

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2017

Nikola Malá

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií

Možnosti diagnostiky plicní embolie

Nikola Malá

Bakalářská práce

2017

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií
Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Nikola Malá**
Osobní číslo: **Z14124**
Studijní program: **B5345 Specializace ve zdravotnictví**
Studijní obor: **Radiologický asistent**
Název tématu: **Možnosti diagnostiky plicní embolie**
Zadávající 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. BUREŠ, Jan, Jiří HORÁČEK a Jaroslav MALÝ. Vnitřní lékařství. 2., přeprac. a rozš. vyd. Praha: Galén, c2014. ISBN 978-80-7492-145-2.
2. SEIDL, Zdeněk. Radiologie pro studium i praxi. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4108-6.
3. VOMÁČKA, Jaroslav, Josef NEKULA a Jiří KOZÁK. Zobrazovací metody pro radiologické asistenty. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2012. ISBN 978-80-244-3126-0.
4. WIDIMSKÝ, Jiří. Diagnosis and treatment of acute pulmonary embolism. Cor et Vasa [online]. 2013, 55(6), e497-e509 [cit. 2016-12-29]. DOI: 10.1016/j.crvasa.2013.10.001. ISSN 00108650. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0010865013001264>
5. 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and management of acute pulmonary embolism. European Heart Journal [online]. 2014, 35(43), 3033-3073 [cit. 2016-12-29]. DOI: 10.1093/eurheartj/ehu283. ISSN 0195-668x. Dostupné z: <http://eurheartj.oxfordjournals.org/lookup/doi/10.1093/eurheartj/ehu283>

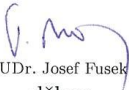
Vedoucí bakalářské práce:

MUDr. Leoš Ungermann, Ph.D.

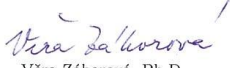
Katedra informatiky, managementu a radiologie

Datum zadání bakalářské práce: 1. prosince 2015

Termín odevzdání bakalářské práce: 9. května 2017


prof. MUDr. Josef Fusek, DrSc.
děkan

L.S.


Věra Záhorová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 27. února 2017

Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen 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.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 20. 4. 2017

Nikola Malá

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala mému vedoucímu bakalářské práce MUDr. Leoši Ungermannovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, připomínky a trpělivost při konzultacích k zpracování této práce.

ANOTACE

Tato bakalářská práce pojednává o možnostech diagnostiky plicní embolie. Celá bakalářská práce je rozdělena na teoretickou a výzkumnou část. Teoretická část se věnuje onemocnění plicní embolie, jejím příznakům, rizikovým faktorům a léčbě. Dále je zaměřená na přehled dosavadních poznatků týkajících se diagnostiky plicní embolie. V dnešní době je nejpoužívanější metodou multidetektorová CT angiografie plicnice. Výzkumná část bakalářské práce pomocí retrospektivní analýzy vybraných dat ze zdravotnické dokumentace statisticky hodnotí a porovnává použití MDCTA u pacientů s podezřením na plicní embolii.

KLÍČOVÁ SLOVA

embolie, plíce, diagnostika, CT - angiografie,

TITLE

Possibilities in the diagnostic of pulmonary embolism

ANNOTATION

This bachelor thesis deals with the possibilities of the diagnostics of pulmonary embolism. The thesis is divided into a theoretical and a research part. The theoretical part is devoted to pulmonary embolism, its signs and symptoms, risk factors, and treatment. It then focuses on an overview of current knowledge regarding pulmonary embolism diagnostics. Currently, the most frequently used method is multidetector CT angiography of the pulmonary trunk. The research part of the thesis statistically evaluates and compares, by way of retrospective analysis of selected data from health documentation, the application of MDCTA for patients in whom pulmonary embolism is suspected.

KEYWORDS

embolism, lung, diagnostics, CT - angiography,

OBSAH

ÚVOD.....	13
CÍLE PRÁCE.....	14
TEORETICKÁ ČÁST	15
1 PLICNÍ EMBOLIE	15
1.1 Definice	15
1.2 Klinický obraz a průběh	15
1.2.1 Akutní masivní plicní embolie (AMPE).....	15
1.2.2 Akutní submasivní plicní embolie	15
1.2.3 Akutní malá plicní embolie.....	15
1.2.4 Subakutní plicní embolie	16
1.3 Plicní infarkt.....	16
1.4 Rizikové faktory.....	16
1.5 Příznaky.....	16
1.6 Léčba.....	17
1.6.1 Trombolytická léčba	17
1.6.2 Plicní embolektomie	17
1.6.3 Katetrizační léčba	17
1.6.4 Kavální filtr.....	18
1.6.5 Antikoagulační léčba	18
2 DIAGNOSTICKÉ STRATEGIE PLICNÍ EMBOLIE	19
3 DIAGNOSTIKA PLICNÍ EMBOLIE	20
3.1 Stanovení klinické pravděpodobnosti	20
3.2 Stanovení D – dimerů.....	20
4 ZOBRAZOVACÍ METODY V DIAGNOSTICE PE	21
4.1 RTG snímek srdce a plic	21
4.2 CT angiografie	22

4.2.1	Princip CT.....	22
4.2.2	Kontraindikace.....	23
4.2.3	Příprava před CT vyšetřením.....	23
4.2.4	Průběh CT vyšetření.....	24
4.2.5	Kontrastní látky pro CT.....	24
4.2.6	Nežádoucích reakce po aplikaci KL.....	25
4.2.7	Aplikace kontrastní látky u CTA.....	25
4.2.8	Cirkulační čas.....	26
4.2.9	Skenovací parametry a vliv na dávku při CT.....	26
4.2.10	Známky plicní embolie na CT.....	27
4.2.11	Falešné pozitivní nálezy.....	28
4.2.12	Falešné negativní nálezy.....	28
4.2.13	Nepřímá CT venografie.....	28
4.3	Ventilačně – perfúzní scintigrafie plic.....	29
4.3.1	Principy zobrazování v nukleární medicíně a detekce záření.....	29
4.3.2	Ventilační plicní scintigrafie.....	30
4.3.3	Perfúzní plicní scintigrafie.....	30
4.4	Plicní angiografie.....	31
4.5	Ultrasonografie.....	32
4.5.1	Princip.....	32
4.5.2	Kompresní žilní ultrasonografie.....	33
4.6	Echokardiografie.....	34
4.7	Magnetická rezonance.....	34
5	DIAGNOSTIKA AKUTNÍ PLICNÍ EMBOLIE (APE) U TĚHOTNÝCH.....	35
	VÝZKUMNÁ ČÁST.....	36
6	VÝZKUMNÉ OTÁZKY.....	36
7	METODIKA VÝZKUMU.....	37

7.1	Radiační zátěž pacientů při CT vyšetření.....	37
8	VÝSLEDKY	40
9	DISKUZE	49
10	ZÁVĚR	52
11	POUŽITÁ LITERATURA	53

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

Obrázek 1 Výpočetní tomograf (CT).....	23
Obrázek 2 Oboustranná PE v hlavních plicních arteriích na CTA	28
Obrázek 3 Gama kamera.....	30
Obrázek 4 Ventilačně - perfúzní scintigrafie plic při PE.....	31
Obrázek 5 Angiografie plic při PE	32
Obrázek 6 Ultrasonograf.....	33
Graf 1 Četnost nálezů plicní embolie	41
Graf 2 Dilatace PKS	42
Graf 3 Četnost vedlejších nálezů	44
Graf 4 Hodnota D-dimerů u pacientů s PE před CTA	46
Graf 5 Hodnota D-dimerů u pacientů bez PE před CTA	46
Graf 6 Hodnoty E (mSv).....	48
Tabulka 1 Protokol CTA plic.....	27
Tabulka 2 Efektivní dávka záření u ženy.....	35
Tabulka 3 Dávka na plod	35
Tabulka 4 Hodnoty E_{DLP}	38
Tabulka 5 NDRÚ pro vyšetření dospělých na výpočetním tomografu	38
Tabulka 6 Přehled hodnot $CTDI_{VOL}$ dle Národního radiologického standardu	39
Tabulka 7 Soubor pacientů	40
Tabulka 8 Věk pacientů	40
Tabulka 9 Pozitivní nález plicní embolie	40
Tabulka 10 Negativní nález plicní embolie	41
Tabulka 11 Etáž nálezů.....	42
Tabulka 12 Četnost vedlejších nálezů	44
Tabulka 13 Hodnoty E (mSv).....	48

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

AMPE	akutní masivní plicní embolie
aPTT	aktivovaný parciální tromboplastinový test
CMP	cevní mozková příhoda
CT	výpočetní tomografie
CTDI	CT dose index
D	absorbovaná radiační dávka
DLP	dose length product
E	efektivní dávka
E_k	kinetická energie
EKG	elektrokardiograf
HŽT	hluboká žilní trombóza
ICHS	ischemická choroba srdeční
KL	kontrastní látka
kV	kilovolt (jednotka elektrického napětí)
MDCT	multiple detector computed tomography
mg	miligram
mGy	miligray (jednotka absorbované dávky)
MHz	megahertz (jednotka frekvence)
mSv	milisievert (jednotka efektivní dávky)
MR	magnetická rezonance
PA	posterior anterior (zadopřední)
PKS	pravá komora srdeční
SPECT	single photon emission computed tomography
$T_{1/2}$	poločas rozpadu
UZ	ultrazvuk

ÚVOD

Akutní plicní embolie patří k častým kardiovaskulárním onemocněním s vysokou časnou mortalitou. Různě velká obstrukce plicního řečiště může vést k život ohrožujícímu akutnímu selhání pravé komory.(1)

V České Republice se výskyt hluboké žilní trombózy a plicní embolie odhaduje na 0,5 - 1 případ na 1000 obyvatel, což čítá kolem 10 000 pacientů s plicní embolií ročně. V současnosti, i přes široké klinické znalosti lékařů a několik dostupných zobrazovacích metod, není její diagnostika zcela snadná. Právě proto mě zmíněná problematika přivedla k sepsání této bakalářské práce. V posledních letech se nejčastěji používanou diagnostickou metodou stala multidetektorová CT angiografie plicnice, která dokáže potvrdit či vyloučit přítomnost embolů v plicním řečišti, případně dokáže zobrazit i jinou patologii.(1)

Tato teoreticko - výzkumná bakalářská práce se skládá ze dvou částí a zabývá se problematikou plicní embolie, zejména pak možnostmi její diagnostiky. V teoretické části je cílem seznámit čtenáře s problematikou plicní embolie, jejími příznaky, rizikovými faktory a léčbou. Dále také vytvořit přehled aktuálních poznatků týkajících se možností diagnostiky. Ve výzkumné části se zabývá retrospektivní analýzou statisticky zpracovaného souboru 80 pacientů vyšetřených pomocí výpočetního tomografu pro podezření na plicní embolii na radiodiagnostickém oddělení v roce 2016 během ledna až března. Hlavním kritériem je sledování průkazu plicní embolie, dále pak frekvence vedlejších nálezů a radiačního zatížení pacientů při tomto vyšetření.

CÍLE PRÁCE

Hlavní cíl práce:

Statisticky zhodnotit a porovnat informace o diagnostice plicní embolie pomocí MDCTA v období ledna až března 2016 na radiodiagnostickém oddělení.

TEORETICKÁ ČÁST

1 PLICNÍ EMBOLIE

Žilní trombembolická nemoc zahrnuje hlubokou žilní trombózu a plicní embolii (PE). Jedná se o třetí nejčastější kardiovaskulární onemocnění (po hypertenzi a ICHS), které čítá celkovou roční incidenci 100-200 případů na 100 tisíc obyvatel. Při převedení na Českou Republiku cca 10 000 plicních embolií ročně. (2) Skutečný výskyt je pravděpodobně podstatně vyšší z důvodu němých plicních embolií. (1)

1.1 Definice

Akutní plicní embolie je závažné onemocnění, které má neléčené velmi vážnou prognózu. Jedná se o různě velký uzávěr v části plicního řečiště, který může vést u pravé srdeční komory k život ohrožujícím poruchám její funkce. Výjimečně může být způsobena i v důsledku jiných příčin (embolie tuková, vzduchem nebo plodovou vodou). (1)

1.2 Klinický obraz a průběh

Z hlediska klinického obrazu a průběhu nemoci rozeznáváme několik forem PE.

1.2.1 Akutní masivní plicní embolie (AMPE)

U akutní masivní plicní embolie neboli PE s velkým rizikem, dochází k masivní obstrukci plicního cévního řečiště, kdy embolizace postihuje více než polovinu celkového průsvitu plicního arteriálního řečiště, doprovázené hemodynamickou nestabilitou pacienta. Taková masivní obstrukce vyvolává obraz akutní plicní arteriální hypertenze.

AMPE může způsobit dilataci pravé komory srdeční, proto má velmi vážnou prognózu a mortalita i léčené AMPE čítá kolem 20 %. (3)

1.2.2 Akutní submasivní plicní embolie

Akutní submasivní plicní embolie neboli PE s intermediálním rizikem, je charakterizována hemodynamickou stabilitou. Mezi klinické příznaky patří tachykardie, tachypnoe a při echokardiografickém vyšetření jsou patrné známky dysfunkce pravé komory srdeční. (3)

1.2.3 Akutní malá plicní embolie

Akutní malá plicní embolie neboli PE s malým rizikem, se projevuje jen tachykardií, tachypnoí, malým zvýšením tělesné teploty nebo může být dokonce nemá (bez klinických příznaků). (3)

1.2.4 Subakutní plicní embolie

K vyvolání subakutní plicní embolie dochází četnými menšími emboliemi. Během 1 - 2 týdnů pomalu dochází k cévní obstrukci. Hlavním příznakem je narůstající námahová dušnost a snižování tělesného výkonu.(3)

1.3 Plicní infarkt

K plicnímu infarktu dochází při ucpání menších větví plicnice (segmentárních plicních tepen). Jedním z predispozičních faktorů je plicní kongesce neboli překrvení plic, proto se vyskytuje častěji u kardiaků s chronickým srdečním selháním.

1.4 Rizikové faktory

Predispoziční rizikové faktory můžeme rozdělit do třech skupin, dle síly rizika možnosti vzniku. (2)

Silné rizikové faktory

Tyto faktory zvyšují riziko vzniku více než 10 krát, a patří sem: zlomenina dolní končetiny, hospitalizace pro srdeční selhání nebo fibrilaci síní, náhrada kyčelního nebo kolenního kloubu, těžké trauma, v předchozích třech měsících infarkt myokardu, předchozí tromboembolická nemoc a poranění míchy. (2)

Středně závažné rizikové faktory

Mezi tyto rizikové faktory patří: trombofilie, trombóza povrchových žil, poporodní období, CMP vedoucí k imobilitě, perorální antikoncepce, nádorové onemocnění (nejvyšší riziko při metastázách), nespecifické zánětlivé onemocnění střev, infekce (pneumonie, HIV, močové cesty), hormonální substituční léčba, látky stimulující erythropoézu, městnavé srdeční selhání nebo respirační selhání, chemoterapie, centrální žilní katetry, transfuze krve, autoimunitní onemocnění a artroskopická operace kolene. (2)

Slabé rizikové faktory

Mezi tyto rizikové faktory patří: klid na lůžku delší než tři dny, diabetes mellitus, hypertenze, imobilita v důsledku dlouhých cest, starší věk, laparoskopický výkon, obezita, těhotenství a varixy.(2)

1.5 Příznaky

Symptomy plicní embolie jsou závislé na rozsahu uzávěru cévního řečiště. Obvykle se objeví náhle vzniklá dušnost, retrosternální bolest či bolest vyskytující se mezi lopatkami nebo

v boku s vyzařováním do ramene v závislosti na dýchacích pohybech a suchý dráždivý kašel. U závažnějších případů může být dále přítomna cyanóza, tachypnoe, tachykardie, pleurální šelest, zvýšená náplň krčních žil, v krevních plynech hypoxémie s hypokapnií a poruchy srdečního rytmu. (4)

1.6 Léčba

1.6.1 Trombolytická léčba

Rozhodnutí o trombolytické léčbě je zcela zásadní. Tento typ léčby je indikován u pacientů s hypotenzí a šokem, a má značnou podporu ve výsledcích proběhlých studií. Aplikuje se rtPA 100 mg v infúzi na 2 hodiny. Jinou alternativou může být podání 1 200 000 j. streptokinázy. (1)

Pozitivní účinek trombolytik je největší při podání do 48 hodin od počátku příznaků. Pokud jsou podána později, je stále prokázána značná efektivita, dokonce i po 6 – 14 dnech. (5)

Mezi absolutní kontraindikace trombolytické léčby patří: anamnéza krvácivé cévní mozkové příhody nebo CMP nejasného původu, ischemická CMP v posledních 6 měsících, nádor v CNS, větší trauma, operace a poranění hlavy v posledních třech týdnech. (5)

1.6.2 Plicní embolektomie

V naléhavých případech zahrnujících: nemocné s masivní těžkou PE, nemocné v kardiogenním šoku a při selhání, nebo s kontraindikací k trombolytické léčbě, připadá v úvahu chirurgická embolektomie. Většinou se vykonává v komplexních kardiochirurgických centrech, a je prováděna ze střední sternotomie při normotermickém mimotělním oběhu.(1)

1.6.3 Katetrizační léčba

Mezi další alternativy léčby patří katetrizační rozrušení trombu. Indikacemi k tomuto výkonu jsou: kontraindikace trombolytické léčby, selhání trombolytické léčby, kontraindikace nebo nedostupnost chirurgické embolektomie.

Mezi druhy katetrizačních výkonů patří:

- a) fragmentace trombu „pigtail“ katetrem
- b) rheolytická trombektomie – přístroj Angiojet
- c) nasávací trombektomie
- d) rotační trombektomie – katetr Aspirex. (5)

1.6.4 Kavální filtr

Kavální filtr je „košíček“, který se zavádí katetrizační Seldingerovou technikou nejčastěji do dolní duté žíly. Jeho účelem je, co nejlépe zachytit uvolnění tromby (emboly) a chránit tak pacienta před akutní plicní embolizací ohrožující život. (6)

Některé studie ukazují, že zavedení kaválního filtru snižuje mortalitu nestabilních nemocných léčených trombolýzou nebo jen antikoagulační léčbou. (5)

1.6.5 Antikoagulační léčba

Spuštění antikoagulační léčby je nejdůležitější léčebný postup u pacientů s akutní PE. U stabilních pacientů se léčí heparinem i.v., nízkomolekulárním heparinem nebo pentasacharidem (fondaparinux). Parenterální léčba je poté následována podáváním antagonistů vitamínu K (warfarin). (5)

Léčba nefrakcionovaným heparinem se zahajuje bolusovým podáním 5 000 j., které se aplikují všem pacientům s vysokou nebo intermediální pravděpodobností PE, dokonce dříve než je diagnóza potvrzena pomocí zobrazovacích metod. Doporučená délka nitrožilní antikoagulační léčby bývá zpravidla 6 – 10 dní. Následná léčba pomocí antikoagulancií může trvat až několik měsíců. (5)

Účinnost léčby heparinem se kontroluje ze vzorku krve pomocí aktivovaného parciálního tromboplastinového testu (aPTT). (5)

2 DIAGNOSTICKÉ STRATEGIE PLICNÍ EMBOLIE

Z hlediska závažnosti PE jsou sestaveny dvě základní diagnostické strategie.

Podezření na PE s šokem nebo hypotenzí

Zde je klinická pravděpodobnost onemocnění velmi vysoká, tudíž nejlepší volbou pro počáteční vyšetření je transthorakální echokardiografie. Ta dokáže prokázat akutní plicní hypertenzi a dysfunkci pravé komory srdeční. Někdy je i možné pomocí echokardiografie zobrazení trombů v pravostranných srdečních oddílech.

Prokázaná dysfunkce PKS indikuje k okamžitému zahájení reperfuční léčby. Poté je s ohledem na hemodynamický stav pacienta vhodné potvrdit diagnózu pomocí MDCTA. (2)

Podezření na PE bez šoku a hypotenze

Zde je při podezření na PE hlavní používanou modalitou multidetektorová CT angiografie plicnice. Prvním krokem u pacientů na urgentním příjmu je stanovení D - dimerů v séru a stanovení klinické pravděpodobnosti. Druhým krokem, pokud je prokázána vysoká klinická pravděpodobnost nebo zvýšení D-dimerů, je MDCTA.

Při možnosti výskytu relativních kontraindikací k CT může být provedena kompresní žilní ultrasonografie k prokázání hluboké žilní trombózy nebo V/P scintigrafie jeli dostupná na pracovišti. (2)

3 DIAGNOSTIKA PLICNÍ EMBOLIE

3.1 Stanovení klinické pravděpodobnosti

Ke stanovení klinické pravděpodobnosti PE se dnes nejčastěji používá Wellsovo prediktivní skóre, kde jsou zahrnuty predisponující faktory, symptomy a klinické známky dané problematiky. K těmto proměnným je přiřazen bodovací systém, podle kterého se určí stupeň pravděpodobnosti. Wellsovo skóre používá tři stupně hodnocení (nízká, střední a vysoká klinická pravděpodobnost), nebo existuje také zjednodušená forma dvou stupňů (pravděpodobná a nepravděpodobná PE).

Další standardizovanou možností je Revidované Ženevské skóre, kde je opět podle bodovacího systému proměnných (predisponující faktory, symptomy, klinické známky) tři stupňové hodnocení (nízká, střední a vysoká klinická pravděpodobnost PE). (7)

3.2 Stanovení D – dimerů

„Plazmatický D - dimer (výsledek degradace polymerizovaného fibrinu) je zvýšen v plazmě v přítomnosti akutního trombu vzhledem k aktivaci fibrinolytického systému. Stanovení D - dimerů má význam, především pokud chceme vyloučit plicní embolii u stavů s její malou pravděpodobností, protože negativní D - dimer činí diagnózu plicní embolie vysoce nepravděpodobnou; má vysokou negativní prediktivní hodnotu.“ (1, s.265)

U pacientů, kteří mají nízkou nebo střední klinickou pravděpodobnost žilní trombembolie, značí negativní nález D - dimerů vyloučení PE i žilní trombózy. Pokud je u pacienta vysoká klinická pravděpodobnost PE, tak se D-dimery nestanovují. (7)

Stanovení D - dimerů má nízkou specifitu, protože jejich pozitivita doprovází celou řadu klinických stavů, např. záněty, nekrózy, nádorová onemocnění, infekce a jiné. V důsledku jejich malé výpovědní hodnoty není tato metoda vhodná pro potvrzení diagnózy PE. (1)

4 ZOBRAZOVACÍ METODY V DIAGNOSTICE PE

V diagnostice plicní embolie mají svůj zásadní význam zobrazovací metody, mezi ně patří: RTG snímek srdce a plic, spirální CT angiografie, ventilačně – perfúzní scintigrafie, UZ vyšetření hlubokých žil dolních končetin, plicní angiografie. (1)

4.1 RTG snímek srdce a plic

Pro diagnostiku PE má RTG snímek hrudníku nízkou senzitivitu a specifitu, slouží spíše z hlediska vyloučení jiného onemocnění. Na snímku mohou být patrné známky PE, jako například atelektáza, elevace bránice na postižené straně, oligémie, zvětšený hilus nebo prominence plicnice. Oproti tomu ani normální nález na snímku nevylučuje možnost PE. (3)

Jedná se o základní vyšetřovací metodu za použití rentgenových paprsků s minimální radiční zátěží, efektivní dávka se u snímku hrudníku pohybuje v rozmezí 0,01 – 0,02 mSv. Standardně se provede zadopřední (PA) projekce ve stoje, může být doplněno o projekci bočnou. (8)

Rentgenové záření

Rentgenové záření je elektromagnetické vlnění, o vlnových délkách $10^{-8} - 10^{-12}$ m, (v diagnostice využívané $10^{-9} - 10^{-11}$ m), které je neviditelné a šíří se vakuem přímočaře rychlostí světla. Mezi jeho základní vlastnosti patří: prochází hmotou, v níž se částečně absorbuje, vyvolává ionizaci a excitaci atomů, má fotochemický a luminizační efekt, a dále působí také na biologické tkáně. (9)

Rentgenka

Rentgenka je umělým zdrojem rentgenových paprsků v diagnostických i terapeutických přístrojích. Jedná se o vakuovou trubici (diodu) z wolframu, zapojenou v obvodu o vysokém napětí cca 20 - 200 kV, se dvěma elektrodami - zápornou katodou (K) a kladnou anodou (A). Ve žhavené katodě dochází k emisi elektronů, které jsou urychlovány silným elektrickým polem daným vysokým napětím U mezi katodou a anodou. Poté elektrony dopadají na ohnisko anody, kde dochází k jejich prudkému zbrždění a malá část jejich kinetické energie E_k se přemění na RTG záření dvojího druhu: brzdné (interakce s polem jádra atomu materiálu anody) a charakteristické (interakce s obalovými elektrony). Pouze 1 % celkové E_k elektronů se mění na fotony RTG záření, zbytek je transformován v teplo. Proto je anoda zkonstruována z wolframu, který má vysokou teplotu tání, a také dochází k chlazení rotací. (8)

Provedení

Pacient se postaví čelem k vertigrafu. Hrudník je přitisknutý, brada se opírá o horní okraj, ramena svěšená a natočená směrem k desce, lopatky jsou odtlačeny směrem do stran a dopředu od těla, aby se nepromítaly do plic. Používá se kazeta s rozměrem 35 x 43 (dnes na většině pracovišť nahrazeno přímou či nepřímou digitalizací) a ohnisková vzdálenost (vzdálenost ohnisko – film) je 150 - 180 cm podle standardu pracoviště. Centrujeme na střed spojnice dolního úhlu lopatek, centrální paprsek jde kolmo na kazetu. Použije se tvrdá snímková technika (125 kV), a poté expozice proběhne v maximálním nádechu. (8)

4.2 CT angiografie

„CT angiografie (CTA) neboli angiografie pomocí výpočetní tomografie je neinvazivní způsob zobrazení kardiovaskulární soustavy vycházející z helikální (spirální) akvizice dat a intravenózní aplikace kontrastní látky. Součástí hodnocení může být zhotovení trojrozměrné rekonstrukce cévních struktur podobné klasickému angiogramu.“(10, s. 3)

Multidetektorová CT angiografie plicnice (MDCTA) se stala nejčastější modalitou pro zobrazení plicního řečiště, umožňující kvalitní zobrazení plicních tepen distálně minimálně na úroveň segmentů. Negativní výsledek MDCTA u pacientů s nízkou nebo střední klinickou pravděpodobností má vysokou negativní prediktivní hodnotu (až 96 %), a tak negativní výsledek plicní embolie vylučuje. U pacientů s nízkou klinickou pravděpodobností mohou být, ale provedena i jiná vyšetření jelikož je pozitivní prediktivní hodnota MDCTA nižší. (7)

4.2.1 Princip CT

Výpočetní tomografie je zobrazovací metoda, která umožňuje zobrazit celé tělo v sérii řezů za využití absorpce rentgenového záření. (11)

Vztažná soustava (rentgenka a protilehlý detekční systém) jsou upevněny v gantry, který umožňuje rotaci kolem pacienta položeného na stole. Stůl se postupně lineárně posouvá vzhledem k soustavě rentgenka - detektor, což umožňuje vytvoření řady obrazů příčných řezů (jednotlivých vrstev), které jsou umístěny vedle sebe a tvoří 3D tomografický obraz dané oblasti. Dochází k detekci intenzity rentgenového záření a jeho převedení na elektrický signál, kdy intenzita je úměrná charakteru tkáně (míře absorpce záření). Data jsou poté digitálně zpracována počítačovou matematickou rekonstrukcí. (11)

Mezi přednosti oproti klasickému konvenčnímu RTG zobrazování patří 3D zobrazení dané tkáně, vyšší kontrast, schopnost zobrazit i nepatrné rozdíly v lineárních součinitelích zeslabení RTG záření, které proniká vyšetřovanou tkání. (11)

Počítačový software pro CT umožňuje i řadu rekonstrukčních úprav obrazů, vytváření 3D obrazů určitých orgánů nebo rekonstrukci v jiných rovinách než výchozí transverzální.(11)



Obrázek 1Výpočetní tomograf (CT)¹

4.2.2 Kontraindikace

U CT nejsou přítomny žádné absolutní kontraindikace, pouze několik kontraindikací relativních.

Mezi relativní kontraindikace CT patří:

- těhotenství,
- dětský věk,
- nadměrná hmotnost přesahující nosnost CT přístroje,
- nadměrná šířka těla,
- kontraindikace podání kontrastní látky,
- nespolupracující pacient. (12)

4.2.3 Příprava před CT vyšetřením

Před provedením CT vyšetření je nutné, aby pacient odložil oblečení a veškeré kovové předměty ve vyšetřované oblasti. Dále musí být poučen, jak se chovat během expozice. (12)

¹ Internetový zdroj: *Computed Tomography* [online]. [cit. 2017-03-26]. Dostupné z: <http://ewstfrancisinternship.weebly.com/computed-tomography.html>

Pokud má být podána během vyšetření jodová kontrastní látka (JKL) je nutné:

- znát aktuální hodnotu kreatininu, urey a glomerulární filtrace,
- zajistit dostatečnou hydrataci před vyšetřením,
- zajistit, aby pacient přišel nalačno,
- odebrat alergickou anamnézu,
- zajistit periferní cévní přístup.

Pacienti s rizikem alergoidní reakce na JKL jsou premedikováni pomocí kortikoidů. (12)

4.2.4 Průběh CT vyšetření

Při CT vyšetření je nejprve zhotoven digitální snímek vyšetřované oblasti, tzv. topogram. Jedná se o základní orientační snímek zhotovený na začátku vyšetření, který neslouží k diagnostickým účelům. Zachycuje vyšetřovanou oblast a nejbližší okolí. (12) V průběhu zhotovení topogramu se rentgenka ani detektory nepohybují, pouze pacient ležící na pohyblivém stole projíždí otvorem v gantry. Na zhotoveném topogramu následuje naplánování rozsahu vyšetření a jednotlivých fází. Podle vyšetřované oblasti a požadavků lékaře se vyšetřuje, buď nativně (bez podání kontrastní látky) nebo s intravenózní aplikací kontrastní látky. Před CT vyšetřením dutiny břišní a pánve bývá pacientům podávána kontrastní látka per orálně nebo per rektum pro odlišení střevních kliček.

CT vyšetření trvá zpravidla 5 – 15 minut, z toho vlastní snímání dat pouze několik vteřin. V průběhu vyšetření se pacient nesmí hýbat. Pokud má být vyšetřen nespolupracující pacient nebo dítě lze použít sedaci nebo celkovou anestezii. (11)

Po aplikaci JKL je nutné pacienta alespoň 30 minut sledovat z důvodu možného vzniku alergické reakce, a poučit ho o potřebě dostatečné hydratace po vyšetření k rychlejšímu vyplavení KL z těla. (12)

4.2.5 Kontrastní látky pro CT

Kontrastní látky (KL) při CT vyšetřeních umožňují lepší zobrazení anatomických struktur a orgánů, popřípadě jejich funkci. Nejčastější způsob podání je intravenózní, ale mohou být podány přímo do tkáně nebo tělních dutin. V současné době se používá pozitivní, jodová, neiontová KL. Další dělení jodových kontrastních látek (JKL) je na vysokoosmolální, nízkosmolální a izosmolální. Z nichž nízkosmolální KL vyvolávají méně nežádoucích

účinků, proto jsou preferovány. Intravenózní aplikace KL může u pacientů způsobit výskyt nežádoucích reakcí (alergie, chemotoxicita). (12)

4.2.6 Nežádoucích reakce po aplikaci KL

Akutní reakce

Jedná se o náhle vzniklou (do 1 hodiny) nežádoucí reakci, od příznaků málo klinicky významných až po závažné stavy s nutnou kardiopulmonální resuscitací. Akutní reakce se dělí na alergoidní a chemotoxické. (12)

Alergoidní reakce není závislá na množství podané kontrastní látky. Při mírném stupni se projevuje vyrážkou, bronchospazmem a poklesem tlaku. Při těžkém stupni reakce na KL může dojít k hypotenzi, tachykardii, bronchospazmu, edému plic a křečím. (12)

Chemotoxická reakce znamená, že dojde k přímému ovlivnění funkce určitého orgánu. Tyto reakce jsou přímo úměrné množství podané KL a patří sem kontrastní nefropatie (akutní zhoršení ledvinných funkcí), kardiotoxicita a pulmonální reakce. Typickými projevy jsou pocit horka, nauzea a zvracení. Zde je důležitá dostatečná hydratace pacienta před i po vyšetření. (12)

Pozdní reakce

Pozdní reakce vznikají déle než 1 hodinu, ale nejpozději do týdne po podání JKL. Projevují se jako vyrážka, otok nebo svědění kůže. Léčba těchto reakcí bývá symptomatická. (12)

Velmi pozdní reakce

Tyto nežádoucí reakce vznikají déle jak jeden týden po aplikaci. U JKL se může jednat o tyreotoxikózu. (12)

4.2.7 Aplikace kontrastní látky u CTA

CT angiografie umožňuje zobrazení, posuzování anatomie a funkce kardiovaskulární soustavy. Jelikož kontrast krve v cévách je při nativním CT téměř nulový, zvyšujeme ho pomocí aplikace kontrastní látky. Další podmínkou kvalitního zobrazení cév je docílení dostatečného prostorového rozlišení. (10)

Pro aplikaci je nutné dbát na bezpečný cévní přístup, což zahrnuje správné zavedení, průsvit a tlakovou odolnost kanyly vyhovující nárokům na požadovaný průtok kontrastní látky. Před aplikací se testuje výdrž připravené žíly rychlým vstříknutím 10 až 20 ml fyziologického roztoku. Kontrastní látka se aplikuje intravenózně především na předloktí horní končetiny.

V případě nemožnosti aplikace do horní končetiny, lze použít žíly přednoží nebo femorální žílu, zde je důležité navýšení objemu kontrastní látky. (10)

Použitý objem kontrastní látky nám zajišťuje dobu trvání zvýšené denzity, která by měla být dostatečně dlouhá k vhodnému zobrazení požadované oblasti. Dá se snadno vypočítat součinem průtoku a doby skenování. Žilní systém se na závěr proplachuje 50 ml fyziologického roztoku. Používané přetlakové injekory obsahují dva nástřikové válce, pro fyziologický roztok a kontrastní látku, díky nimž je umožněna synchronizace nástřiku a proplachu. U podaného objemu a načasování akvizice dat se zohledňuje jak místo aplikace a cirkulační čas, tak umístění cévy v cirkulaci a celková doba vyšetření. (10)

Při aplikaci kontrastní látky je důležité dbát na pečlivou kanylaci, aby nedošlo k paravenóznímu zavedení. Mnohem vážnějším problémem je riziko výskytu alergické reakce, které se dá minimalizovat premedikací pomocí kortikoidů a dobrou hydratací. (10)

4.2.8 Cirkulační čas

Doba, za kterou se kontrastní látka dostane z místa aplikace do vyšetřované cévy, se označuje jako cirkulační čas. Tato doba je důležitá pro správné sladění aplikace KL a akvizice dat.

V praxi bývá stanovení cirkulačního času zajištěno automatickým spuštěním akvizice pomocí monitorování vývoje denzity ve vyšetřované oblasti (bolus-tracking, bolus-monitoring). Na plánovacím skenu neboli topogramu se volí požadovaná céva, do které je následně umístěn vzorkovací objem a stanoví se požadovaná prahová denzita. Přístroj automaticky spustí akvizici, jakmile dojde k dosažení prahové denzity. (10)

4.2.9 Skenovací parametry a vliv na dávku při CT

U dnešních přístrojů se používá automatická kontinuální modulace dávky, mění se mAs, i když nejnovější CT přístroje umí i automaticky měnit kV. Pokud je potřeba dávku redukovat např. u štíhlých dospělých, lze toho dosáhnout snížením napětí (kV). Snížení dávky má své výhody u CT angiografie pro lepší kontrast měkkých tkání a jódem zvýrazněných struktur. U jednotlivých CT protokolů jsou uvedeny doporučené dávky kV a mAs, tak aby bylo dosaženo dostatečné diagnostické kvality při co nejnížší dávce. Pokud CT přístroj umožňuje použití iterativní rekonstrukce namísto filtrované zpětné projekce obrazu, dochází k další redukci dávky o 20 – 40 %. (12)

4.2.10 Znamky plicní embolie na CT

Akutní plicní embolie je v CT obraze znázorněna, jako obturace a defekty v kontrastní náplni plicnice a jejích větví. Dále také mozaikovitá struktura plicního parenchymu, která je způsobená nepravidelnou distribucí krve v orgánu, díky nepravidelné perfúzi.

Chronickou plicní embolií zobrazují asymetrické adherující defekty v náplni plicnice, po rekanalizaci vazivové můstky, kalcifikace a jizvy v parenchymu.

Všechny tyto patologické známky lze zobrazit pomocí CT, dále je možné jednoduše zobrazit výpotek v pleurální dutině a další změny doprovázející PE. (13)

Tabulka 1 Protokol CTA plic²

CTA plicních tepen	
Strategie vyšetření	S KL i.v.
Příprava nemocného	Nalačno a standartní příprava před KL
Uložení	Vleže na zádech, ruce nad hlavou
Instrukce nemocnému	Nehýbat se a nedýchat
Rozsah vyšetření	Horní hrudní apertura až brániční úhly
Topogram	Předozadní
Kv	100 (120 u silně obézních osob)
mAs doporučené (FBP)	120 – 160 (s přihlédnutím k habitu nemocného)
CTDI _{VOL} typický	6 – 10 mGy
Kolimace	Závisí na konstrukci detektorů, u MDCT 0,5 – 1,2 mm
Pitch	Závisí na konstrukci přístroje, obvykle 1,0 – 1,4
Tloušťka rekonstruované vrstvy	0,6 – 0,8 mm a 3 mm (kernel pro CTA s potlačením rozhraní)
Objem KL (+ proplach FR)	50-80 ml dle doby trvání skenu (+ min 30 ml FR)
Rychlost aplikace KL	Min. 4 ml/s (400 mg/ml)
Zpoždění	Plicní arteriální fáze nutno použít monitoraci bolu KL
Poznámka	-základní rekonstrukce TRA, volitelně MPR rekonstrukce COR -MIP rekonstrukce jsou pro průkaz malých embolů nevhodné -měla by být současně již i kontrastní náplň v aortě

² MZ ČR Věstník. *Standardy zdravotní péče – národní radiologické standardy – výpočetní tomografie*, 2016, částka 2, st. 25

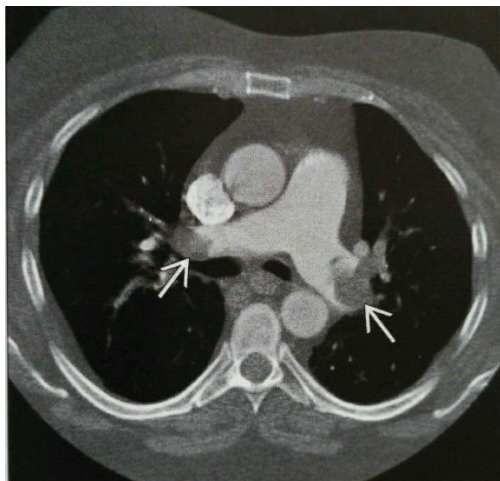
4.2.11 Falešné pozitivní nálezy

V některých případech při CTA plicnice může dojít k falešnému nálezu embolizace, např. vlivem dýchání nebo pulzačních pohybů. Tyto faktory mohou způsobit neostrost plicní tepny, která následně připomíná defekt v náplni cévy.

Mezi další možné falešné pozitivní nálezy patří: nedokonalá náplň části plicního řečiště, mízní uzliny uložené v hlech větvení cév nebo hlenem naplněný bronchus. (14)

4.2.12 Falešné negativní nálezy

V rámci artefaktu vysoce kontrastní horní duté žíly může dojít k překrytí embolu. Tento artefakt utlumí proplach fyziologickým roztokem. Dalším vlivem pro vznik falešně negativního nálezu můžou být opět pulzační a dechové artefakty. (14)



Obrázek 2 Oboustranná PE v hlavních plicních arteriích na CTA³

4.2.13 Nepřímá CT venografie

Vyšetření MDCTA plicnice může být doplněno o nepřímou CT venografii hlubokého žilního systému dolních končetin, pánve a retroperitonea bez potřeby další aplikace kontrastní látky.

Využití venografického vyšetření umožňuje u nemocného nalézt hlubokou žilní trombózu (HŽT). Jelikož cca 90 % plicních embolů pochází z HŽDK, umožňuje masivní nález HŽT přizpůsobení léčby. (15)

³ ABBARA, S., WALKER, T. H. *Diagnostic imaging: cardiovascular*. Philadelphia, Pa: Elsevier Saunders, 2008. ISBN 9781416033400

4.3 Ventilačně – perfúzní scintigrafie plic

Plicní V/P scintigrafie je bezpečné vyšetření, a oproti MDCT bylo u něj popsáno jen velmi málo alergických reakcí. Lze použít u pacientů hlavně s těžkou alergickou reakcí, s renálním selháním v anamnéze nebo u pacientů s nízkou klinickou pravděpodobností PE a normálním nálezem na RTG snímku. (2)

Podezření na plicní embolii při přítomnosti rizikových faktorů (dlouhodobá imobilizace, užívání perorální antikoncepce, vrozené trombofilní stavy, dlouhé letecké cesty), a při zvýšené hodnotě D - dimerů v séru, je nejčastější indikací ventilačně – perfúzní scintigrafie. Na výsledném scintigramu se PE dle velikosti zobrazí jako subsegmentární, segmentární nebo lobální perfúzní defekt. Malé emboly se znázorní jako periferní defekt, velké brání perfúzi v několika segmentech, laloku či celé plíci. Charakteristickým výsledkem vyšetření pro pozitivní plicní embolizaci je normální ventilační scintigram při abnormálním perfúzním scintigramu, na kterém se zobrazí fotopenická ložiska tzn. místa s chybějícími radioaktivními částicemi $^{99m}\text{Tc-MAA}$. (16)

4.3.1 Principy zobrazování v nukleární medicíně a detekce záření

V nukleární medicíně je záření detekováno pomocí gama kamer, jejichž součástí jsou tzv. scintilační detektory. V nich se ionizační záření přemění na světelný záblesk, a poté se ve fotonásobiči mění na elektrické impulzy, které jsou analyzovány elektronickou vyhodňovací aparaturou. Nedílnou součástí je dnes vysoce výkonná výpočetní technika, která má důležitou roli při dodatečných úpravách a zpracování obrazů. Výsledný scintigrafický obraz zobrazuje rozložení impulzů detekovaných nad vyšetřovanou oblastí. V nukleární medicíně se jedná o tomografii emisní, to znamená, že záření vychází z vyšetřovaného místa, oproti RTG transmisní tomografii, kde záření prochází vyšetřovanou vrstvou. (8)

Proto, abychom mohli detekovat záření vycházející z pacienta, se používají radiofarmaka. Radiofarmakum je léčivý přípravek, biologicky aktivní, který je označený jedním nebo více radionuklidy. Biologicky aktivní část radiofarmaka odpovídá za jeho přítomnost v místě důležitého děje, který chceme zobrazit a radionuklid umožňuje jeho zobrazení. (16)



Obrázek 3 Gama kamera⁴

4.3.2 Ventilační plicní scintigrafie

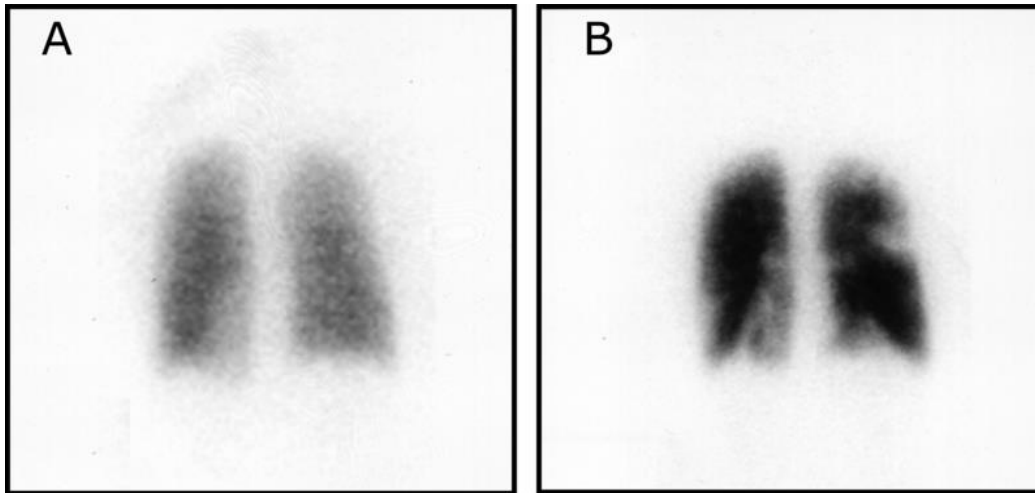
Pro ventilační scintigrafii plic se používají dvě skupiny radiofarmak, a to radioaktivní plyn $^{81\text{m}}\text{Kr}$ ($T_{1/2}$ 13 sekund) nebo radioaktivní aerosoly $^{99\text{m}}\text{Tc-DTPA}$. Pacient je snímán scintilační kamerou ve 4 – 6 projekcích, (zadní, přední, levá a pravá zadní šikmá a bočné), kdy po celou dobu snímání (několik minut) vdechuje radioaktivní plyn. (16)

4.3.3 Perfúzní plicní scintigrafie

Pro perfúzní scintigrafii je pacientovi intravenózně aplikováno radiofarmakum $^{99\text{m}}\text{Tc-MAA}$ ($T_{1/2}$ 6 hodin) s velikostí částic 10 – 50 μm . Po aplikaci dochází k embolizaci přibližně 1 z 10 000 kapilár, díky tomu nemůže vést aplikace ke zvýšení tlaku v plicnici ani ne k hemodynamické reakci. Po několika hodinách dochází k rozštěpení částic na menší fragmenty, kterým je již umožněno projít kapilárním řečištěm. (16)

Radiofarmakum se aplikuje vleže. Po desítkách minut se doporučuje snímat oblast hrudníku scintilační kamerou ve stoje nebo vsedě, aby došlo k rozvinutí plic, což zaručuje kvalitnější zobrazení případných lézí. Vyšetřovaná oblast se snímá ve 4 – 6 základních projekcích (zadní, přední, obě zadní šikmé, po případě obě boční). Pro odkrytí drobných subsegmentárních lézí lze vyšetření doplnit o tomografickou scintigrafii (SPECT). (16)

⁴ Internetový zdroj: *Gama kamera* [online]. [cit. 2017-03-26]. Dostupné z: <http://www.teknomani.com/2013/11/tbbi-goruntuleme-nedir.html>



Obrázek 4 Ventilačně - perfúzní scintigrafie plic při PE A) ventilační, B) perfúzní⁵

4.4 Plicní angiografie

Plicní angiografie se nejčastěji využívá, jako jedna z léčebných modalit u akutní PE k provedení výkonu perkutánní mechanické trombektomie. (6) Indikací mohou být diagnostické pochybnosti s relativní kontraindikací k antikoagulační či trombolytické léčbě nebo při zvažování nutnosti zavedení kaválního filtru. (15)

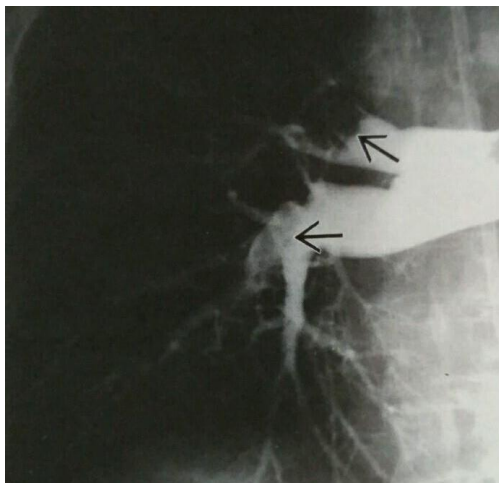
Z hlediska diagnostiky se jedná o velice přesnou metodu, ale pro vyšší invazivitu bývá používána výjimečně. Typickým angiografickým nálezem PE je defekt v kontrastní náplni cévy nebo chybějící kontrastní náplň periferních plicních tepen v postižené oblasti. (11)

Mezi nevýhody této metody patří invazivita, radiační zátěž pacienta a možnost vzniku alergické reakce na kontrastní látku. Relativními kontraindikacemi jsou proto pacient s alergickou reakcí v anamnéze, těhotenství nebo trombus v pravé síni. (15)

⁵ Internetový zdroj: *Ventilačně – perfúzní scintigrafie plic* [online] [cit. 2017-03-30]. Dostupné z: http://www.wikiskripta.eu/index.php/Soubor:Pulmonary_embolism_scintigraphy_PLoS.png

Provedení

Pacientovi se zavede angiografický katetr z centrálního žilního přístupu (nejčastěji z třísla) do plicní arterie. Následně se aplikuje neionická nízkoosmolární kontrastní látka, a za pomoci skiaskopické kontroly se sleduje uzávěr cévy nebo defekt náplně cévy s únikem kontrastní látky kolem jeho okrajů. Za uzávěrem je patrná omezená perfúze plíce. (15)



Obrázek 5 Angiografie plic při PE⁶

4.5 Ultrasonografie

Ultrasonografie je diagnostická zobrazovací metoda, která je hojně využívána v mnoha sférách medicíny díky dostupnosti, minimálním vedlejším účinkům, absenci ionizujícího záření a nízké ceně vyšetření v porovnání s CT nebo MR. (9)

4.5.1 Princip

Lékařská sonografie je založena na principu zaznamenávání odražených ultrazvukových vln od tkání, k čemuž jsou používány piezoelektrické sondy o frekvencích 2-18 MHz. (8)

Do těla pacienta je vysíláno ultrazvukové vlnění za pomoci piezoelektrického měniče. Prostupnost ultrazvuku prostředím neboli akustická impedance je v jednotlivých tkáních různá, a proto pokud, vlnění dorazí na rozhraní dvou tkání s odlišnou akustickou impedancí, dochází k jeho částečnému odrazu. Plocha rozhraní by měla být kolmá na směr šíření ultrazvukového vlnění. Pro zaznamenání odraženého vlnění není vysílán ultrazvuk plynule, ale v mikrosekundových impulzech s opakující se frekvencí. Poté dochází k registraci intenzity odražených signálů a doby, za kterou se po vyslání vrátí do senzoru. (8)

⁶ ABBARA, Suhny a THOMAS GREGORY WALKER. *Diagnostic imaging: cardiovascular*. Philadelphia, Pa: Elsevier Saunders, 2008. ISBN 9781416033400

Vzduch má velmi vysokou akustickou impedanci, proto se povrch sondy pokrývá gelem, aby byla zajištěna dobrá průchodnost vlnění vodním prostředím do kůže.(8)

Rozlišujeme dva základní typy US zobrazování, a to v reálném čase a dopplerovském režimu. (9)



Obrázek 6 Ultrasonograf⁷

4.5.2 Kompresní žilní ultrasonografie

Ve většině případů je příčinou PE hluboká žilní trombóza dolní končetiny. U 30 až 50 % pacientů s PE dochází k prokázání HŽT pomocí kompresní žilní ultrasonografie. U pacientů s podezřením na PE je nález proximální HŽT dostačující k tomu, aby bez dalších vyšetření byla zahájena antikoagulační léčba. (7)

Pro diagnostiku HŽT se používá barevné duplexní zobrazení žilního systému systematicky od v. iliaca externa distálním směrem za použití lineárních sond o kmitočtu cca 4,5 MHz. Ultrasonograficky typické znaky pro HŽT jsou: chybějící stlačitelnost žíly v příčném obraze a nemožnost barevného zobrazení toku spontánně ani po manuální kompresi. (17)

Pokud je provedeno kompletní ultrazvukové vyšetření včetně distálního žilního systému, tak může být výrazně zvýšena jeho specifita a senzitivita. (1)

⁷ Internetový zdroj: *Ultrasonograf* [online]. [cit. 2017-03-26]. Dostupné z: <http://sonomedical.pl/ultrasonografy/sonoscape-s20-ultrasonograf.html>

Prokázání proximální HŽT pomocí ultrazvuku může být přínosné u pacientů s podezřením na PE, kteří mají kontraindikace pro CT vyšetření. (1)

4.6 Echokardiografie

Echokardiografie je v dnešní době běžně používanou vyšetřovací metodou v rámci diagnostiky srdečních chorob. K omezené vyšetřitelnosti dochází při přítomnosti plicního emfyzému a deformit hrudníku. Dále také může vyšetření omezit silná svalová nebo tuková vrstva. Využívá se dvojrozměrné zobrazení v kombinaci s M – módem a dostupné dopplerovské modalitě. Sondy jsou používány sektorové s malým akustickým oknem, z důvodu používání mezižebních prostor k zavedení ultrazvukových signálů do srdce. (17)

Uzávěr v plicním řečišti může vést k reverzibilním poruchám funkce pravé komory srdeční (PKS). U čtvrtiny pacientů s PE bývá přítomna dilatace PKS a lze ji detekovat pomocí echokardiografie nebo CT. Naopak symptomy přetížení nebo dysfunkce PKS mohou být nalezeny i v nepřítomnosti PE a poukazovat na jiné onemocnění. (1) Echokardiografie je tedy významnou diagnostickou modalitou z hlediska bezprostředního odlišení diagnózy s podobnými známkami jako PE. (13)

Přímý průkaz PE pomocí echokardiografie je vzácný, nicméně toto vyšetření je cenné pro svou dostupnost a neinvazivitu zejména při odlišení jiných příčin hemodynamické nestability, dušnosti, bolesti na hrudi nebo zvýšení hodnot biomarkerů. Dále dokáže lehce rozpoznat systolickou dysfunkci levé komory při ICHS, dilatační kardiomyopatii, myokarditidu či chlopenní vady. (3)

U normotenzních, hemodynamicky stabilních pacientů a s podezřením na PE s nízkým nebo středním rizikem není pro diagnostiku echokardiografie doporučeno. V tomto případě normální echokardiografie nevylučuje PE. Nýbrž u nemocných s vysokým rizikem nepřítomnost známek přetížení nebo dysfunkce PKS na echokardiografii plicní embolii, jako příčinu hemodynamické nestability prakticky vylučuje. (7)

4.7 Magnetická rezonance

Metoda magnetické rezonanční angiografie se z důvodu absence ionizujícího záření zdá slibnou, avšak pro klinickou praxi diagnostiky PE doposud není jednoznačně doporučena. (2)

5 DIAGNOSTIKA AKUTNÍ PLICNÍ EMBOLIE (APE) U TĚHOTNÝCH

Vznik plicní embolie v těhotenství může být zapříčiněn řadou rizikových faktorů. Mezi takové rizikové faktory patří: věk nad 35 let, obezita, rozsáhlé varixy na DK, multigravidita, imobilizace, kouření, pozitivní rodinná či osobní anamnéza tromboembolie, a známý vrozený či získaný trombofilní stav. V předporodní době nastává 75 % žilních trombóz a naopak v poporodní době nastává 66 % plicních embolií, obzvláště po císařském řezu. (7)

V diagnostice těhotných žen s podezřením na PE je největší obavou expozice plodu ionizujícím zářením. Pokud jsou abnormální hodnoty D - dimerů, je možné pokračovat pomocí kompresní žilní ultrasonografie dolních končetin, aby se zabránilo zbytečnému ozáření. Pokud je nalezena proximální HŽT zahajuje se antikoagulační léčba. Při negativním UZ se dále pokračuje pomocí perfúzního plicního skenu nebo MDCTA. Tyto dvě metody jsou přibližně stejně bezpečné. Při CT obdrží děloha významnější dávku jen, pokud je ve vyšetřovaném poli, proto je dávka na uterus při vyšetření hrudníku relativně nízká (méně než 0,2 mSv). Naopak při V/P skenu obdrží plod vyšší dávku vzhledem ke kumulaci radiofarmaka v močovém měchýři. (12)

Tabulka 2 Efektivní dávka záření u ženy⁸

Perfúzní scintigrafie (^{99m} Tc – MAA)	1,2 mSv
Ventilační scintigrafie (^{87m} Kr)	0,1 mSv
Ventilační scintigrafie (^{99m} Tc – DTPA)	0,28 mSv
Spirální CTA	2 – 8 mSv

Tabulka 3 Dávka na plod⁸

V/P scintigrafie (^{99m} Tc – MAA a ^{99m} Tc – DTPA)	0,64 – 0,80 mGy
V/P scintigrafie (^{99m} Tc – MAA a ^{87m} Kr)	0,28 – 0,50 mGy
Spirální CTA	0,03 – 0,13 mGy

⁸ WIDIMSKÝ J, MALÝ J, ELIÁŠ P, et al. *Doporučení diagnostiky, léčby a prevence plicní embolie, verze 2007*. [online] Cor Vasa 2008; 50(Suppl):1S25-21S72. [cit.2017-04-08] Dostupné z: http://www.kardio-cz.cz/data/upload/Doporuceni_diagnostiky_lecby_a_prevence_plicni_embolie_verze_2007.pdf

VÝZKUMNÁ ČÁST

6 VÝZKUMNÉ OTÁZKY

Výzkumné otázky pro hlavní cíl:

1. Jaká byla struktura pacientů vyšetřovaných pro podezření na PE (věk, pohlaví), a kolik bylo pozitivních nálezů PE při CTA plicnice?
2. Určení lokalizace embolu a stanovení počtu, u kolika pacientů byla dilatovaná pravá komora srdeční v důsledku PE?
3. Jaký byl výskyt vedlejších nálezů při CTA plicnice?
4. Jaká byla hodnota D - dimerů u pacientů před CTA?
5. Jaké bylo radiační zatížení pacientů při CTA?

7 METODIKA VÝZKUMU

Výzkumná část bakalářské práce probíhala na základě sběru dat ze zdravotnické dokumentace pacientů vyšetřených na CT pro podezření na plicní embolii. Kvantitativní výzkumné šetření bylo realizováno formou retrospektivní analýzy dat shromážděných ze zdravotnické dokumentace pro zpracování výzkumných otázek a vyhodnocení cíle bakalářské práce. Stanovené výzkumné otázky byly nejdříve prodiskutovány s vedoucím práce a sběr zdravotnických dat z dokumentace byl před začátkem kvantitativního výzkumu schválen vedoucím práce a vedením nemocnice, kde výzkum probíhal.

Výzkumná část se zaměřuje na pacienty, kteří podstoupili diagnostické vyšetření CTA plicnice v období ledna až března 2016. Podmínkou pro zařazení do výzkumu bylo, že nemocný toto vyšetření podstupoval s podezřením na plicní embolii.

Samostatný výzkum probíhal v období ledna až února 2017 na radiodiagnostickém oddělení, kde byla potřebná data získána z archivované zdravotnické dokumentace a nemocničního informačního systému. Zkoumaným souborem bylo 80 pacientů s podezřením na plicní embolii. U těchto pacientů bylo zjišťováno pohlaví, věk a četnost vedlejších nálezů. Pokud byl výsledek vyšetření pozitivní, bylo dále hodnoceno, v jaké části plic byl embolus detekován. V návaznosti na tuto problematiku byl sledován výskyt dilatace pravé komory srdeční. Dále byla porovnávána hodnota D-dimerů u pacientů vzhledem k průkazu PE. Hodnocena byla také radiační zátěž pacientů při CTA, pomocí odhadu efektivních dávek výpočtem.

K výslednému zpracování zjištěných dat výzkumného šetření byly použity programy Microsoft Office Word 2010 a Microsoft Office Excel 2010. Shromážděná data z retrospektivní analýzy byla jednotlivě vyhodnocena a zpracována do tabulek, grafů a následně okomentována textem.

7.1 Radiační zátěž pacientů při CT vyšetření

Absorbovaná radiační dávka D [mGy] se při CT vyšetření u spirálního přístroje s homogenním fantomem kvantifikuje pomocí dávkového indexu CTDI [mGy] s korekcí na rychlost posunu (pitch faktor). Riziko vzniku stochastických účinků je úměrné absorbované radiační dávce D a velikosti ozářené oblasti. V CT diagnostice se pravděpodobnost vzniku těchto účinků kvantifikuje pomocí výsledné délkové dávky DLP, která odpovídá součinu

absorbované dávky D a délky L . Efektivní dávku E [mSv] pro jednotlivého pacienta, vyjadřující stochastické účinky záření na organismu, poté určíme ze vztahu:

$$E = E_{DLP} \times DLP,$$

kde koeficient E_{DLP} je regionálně normalizovaná efektivní dávka zahrnující zprůměrované hodnoty tkáňových (orgánových) váhových faktorů w_T pro struktury v ozařované oblasti. (18)

Tabulka 4 Hodnoty E_{DLP}

Vyšetřovaná oblast	hlava	krk	hrudník	Břicho	Pánev
E_{DLP} [mSv mGy ⁻¹ cm ⁻¹]	0,0023	0,0054	0,017	0,015	0,019

Pomocí tohoto výpočtu byly stanoveny hodnoty všech efektivních dávek u sledovaného souboru pacientů vyšetřených na výpočetním tomografu. Dva pacienti byli ze souboru vyřazeni pro významně vyšší dávku, z důvodu opakování vyšetření pro chybu kanyly u jednoho, a u druhého pro vyšetření v delším rozsahu (vyšetření včetně aortografie).

Tabulka 5 NDRÚ pro vyšetření dospělých na výpočetním tomografu

Typ vyšetření	C_{VOL} (mGy)	P_{KL} na celé vyšetření (mGy x cm)
Hlava	65	1 100
Krk	21	500
Hrudník	15	500
Páteř	32	550
Břicho	19	750
Pánev	25	860

Vysvětlivky: C_{VOL} ($CTDI_{VOL}$) – objemový kermový index, P_{KL} – součin kerry a délky

V tabulce 6 je uveden přehled typických hodnot $CTDI_{VOL}$ pro jednotlivá CT vyšetření na jednu fázi u dospělých pacientů dle Národního radiologického standardu Věstníku Ministerstva zdravotnictví ČR č.10/2016.

Tabulka 6 Přehled hodnot $CTDI_{VOL}$ dle Národního radiologického standardu

Vyšetření	Typická hodnota $CTDI_{VOL}$ (mGy)
CT mozku	45 – 60
CT krku	12 – 25
CT hrudníku	10 – 15
CT břicha	15 – 20
CT hrudní páteře	12 – 25
CT bederní páteře	20 – 35
CTA hrudníku	6 – 10
CTA břišní aorty	8 – 10

8 VÝSLEDKY

Výzkumná otázka č. 1

Jaká byla struktura pacientů vyšetřovaných pro podezření na PE (věk, pohlaví), a kolik bylo pozitivních nálezů PE při CTA plicnice?

Tabulka 7 Soubor pacientů

Počet pacientů	Absolutní četnost	Relativní četnost
Muži	45	56,2 %
Ženy	35	43,8 %
Celkem	80	100,0 %

Tabulka 8 Věk pacientů

Věk	Muži	Ženy
Průměr	62,8	67,4
Maximum	92	91
Minimum	25	23

Ve sledovaném období podstoupilo vyšetření CTA pro diagnostiku PE (tabulka 7) celkem 80 pacientů, z toho 45 mužů (56,2 %) a 35 žen (43,8 %).

Tabulka 8 znázorňuje věkové rozpětí sledovaných pacientů, kde průměrný věk mužů byl 62,8 let a žen 67,4 let.

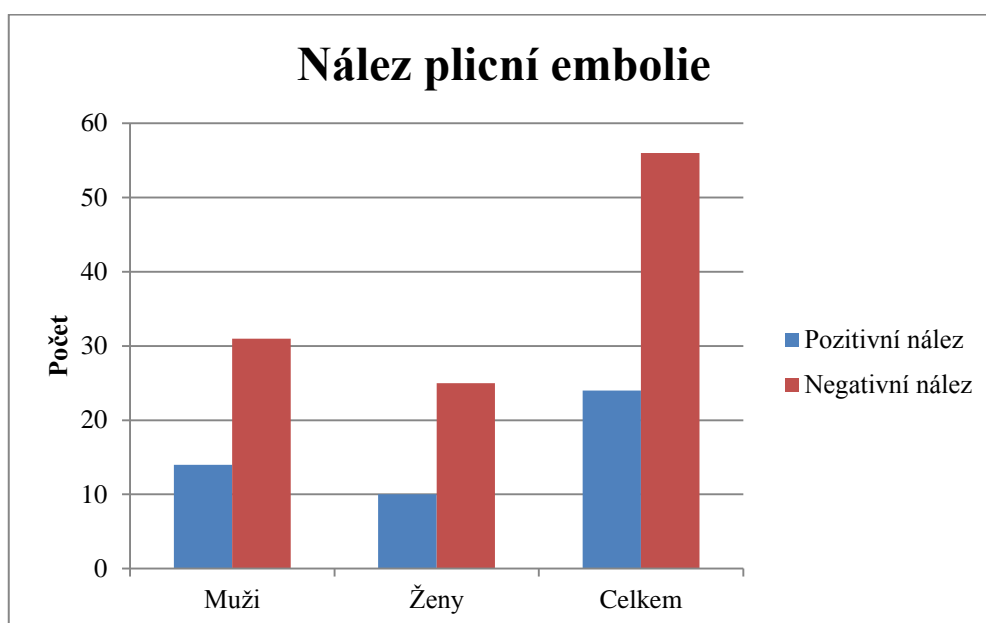
Tabulka 9 Pozitivní nález plicní embolie

Pozitivní nález	Absolutní četnost	Relativní četnost
Muži	14	17,5 %
Ženy	10	12,5 %
Celkem	24	30,0 %

Tabulka 10 Negativní nález plicní embolie

Negativní nález	Absolutní četnost	Relativní četnost
Muži	31	38,8 %
Ženy	25	31,2 %
Celkem	56	70,0 %

Graf 1 Četnost nálezů plicní embolie



Tabulka 9, 10 a graf 1 znázorňují četnost pozitivních a negativních nálezů PE na CTA. Z nich je zřejmé, že z celkového počtu 80 pacientů bylo 24 (30 %) pozitivních nálezů a 56 (70 %) negativních. Z toho u mužů bylo diagnostikováno 14 (17,5 %) pozitivních nálezů a 31 (38,8 %) negativních, u žen 10 (12,5 %) pozitivních a 25 (31,2 %) negativních.

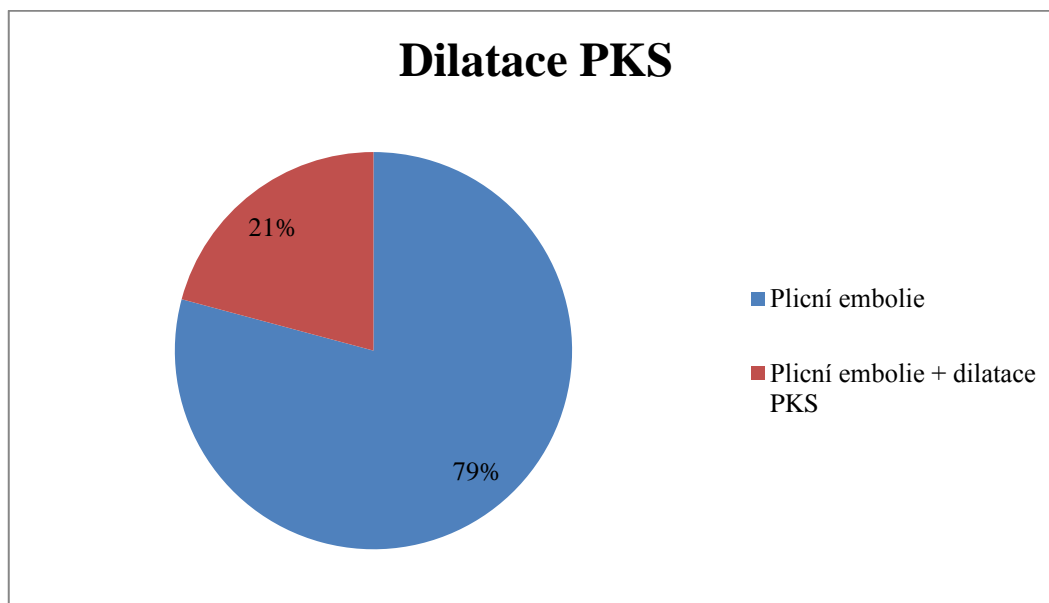
Výzkumná otázka č. 2

Určení lokalizace embolu a stanovení počtu, u kolika pacientů byla dilatovaná pravá komora srdeční v důsledku PE?

Tabulka 11 Etáž nálezů

	Absolutní četnost	Relativní četnost
Centrální	1	4,1 %
Lobální	10	41,7 %
Segmentální	10	41,7 %
Subsegmentální	3	12,5 %
Celkem pozitivních nálezů	24	100,0 %

Tabulka 11 hodnotí, v jaké etáži byla PE diagnostikována. Z celkového počtu 24 pozitivních nálezů (100 %) byl 1 nález centrální (4,1 %), 10 lobálních (41,7 %), 10 segmentálních (41,7 %) a 3 subsegmentální (12,5 %).



Graf 2 Dilatace PKS

V této otázce bylo zjištěno, u kolika pacientů s pozitivním nálezem PE na CTA byla zřejmá dilatace pravé komory srdeční. Z grafu vyplývá, že z celkového počtu 24 pozitivních nálezů mělo 5 pacientů (21 %) na CTA v důsledku PE dilatovanou PKS.

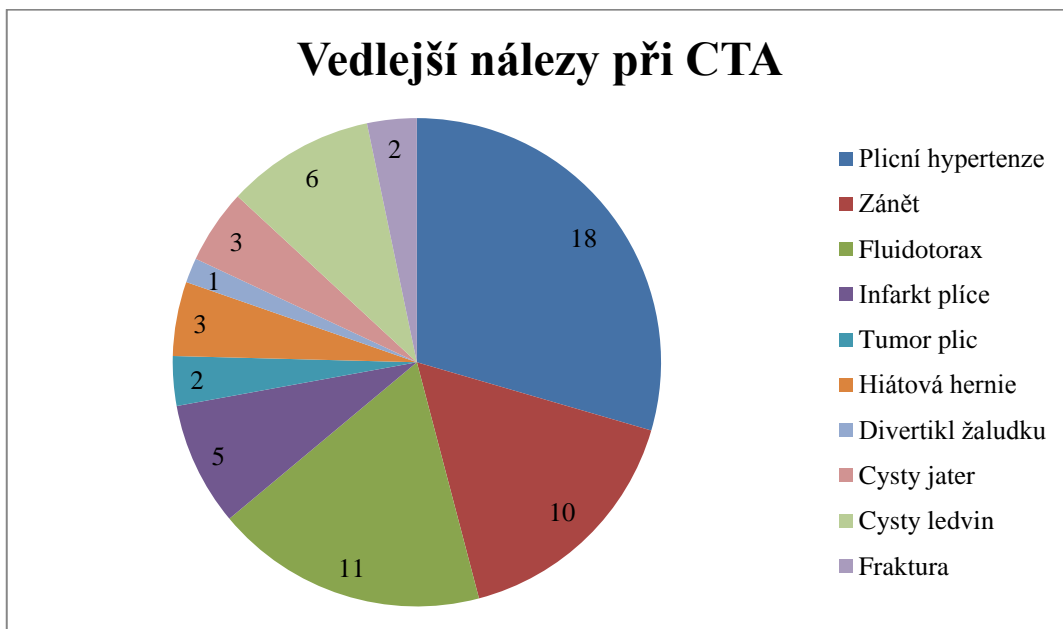
Z hlediska souvislosti etáže lokalizace embolů s dilatovanou PKS měl 1 pacient nález v centrální, 2 v lobální a 2 v segmentální větvi plicní tepny. Není tedy znatelná souvislost dilatace PKS s lokalizací embolu.

Výzkumná otázka č. 3

Jaký byl výskyt vedlejších nálezů při CTA plicnice?

Tabulka 12 Četnost vedlejších nálezů

Vedlejší nálezy v CTA plicnice	
Plicní hypertenze	18
Zánět	10
Fluidotorax	11
Infarkt plice	5
Tumor plic	2
Hiátová hernie	3
Divertikl žaludku	1
Cysty jater	3
Cysty ledvin	6
Fraktura	2



Graf 3 Četnost vedlejších nálezů

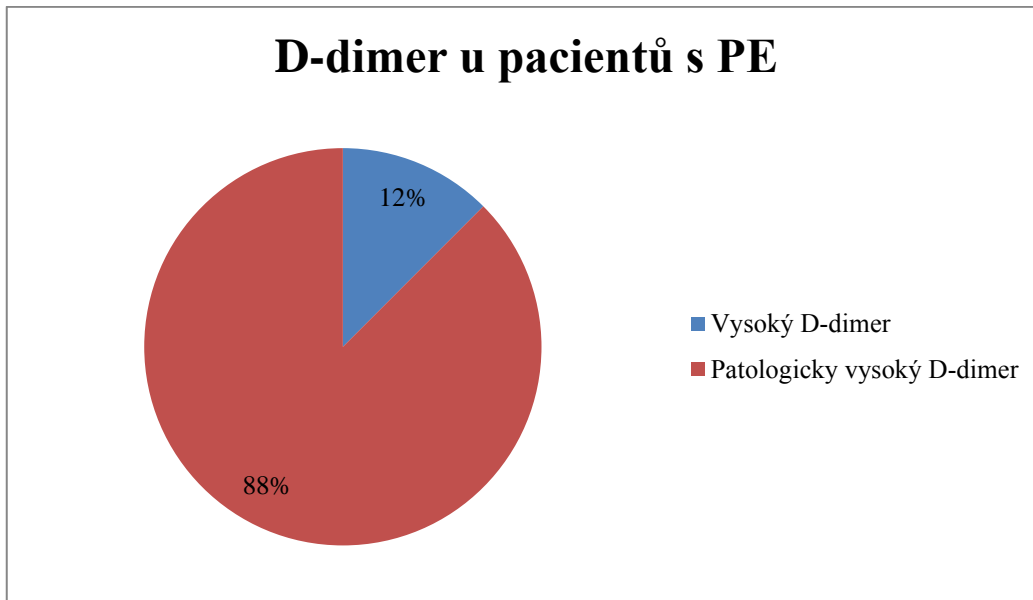
V této otázce byl zjišťován výskyt vedlejších nálezů při CTA plicnice. Na grafu je znázorněna četnost všech vedlejších nálezů, které můžeme rozdělit podle toho, jestli se týkají plic nebo jiných orgánů. Nejčastějším nálezem na plicích je plicní hypertenze (18 pacientů),

fluidothorax (11 pacientů), zánět (10 pacientů). Dále se objevil infarkt plic (5 pacientů) a tumor plíce (2 pacienti).

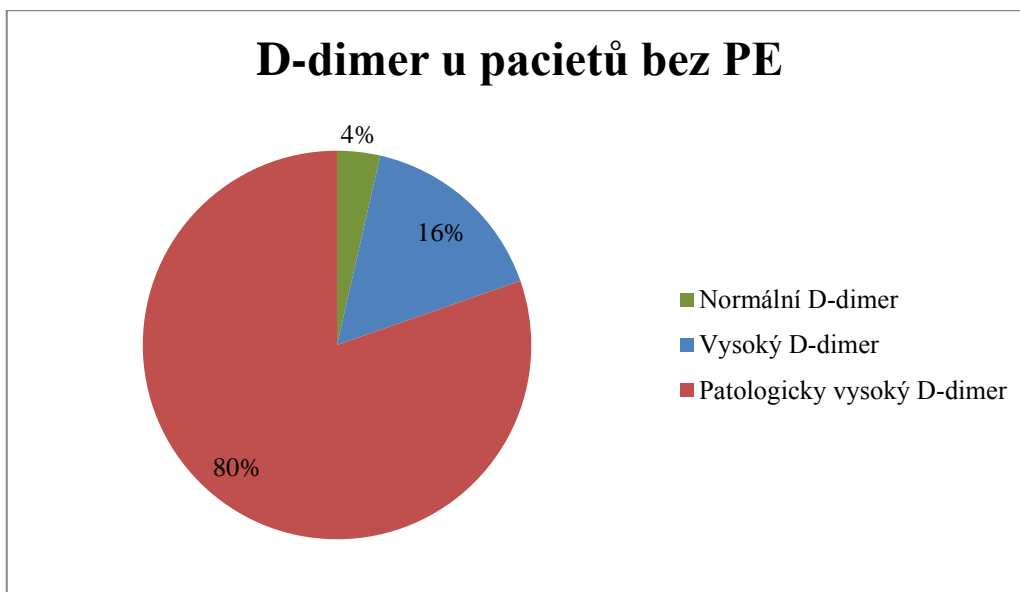
Vedlejší nálezy mimo oblast plic byly hiátová hernie, divertikl žaludku, cysty jater a cysty ledvin.

Výzkumná otázka č. 4

Jaká byla hodnota D-dimerů u pacientů před CTA?



Graf 4 Hodnota D-dimerů u pacientů s PE před CTA



Graf 5 Hodnota D-dimerů u pacientů bez PE před CTA

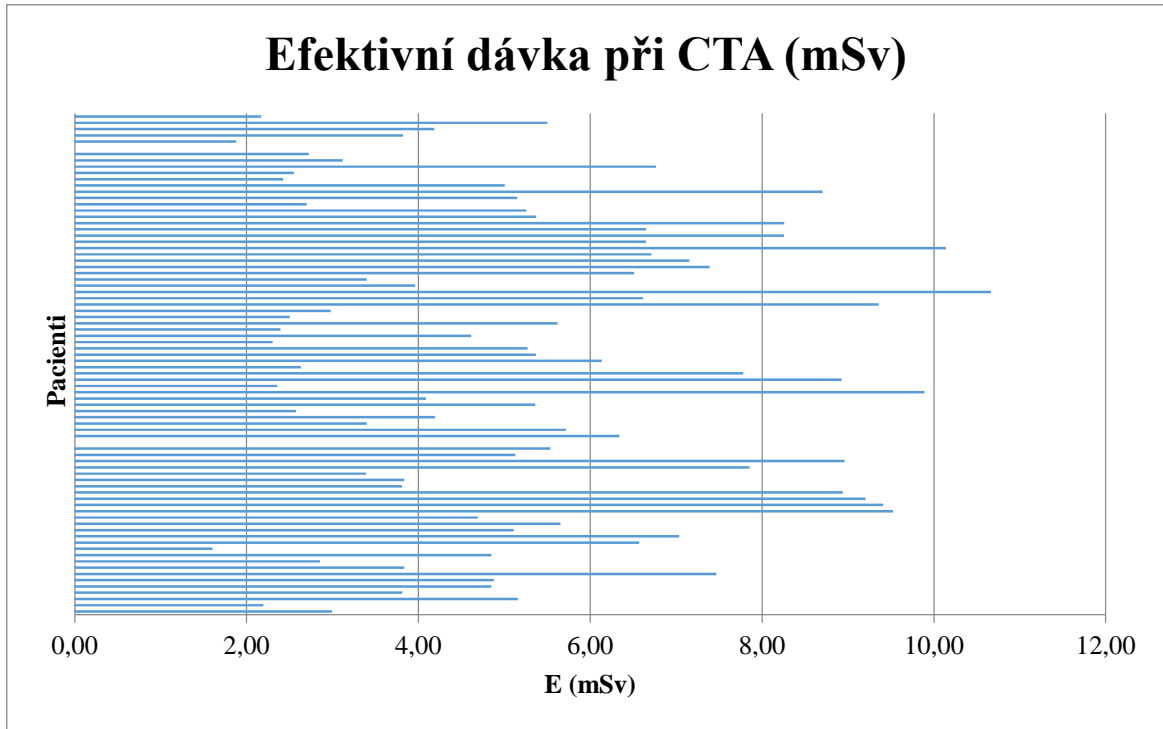
V této otázce jsme zjišťovali hodnotu D-dimerů u pacientů s podezřením na PE než podstoupili vyšetření na CT.

Z grafu 4 je zřejmé, že při pozitivním nález PE byla hodnota D-dimerů vysoká u 12 % a patologicky vysoká u 88 % pacientů. Zatímco graf 5 ukazuje hodnoty u negativních nálezů,

kde pouze 4 % pacientů měla hodnou D-dimerů fyziologickou, 16 % vysokou a 80 % patologicky vysokou.

Výzkumná otázka č. 5

Jaké bylo radiační zatížení pacientů po CTA plicnice?



Graf 6 Hodnoty E (mSv)

Tabulka 13 Hodnoty E (mSv)

Efektivní dávka (mSv)	
Průměr	5,4
Maximum	10,7
Minimum	1,6

V této otázce jsme zjišťovali výpočtem odhad hodnot efektivních dávek pacientů, kteří podstoupili CTA plic. Graf 6 znázorňuje přehled vypočtených efektivních dávek všech pacientů v mSv. Nejčastěji se efektivní dávka pohybovala v rozmezí 2 -6 mSv. Podle výpočtů byla průměrná obdržená efektivní dávka 5,4 mSv (tabulka 7).

9 DISKUZE

V diagnostice plicní embolie je v současnosti nejpoužívanější metodou multidetektorová CT angiografie plicnice (MDCTA), umožňující dostatečné zobrazení plicních tepen až na úroveň segmentů. V této části bakalářské práce zhodnocuji předem stanovené výzkumné otázky týkající se získaných dat u 80-ti pacientů, kteří podstoupili vyšetření na výpočetním tomografu pro podezření na PE v období ledna až března 2016. Tato data mi poskytlo radiodiagnostické oddělení, a byla čerpána z PACS systému a archivačního nemocničního systému.

Výzkumná otázka č. 1: Jaká byla struktura pacientů vyšetřovaných pro podezření na PE (věk, pohlaví), a kolik bylo pozitivních nálezů PE při CTA plicnice?

V první výzkumné otázce jsme zjišťovali, u kolika pacientů ze sledovaného souboru byla pomocí CTA diagnostikována PE (tabulka 7, 8, 9, 10 a graf 1). Z 80 pacientů podstoupilo CTA 45 mužů (56,2 %) a 35 žen (43,8 %) věkového průměru 62,8 let u mužů a 67,4 let u žen. Incidence výskytu PE roste s věkem, v literatuře je uváděno, že výskyt je nejvyšší v 7 a 8 dekádě věku, což odpovídá našim výsledkům. (19)

Po absolvování vyšetření bylo potvrzeno 24 (30 %) pozitivních nálezů PE, zahrnující 14 mužů (17,5 %) a 10 žen (12,5 %). Zde se výsledek opět shoduje s literaturou, kde je uváděno, že ohroženější skupinou z hlediska tromboembolické nemoci jsou muži. U nich je úmrtnost na nemoci oběhové soustavy dle Státního zdravotnického úřadu zhruba o 1/3 vyšší. (19)

Výzkumná otázka č. 2: Určení lokalizace embolu a stanovení počtu, u kolika pacientů byla dilatovaná pravá komora srdeční v důsledku PE?

Ve druhé výzkumné otázce jsme zjišťovali, jaká byla lokalizace embolu, a u kolika pacientů došlo v důsledku PE k dilataci pravé komory srdeční (PKS). Z hlediska etáže nálezu embolu byla nejčastější PE segmentální (10 pacientů), lobální (10 pacientů), subsegmentální (3 pacienti) a centrální (1 pacient).

Z hlediska souvislosti etáže lokalizace embolů s dilatovanou PKS měl 1 pacient nález v centrální, 2 v lobální a 2 v segmentální větvi plicní tepny. Není tedy znatelná souvislost dilatace PKS s lokalizací embolu.

Pokud u PE dochází k přetížení PKS může dojít až k jejímu selhání, což je považováno za primární příčinu úmrtí u těžké PE. Jako další možný důsledek PE je i vznik plicní hypertenze, který sám může vést ke změnám velikosti a funkce PKS. Po již prodělaných plicních

embolizací dochází cca u 4 % nemocných k vývoji chronické tromboembolické plicní hypertenzi.(1) V literatuře je uváděno, že dilatace PKS, kterou je možno zobrazit pomocí echokardiografie nebo CT, je detekovatelná až u 25 % nemocných.(7) V rámci této práce byl výskyt o něco nižší, což může být způsobeno nízkým počtem sledovaného souboru. Dilatovaná PKS způsobená PE se objevila u 21 %, což odpovídá 5 z 24 pacientů.

Výzkumná otázka č. 3: Jaký byl výskyt vedlejších nálezů na CTA?

V rámci třetí výzkumné otázky této práce bylo úkolem posouzení výskytu vedlejších nálezů při CTA bez ohledu na potvrzení či vyvrácení diagnózy (tabulka 12 a graf 3). Mezi nejčastější vedlejší nálezy patřily: obraz plicní hypertenze, fluidothorax, infarkt plíce a tumor plic. Tyto nálezy mohly v určité míře vést svými klinickými příznaky k podezření na PE. Zde se nabízí otázka, jeli plicní hypertenze vedlejší nález nebo projev plicní embolizace. Z hlediska zkoumaného souboru pacientů mělo 18 pacientů obraz plicní hypertenze, ale z nich jen u 10 byla PE prokázána. Z toho vyplývá, že může být projevem, ale u pacientů, kde se PE neprokázala i vedlejším nálezem.

Dalšími nálezy objevenými a popsány při CTA byly: hiátová hernie, divertikl žaludku, cysty jater, cysty ledvin a fraktury.

Výzkumná otázka č. 4: Jaká byla hodnota D - dimerů u pacientů před CTA?

Ve čtvrté výzkumné otázce byly sledovány hodnoty D - dimerů u téhož souboru pacientů, a následně jsme je srovnaly s pozitivním/negativním nálezem PE na CTA (graf 4,5). Graf 4 zobrazuje vysoký D - dimer u všech pacientů s potvrzenou PE, ale oproti tomu z grafu 5 vyplývá, že normální hodnota D - dimerů u pacientů bez PE byla naměřena pouze u 4 %. Zde se nabízí otázka, jestli pacienti s negativními D – dimery mají jít na CTA? Podle klinického schéma postupu uvedeného v literatuře (1), se u pacientů s podezřením na PE bez vysokého rizika (bez hypotenze či šoku) nejprve stanoví klinická pravděpodobnost PE. Pokud je stanovena nízká nebo střední pravděpodobnost, doporučuje se poté stanovení D-dimerů, jejichž normální hodnota v tomto případě PE vylučuje. V takovém případě by tedy nebylo nutné, aby pacienti podstupovali CTA plicnice.

Dále graf 5 potvrzuje vysokou negativní predikční hodnotu, neboť zvýšené hodnoty se mohou objevit i u jiných onemocnění. Značně snížená specifická zvýšených hodnot je zřejmá u malignit, těhotných, hospitalizovaných a starších pacientů. A právě hospitalizovaní a starší pacienti tvořili převážnou část sledovaného souboru.

Výzkumná otázka č. 5: Jaké bylo radiační zatížení pacientů po CTA?

V rámci páté výzkumné otázky jsme se snažili odhadnout radiační zatížení při CTA u jednotlivých pacientů. Důležité je zmínit, že použití ionizujícího záření v lékařské praxi je vždy zdůvodněno tak, aby klinický přínos pro pacienta mnohonásobně převýšil radiační riziko. Pro posouzení rizika vzniku stochastických účinků v důsledku lékařského ozáření používáme efektivní dávku E, která je definována, jako součet dávek na určitý počet tkání, kde váhový faktor pro každou tkáň je odvozen z její radiosenzitivity.(18) Riziko spojené s lékařským ozářením v rámci diagnostického vyšetření se snižuje s přibývajícím věkem, proto jsou strategie snižování dávek nejracionálnější u mladých lidí.

Pro odhad efektivní dávky jsme použili normalizované hodnoty E_{DLP} na základě znalosti DLP u jednotlivých pacientů (graf 6). Pro hodnocení dávek při CT nejsou stanoveny pevné limity. K tomuto účelu se používají národní diagnostické referenční úrovně (NDRÚ) stanovené vyhláškou SÚJB č. 422/2016 Sb., které se následně porovnávají s místními diagnostickými referenčními úrovněmi (MDRÚ) na konkrétním pracovišti. Zde můžeme zmínit, že objemový kermový index $CTDI_{VOL}$ dle NDRÚ pro CT hrudníku je 15 mGy. Dalším dokumentem, který se k této problematice vztahuje, je doporučení, dle Národního radiologického standardu (NRS) pro CT, uvedeného ve Věstníku Ministerstva zdravotnictví ČR č.10/2016.

V této práci se hodnoty E nejčastěji pohybovaly mezi 2 – 7 mSv (průměrná E byla 5,4 mSv), což se shoduje se stanoveným předpokladem a nepřevyšuje doporučení dle NRS pro CT. Podle NRS pro CT je typická hodnota $CTDI_{VOL}$ CTA hrudníku 6- 10 mGy na jednu fázi vyšetření.

V porovnání s klasickým RTG snímkem hrudníku, kde efektivní dávka čítá do 0,02 mSv, je dávka při CT mnohonásobně vyšší. Oproti tomu má, ale RTG snímek velmi nízkou výtěžnost pro diagnostiku PE, zatímco CTA má vysokou senzitivitu a specificitu. Použití RTG snímku má význam hlavně ve vyloučení jiných příčin dušnosti a bolestí na hrudi

10 ZÁVĚR

Tato bakalářská práce pojednává o možnostech diagnostiky plicní embolie. Celá bakalářská práce je rozdělena na teoretickou a výzkumnou část. Teoretická část se věnuje onemocnění plicní embolie jejím příznakům, léčbě a rizikovým faktorům. V další části poskytuje přehled dosavadních poznatků v oblasti diagnostiky tohoto onemocnění.

Ve výzkumné části byl stanoven jeden hlavní cíl, který statisticky zhodnotil a porovnal informace o pacientech, kteří podstoupili vyšetření MDCTA plicnice pro podezření na PE. MDCTA plicnice je v dnešní době nejčastější metodou volby pro svou dostupnost a rychlost. Tato metoda má však i svá rizika, a to riziko vzniku alergické reakce na kontrastní látku, která může vést až k život ohrožujícímu stavu pacienta a značné radiční zatížení, které přispívá v budoucnu ke vzniku stochastických účinků.

11 POUŽITÁ LITERATURA

1. BUREŠ, Jan, Jiří HORÁČEK a Jaroslav MALÝ. *Vnitřní lékařství*. 2., přeprac. a rozš. vyd. Praha: Galén, c2014. ISBN 978-80-7492-145-2.
2. 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and management of acute pulmonary embolism. *European Heart Journal* [online]. 2014, **35**(43), 3033-3073 [cit. 2017-01-15]. DOI: 10.1093/eurheartj/ehu283. ISSN 0195668x. Dostupné z: <http://eurheartj.oxfordjournals.org/lookup/doi/10.1093/eurheartj/ehu283>
3. WIDIMSKÝ, Jiří a Jaroslav MALÝ. *Akutní plicní embolie a žilní trombóza: patogeneze, diagnostika, léčba a prevence*. 3., rozš. a přeprac. vyd. Praha: Triton, c2011. ISBN 9788073874667.
4. ŠEBLOVÁ, Jana a Jiří KNOR. *Urgentní medicína v klinické praxi lékaře*. 1. vyd. Praha: Grada, 2013. ISBN 9788024744346.
5. WIDIMSKÝ Jiří., *Diagnosis and treatment of acute pulmonary embolism, Cor et Vasa* [online], 55 (2013), e497–e509 [cit. 2017 -01-15] Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010865013001264>
6. ČÍŽEK Vladimír, Dušan KUČERA a Martin VÁLKA. Kavální filtry. *Postgraduální medicína* [online]. 2010, 01/2010 [cit. 2017 -01-15]. Dostupné z: <http://zdravi.euro.cz/clanek/postgradualni-medicina/kavalni-filtry-448927>
7. ROKYTA R. et al., *2014 ESC Guidelines on the diagnosis and management of acute pulmonary embolism. Summary document prepared by the Czech Society of Cardiology, Cor et Vasa* 57 (2015) e275–e296 [cit. 2017-01-05], Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010865015000600>
8. SEIDL, Zdeněk. *Radiologie pro studium i praxi*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4108-6.
9. VOMÁČKA, Jaroslav, Josef NEKULA a Jiří KOZÁK. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2012. ISBN 978-80-244-3126-0.
10. FERDA, Jiří. *CT angiografie*. Praha: Galén, c2004. ISBN 80-7262-281-1.

11. HEŘMAN, Miroslav. *Základy radiologie*. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2014. ISBN 978-80-244-2901-4.
12. MZ ČR VĚSTNÍK. *Standardy zdravotní péče – národní radiologické standardy – výpočetní tomografie*, 2016, částka 2, s. 62 – 202.
13. KRUPA, Petr a Věra POSTRÁNECKÁ. Význam spirálního CT v diagnostice plicní embolie: *Intervenční a akutní kardiologie (Suppl. B)* [online]. Olomouc: SOLEN, 2007, 6. [cit. 2017-04-21]. ISSN 1213-807X. Dostupné z: <http://www.iakardiologie.cz/pdfs/kar/2007/03/14.pdf>
14. WITTRAM, Conrad, Michael M. MAHER a Albert J. YOO. *CT Angiography of Pulmonary Embolism: Diagnostic Criteria and Causes of Misdiagnosis. RadioGraphics* [online]. 2004, 24(5), 1219-1238 [cit. 2017-04-21]. DOI: 10.1148/rg.245045008. ISSN 02715333. Dostupné z: <http://pubs.rsna.org/doi/10.1148/rg.245045008>
15. BĚLOHLÁVEK, Jan. Plicní embolie. *Postgraduální medicína* [online]. Mladá Fronta, 2012, 05/2012, 480-485 [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: <http://zdravi.euro.cz/clanek/postgradualni-medicina/plicni-embolie-464717>
16. KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. *Nukleární medicína*. 2. vyd. Praha: P3K, 2015. ISBN 9788087343548.
17. HRAZDILA, Ivo. *Úvod do ultrasonografie: část II. Základní echokardiografické obrazy v jednotlivých lékařských oborech*, Brno, 2010.
18. ULLMANN, Vojtěch. *Radiační zátěž pacientů z RTG vyšetření: AstroNuklFyzika* [online] [cit. 2017-03-30]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/RadiacniOchrana.htm>
19. WIDIMSKÝ J, MALÝ J, EL IÁŠ P, et al. *Doporučení diagnostiky, léčby a prevence plicní embolie*, verze 2007. *Cor Vasa* 2008; 50(Suppl): 1S25-21S72.