žilní stěny, kam lze zařadit varixy, infekci, opálení, zánět či chirurgický výkon a v poslední řadě poruchu koagulace krve, kam spadá například těhotenství, malignita, obezita, perorální antikoncepce aj. [3]

3.4.2 Klinické známky

Mezi klinické známky patří otok, bolest, dilatace žil, kolaterály a změny barvy pokožky.

- Otok – je nejčastější známkou vzniku hluboké žilní trombózy. Vzniká zvýšeným žilním tlakem pod místem uzávěru žíly. Přítomnost tekutiny zjišťujeme palpací. Edém, který je žilního původu je nejčastěji měkký. Velikost edému zanášíme do dokumentace, to provádíme měřením objemu na obvyklých místech. Pokud se jedná o dolní končetinu, měření provádíme na kotníku, bérce a na stehně.
- Bolest – bolest se snažíme lokalizovat, ale nemusí vždy odpovídat místu, kde vzniklo trombotické postižení. *„Při klinickém vyšetření u ležícího pacienta pátráme po její přítomnosti při pohmatu v průběhu končetinových žil. Pro diagnózu žilní trombózy bylo v minulosti doporučováno provádění různých testů provokující bolest na typických místech končetin. Homansovo znamení se projevilo bolestí při dorzální flexi chodidla. Plantární znamení bolesti při palpaci plosky chodidla a jako Loewenbergův test se označoval náfuk manžety tonometru přiložené na bérce a sledování výše tlaku, při které dojde k objevení bolestivosti. Znalost těchto testů (zejména Homansova znamení) mezi lékaři přetrvává až do dnešní doby, navzdory prokázané nespolehlivosti a malému klinickému významu tohoto znamení.“⁵*
- Dilatace a zvýšená náplň podkožních žil – zvýšení žilního tlaku u ležícího pacienta se projevuje jako zvětšená žilní náplň podkožních žil, která je lehce viditelná oproti druhé končetině. Jeho výši lze měřit pouze orientačně. Uzávěr, který je méně významný, nemusí vykazovat velké rozdíly v žilním tlaku, proto zjištění normálního tlaku nevylučuje žilní trombózu.

⁵ WIDIMSKÝ, Jiří a Jaroslav MALÝ. *Akutní plicní embolie a žilní trombóza: patogeneze, diagnostika, léčba a prevence*. 2., rozš. a přeprac. vyd. Praha: Triton, 2005. ISBN 80-7254-639-2. str. 153

- Kolaterály – vznikají při poruše prokrvení tkáně. Viditelný kolaterál vzniká až po delší době od vzniku nemoci, proto je potřeba po jeho přítomnosti pátrat.
- Změna barvy pokožky – díky změně prokrvení postižené končetiny dojde také ke změně barvy pokožky. Nejčastěji se setkáváme se sytě červenou až cyanotickou barvou, ale můžeme se setkat také se zbarvením opačným čili s bledou barvou. [3]

3.5 Vyšetřovací metody

Vyšetřovací metody pro diagnostiku žilní trombózy vidíme shrnuté v následující tabulce (Tabulka 2).

Tabulka 2 Vyšetřovací metody žilní trombózy⁶

1. Detekce anatomických změn	<ul style="list-style-type: none"> • RTG kontrastní flebografie • MR flebografie • CT vyšetření • Duplexní sonografie • Izotopová flebografie
2. Detekce funkčních změn	<ul style="list-style-type: none"> • Měření žilních tlaků • Duplexní sonografie • Dopplerovské vyšetření • Pletysmografie
3. Detekce biochemických změn	<ul style="list-style-type: none"> • D-dimery

3.6 Léčba žilní trombózy

Léčba žilní trombózy je velice důležitá. Při léčbě žilní trombózy má daleko lepší výsledky podávání trombolitik než podávání samostatných antikoagancií. Důvodem, proč není tato metoda častěji užívána je větší počet kontraindikací, kterých je více než u antikoagulační léčby. Trombolytická léčba je doporučována především u mladých pacientů, kteří nenesou riziko krvácení. S trombolytickou léčbou je spojována systémová trombolýza, kdy aplikujeme streptokinázu infuzí. Při výběru této léčby však závisí na stáří trombu, kdy tímto způsobem nejlépe odstraníme trombus starý do 2 týdnů a který je malé velikosti. Nevýhodou této léčby je její vysoká cenová nákladnost a nutnost hospitalizace v nemocnici na monitorovaném lůžku.

⁶ WIDIMSKÝ, Jiří a Jaroslav MALÝ. *Akutní plicní embolie a žilní trombóza: patogeneze, diagnostika, léčba a prevence*. 2., rozš. a přeprac. vyd. Praha: Triton, 2005. ISBN 80-7254-639-2. str. 154

Systémová trombolýza se tedy doporučuje jen jako součást léčby pro pacienty s masivní plicní embolizací. Oproti systémové trombolýze můžeme také využít lokální trombolýzu, která je účinnějším a bezpečnějším způsobem léčby. Pro tuto léčbu se využívá katetr s postranními otvory. Tento katetr je zaveden do místa, kde došlo k žilnímu uzávěru. Umožní aplikaci trombololytika přímo do vzniklého trombu, čímž dojde ve většině případech k úplnému zprůchodnění krevního řečiště. Další možností léčby hluboké žilní trombózy je léčba chirurgická (trombektomie), lokální a podpůrná léčba, ambulantní léčba aj. Léčba tromboembolické nemoci je důležitou prevencí pro vznik plicní embolie. [3]

4 PLICNÍ EMBOLIE

4.1 Definice plicní embolie

Plicní embolie (PE) vzniká z trombu (neboli krevní sraženiny), který je nejčastěji z hlubokých žil dolních končetin. Zdrojem trombu jsou nejen žíly dolních končetin, ale také žíly pánevní či trombus z dolní duté žíly. Krevní sraženina se nejčastěji vytvoří v hluboké žíle dolních končetin, kde svým povrchem přilíná ke stěně žíly. Náhlým odtržením trombu přilehlého ke stěně žíly, se trombus mění na embolus neboli vmetek, který proudí společně s krví v krevním řečišti. Pokud je velikost vmetku větší než průsvit krevního řečiště, dojde k zástavě vmetku a tím pádem k obstrukci (neboli ucpaní) nejčastěji plicnice nebo některé její větve. Plicní embolizace je náhlý, životu ohrožující stav, který vyžaduje co nejvčasnější diagnostiku a co nejrychlejší léčbu. [3], [4], [5]

4.1.1 Druhy embolie

Kromě embolizace plic krevní sraženinou rozeznáváme také netrombotické plicní embolie, mezi které řadíme embolii tukovou, amniovou, vzduchovou, paradoxní, septickou a nádorovou.

- Tuková plicní embolie – uzávěr drobných plicních cév tukovými kapénkami, které se objevují obvykle při traumatech dlouhých kostí; místem vzniku těchto kapének je nejspíše kostní dřev.
- Amniová plicní embolie – vzniká u žen při porodu nebo po něm, jedná se o vtlačení amniové tekutiny vlivem kontrakcí dělohy do krevního oběhu, z 80 % je smrtelná.
- Vzduchová embolie – dostává se do plic plicními arteriemi, vniká nejčastěji při katetrizaci centrálních žilních katetrů a může k ní dojít i při porodu.
- Paradoxní embolie – vzniká při proniknutí vzduchu do velkého oběhu, může nastat například při levo-pravém zkratu.
- Septická embolie – zdrojem je nejčastěji aerobní infekce v oblasti břicha nebo u zavedeného žilního katetru.
- Nádorové plicní embolie – embolizace plic nádorovými buňkami, nejčastěji se objevují u nádorového onemocnění prsu, ledvin, prostaty a žaludku. [3]

4.2 Formy plicní embolie

Rozeznáváme pět základních forem PE, kterými jsou: akutní masivní plicní embolie, akutní submasivní plicní embolie, akutní malá plicní embolie, subakutní malá plicní embolie a chronická tromboembolická plicní hypertenze. [3], [4]

4.2.1 Akutní masivní plicní embolie

„*Masivní plicní embolie je charakterizována hemodynamickou instabilitou.*“⁷ Dochází k náhlému masivnímu ucpání plicního cévního řečiště. Život ohrožující stav, vzniká náhle a může vést k náhlé smrti. Úmrtnost dosahuje až k 20 %. Vede ke krátkodobé ztrátě vědomí, k poklesu krevního tlaku (hypotenzi) a k rozvoji kardiogenního šoku. Kardiogenní šok je spojený s nízkým krevním tlakem, sníženou tvorbou moči (obvykle pod 500 ml za 24 hodin), bledou, studenou a opocenou kůží a se zrychleným dýcháním. Může způsobit akutní selhávání pravé srdeční komory. Mezi příznaky pro selhávání pravé srdeční komory patří zvýšená tepová frekvence, šelest z trikuspidální regurgitace, přítomnost svalového rytmu aj. [3]

4.2.2 Akutní submasivní plicní embolie

Definována hemodynamickou stabilitou. Je přítomna zvýšená tepová frekvence a zvýšená dechová frekvence. EKG vyšetření ukazuje na poruchu činnosti funkce pravé srdeční komory. To znamená, že pacient není v obstrukčním šoku, protože pravá srdeční komora alespoň částečně pracuje. [3], [4]

4.2.3 Akutní malá plicní embolie

Projevuje se pouze zvýšenou dechovou frekvencí a zvýšenou tepovou frekvencí. Výrazně malá plicní embolie se může projevit pouze zvýšenou tělesnou teplotou nebo se nemusí projevit vůbec (je takzvaně nemá). „*Název malá plicní embolie by neměl vést k podcenění stavu, protože může být někdy následován později masivní plicní embolií, pokud není plicní embolie řádně léčena.*“⁸ [3], [4]

4.2.4 Subakutní masivní plicní embolie

Nastává při vícečetné embolizaci menšími emboliemi. Ucpávání cévního řečiště probíhá pomaleji, narůstá námahová dušnost a dochází ke snižování tělesné výkonnosti. Ani zde nevyjímá možnost vzniku subakutní plicní embolie. [3]

4.2.5 Chronická tromboembolická plicní hypertenze

Plicní hypertenze je dána zvýšenou hladinou tlaku v plicnici a to nad 25 mmHg. Chronická tromboembolická plicní hypertenze vzniká při opakované embolizaci plic, s kterou progresivně

⁷ WIDIMSKÝ, Jiří a Jaroslav MALÝ. *Akutní plicní embolie a žilní trombóza: patogeneze, diagnostika, léčba a prevence*. 2., rozš. a přeprac. vyd. Praha: Triton, 2005. ISBN 80-7254-639-2. str. 65

⁸ WIDIMSKÝ, Jiří a Jaroslav MALÝ. *Akutní plicní embolie a žilní trombóza: patogeneze, diagnostika, léčba a prevence*. 2., rozš. a přeprac. vyd. Praha: Triton, 2005. ISBN 80-7254-639-2. str. 66

narůstá námahová dušnost. Doba zhoršování dušnosti trvá měsíce až roky. CHTP je komplikace pro akutní plicní embolii. Tato skupina pacientů nereaguje na léčbu embolie lékovou formou, tudíž nedojde k rozpuštění samotného embolu. [3], [6]

4.3 Příznaky plicní embolie

Mezi nejčastější příznaky plicní embolie řadíme:

- Náhle vzniklou dušnost (zrychlená dechová frekvence)
- Bolest na hrudi (různý stupeň bolesti)
- Kašel
- Vykašlávání krve (hemoptýza)
- Krátkodobou ztrátu vědomí
- Cyanózu (promodralé zbarvení úst a konečků prstů)
- Oběhovou nestabilitu
- Náhlu smrt

Projevy onemocnění jsou individuální, liší se v závislosti na druhu plicní embolie a na rozsáhlosti postižení plic. [3]

4.4 Klinické rizikové faktory plicní embolie

„Zdrojem plicní embolie jsou trombózy hlubokých žil dolních končetin u 85 % nemocných, a to nejen proximální, ale i popliteální; u dalších nemocných bývají zdrojem embolie pánevní žíly, dolní dutá žíla, pravé srdce aj. Predisponující rizikové faktory žilní trombózy s následnou plicní embolií zahrnují Virchowovu triádu:

- *Změny koagulace*
- *Porucha cévní stěny*
- *Zpomalení průtoku krve.*

Z klinického sledování vyplývá, že většina rizikových faktorů se týká zpomalení toku krve a změn homeostázy. “⁹

Rizikové faktory dělíme na klinické a laboratorní.

4.4.1 Klinické faktory

Do klinických faktorů pro vznik PE řadíme především stavy po operaci, a to zejména velké chirurgické a ortopedické výkony, mezi které spadá například výměna kyčelního kloubu,

⁹ WIDIMSKÝ, Jiří a Jaroslav MALÝ. *Akutní plicní embolie a žilní trombóza: patogeneze, diagnostika, léčba a prevence*. 2., rozš. a přeprac. vyd. Praha: Triton, 2005. ISBN 80-7254-639-2. str. 19

zlomeniny dolních končetin a rozsáhlá operace v oblasti břicha či pánve. Dále můžeme zařadit gynekologické operace, do kterých lze zařadit porod. Dalším klinickým rizikovým faktorem je obezita, malignita, vysoký věk nad 70 let, omezená hybnost (imobilita) a srdeční selhávání. [3]

4.4.2 Laboratorní faktory

Mezi laboratorní faktory pro vznik plicní embolie řadíme:

- Deficit proteinu C a proteinu S
- Rezistence APC
- Syndrom lepkavých destiček
- Deficit antitrombinu
- Antifosfolipidový syndrom. [3]

4.5 Léčba plicní embolie

Léčba PE se provádí na kardiologickém oddělení, interním oddělení nebo na jednotce intenzivní péče. Léčba se vybírá v závislosti na míře rozsáhlosti plicní embolie. Léčbu dělíme na:

- a) Podpůrnou,
- b) Trombolytickou,
- c) Antikoagulační,
- d) Chirurgickou plicní embolektomií,
- e) Katetrem. [3]

4.5.1 Podpůrná léčba při plicní embolii

Do podpůrné léčby řadíme především léky, které zmírní příznaky projevu plicní embolie. Jako další podpůrný materiál volíme inhalaci kyslíku, která zlepšuje prokrvení periferní tkáně.

4.5.2 Léčba trombolytická

Trombolytika jsou léky, které spouští rozpuštění již vzniklých trombů a embolií. Využívají se proto jak v terapii tromboembolické nemoci, tak i k terapii plicní embolie. „*Indikací k trombolytické léčbě je:*

- a) *Masivní plicní embolie, provázené kardiogenním šokem nebo hypotenzí, projevy pravosrdečního selhávání,*
- b) *Větší plicní embolie u nemocných s kardiopulmonální rezervou,*
- c) *Plicní embolie neustupující po léčbě heparinem,*

d) *Recidivující a narůstající plicní embolie.*¹⁰

Kontraindikace pro trombolytickou léčbu jsou: akutní krvácivý stav, pooperační stav, porod, těhotenství a jiné stavy, u kterých došlo k výraznému krvácení. Jako trombolytikum podáváme například streptokinázu, alteplázu, saruplázu či reteplázu. S některými trombolytiky (například altepláza) podáváme současně i léčbu antikoagulační. Mezi nežádoucí účinky trombolytické léčby řadíme nejčastěji krvácení a alergické reakce. [3]

4.5.3 Antikoagulační léčba

Do antikoagulační léčby patří především léčba heparinem. Heparin je tzv. antikoagulans, které využíváme ke snížení srážlivosti krve zejména při plicní embolizaci. Tato léčba se může provádět:

- a) nefrakcionovaný heparinem – nefrakcionovaný heparin se podává intravenózně, v jednotkovém měření dle váhy pacienta, kdy nejprve dojde k bolusovému podání heparinu a poté k postupnému podávání infuzním setem, je nutné zjišťovat každých 6 hodin kontrolní krevní testy na srážlivost krve,
- b) nízkomolekulárním heparinem – používán i pro prevenci vzniku plicní embolie, tato léčba spočívá a aplikaci heparinu subkutánně například jedenkrát nebo dvakrát denně, je nutná pravidelná kontrola srážlivosti krve.

Kontraindikacemi pro antikoagulační léčbu jsou alergie na heparin, těžké poškození jater a ledvin, a různé krvácivé stavy. [3]

4.5.4 Chirurgická plicní embolektomie

Embolektomie znamená okamžité odstranění vmetků z krevního řečiště, zejména pak z plicního. Nejčastěji je indikována při neúspěšné trombolytické léčbě. Využívá se u masivní plicní embolizace. Pacient je napojen na mimotělní oběh. Je založena na principu katetrizace tepny nejčastěji v třísele, odkud se zavede dlouhý katetr přes srdce až do kmenu plicnice, odtud jsou vmetky odstraněny kleštěmi, drobné emboly lze odstranit odsátím. Po skončení operace se ve většině případů zavádí kavální filtr, který má za úkol zachycovat vmetky před jejich vstupem do plicního řečiště. Po úplném ukončení operace se pacient odpojuje od mimotělního oběhu a je přijímán na jednotku intenzivní péče a pacientovi je podávána antikoagulační medikace. [3]

¹⁰ WIDIMSKÝ, Jiří a Jaroslav MALÝ. *Akutní plicní embolie a žilní trombóza: patogeneze, diagnostika, léčba a prevence*. 2., rozš. a přeprac. vyd. Praha: Triton, 2005. ISBN 80-7254-639-2. str. 187

4.5.5 Léčba plicní embolie katetrem

Jedná se o invazivní zákrok na těle pacienta pomocí katetru. Do této skupiny možnosti léčby zařazujeme:

- a) Lokální podání trombolytika – kdy se jedná o podání trombolytika přímo do krevní sraženiny, po zákroku se podává kontinuálně heparin,
- b) Katetrizační embolektomii – katetr je zaveden tříselnou žílou k místu, kde se nachází krevní sraženina, poté dochází k odsávání embolu pomocí stříkačky, dokud není embol zcela odstraněn,
- c) Fragmentace katetrem – jedná se o tzv. rozmělnění embolu na menší části, které se poté v následné trombolytické léčbě rozpustí,
- d) Stentování plicnice – do místa sraženiny se zavede stent, který rozšíří místo uzávěru a dojde tak k obnově krevního oběhu.

Hlavní indikací pro volbu této léčby je kontraindikace použití trombolytické léčby a její neúspěšnost. [3]

5 VYŠETŘOVACÍ METODY PRO PRŮKAZ PLICNÍ EMBOLIZACE NA ODDĚLENÍ NUKLEÁRNÍ MEDICÍNY

Perfuzně-ventilační scintigrafie se provádí na oddělení nukleární medicíny.

5.1 Oddělení nukleární medicíny

„Nukleární medicína se tradičně definuje jako lékařský obor zabývající se diagnostikou a léčbou pomocí otevřených radioaktivních zářičů, které jsou ve formě radiofarmak (farmak značených radionuklidy) aplikovány pacientům.“¹¹ Zobrazení vyšetřovaného orgánu či tkáně za pomoci radiofarmaka se na oddělení nukleární medicíny nazývá scintigrafie. [7]

5.1.1 Přístroje užívané na oddělení nukleární medicíny

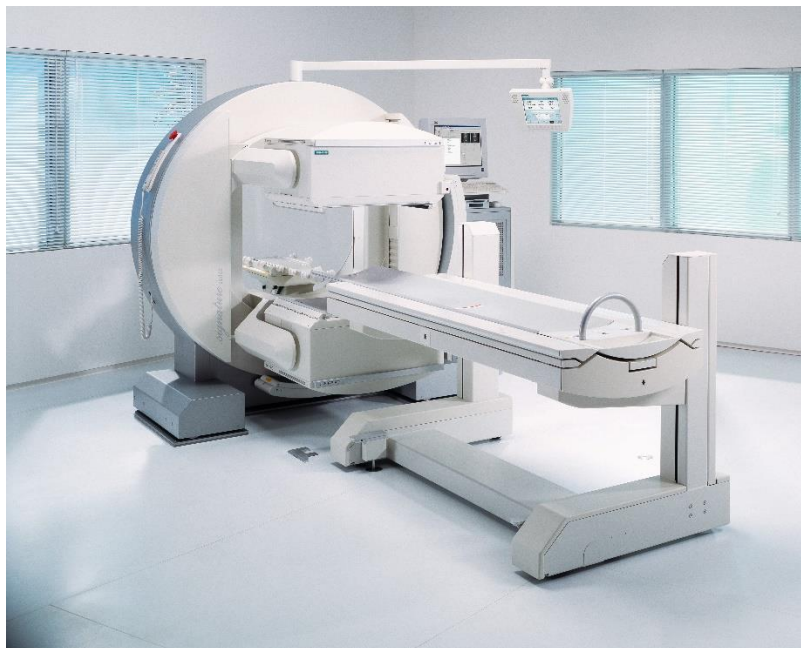
Gamakamera je základní diagnostický přístroj, který se využívá na oddělení nukleární medicíny a slouží k získání obrazu vyšetřované tkáně či orgánu. Základem je detekční systém gamakamery, díky kterému získáváme planární obraz. Do detekčního systému řadíme:

- Kolimátor – je olovněná deska, silná několik cm, pokryta množstvím otvorů, které mají za úkol propustit pouze ty fotony gama, které dopadají kolmo na detektor. Kolimátor vybíráme dle energie fotonů radionuklidu, který používáme pro dané vyšetření, dále dle polohového rozlišení a podle citlivosti. Kolimátor určuje kvalitu výsledného obrazu.
- Scintilační krystal – je průhledná deska, silná přibližně 1 cm, převádí fotony gama na fotony viditelného světla. Je velice náchylný na změnu teploty a vlhkost, proto je bezpečně ukryt v detektoru tak, aby se zabránilo jeho poškození.
- Fotonásobiče – jsou elektronické součástky, které jsou svým povrchem připevněny průhledným gelem na scintilační krystal. Jejich úkolem je převedení fotonů viditelného světla na elektrický signál tak, aby bylo možné jejich signál detekovat, a tím získat výsledný obraz.
- Zpracující elektroniku – signál z fotonásobičů je veden do elektronických obvodů, které vypočítají přesnou polohu záblesku a zapíše se do matice obrazu. Tímto způsobem vzniklý digitální obraz je připraven k vyhodnocení lékařem.

Scintigrafie se rozděluje na planární scintigrafii a tomografickou scintigrafii. Planární scintigrafii dělíme na statickou, celotělovou a dynamickou. Statická scintigrafie znamená vytváření jednotlivých snímků dané vyšetřované oblasti, naopak dynamická scintigrafie zachycuje průběh dynamických dějů, přirovnat jej můžeme k videu. Celotělovou scintografií rozumíme zobrazení celého těla pacienta (příkladem je celotělová scintigrafie skeletu).

¹¹ KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. Nukleární medicína. 6. vyd. Praha: P3K, 2015. ISBN 978-80-87343-548. str. 13

Tomografická scintigrafie je buď jednofotonová emisní výpočetní tomografie (SPECT) nebo pozitronová emisní tomografie (PET). SPECT přístroj je konstrukčně stejný jako planární gamakamera pouze s tím rozdílem, že SPECT má oproti gamakameře dva detektorové systémy (viz Obr. 1), které mají schopnost otáčet se kolem pacienta. Tím je umožněno získávání planárních snímků z různých úhlů, ze kterých je později vytvořena rekonstrukce transaxiálních řezů. Dalším přístrojem využívaným na oddělení nukleární medicíny je bezpochybně PET. PET svou konstrukcí připomíná diagnostické CT. Má stacionární gantry (prsteneček) a pohyblivý stůl. Díky prstenci probíhá snímkování v rozsahu 360° naráz. PET obrazy se rekonstruují na hardwaru, který je součástí PET kamery. Posledním typem přístrojů, které lze využít na oddělení jsou tzv. hybridní systémy, které spojují dvě vyšetřovací modalitty do sebe. Nejčastěji se setkáváme s SPECT/CT, PET/CT a PET/MR. Díky překrytí dvou výsledných obrazů získáváme přesnější informace o nálezu a o jeho lokalizaci. Překrytí dvou obrazů nazýváme fúzí. [7]



Obrázek 1 Dvojhlavá SPECT gamakamera¹²

5.1.2 Radiofarmaka

Diagnostiku nukleární medicínou by nebylo možné provádět bez radiofarmak. Radiofarmakem rozumíme látku, kterou vpravujeme do těla pacienta za účelem jeho rozptýlení v příslušném orgánu či tkáni. Rozptyl radiofarmaka poté sledujeme snímáním za pomoci výše zmíněných přístrojů. Radiofarmakum obsahuje jeden nebo více radionuklidů, volíme jej dle využití.

¹² Scintigrafická dvojhlavová SPECT gammakamera značky SIEMENS. GAMMALAB [online]. Trnava [cit. 2018-04-03]. Dostupné z: <https://www.gammalab.sk/foto/spect-gammakamera2/>

Pro diagnostiku aplikujeme γ (gama) a β^+ (beta plus) zářiče, pro terapii se provádí aplikace α (alfa) a β^- (beta minus) zářiče. Způsob aplikace radiofarmaka volíme dle požadovaného vyšetření, nejčastěji se radiofarmakum aplikuje intravenózně, per os a inhalačně. V závislosti na druhu aplikace se radiofarmakum připravuje například ve formě roztoku, koloidu, suspenze nebo plynu. Radiofarmakum obsahuje vazebnou sloučeninu (neboli neaktivní kit), na kterou je navázán potřebný radionuklid. Vazebná sloučenina, například bílkovina, erytrocyt, leukocyt nebo potravina, zaručí transport radionuklidu do orgánu nebo tkáně, kterou budeme vyšetřovat. Na vazebnou sloučeninu je navázán radionuklid, díky kterému sledujeme polohu a množství radiofarmaka ve vyšetřovaném poli. Radionuklidy jsou vyráběné v jaderném reaktoru, cyklotronu a generátorových systémech. Radionuklid definujeme podle jeho energie, druhu přeměny a poločasu rozpadu. Radiofarmaka se dováží na pracoviště buď připravené (konkrétně pro určitého pacienta) nebo se připravují ve speciální místnosti na oddělení, která je určena pouze pro přípravu radiofarmak. Jedná se o sterilní prostředí, ve kterém se nachází stíněný box pro uskladnění radionuklidových generátorů a připravených radiofarmak k aplikaci, dále stíněný box (digestoř) s odvětráváním, ve kterém se připravují radiofarmaka a lednici pro uchovávání kitů, na které je poté navázán radionuklid. Poslední součástí laboratoře je vymírací box (místnost), do které se ukládají zbytky nezužitkovaných radiofarmak a radioaktivních odpadů až do doby, dokud jejich aktivita neklesne natolik, aby jej bylo možné zlikvidovat a uvolnit do prostředí jako běžný odpad. Při manipulaci s jakýmkoliv radiofarmakem či otevřenými zářiči dbáme na radiační ochranu. Chráníme ochrannými pomůckami, mezi které řadíme ochranné zástěry, rukavice a brýle, dále při práci s radiofarmaky nejíme, nepijeme a nekouříme, aby nedošlo k vnitřní kontaminaci. Dodržujeme ochranu vzdáleností, časem a stíněním. Monitorujeme sebe i prostředí za pomoci dozimetrických zařízení. Každý pracovník nosí osobní dozimetr na přední, levé straně hrudníku. Používáme také tzv. prstový dozimetr ve tvaru prstenu, který měří dávku, kterou obdrželi ruce pracovníka při výkonu povolání. Oba dva dozimetry jsou odesílány v pravidelných intervalech k jejich vyhodnocení. V místech, kde pracujeme s radiofarmaky, je vymezeno kontrolované pásmo, které je taktéž monitorováno. [7]

5.2 Perfuzní scintigrafie plic

Perfuzní scintigrafii plic provádíme především pro diagnostiku plicní embolizace.

5.2.1 Indikace a kontraindikace k vyšetření

Nejčastější indikací k perfuzní scintigrafii plic je embolizace plicnice. Dále může být toto vyšetření indikováno před torakochirurgickým výkonem, kdy se posuzuje perfuze plic. Absolutní kontraindikace u diagnostiky plicní embolie neexistuje. Určena je pouze

kontraindikace relativní, do které řadíme graviditu a laktaci. U obou případů určujeme nutnost provedení vyšetření a minimalizujeme aplikovanou aktivitu radiofarmaka na co nejmenší. Pokud se jedná o kojící ženu, je nezbytně nutné, aby žena přerušila kojení na 12 hodin po aplikaci radiofarmaka. [7], [8]

5.2.2 Použitá radiofarmaka

Jako radiofarmakum využíváme ^{99m}Tc -makroagregát albuminu (MAA). Aplikujeme aktivitu 200 MBq, kdy čas, způsob a hodnotu aktivity zaznamenáváme do dokumentace pacienta. U dětí nebo u obézních pacientů se aplikovaná aktivita vypočítává individuálně. Aplikujeme 300 000 – 500 000 částic ve velikosti 10–50 μm , počet a velikost částic nesmí být překročena. [8], [9]

5.2.3 Příprava pacienta na vyšetření

U vyšetření není žádná speciální příprava pacienta. Pacient podepisuje informovaný souhlas s vyšetřením, to však záleží na vnitřních směrnicích oddělení.

5.2.4 Průběh vyšetření

1. Provedeme ověření totožnosti pacienta a kontrolu žádanky na vyšetření. Pacienta poté poučíme, jak bude vyšetření probíhat a proč je nutné vyšetření provést. Poté pacient podepíše informovaný souhlas s vyšetřením.
2. Pokud byl proveden rentgenový snímek plic zajistíme, aby byl přístupný pro lékaře, který bude hodnotit výsledky vyšetření. V nynější době je možností nahlédnutí do centrálního systému nemocnice, kde je obrazová dokumentace pacienta ukládána. Nezbytnou součástí pro výkon vyšetření je zhodnocení anamnézy pacienta.
3. Ověříme aktivitu radiofarmaka, komu je radiofarmakum určeno a způsob jeho aplikace. Radiofarmakum pacientovi aplikujeme intravenózně vleže, pacient si v klidu dýchá. Do vyšetřovacího archu zapíšeme, kdo provedl aplikaci, čas aplikace a aktivitu daného radiofarmaka.
4. Polohu při snímání pacienta určujeme dle jeho mobilizace. Doporučeno je však vyšetření provádět vstoje nebo alespoň vsedě, a to z důvodu větší možnosti rozpětí plic, což je nezbytně nutné pro co nejlepší zobrazení plicní tkáně a případnou charakteristiku zobrazených lézí. Pokud je pacient imobilní, volíme polohu vleže.
5. Planární scintigrafii plic provádíme po uplynutí dvou minut od aplikace radiofarmaka. Snímání rozložení radiofarmaka v plicní tkáni provádíme v zadní, přední, zadních šikmých a bočných projekcích. Délku záznamu scintigramu volíme zhruba na 400 000 impulzů nebo dle určení lékaře. Vyšetření můžeme doplnit o SPECT, které nám díky své podrobnosti umožní získat detailnější zobrazení plicní tkáně, čímž můžeme odhalit i léze velmi drobných rozměrů

a umožní tak správnou diagnostiku a případnou léčbu. Doplnkové vyšetření SPECT indikuje lékař nukleární medicíny, který bude posuzovat vyhotovené snímky. Vyšetření trvá zhruba 45 minut.

6. Po ukončení vyšetření pacienta odvedeme pacienta z vyšetřovny a výsledné scany odesíláme lékaři ke zhodnocení. [7], [8], [9], [23]

5.2.5 Výsledky vyšetření

Pro správné zhodnocení výsledku perfuzní scintigrafie plic hodnotíme také technické provedení vyšetření, kde posuzujeme například kvalitu obrazu, která může být ovlivněna pohybem pacienta, vzdáleností pacienta od kolimátoru, artefakty vzniklé z potřísnění pacienta nebo vyšetřovacího stolu radiofarmakem, a dalšími aspekty. Výsledkem vyšetření jsou scany (obrazy), díky kterým vidíme rozložení radiofarmaka v plicích. Tkáň plic, do které se díky uzávěru plicního řečiště embolem použité vyšetřovací radiofarmakum nedostalo, se vyznačuje ve formě viditelných neaktivních ploch, které se ukazují především jako klínovitá ložiska. Vzniklé defekty se svým rozsahem mohou vyskytovat v malých ložiskách, nebo v rozsáhlejších výpadcích obrazu, kdy se může jednat o postižení celého laloku jedné plíce. Výsledek vyšetření pro diagnostiku plicní embolizace nelze hodnotit samostatně, musíme k němu využít například RTG snímek plic nebo využít kombinaci perfuzní a ventilační scintigrafie. Výsledky vyšetření lékař interpretuje do zdravotnické dokumentace pacienta společně s doporučením pro další postup. [7], [8]

5.3 Ventilační scintigrafie plic

Vyšetření zvané ventilační scintigrafie plic využíváme ke zjištění příčiny perfuzních defektů plic.

5.3.1 Indikace a kontraindikace k vyšetření

Indikuje se nejčastěji společně s perfuzní scintografií plic při podezření na embolizaci plic, a to ke zvýšení kvality vyšetření a správnosti diagnózy. Taktéž jako u perfuzní scintigrafie se ventilační scintigrafie plic využívá jako vyšetření před torakochirurgickým zákrokem pro posouzení následné celkové plicní ventilace. Opětovnou relativní kontraindikací je těhotenství a žena, která kojí. [7], [8], [23]

5.3.2 Použitá radiofarmaka

Jako radiofarmaka lze využít následující tři druhy radiofarmak:

- a) Nejčastěji využívaným radiofarmakem pro ventilační scintigrafii je radioaktivní plyn krypton ^{81m}Kr . „Jednou z největších výhod tohoto plynu je možnost současného nebo následného

*provedení ventilační a perfuzní scintigrafie plic (fotony ^{99m}Tc a ^{81m}Kr mají odlišnou energii, lze je tedy gamakamerou snímat současně). Jeho významnou nevýhodou je použitelnost generátoru omezená na jediný den (poločas přeměny $^{81}\text{Rb} = 4,6$ hodiny) a poměrně vysoká cena vyšetření při nižším počtu pacientů.*¹³

- b) V dnešní době se zřídka využívají radioaktivní aerosoly pevné a kapalně fáze značené ^{99m}Tc . Radioaktivní aerosoly kapalně fáze, které vznikají z ^{99m}Tc -DTPA se využívají častěji než aerosoly pevně fáze. Jeho částice jsou velikostně dostačující pro umístění v plicních sklípcích. Mezi nevýhody při inhalaci tohoto radioaktivního aerosolu patří nutná dechová spolupráce s pacientem.
- c) Pro nás, bohužel nedostupným radiofarmakem z důvodu cenové nákladnosti přístroje, ve kterém se radiofarmakum vyrábí, je uhlíkový aerosol ^{99m}Tc -značené uhlíkové částice. [7]

5.3.3 Příprava pacienta na vyšetření

Žádná speciální příprava pacienta na vyšetření není nutná. Je však důležité správné poučení pacienta o průběhu vyšetření, aby bylo možné dosáhnout co nejlepších výsledků vyšetření. Pokud pacient souhlasí a je se vším obeznámen, podepisuje informovaný souhlas s vyšetřením.

5.3.4 Průběh vyšetření

Vyšetření ventilace plic je možno provést dvěma následujícími způsoby:

- a) Statická ventilační scintigrafie plic – ^{81m}Kr
 1. Ověření totožnosti pacienta a kontrola žádanky, poučení pacienta o vyšetření a pacient podepíše informovaný souhlas s vyšetřením.
 2. Pacient po vyzvání vstoupí do vyšetřovací místnosti, kde se posadí na židličku, na které bude inhalovat radioaktivní plyn. Tento plyn vdechuje pacient skrz inhalační masku, která je napojena přímo na generátor. Pokud se jedná o imobilního pacienta volíme polohu vleže. Svým hrudníkem se pacient nachází v těsné blízkosti scintilační kamery.
 3. Po spuštění záznamu pacient začne inhalovat ^{81m}Kr a současně se spustí snímání aktivity plic. Snímání provádíme ve 4-6 projekcích, kdy doba vyšetření trvá zhruba 20 minut. Pro doplnění vyšetření se provádí SPECT. Pokud se jedná o kombinaci perfuzně-ventilační scintigrafie, snímání provádíme najednou ve shodné poloze pacienta. Nejprve se však naaplikuje pacientovi intravenózně ^{99m}Tc -makroagregát albuminu, a poté provádíme snímání rozložení radiofarmaka pro hodnocení perfuze plic a současně pacient inhaluje radioaktivní plyn krypton pro posouzení ventilace plic.
 4. Po ukončení vyšetření pacienta odvedeme z vyšetřovací místnosti a poučíme ho. Výsledné scany odesíláme lékaři k vyhodnocení vyšetření.

¹³ KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. Nukleární medicína. 6. vyd. Praha: P3K, 2015. ISBN 978-80-87343-548. str. 59

b) Statická ventilační scintigrafie plic aerosolová

1. Ověření totožnosti pacienta, kontrola správnosti žádanky na vyšetření, poučení pacienta o průběhu vyšetření, a pokud pacient souhlasí, podepíše informovaný souhlas s vyšetřením.
2. Pacient po vyzvání vstoupí do vyšetřovací místnosti, posadí se na židličku, na které bude vyšetření probíhat. Po dobu 15 minut vdechuje aerosol. Po uplynutí zhruba 15 minut dojde k nasycení plicních sklípků a spustíme snímání gamakamerou. Snímání provádíme opět v 4-6 základních projekcích.
3. Po ukončení snímání odvedeme pacienta z vyšetřovací místnosti a výsledné scany odesíláme lékaři k vyhodnocení vyšetření. [7], [8], [23]

5.3.5 Výsledky vyšetření

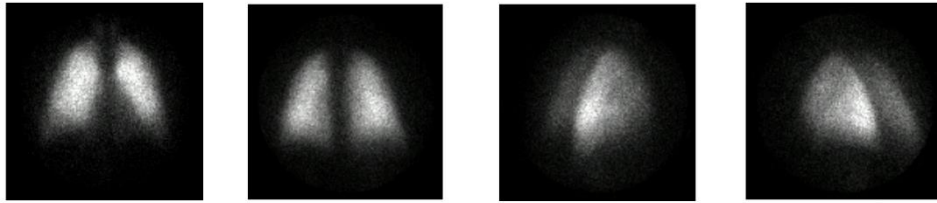
Výsledné scany vyhodnotí lékař. Výsledky vyšetření jsou hodnoceny společně s předchozím RTG snímkem plic nebo se scany z perfuzní scintigrafie. Při výpadku perfuze plic se plochy nenasyčené ^{99m}Tc -makroagregátem albuminu vyskytují jako neaktivní defekty, nejčastěji klínovitého tvaru. Pokud ale je ventilace plic zachovalá, tzn., že se na výsledných skenech ventilace plic neobjeví žádný defekt, jedná se o plicní embolizaci. Pokud je poškozená i ventilace plic, s vysokou pravděpodobností se nejedná o plicní embolizaci ale o jiné plicní onemocnění, například o chronickou obstrukční plicní nemoc. Na základě vyhodnocení výsledných scanů interpretuje výsledky vyšetření do zdravotnické dokumentace společně s doporučením pro další postup. [7], [8]

5.4 Obrazová dokumentace vzniklá při perfuzně-ventilační scintigrafii

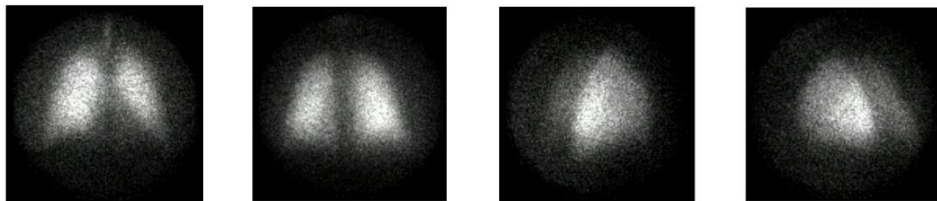
Při P-V scintigrafii plic vzniká obrazová dokumentace, díky které lze určit, zda se jedná o plicní embolizaci či jiné onemocnění plicního parenchymu. Na následujícím obrázku (Obrázek 2) můžeme vidět perfuzi a ventilaci plic provedenou na oddělení nukleární medicíny. Obraz je vždy rozložen do přední, zadní, pravé zadní šikmé a levé zadní šikmé projekce. Na snímcích perfuze i ventilace nejsou viditelné žádné defekty v rozložení radiofarmaka, tudíž je vyloučena plicní embolizace a z hlediska perfuze a ventilace plic se jedná o zdravého pacienta. Na následujícím obrázku (Obrázek 3), je na perfuzním vyšetření plic viditelné ložisko defektu. Vyšetření se doplnilo o ventilační scintigrafii plic, na které se nevyobrazil žádný defekt ventilace plic, tudíž se jedná o plicní embolizaci a u pacienta se zahajuje léčba. Na posledním obrázku (Obrázek 4) je viditelná porucha perfuze plic. Na ventilační scintigrafii je taktéž vyobrazena porucha. To však pro plicní embolizaci není typické, proto se nejedná o plicní

embolizaci ale plicní onemocnění jiného rázu, například o chronickou obstrukční plicní nemoc. Defekty v rozložení radiofarmaka jsou označené červenými šipkami.

PERFUZE



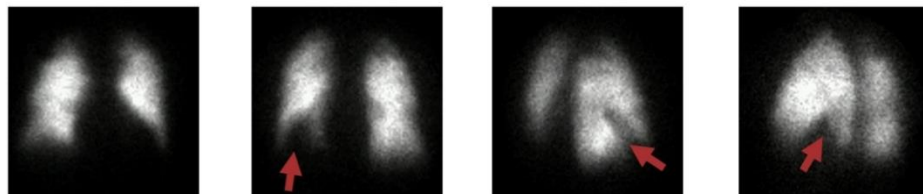
VENTILACE



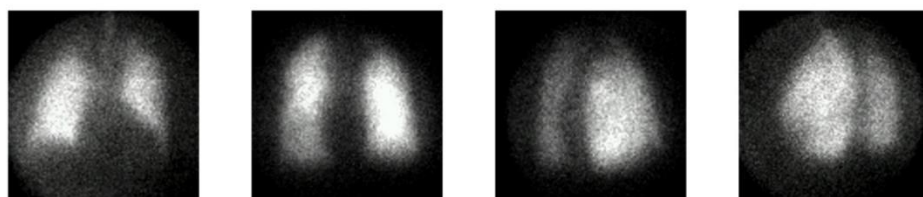
přední zadní pravá levá
zadní šikmá zadní šikmá

Obrázek 2 Perfuzně-ventilační scintigrafie plic v diagnostice plicní embolizace č. 1¹⁴

PERFUZE



VENTILACE



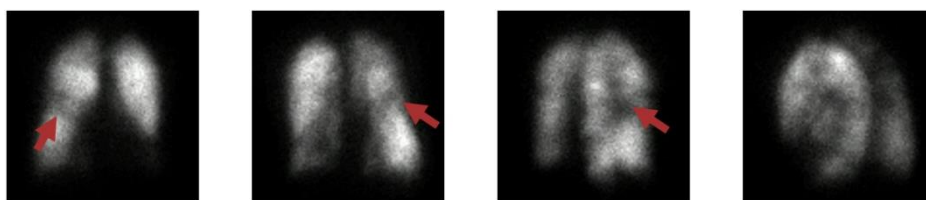
přední zadní pravá levá
zadní šikmá zadní šikmá

Obrázek 3 Perfuzně-ventilační scintigrafie plic pro diagnostiku plicní embolizace č. 2¹⁵

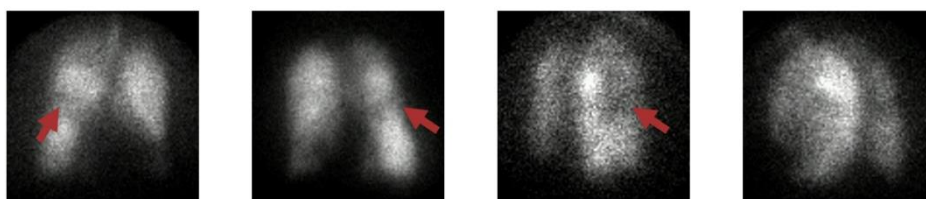
¹⁴ Archiv Fakultní nemocnice Královské Vinohrady, Oddělení nukleární medicíny, Šrobárova 1150/50, Praha 10, 100 34

¹⁵ Archiv Fakultní nemocnice Královské Vinohrady, oddělení nukleární medicíny, Šrobárova 1150/50, Praha 10, 100 34

PERFUZE



VENTILACE



přední

zadní

pravá
zadní šikmá

levá
zadní šikmá

Obrázek 4 Perfuzně-ventilační scintigrafie plic pro diagnostiku plicní embolizace č. 3¹⁶

¹⁶ Archiv Fakultní nemocnice Královské Vinohrady, oddělení nukleární medicíny, Šrobárova 1150/50, Praha 10, 100 34)

6 VYŠETŘOVACÍ METODY PRO PRŮKAZ PLICNÍ EMBOLIZACE MIMO ODDĚLENÍ NUKLEÁRNÍ MEDICÍNY

Mimo diagnostiku plicní embolizace na oddělení nukleární medicíny lze diagnostikovat nemoc těmito způsoby:

1. Krevní testy
2. EKG vyšetření
3. RTG snímek plic
4. Ultrasonografické vyšetření
5. Digitální subtrakční angiografie
6. Magnetická rezonance
7. CT angiografie

6.1 Krevní testy

Při průkazu embolizace lze využít i krevních testů. V hematologickém vyšetření se hodnotí D-dimery, krevní srážlivost, srážlivost, krevní obraz aj. Nejvíce nám však pomůže odhalit vyšetření na D-dimery. D-dimery jsou látky, vznikají při rozpouštění krevních sraženin. Pokud se v těle vyšetřovaného zvýší hodnota D-dimerů, je zřejmé, že v těle dochází k rozpouštění krevní sraženiny, avšak u tohoto vyšetření nelze jednoznačně určit, zda pacient plicní embolii nebo jinou krevní sraženinu. Pozitivní vyšetření na D-dimery může mít i pacient, který má problémy s játry nebo je po operaci, proto výsledek tohoto vyšetření je pouze informativního charakteru, nelze jej použít jako jednoznačné tvrzení. Pokud je výsledek na D-dimery negativní, je zřejmé, že pacient netrpí krevní sraženinou. Výsledných hodnot D-dimerů užíváme také po antikoagulační léčbě, která ukazuje určité riziko pro vznik embolií. [3], [4]

6.2 EKG vyšetření

Elektrokardiografické vyšetření je neinvazivní a bezbolestné vyšetření srdce prováděné na kardiologickém oddělení. Výsledkem je elektrokardiogram, který zaznamenává elektrickou aktivitu srdce v podobě křivky na tenkém papíře. EKG vyšetření řadíme mezi nejzákladnější vyšetření v lékařství, které nám umožňuje odhalit řadu onemocnění. [3]

6.2.1 Princip EKG

Buňky převodního systému srdečního vysílají elektrické vzruchy, aby srdce neustále pracovalo. Díky tomuto systému můžeme za pomoci EKG vyšetření pozorovat srdeční změny. „Podrážděním dochází v jednotlivých buňkách ke změně elektrického napětí. Vznikají elektrické

*proudy, které se šíří všemi směry do okolí. Vaše tělo tyto proudy dobře vede, a proto je možné je registrovat i na jeho povrchu. Elektrody převádějí elektrickou aktivitu k přístroji, který ji zesílí a převede na křivku.*¹⁷ EKG křivky jsou charakteristické pro jednotlivé elektrody, proto rozeznáme, která křivka přísluší elektrickému svodu.

6.2.2 Průběh vyšetření

- 1) Pacient je přijat do vyšetřovací místnosti, kde si odloží do půl těla, sundá si obuv a ponožky. Po vyzvání ulehne na vyšetřovací lůžko.
- 2) Poté zdravotní sestra navlhčí pokožku pacienta na kotníkách a hrudníku. Na každé místo se upevní jedna elektroda, elektrody jsou celkem čtyři.
- 3) Po upevnění elektrod už přístroj snímá aktivitu srdce, proto je nutné, aby pacient byl v naprostém klidu a dýchal si normálně.
- 4) Při snímání se začne na papír zapisovat EKG křivky srdce pacienta. Po dostatečném zápisu křivek lékař ukončí snímání, zdravotní sestra odstraní pacientovi elektrody a lékař provede vyhodnocení. Pacient se obleče a čeká na výsledky vyšetření. [15]

6.2.3 EKG pro průkaz plicní embolie

Je nutné zmínit, že samotné EKG vyšetření pro průkaz plicní embolizace nestačí. Je proto namístě absolvovat kromě EKG i jiné vyšetření, které plicní embolizaci potvrdí. Setkali jsme se i s případy, kdy EKG pacienta bylo z kardiologického hlediska v pořádku, avšak i přesto byla diagnostikována embolizace plic. Nelze proto spoléhat pouze na EKG vyšetření srdce. Po absolvování EKG vyšetření je při průkazu plicní embolie viditelná změna křivek, zejména je viditelné přetížení pravého srdce, fibrilace síní a sinusová tachykardie. [16]

6.3 RTG snímek plic

Prostý rentgenový snímek plic se řadí mezi základní vyšetřovací metodu, kterou provádíme na radiologickém oddělení. Indikací k prostému RTG snímku plic mohou být dýchací obtíže či předoperační vyšetření, vede k posouzení plic a srdce. RTG snímek hrudníku se provádí ve stoje u vertigrafu. Snímujeme v zadopřední projekci, kdy pacient svým hrudníkem naléhá na desku vertigrafu. Dále se může provádět bočná, a šikmá projekce. Pacienta snímujeme v nádechu. Pokud stav pacienta nedovolí snímkování plic vstoje, provedeme snímek vleže, avšak tuto skutečnost musíme při zhotovení snímku poznamenat, aby pozdější hodnocení lékařem bylo objektivní. [13]

¹⁷EKG. *Kardiochirurgie.cz* [online]. 18.3.2018 [cit. 2018-03-18]. Dostupné z: <https://www.kardiochirurgie.cz/ekg>

6.3.1 Princip rentgenového záření a RTG přístroj

Na oddělní radiodiagnostiky provádíme nespočet vyšetření pomocí rentgenového záření. Rentgenové záření je ionizující záření, které je ve zdravotnictví uměle vytvářeno rentgenkou. Rentgenka je skleněná evakuovaná trubice, která obsahuje žhavenou katodu a chlazenou anodu. Elektronky jsou pod vysokým napětím urychlovány a dopadají na terčík anody, kdy při jejich prudkém zabrzdění dochází k uvolnění přebytečné energie, která se přemění na 99 % tepla a pouhé 1 % rentgenového záření. Z důvodu velké tvorby tepelné energie musí být anoda chlazena vodou, vzduchem nebo rotací. Díky jeho biologickým účinkům na organismus je nutné se před ním chránit a každé lékařské ozáření musí být zdůvodněné jeho přínosem. Částmi rentgenového přístroje jsou: zdroj vysokého napětí, rentgenka, zesilovač, kazety s RTG filmem různých rozměrů, ovládací konzole a vyšetřovací stůl. RTG přístroj obsluhuje radiologický asistent, který zodpovídá za ozáření. Rentgen ovládáme z ovládací místnosti. Lékař, radiolog, poté vyhodnocuje zhotovené snímky radiologickým asistentem. Obrázek rentgenového zařízení můžeme vidět na následujícím obrázku (Obrázek 5). [13]



Obrázek 5 Rentgenové zařízení¹⁸

¹⁸ X-Ray. In: *Teton Radiology: Advance medical imaging* [online]. [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: http://www.tetonradiology.com/?page_id=262

6.3.2 RTG snímek plic pro průkaz plicní embolie

V případě průkazu plicní embolie na prostém RTG snímku plic se objevuje vysoký stav bránice na straně zasažené plíce embolií. Dále viditelné, avšak malé množství pleurálního výpotku, kolaps průdušky a pozorujeme viditelně chudou plicní kresbu v postižené části plíce. [10]

6.4 Ultrasonografické vyšetření

Ultrasonografické vyšetření se využívá v širokém spektru indikací. Ultrazvuk není zdrojem ionizujícího záření, tím je pro lidské tělo neškodlivou neinvazivní metodou a lze ho několikrát opakovat. Mezi nejčastější vyšetření ultrazvukem řadíme ultrazvuk břicha, gynekologický ultrazvuk, ultrazvuk štítné žlázy, Dopplerovskou ultrasonografií aj. [13], [14]

6.4.1 Princip ultrasonografie a její využití

Obecně se ultrazvukem rozumí zvuk, který lidské ucho neslyší. Ultrazvuk využívaný v diagnostice se svou frekvencí pohybuje v rozmezí 1-10 MHz, kde se využívá tzv. impulzní sonografie. Zdrojem ultrazvuku je piezoelektrický materiál, který se ukrývá uvnitř vyšetřovací sondy. Tento materiál se proudem deformuje a tím dochází ke vzniku ultrazvukové vlny. Naopak je tomu při návratu odražené ultrazvukové vlny, kdy dojde taktéž k deformaci materiálu a tím vzniká elektrické napětí, který UZ přístroj vyhodnocuje. Tento materiál nám díky svým vlastnostem umožňuje jak vysílání vln, tak i příjem odražených vln (ech). „*Ultrazvuk prochází hmotou, je jí absorbován, rozptylován a odrážen zpět. K odrazu dochází na rozhraní různých hustých tkání. Síla odrazu závisí na rychlosti ultrazvukových vln a hustotě tkáně. Součin hustoty tkáně a rychlosti ultrazvuku je akustická impedance (zvukový odpor). Ultrazvuk se v těle šíří rychlostí 1500/ms.*“¹⁹ Výjimkou jsou však kosti, přes které ultrazvuková vlna díky jejich vlastnostem neprojde a nelze tak orgány a tkáně za kostmi vyšetřovat, dále sem patří plyn, který okamžitě odrazí ultrazvukovou vlnu, díky kterému nelze vyšetřovat střeva a plíce. Existují různé typy sond, které používáme dle typu vyšetřovaného orgánu či tkáně a je charakteristická svým ohniskem. Rozdílné typy sondy využíváme na vyšetření jater, štítné žlázy, žlučníku, krkavic aj. Ultrazvukové sondy jsou specifické vyšetřovacími módy:

- a) A mode – nejjednodušší typ, využití: oftalmologie.
- b) M mode – pro záznam pohybu, záznam se plynule zapisuje na papír, využití: echokardiografie.

¹⁹ CHUDÁČEK, Zdeněk. *Radiodiagnostika*. Banská Bystrica (SR): Osveta, 1993. Edícia učebnic pre stredné zdravotnícke školy. ISBN 80-217-0571-X. str. 417

- c) B mode – tomografické řezy, využíváme real-time způsob vyšetření (tzn. skutečný čas – okamžitě se vytvoří lehce zrnitý obraz) využití: vyšetření cév a srdce. B mode má několik typů záznamu a těmi jsou: lineární (využívané pro těhotenské vyšetření), sektorové (pro vyšetření například močového měchýře), konvexní (pro vyšetření dutiny břišní) a trojrozměrné (čímž získáme trojrozměrný obraz, například 3D ultrazvuk plodu). [13], [14]

Abychom však mohli uskutečnit vyšetřování pomocí ultrazvuku, musíme na vyšetřovanou plochu nanést vazký gel, díky kterému dojde ke spojení těla se sondou. Tento gel je na bázi vody, čímž je vhodný pro každého. UZ přístroj se skládá z:

- a) Sonografického přístroje – v němž dochází k řízení signálů a slouží také pro sběr vyšetřených dat
- b) Ultrazvukových sond

Nezbytným přídatným zařízením je:

- a) Vyšetřovací lůžko
- b) Vyšetřovací gel

Ultrazvukové vyšetření nevyžaduje žádnou speciální přípravu, to se ale mění v závislosti na daném vyšetření, např. při UZ břicha je nutné přijít na lačno, před vyšetřením nejíst nadýmavé potraviny, nepít perlivé nápoje a přijít alespoň s částečně naplněným močovým měchýřem. Ultrazvukový přístroj je zobrazen na následujícím obrázku (Obrázek 6). [13], [14]



Obrázek 6 Ultrasonografický přístroj²⁰

²⁰ Ultrasound. In: *Teton Radiology: Advance medical imaging* [online]. [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: http://www.tetonradiology.com/?page_id=260

6.4.2 Dopplerovská ultrasonografie a její princip

Již z názvu samotného je zřejmé, že se jedná o vyšetření pomocí ultrazvuku. Za jeho objevitele považujeme Ch. J. Dopplera. Je to speciální druh vyšetření ultrasonografie, která je neinvazivní. Díky Dopplerovskému efektu je umožněno sledovat morfologii cévní soustavy a tím hodnotit rychlost, tlak a směr toku krve v místě, ve kterém potřebujeme. Toto vyšetření se využívá u hodnocení srdce a cév, zejména pak při diagnostice hluboké žilní trombózy dolních končetin. „*Ultrazvuková sonda vysílá do těla ultrazvukové vlny v pulzech s jistou kontrastní frekvencí. Od pohyblivých struktur (např. erythrocyty) se ultrazvukové vlny odrážejí se změnou frekvencí. Rozdíl mezi frekvencí vyslané a přijaté ultrazvukové vlny nazýváme frekvenční posun. Jeho velikost je přímo úměrná rychlosti pohybu sledované struktury, tj. v našem případě pohyb erythrocytů (rychlost toku krve).*“²¹ Při vyšetření Dopplerem můžeme posuzovat i zvuk, který je slyšitelný díky posunu v rozsahu zvuku. Díky tomu zaznamenáváme jak grafické znázornění rychlosti průtoku krve příslušnou cévou na monitoru, tak i zvukovou nahrávku. Kombinací B-modu a pulzního Dopplera získáváme vyšetření zvané duplexní ultrazvukové vyšetření. Toto vyšetření je specifické zobrazení, kterým získáme viditelný záznam rychlosti proudění krve, a především je možné pozorovat, jakým směrem se tok krve pohybuje. V případě barevné duplexní sonografie je záznam toku viditelný v barevném provedení. [3], [13], [14]

6.4.3 UZ pro průkaz plicní embolie

Ultrasonografickým vyšetřením nelze jednoznačně určit embolizaci plic. Díky echokardiografickému vyšetření srdce však můžeme zjistit jisté přetížení pravé komory srdeční, které se může dít v důsledku postižení plicnice embolem. Nejčastěji se ultrazvukové vyšetření používá pro diagnostiku tromboembolické nemoci, a to zejména na dolních končetinách, která je nejčastějším zdrojem vzniku plicních embolizací a je důležitou prevencí pro její vznik. Vyšetření může být obtížné především u obézních pacientů. [3], [5], [14]

6.5 Digitální subtrakční angiografie

Digitální subtrakční angiografie je vyšetření cévního systému za pomoci rentgenového záření a podání kontrastní látky pacientovi.

6.5.1 Princip DSA

„*Principem této metody je počítačová subtrakce (odečtení) původního snímku bez kontrastní náplně cév (tzv. maska) od všech snímků pořízených po aplikaci kontrastní látky. Výsledkem je*

²¹ MUSIL, Dalibor a kol. *Ultrazvukové vyšetření žil dolních končetin*. Praha: Grada Publishing, 2008. ISBN 978-80-247-2161-3. str. 19

rentgenový obraz s kontrastní náplní cév bez pozadí (metoda subtrakce a masky). Naproti tomu při digitální angiografii je výsledným obrazem původní (nativní) snímek překrytý kontrastní náplní cév.²² Jelikož se jedná o invazivní zákrok, po celou dobu pacienta monitorujeme (EKG, oxymetr a tonometr) a v místě zákroku se nachází defibrilátor a kyslíková maska. Pacient je v průběhu vyšetření při vědomí, z důvodu potřebné spolupráce s lékařem, například pro zadržování dechu aj. [3], [17], [18]

6.5.2 Příprava pacienta na vyšetření

Pacient je na vyšetření přijímán na lačno. Žádné jiné specifické opatření se neuvádí.

6.5.3 Postup vyšetření DSA

1. Pacienta poučíme a podepíše informovaný souhlas s vyšetřením.
2. Nejčastěji vyšetřujeme přes femorální žílu, kterou zavedeme katetr do kmenu plicnice. Poté, co se katetr nachází ve správném umístění, provedeme nativní snímek a změříme tlak v plicnici.
3. Po nativním snímku se provede nástřik kontrastní látky přes katetr a okamžitě se zhotoví další snímek. Tyto dva snímky se následně od sebe odečtou. Po odečtení můžeme vidět různé anomálie na cévním systému, mezi které patří například zúžení cévy. Výhodou tohoto vyšetření je i možnost následného intervenčního zákroku, například roztažení cévy balonkovým katetrem.
4. Po ukončení výkonu se pacientovi opět změří tlak plicnice. Rána v třísle se zabandážuje a poté se zatíží, aby nedošlo ke krvácení z rány. [17], [18]

6.5.4 DSA pro průkaz plicní embolie

Mezi specifické známky průkazu plicní embolizace řadíme nedostatky v kontrastní náplni plicních tepen, především v místech, kde došlo k zúžení odstupujících tepen. Další známkou může být úplná obstrukce čili úplné uzavření větví plicnice. Mezi nespecifické známky řadíme například zpomalený tok krve. DSA umožňuje odhalit emboly přibližně do 2 mm velikosti, avšak pro průkaz plicní embolizace se využívá minimálně. [3]

6.6 Magnetická rezonance

Díky magnetické rezonanci vytváříme 2D nebo 3D obrazy lidského těla. Toto vyšetření je velice nákladné, proto se vyšetření magnetickou rezonancí ve většině případů odkládá na

²² VOMÁČKA, Jaroslav, Josef NEKULA a Jiří KOZÁK. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2012. ISBN 978-80-244-3126-0. str. 62

poslední volbu. Magnetickou rezonanci nemůže podstoupit každý pacient, tuto problematiku popisují níže v kapitole 6.6.3. Magnetická rezonance nevyužívá ionizujícího záření.

6.6.1 Princip magnetické rezonance

Lidské tělo je tvořeno převážně vodíkem. Magnetická rezonance (viz. Obrázek 7) funguje na principu spinů. To jsou atomová jádra s lichým počtem protonů či neutronů. Pohybuje se kolem své osy, proto nese název spin. Každý spin má svůj směr otáčení, a pokud ho vložíme do silného magnetického pole, všechna jádra se srovnají přibližně stejné polohy a jejich pohyb je ve směru tohoto pole. Pokud začneme na jádra působit vysokofrekvenčním střídavým magnetickým polem, začnou jádra vykonávat tzv. precesní pohyb, což znamená, že se jádro otáčí kolem své osy a ještě po plášti pomyslného kužele. Precesní pohyb můžeme přirovnat hračku "Káču". Aby se uskutečnil precesní pohyb, musí být frekvence precese a frekvence magnetického pole stejná. Po ukončení vysokofrekvenčního pulzu dojde k návratu jádra do jeho původního stavu. „*Jádro se indukuje na stejné cívice, která byla původně zdrojem vysokofrekvenčního impulsu, napětí – rezonanční signál. Jeho frekvence odpovídá frekvenci precese, amplituda počtu zkoumaných jader a doba, po kterou rezonance trvá, relaxaci. Doba relaxace tvoří čas T_1 a T_2 . T_2 se nazývá jinak spin – spinová relaxace nebo také příčná relaxace. Doba T_2 probíhá od vypnutí impulsu až po dobu, kdy se začnou osy otáčení jader vracet do rovnovážného stavu. T_1 se jinak nazývá spin – mřížka nebo také podélná relaxace. Je to doba, kdy se vracejí osy otáčení z vychýleného stavu do stavu rovnovážného. T_2 je vždy kratší než T_1 . Oba časy jsou výsledkem vzájemného působení jader (spinů) a jejich okolí, charakterizují vyšetřovanou tkáň.*“²³ K zachycení rezonance složí gradientní cívkky. Pro zachycení vyšetřované tkáně využíváme nejčastěji dvou sekvencí, kterými jsou:

- a) Spin – echo sekvence – nejdříve proběhne 90° impulz, po kterém probíhá 180° impulz,
- b) Inversion recovery – nejdříve proběhne 180° impulz, po kterém probíhá 90° impulz.

U snímání magnetickou rezonancí je důležitý také TE a TR čas. TR (time to repetition) je čas mezi 2 stejnými impulzy. TE (time to echo) je doba ozvěny. Výsledkem vyšetření magnetickou rezonancí je obrazová dokumentace, která se dělí na T1 nebo T2 vážený obraz, ty jsou však závislé na TE a TR. Magnetickou rezonanci dělíme na otevřenou či uzavřenou, a její kvalitu hodnotíme dle síly magnetu (hodnoty Tesla). [13]

²³ CHUDÁČEK, Zdeněk. *Radiodiagnostika*. Banská Bystrica (SR): Osveta, 1993. Edícia učebnic pre stredné zdravotnícke školy. ISBN 80-217-0571-X. str. 423-424

6.6.2 Součásti MR přístroje

Permanentní magnet chlazený heliem, přijímací a vysílací cívka, vysokofrekvenční cívka, Faradayova klec, řídicí a obrazový počítač, snímací kamera a vyšetřovací stůl. Přídatným zařízením je anesteziologický vozík z neferomagnetického materiálu a lůžko či sedačka k přepravě pacientů taktéž z neferomagnetického materiálu. [13]



Obrázek 7 Magnetická rezonance²⁴

6.6.3 Kontraindikace k vyšetření magnetickou rezonancí

Kontraindikace k vyšetření magnetickou rezonancí dělíme na relativní a absolutní. Absolutní kontraindikace jsou:

- a) Kardiostimulátor – MR nekompatibilní,
- b) Inzulínová pumpa a kochleární implantát (elektricky řízené),
- c) Cévní svorky z feromagnetického materiálu,
- d) Cizí kovové těleso v oku (například špona).

Mezi relativní kontraindikace řadíme:

- a) Cévní svorky implantované do 14 dnů od operace,
- b) Jiné cizí kovové těleso,
- c) Kovové kloubní náhrady,
- d) Stenty, kavální filtry,
- e) Klaustrofobie,
- f) Rozsáhlé tetování v místě, kde se provádí vyšetření,

²⁴ Magnetic Resonance Imaging. In: *Teton Radiology: Advance medical imaging* [online]. [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: http://www.tetonradiology.com/?page_id=32

g) Těhotenství.

Pacient před vyšetřením vyplňuje dotazník, aby bylo jasné, zda může vyšetření podstoupit či nikoliv. [13], [19]

6.6.4 MR angiografie

MR angiografie je vyšetření pro zobrazení cévního systému pacienta. Vytváří obrazy, kterými lze hodnotit abnormality a funkci cév. Do hlavních indikací řadíme diagnostiku aneuryzmat, zúžení či jiné malformace cév a také diagnostiku plicní embolizace v případě, že nelze podstoupit CT angiografii. V některých případech je indikováno použití kontrastní látky na bázi gadolinia (neobsahují jód), které se využívají pro zlepšení výsledné kvality snímků pořízených magnetickou rezonancí. Alergická reakce na gadoliniovou kontrastní látku je zcela výjimečná, pokud se však objeví, projevuje se například kopřivkou, nevolností či bolestí hlavy. Během vyšetření je velice důležité, aby pacient ležel v klidu a nehýbal se. Pokud pacient trpí klaustrofobií, může lékaře požádat o sedativa. Kvůli tomu, že magnetická rezonance vydává silné zvukové efekty, pacienti dostanou na vyšetření jednorázové ušní špunty. Při snímání hrudníku pro diagnostiku plicní embolizace je velice důležitá spolupráce pacienta s radiologickým asistentem, kdy je zapotřebí zadržovat dech, aby bylo dosaženo co nejlepších výsledků. [20]

6.6.5 MR pro průkaz plicní embolie

Diagnostika plicní embolie magnetickou rezonancí se využívá velmi zřídka, zejména tak u pacientů, kteří ze zdravotních důvodů alergického charakteru nemůžou podstoupit CT angiografii s jodovou kontrastní látkou. Plicní embolie ve výsledných obrazech pořízených magnetickou rezonancí ukazuje přibližně ve stejném světle jako při CT angiografii. Může být tedy viděn úplný uzávěr, částečný uzávěr či jiné patologie plicního parenchymu. [20]

6.7 CT angiografie

CT angiografie je jednou z nejvýznamnějších metod při diagnostice plicní embolie.

6.7.1 CT přístroj

Computed tomography neboli výpočetní tomografie, je přístroj, který výrazně obohatil zdravotnictví. Za objevitele se považuje G. Hounsfield a A. MacCormack, kteří nezávisle na sobě učinili stejný objev a roku 1978 za něj získali Nobelovu cenu. CT přístroj si prošel od roku 1971 řadou úprav, které byly seskupovány do jednotlivých generací. V generacích docházelo k úpravám svazů záření, počtu detektorů, a především ke zkracování vyšetřovacích časů. V současnosti využíváme 3. generaci CT přístroje. CT se skládá z (viz obrázek 8):

- a) Soustavy rentgenky a detektorů,
- b) Gantry – prsteneček, uvnitř kterého se nachází soustava rentgenky a detektorů,
- c) Vyšetřovacího pojízdného stolu,
- d) Ovládací konzole,
- e) Počítače,
- f) Přídatných zařízení (např. tlakový injektor). [13]



Obrázek 8 CT neboli počítačová tomografie²⁵

CT můžeme popsat jakou soustavu rentgenky a detektorů. „Zatímco se RTG lampa otáčí v gantry, pacient leží na vyšetřovacím stole, který se během expozice RTG zářením posouvá do prostoru gantry. Pod krytem gantry jsou naproti rentgence umístěny sady detektorů, které detekují záření prošlé tělem pacienta. Toto záření se v těle pacienta různě zeslabuje v závislosti na složení jednotlivých tkání a je tak možné na základě rozdílů změřeného zeslabení zrekonstruovat v počítači obraz těla pacienta v příčném řezu. Výsledkem 1 rotace rentgenky je CT řez pacientem, který obsahuje obrazy jednotlivých tkání v různých stupních šedi.“²⁶ Díky počítači je možné zrekonstruovat obraz řezu tkáně pacienta a tím diagnostikovat různé patologie. To je založeno na matici pixelů, kdy se jedná o dvourozměrný obraz, pokud však provedeme trojrozměrnou rekonstrukci nejedná se o pixel, nýbrž o voxel. Každý pixel odpovídá jednomu bodu obrazové tkáně, který si nese svou informaci (tzv. Hounsfieldovu jednotku) o absorpci RTG záření. Densita jednotlivých tkání nabírá hodnot od -1000 HU do +3096 HU, názornou ukázkou lze vidět v následující tabulce (Tabulka 3). To je vyjádřeno na Hounsfieldovi

²⁵Computed Tomography. In: *GE Healthcare* [online]. [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: <http://www3.gehealthcare.in/en/products/categories/computed-tomography>

²⁶ Výpočetní tomografie neboli CT: jak fungují zobrazovací metody v medicíně II. *Atominfo.cz: Aktuálně o jádru* [online]. 2013, 18.4.2013 [cit. 2018-03-17]. Dostupné z: <http://atominfo.cz/2013/04/vypocetni-tomografie-neboli-ct-jak-funguji-zobrazovaci-metody-v-medicine-ii/>

stupnici, která vyjadřuje stupně šedi. Tato stupnice udává 4096 odstínů šedi. Lidské oko však rozezná pouze 16-20 odstínů. Díky tomu byla vytvořeny čtyři základní okna, ve kterých se stupně šedi včlení přibližně do 20 odstínů a my je díky tomu můžeme posuzovat. Základními okny jsou: okno plicní, kostní, mozkové a měkkotkáňové. Podle vyšetřované tkáně volíme příslušné okno, skrz které dosáhneme nejlepších výsledků. [11], [13], [22]

Tabulka 3 Intervaly denzit tkání v Hounsfieldových jednotkách²⁷

Druh tkáně	HU
Kov	+3000
Kostní kortikalis	+1000
Voda	0
Tuková tkáň	-150
Vzduch	-1000

Při určitých specifických vyšetření CT přístrojem se využívají kontrastní látky, a to zejména při vyšetření tkání, které mají přibližně stejné hodnoty denzity. Kontrastní látky lze podávat intravenózně, perorálně, intratekálně aj. Intravenózně podáváme kontrastní látku jodového charakteru, která je vylučována ledvinami. Díky tomu nemůžou CT vyšetření podstupovat osoby alergičtí na jód, osoby s postižením ledvin, porušenou hematoencefalitickou bariérou, pacienti se zvýšenou funkcí štítné žlázy. Pacient před podáním kontrastní látky intravenózně musí být dostatečně hydratovaný, ale je velice důležité, aby byl minimálně 4 hodiny lačný. U alergických pacientů je možné provést premedikaci léky, které se podávají při alergických onemocněních (př. Prednison 20 mg, o jehož dávkování pacienta poučí indikující lékař). Mimo vyšetření lze za pomoci CT provádět i intervenční výkony, mezi které můžeme zařadit biopsii, drenáže nebo označení ložiska před operačním výkonem. [11], [13]

6.7.2 Princip CT angiografie

„CT angiografie (CTA) neboli angiografie pomocí výpočetní tomografie je neinvazivní způsob zobrazení kardiovaskulární soustavy vycházející z helikální (spirální) akvizice dat a

²⁷ FERDA, Jiří, Boris KREUZBERG a Milan NOVÁK. *Výpočetní tomografie*. Praha: Galén, c2002. ISBN 80-7262-172-6. str. 13

*intravenózní aplikace kontrastní látky. Součástí hodnocení může být zhotovení trojrozměrné rekonstrukce cévních struktur podobné klasickému angiogramu.*²⁸

6.7.3 Indikace a kontraindikace CTA plicního oběhu

Nejčastější indikací pro CT angiografii je průkaz embolizace plic, dále dilatace plicnice a zobrazení plicních žil. Je o ní hovořeno jako o zlatém standartu. Vzhledem k charakteru používané kontrastní látky, nesmí pacienti alergičtí na jód absolvovat vyšetření. Dále sem patří vysoké hodnoty kreatininu, těžké formy alergie a zvýšená funkce štítné žlázy a osoby se srdečním selháváním. Z důvodu vysoké radiační zátěže nesmí vyšetření podstupovat těhotné ženy, pokud se nejedná o vitální nebo porodnickou indikaci. [12]

6.7.4 Rizika vyšetření

Jelikož se CTA spojuje s určitými riziky vyšetření, je velice důležité se o nich zmínit. Mezi hlavní a nejzávažnější rizika CTA patří především alergická reakce na jodovou kontrastní látku. Ta se může projevit méně závažným způsobem jako je například vyrážka, bolest hlavy či pocit na zvracení, nebo velice závažným, život ohrožujícím šokovým stavem. Proto je velice nutné hlásit jakoukoliv zkušenost s alergickou reakcí. Dalším závažným rizikem je postižení ledvin, kdy závažnost jejich poškození může dosáhnout až nutnosti docházení na dialýzu. Tomuto poškození je však předcházeno nutností znalosti aktuálních hodnot kreatininu ledvin vyšetřované osoby a popřípadě vhodnou premedikací vyšetřovaného. [11], [12]

6.7.5 Příprava pacienta na vyšetření

Pacient přijatý k vyšetření je lačný. Provedeme identifikaci pacienta, zkontrolujeme správnost žádanky na vyšetření a provedeme kontrolu výsledků krevních testů – zejména hodnot kreatininu. Pacient musí být dostatečně hydratovaný (tím rozumíme pouze čistou vodu). Pokud se všim pacient souhlasí, podepisuje informovaný souhlas s vyšetřením. Poté můžeme přejít samotnému vyšetření. [11], [12]

6.7.6 Průběh vyšetření

1. Po vyzvání pacient vstoupí do vyšetřovací místnosti, kde ho poučíme o charakteru vyšetření. V jeho průběhu může po podání kontrastní látky cítit pocit horka a pocit na pomočení. Během vyšetření je důležitá dechová spolupráce pacienta s radiologickým asistentem.
2. Pacient si svlékne oblečení z horní poloviny těla a sundá si kovové předměty z dekoltu. Poté ulehne na vyšetřovací lůžko, kde zdravotní sestra zajistí žilní vstup kanylou, pro možnost podání kontrastní látky tlakovým injektorem. Pacient si uloží ruce za hlavu a můžeme přejít k vyšetření.

²⁸ FERDA, Jiří. CT angiografie. Praha: Galén, c2004. ISBN 80-7262-281-1. str. 3

Zdravotní sestra zapíše do vyšetřovacího protokolu čas, místo vpichu kanyly a kdo aplikoval kanylu, což stvrdí svým podpisem.

3. Radiologický asistent vybere vhodné nastavení vyšetřovacího protokolu. Šířku jednotlivých řezů nastavujeme ideálně na submilimetrovou kolimaci a rychlost posunu stolu nastavujeme na 18 mm/s. Nejprve se provede tzv. scout, na kterého zakreslíme zájmovou oblast pro sběr dat. Po určení velikosti vyšetřovaného pole spustíme tlakový injektor, který aplikuje nejméně 60 ml jodové kontrastní látky. Akviziční čas stanovujeme dle podávaného objemu a rychlosti podání kontrastní látky. „*K načasování akvizice je vhodný bolus-tracking, jehož vzorkovací objem se umísťuje do kmene plicní tepny.*“²⁹ Po nasycení plicní tepny se automaticky spouští akvizice dat, probíhá v nádechu pacienta, aby nedošlo k pohybovým artefaktům a vyšetření bylo co nejprínosnější. Celková doba vyšetření trvá zhruba 10–15 sekund.
4. Po ukončení vyšetření pacientovi provedeme proplach kanyly fyziologickým roztokem a odpojíme ho od tlakového injektoru. Kanylu však pacientovi ponecháme, bude čekat nejméně 30 minut po vyšetření v čekárně, abychom se ujistili, že nedošlo k ohrožení jeho zdraví. Po 30 minutách zdravotní sestra odstraní pacientovi kanylu a pacient, pokud se cítí v pořádku, odchází zpět na pracoviště, ze kterého je na vyšetření odeslán.
5. Radiologický asistent provede rekonstrukce obrazu a odesílá zhotovené snímky a rekonstrukce lékaři k vyhodnocení. [12]

6.7.7 CT angiografie pro průkaz plicní embolie

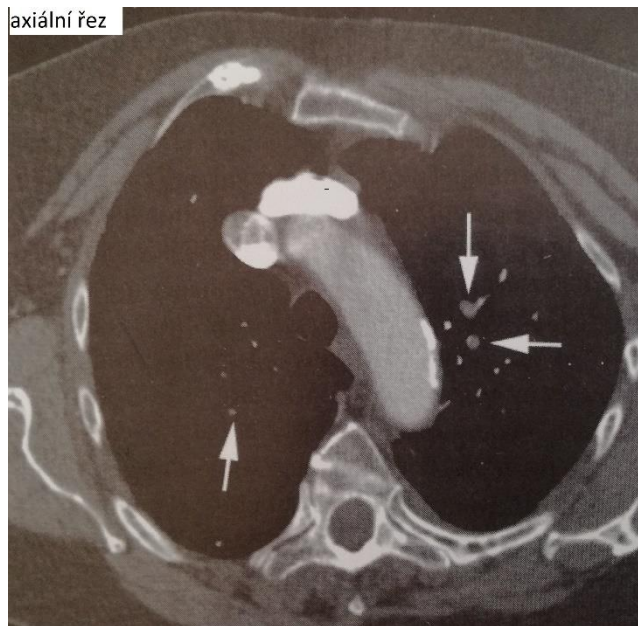
Lékař provede zhodnocení CT řezů z vyšetření. Závažnosti embolizace je dána množstvím uzavřených větví. Vzniklé emboly buď větve úplně uzavřou, což se projeví na CT řezech jako úplné uzavření určité větve arteriálního řečiště, nebo je embol obtékán kontrastní látkou, kdy může dojít k rozšíření poškozené cévy. Embolizace může být drobná, nebo se může jednat o masivní embolizaci, která vyvolává akutní plicní hypertenzi. Viditelná může být i obliterace plicního parenchymu, kdy díky embolu nedochází k žádnému průtoku kontrastní látky a tím dochází ke kolapsu plicních žil. Mimo jiné toto vyšetření zobrazí i jinou plicní patologii plicní tkáně či plicního parenchymu. Výsledky vyšetření lékař interpretuje do zdravotnické dokumentace společně s dalším doporučením pro postup léčby. [3], [12]

6.7.8 Obrazová dokumentace CT angiografie plicní embolizace

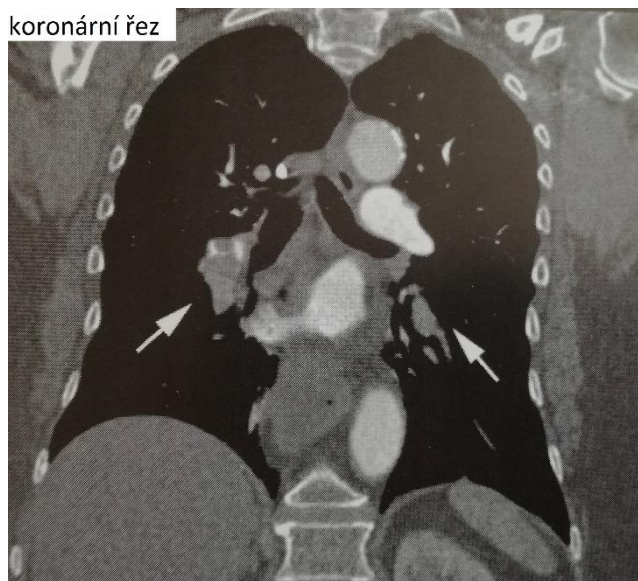
Pro průkaz plicní embolie se nejčastěji provádí právě zmiňovaná CT angiografie s podáním jodové kontrastní látky. Jak víme, s ní souvisí řada komplikací a kontraindikací. Nicméně, po podání kontrastní látky se krevní řečiště naplní kontrastní látkou, která má vyšší denzitu oproti krvi samotné. Díky tomuto jevu může lékař sledovat rozdíly v náplni krevního řečiště a určit

²⁹ FERDA, Jiří. CT angiografie. Praha: Galén, c2004. ISBN 80-7262-281-1. str. 123

tak správnou diagnózu. Na následujících obrázcích (Obrázek 9, Obrázek 10, Obrázek 11) jsou rozdíly v náplni označené šipkou či šipkami v třech základních projekcích. Jedná se o masivní plicní embolizaci s postižením všech segmentů plic. [12]



Obrázek 9 CT angiografie – axiální řez; mnohočetná embolizace³⁰



Obrázek 10 CT angiografie – koronární řez; masivní embolizace³¹

³⁰ FERDA, Jiří. CT angiografie. Praha: Galén, c2004. ISBN 80-7262-281-1. str. 134

³¹ FERDA, Jiří. CT angiografie. Praha: Galén, c2004. ISBN 80-7262-281-1. str. 135



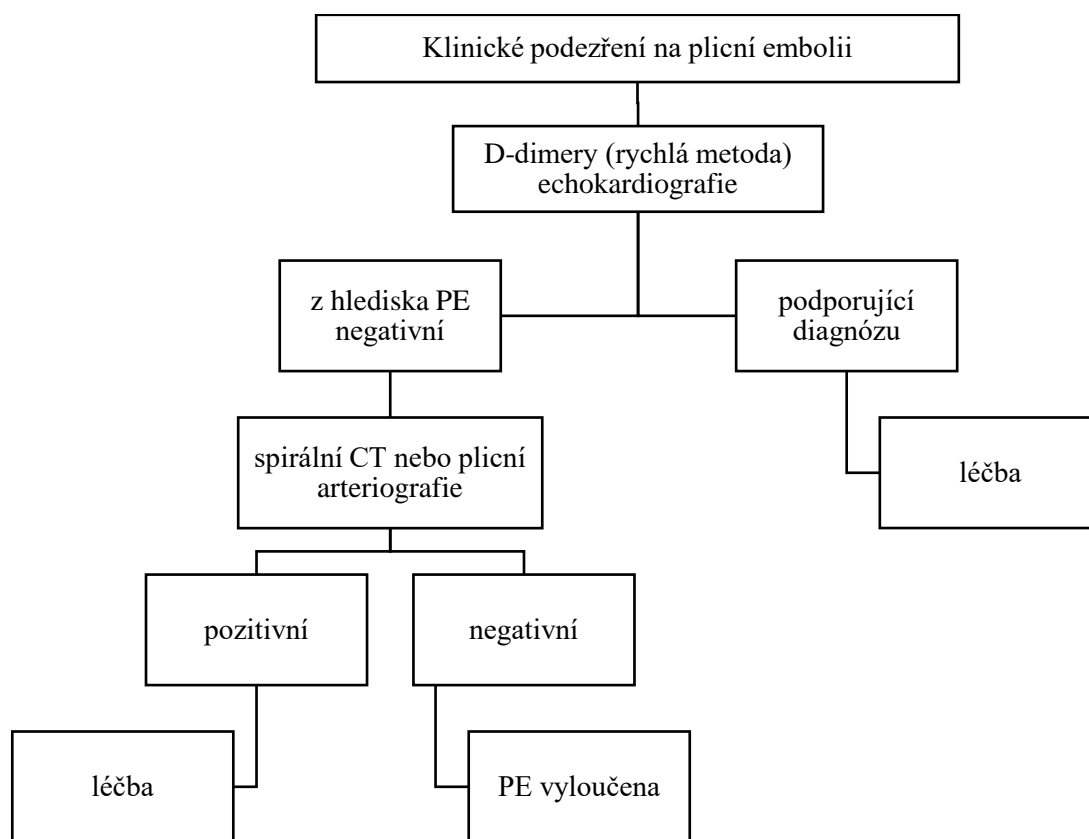
Obrázek 11 CT angiografie – sagitální řez; mnohočetná embolizace³²

6.8 Schéma pro diagnostiku plicní embolizace

Existuje několik schémat, které indikují postupy pro zjištění plicní embolizace. Uvedu zde dva algoritmy pro diagnostiku plicní embolizace. Algoritmus pro hemodynamicky nestabilního pacienta je znázorněn v následující tabulce (Tabulka 4). Algoritmus pro hemodynamicky stabilního pacienta je znázorněn v Tabulce 5.

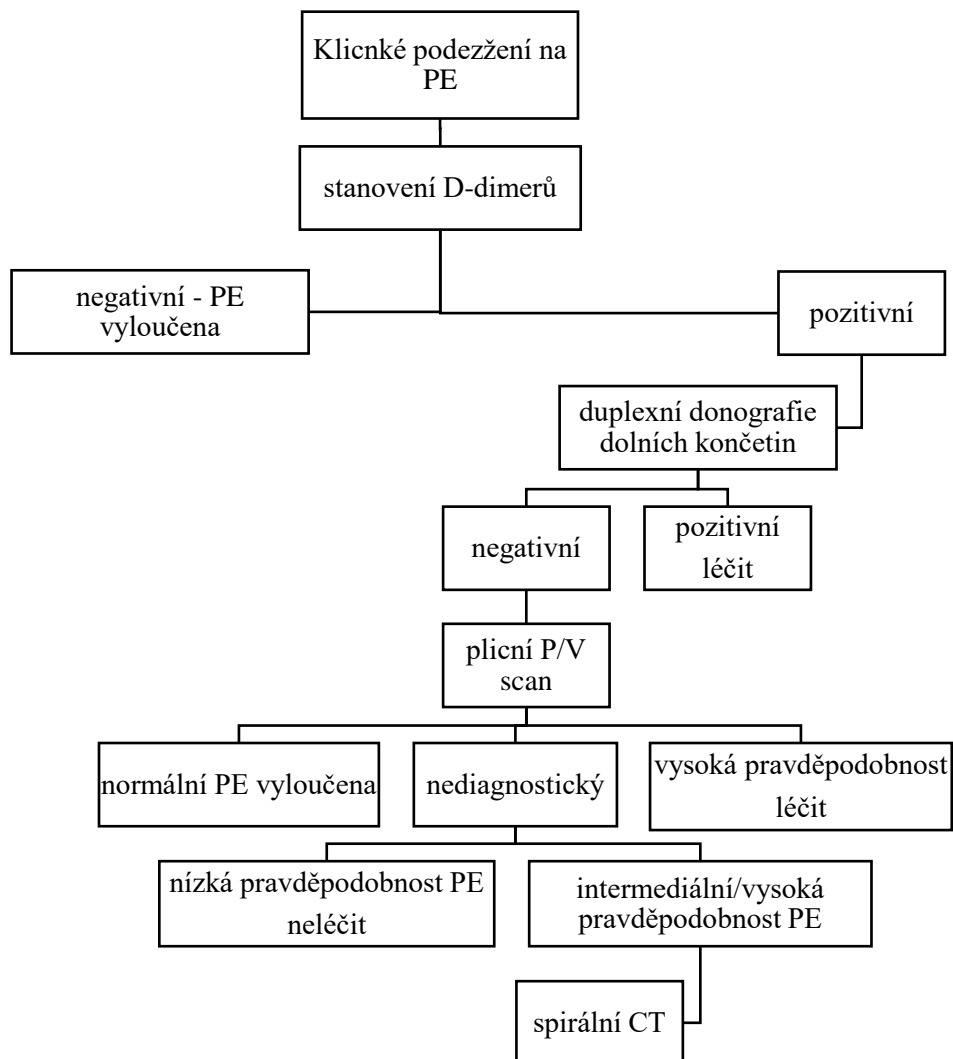
³² FERDA, Jiří. CT angiografie. Praha: Galén, c2004. ISBN 80-7262-281-1. str. 135

Tabulka 4 Algoritmus diagnostiky masivní plicní embolizace – hemodynamicky nestabilní pacient³³



³³ WIDIMSKÝ, Jiří a Jaroslav MALÝ. *Akutní plicní embolie a žilní trombóza: patogeneze, diagnostika, léčba a prevence*. 2., rozš. a přeprac. vyd. Praha: Triton, 2005. ISBN 80-7254-639-2. str. 133

Tabulka 5 Algoritmus diagnostiky plicní embolie – hemodynamicky stabilní pacient³⁴



Je důležité si uvědomit, že diagnostika plicní embolizace se vždy opírá o klinický stav pacienta. Na základě jeho stavu lékař indikuje vyšetření, která pro něj budou nejvíce přínosná.

³⁴ WIDIMSKÝ, Jiří a Jaroslav MALÝ. *Akutní plicní embolie a žilní trombóza: patogeneze, diagnostika, léčba a prevence*. 2., rozš. a přeprac. vyd. Praha: Triton, 2005. ISBN 80-7254-639-2. str. 132

7 POROVNÁNÍ PERFUZNĚ-VENTILAČNÍ SCINTIGRAFIE PLIC S CT ANGIOGRAFIÍ V DIAGNOSTICE PLICNÍ EMBOLIZACE

V porovnání perfuzně-ventilační scintigrafie plic s CT angiografií plic v diagnostice plicní embolizace se budu věnovat specifickým těmto vyšetřením. Budu zde zohledňovat výhody a nevýhody obou vyšetření, jejich senzitivitu a specifickou, kontraindikace a uvedenu radiační zátěž s nimi spojenou.

7.1 Senzitivita vyšetření

Jedná se o zjištění pozitivního nálezu z daného vyšetření. V CT angiografii je senzitivita vyšetření až 96%, čímž je senzitivita tohoto vyšetření ve většině případů dostačující pro diagnostiku plicní embolizace. P-V scintigrafie svou senzitivitou sahá k 88 %. Pro správnou diagnostiku dochází i ke kombinacím těchto dvou vyšetření, zejména pak při negativním nálezu při CT vyšetření. [21]

7.2 Specifická vyšetření

Jedná se o pravděpodobnost pro negativní nález vyšetření. CT angiografie vzhledem k senzitivě zasahuje ke 4 %. Pacienti, u kterých není prokázána embolizace na CT vyšetření, avšak klinické aspekty tomu nasvědčují se doporučí provést jiné vyšetření pro její včasnou diagnostiku. Nejčastěji se používá P-V scintigrafie, která má dobré výsledky v diagnostice plicní embolizace. Díky P-V scanu je možné rozeznat, zda se jedná o poškození plicní funkce embolizací, nebo zda se jedná o jinou příčinu poruchy plic. [21]

7.3 Kontraindikace vyšetření

CT vyšetření je spojené s velkým množstvím kontraindikací (zejména však díky podávané kontrastní látce). Mezi hlavní kontraindikaci patří tedy alergie na podávanou jodovou kontrastní látku. V případě, že pacient nemůže podstoupit CT vyšetření kvůli zmiňované kontrastní látce, se uplatňuje jako zobrazovací metoda pro diagnostiku plicní embolie P-V scintigrafie plic. Dále ke kontraindikacím spojené s CT vyšetřením patří porucha funkce ledvin, zvýšená funkce štítné žlázy a osoby se srdečním selháváním. Další kontraindikací je vyšetřování těhotných žen, z důvodu ozáření plodu. Těhotné ženy je možno vyšetřit pouze v neodkladném případě, a to po zvážení všech aspektů (zejména však možnost podstoupení jiného vyšetření, které není spojeno s velkou radiační zátěží, popřípadě zda nelze zvolit metodu bez radiační zátěže z hlediska plodu). Kontraindikace pro P-V scintigrafii plic jsou pouze relativní, jedná se o těhotné nebo

kojící ženy. Těhotná žena smí podstoupit vyšetření z neodkladné indikace, zejména pak po vyčerpání všech diagnostických metod bez ionizujícího záření. Kojící ženy po P-V scintigrafii nesmí po vyšetření minimálně 12 hodin kojít. Dávky pro CT i P-V vyšetření se v případě těhotných a kojících žen upravuje na jejich minimum, které je dostatečné pro provedení vyšetření. Společnou kontraindikací pro obě vyšetření je nespolupracující pacient. Nejdůležitější je dechová spolupráce pacienta s personálem a během vyšetření být v klidu a nehýbat se. [7], [8], [12]

7.4 Radiační zátěž pacienta

Radiační zátěž pacientů, z hlediska lékařského ozáření, je dána Národními radiologickými standarty, dostupných ve Věstníku Ministerstva zdravotnictví České Republiky. Zde se nachází doporučené postupy, indikační kritéria, hodnoty pro daná vyšetření a způsoby, jak určit dávku ozáření, kterou pacient obdržel. V CT diagnostice se využívá veličina zvaná CTDIvol, což je veličina, která odpovídá dávce, která dopadne na pacienta. Při CT angiografii plicních tepen je pro CTDIvol typických 6–10 mGy. Při P-V scintigrafii jsou nejvíce zatíženým orgánem plíce. Při perfuzní scintigrafii plic, radiofarmakem $^{99m}\text{Tc-MAA}$ aplikovaným intravenózně, dostanou plíce dávku 0,066 mGy na 1 MBq aplikované aktivity. Při ventilační scintigrafii plic, vdechovaným radiofarmakem ^{81m}Kr za pomoci masky, plíce obdrží dávku 0,00021 mGy na 1 MBq aplikované aktivity. Je nutné zmínit, že uvedené hodnoty se mění v závislosti na typu pacienta. Zohledňuje se váha, výška, věk, a zda se jedná o ženu ve fertilním věku, těhotnou či ženu, která kojí. Zejména u těhotných žen se aplikované dávky záření a radiofarmaka upravují na co nejmenší ale zároveň dostatečné pro danou metodu vyšetření. [8]

7.5 Výhody vyšetření

Mezi hlavní výhody CT vyšetření patří bezpochybně jeho dostupnost, která je ve většině nemocničních komplexů 24 hodin denně a vyšší senzitivita vyšetření. Výhodou P-V scintigrafie oproti CT vyšetření je nižší radiační zátěž pacienta a menší množství kontraindikací k vyšetření. [21]

7.6 Nevýhody vyšetření

Nevýhodami spojenými s CT vyšetřením je množství kontraindikací, zejména riziko vzniku alergické reakce na podávanou kontrastní látku. Nevýhodou pro P-V scintigrafii plic je její dostupnost. Ve většině nemocnic je vedená 8 hodinová pracovní doba, existují však oddělení, kde je nepřetržitý provoz z důvodu lůžkového oddělení. Další nevýhodou P-V scintigrafie je dovoz radiofarmaka ^{81m}Kr pro ventilační scintigrafii plic, který se objednává na určitý den. [21]

7.7 Výsledky porovnání v tabulkovém uspořádání

Výsledky shrnu do následující tabulky (Tabulka 4) pro lepší přehlednost.

Tabulka 6 Shrnutí porovnání CT angiografie a P-V scintigrafie plic v diagnostice plicní embolizace

Druh vyšetření	Výhody	Nevýhody
CT angiografie	<ol style="list-style-type: none">1) Dostupnost 24 hodin denně2) Vysoká senzitivita	<ol style="list-style-type: none">1) Vysoká radiační zátěž pacienta2) Velké množství kontraindikací
Perfuzně-ventilační scintigrafie	<ol style="list-style-type: none">1) Nízká radiační zátěž pacienta2) Kontraindikace pouze relativní	<ol style="list-style-type: none">1) Nedostupnost 24 hodin denně2) Pro ventilační scintigrafii plic pomocí ^{81m}Kr dovoz generátoru

8 DISKUZE

Jsou známa doporučení, kterých je využíváno pro vhodný postup při diagnostice plicní embolizace, a jsou využívány především dle aktuálního stavu pacienta. Jak bylo uvedeno, existují jisté situace, kdy nelze indikovat CT angiografii, především kvůli podávané jodové kontrastní látce. Z hlediska P-V scintigrafie jsou kontraindikace pouze relativní, po pečlivém zvážení může lékař vyšetření indikovat i při těhotenství a laktaci. P-V scintigrafie je hůře dostupná než CT angiografie, nukleární medicína není ve všech nemocnicích a vyšetření se může provést pouze během 8 hodinové pracovní doby. V případě, že není dostupná nukleární medicína, je využívána pouze CT angiografie, která je dostupná 24 hodin denně. Dále bych chtěla zmínit, že je velice důležité zvážení indikujícího lékaře, zda pacient splňuje indikační kritéria, zda zvládne podstoupit dané vyšetření, a především zda dané vyšetření převyšuje přínos pro pacienta nad rizikem s ním spojeným. Vyšetření P-V scintigrafie plic je z hlediska nižší radiační zátěže výhodnější zejména pro mladší pacienty a lze ji za určitých podmínek provést i u těhotných a kojících žen, u nichž je upravena aplikovaná dávka tak, aby byla co možná nejnižší. Dále je toto vyšetření prováděno u pacientů, kde je CT angiografie negativní a pacient má nadále klinické příznaky, které plicní embolii nevyklučují. Z hlediska CT angiografie chci podotknout, že tato metoda je prováděna především u pacientů, kteří jsou v závažnějším klinickém stavu a nemají kontraindikace k podání kontrastní látky a také u pacientů, které je třeba vyšetřit v době služeb. Samozřejmě že je velice nutné podotknout, že perfuzně-ventilační scintigrafie a CT angiografie si nekonkurují, ale jsou navzájem zastupitelné a mohou se i doplňovat.

9 ZÁVĚR

Plicní embolizace je závažné onemocnění, leckdy až život ohrožující. Existuje několik druhů embolů, nejčastěji se však setkáváme s embolizací krevní sraženinou vytvořenou především v žilách dolních končetin. Je několik typů PE. Nejdůležitější je její včasná a bezproblémová diagnostika. Na začátku práce jsem uvedla anatomii nutnou pro pochopení dané problematiky. Dále jsem se věnovala charakteristice tromboembolické nemoci a přiblížila jsem téma plicní embolizace, kde jsem osvětlila charakteristiku, pojmy s ní spojené, vznik, léčbu a příznaky. V první části hlavního tématu jsem se věnovala nukleární medicíně provádějící P-V scintigrafii v diagnostice plicní embolizace. Provedla jsem krátkou charakteristiku a popsala strukturu oddělení, v návaznosti na to jsem uvedla dva druhy vyšetření, která se pro diagnostiku PE využívají (perfuze a ventilace plic). Jsou zde uvedené indikace, kontraindikace, průběh vyšetření a výsledky vyšetření. Prvním vyšetřením byla perfuzní scintigrafie plic, kdy se používá jako radiofarmakum ^{99m}Tc -MAA, podávané intravenózně jako suspenze. Výpadky perfuze pozorujeme jako klínovité defekty v rozložení radiofarmaka. Pro rozhodnutí, zda se skutečně jedná o plicní embolizaci, doplňujeme ventilační scintigrafii plic, při které se z generátoru přes masku vdechuje radioaktivní plyn ^{81m}Kr . Pokud se na snímcích pořízených při ventilační scintigrafii nezobrazí žádné defekty v rozložení vdechovaného radiofarmaka a jsou přítomny perfúzní defekty, jedná se o plicní embolizaci. V druhé části hlavního tématu jsem se věnovala ostatním metodám v diagnostice PE prováděným mimo oddělení nukleární medicíny. Zmínila jsem zde základní vyšetření, kdy jsem popsala jejich princip a přístroje, které jsou k nim využívány. Nejvyužívanějším zobrazovacím vyšetřením je CT angiografie, která je dostupná 24 hodin denně, avšak spolu s ní jsou známé i kontraindikace a hrozící rizika, zejména díky podávané jodové kontrastní látce. V další části jsem provedla porovnání perfuzně-ventilační scintigrafie plic s CT angiografií v diagnostice plicní embolizace. Poukázala jsem na senzitivitu, specificitu, kontraindikace, úroveň radiační zátěže, výhody a nevýhody obou vyšetření. Základní vlastnosti obou vyšetření jsem shrnula do tabulkového uspořádání pro lepší přehlednost. V poslední části bakalářské práce jsem po nastudování problematiky shrnula nynější postavení perfuzně-ventilační scintigrafie plic v diagnostice plicní embolizace. Shrнула jsem zde základní výhody a nevýhody tohoto vyšetření. Základním problémem je jeho dostupnost, která spočívá v omezeném pracovním provozu a v nepřítomnosti oddělení nukleární medicíny ve většině nemocnic. Indikace zobrazovací metody je lékařem volena především dle aktuálního stavu pacienta a dostupnosti nukleární medicíny pro dané zdravotnické zařízení. Perfuzně-ventilační scintigrafie by měla být

využívána především u hemodynamicky stabilních pacientů a zejména mladších jedinců (pro celkově nižší dávku záření), optimálně u žen (pro nižší dávku záření na prsní žlázu) a také v případech, kdy je CT angiografie negativní a pacient má dále klinické obtíže suspektní z tromboembolické nemoci. P-V scintigrafie může být alternativní metodou CT angiografie a dokáže přítomnost plicní embolizace spolehlivě vyloučit. Limitací je však její dostupnost. Vzhledem ke všem výše uvedeným faktům, našla P-V scintigrafie v algoritmu diagnostiky plicní embolie spolehlivě své uplatnění.

10 POUŽITÁ LITERATURA

1. MERKUNOVÁ, Alena a Miroslav OREL. *Anatomie a fyziologie člověka pro humanitní obory*. Praha: Grada, 2008. Psyché (Grada). ISBN 978-80-247-1521-6.
2. DYLEVSKÝ, Ivan. *Somatologie*. Vyd. 2. (přepřac. a dopl.). Olomouc: Epava, 2000. ISBN 80-86297-05-5.
3. WIDIMSKÝ, Jiří a Jaroslav MALÝ. *Akutní plicní embolie a žilní trombóza: patogeneze, diagnostika, léčba a prevence*. 2., rozš. a přepřac. vyd. Praha: Triton, 2005. ISBN 80-7254-639-2.
4. ŠTROS, Jan. (ZAČÁTEČNÍCI) Plicní embolie. *Kardioblog: Kardiologie srozumitelnou formou* [online]. 2012 [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: www.kardioblog.cz/zacatecnici-plicni-embolie/
5. Plicní embolie. *IKEM: Institut klinické a experimentální medicíny* [online]. c2015-2018 [cit. 2018-1-6]. Dostupné z: <http://www.ikem.cz/www?docid=1005973>
6. JANSA, Pavel, David AMBROŽ, Jan KUCHAR, Michael ASCHERMANN, Aleš LINHART a Jaroslav LINDNER. Chronická tromboembolická plicní hypertenze. *Intervenční a akutní kardiologie*. 2016, (15)(4), 172-173. Dostupné také z: <https://www.iakardiologie.cz/pdfs/kar/2016/04/03.pdf>
7. KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. *Nukleární medicína*. 6. vyd. Praha: P3K, 2015. ISBN 978-80-87343-548.
8. Věstník Ministerstva zdravotnictví České republiky [online], 2016. Praha: Ministerstvo zdravotnictví České republiky, 2016(2) [cit. 2018-01-12]. Dostupné z: https://www.mzcr.cz/Odbornik/dokumenty/nuklearni-medicina_8773_3050_3.html
9. TORBICK, Adam, et al., Guidelines on the diagnosis and management of acute pulmonary embolism: The Task Force for the Diagnosis and Management of Acute Pulmonary Embolism of the European Society of Cardiology (ESC). *European Heart Journal* [online]. 2008, 1 September 2008, (Volume 29, Issue 18), pages 2276–2315 [cit. 2018-03-16]. Dostupné z: <https://academic.oup.com/eurheartj/article/29/18/2276/450005>
10. HOLÁ DAGMAR: Cor pulmonale, plicní embolie, kardiomyopatie, onemocnění aorty, Multimediální podpora výuky klinických a zdravotnických oborů ::Portál 2. Lékařské fakulty [online] 2010, [cit. 2018-03-17]. Dostupné z: <https://mefanet-motol.cuni.cz/clanky.php?aid=1320>

11. FERDA, Jiří, Boris KREUZBERG a Milan NOVÁK. *Výpočetní tomografie*. Praha: Galén, c2002. ISBN 80-7262-172-6.
12. FERDA, Jiří. *CT angiografie*. Praha: Galén, c2004. ISBN 80-7262-281-1.
13. CHUDÁČEK, Zdeněk. *Radiodiagnostika*. Banská Bystrica (SR): Osveta, 1993. Edícia učebnic pre stredné zdravotnícke školy. ISBN 80-217-0571-X.
14. MUSIL, Dalibor a kol. *Ultrazvukové vyšetření žil dolních končetin*. Praha: Grada Publishing, 2008. ISBN 978-80-247-2161-3.
15. EKG. *Kardiochirurgie.cz* [online]. 18.3.2018 [cit. 2018-03-18]. Dostupné z: <https://www.kardiochirurgie.cz/ekg>
16. BĚLOHLÁVEK, Jan. *Plicní embolie. Postgraduální medicína* [online]. Praha, 7.5.2012 [cit. 2018-03-18]. Dostupné z: <https://zdravi.euro.cz/clanek/postgradualni-medicina/plicni-embolie-464717>
17. VOMÁČKA, Jaroslav, Josef NEKULA a Jiří KOZÁK. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2012. ISBN 978-80-244-3126-0.
18. Digitální subtrakční angiografie (DSA). *Cerebrovaskulární ambulance* [online]. [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: <http://www.cmp-brno.cz/Digitalni-subtrakcni-angiografie-DSA.html>
19. Magnetická rezonance. *Medihope* [online]. [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: <http://www.medihope.cz/?mid=14>
20. MR Angiography (MRA). *RadiologyInfo.org: For patients* [online]. 1.4.2017 [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: <https://www.radiologyinfo.org/en/info.cfm?pg=angiomr>
21. KINCL, Vladimír, Adéla DROZDOVÁ, Roman PANOVSÝ, Igor ŠUŠKEVIČ a Milan KAMÍNEK. *Zobrazovací metody v diagnostice a stratifikaci rizika akutní plicní embolie. Intervenční a akutní kardiologie*. 2014(13), 17-22. Dostupné také z: <https://www.iakardiologie.cz/pdfs/kar/2014/01/05.pdf>
22. Výpočetní tomografie neboli CT: jak fungují zobrazovací metody v medicíně II. *Atominfo.cz: Aktuálně o jádru* [online]. 2013, 18.4.2013 [cit. 2018-03-17]. Dostupné z: <http://atominfo.cz/2013/04/vypocetni-tomografie-neboli-ct-jak-funguji-zobrazovaci-metody-v-medicine-ii/>
23. FARRELL, Mary Beth, Eleanor S. MANTEL, Danny A. BASSO, Kathy S. THOMAS a Bryan R. KERR. *Quick-reference protocol manual for nuclear medicine technologists*. Reston, VA: Published by Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging, 2014. ISBN 978-0-932004-88-8.