

VYSOKÁ ŠKOLA ZDRAVOTNICKÁ, o. p. s., PRAHA 5

**ÚLOHA RADIOLOGICKÉHO ASISTENTA PŘI  
DIAGNOSTICE PLICNÍ TUBERKULÓZY**

Bakalářská práce

JIŘÍ PATLEJCH

Stupeň vzdělání: bakalář

Název studijního oboru: radiologický asistent

Vedoucí práce: prim. MUDr. Martin Mašek

Praha 2015



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

**Patlejš Jiří**  
**3. A RA**

**Schválení tématu bakalářské práce**

Na základě Vaší žádosti ze dne 25. 4. 2014 Vám oznamuji  
schválení tématu Vaší bakalářské práce ve znění:

Úloha radiologického asistenta při diagnostice plicní tuberkulózy

*Radiology Technician's Role in Diagnosis of Pulmonary Tuberculosis*

Vedoucí bakalářské práce: MUDr. Martin Mašek

V Praze dne: 3. 11. 2014

  
doc. PhDr. Jitka Němcová, PhD.  
rektorka

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci, na téma „Úloha radiologického asistenta při diagnostice plicní tuberkulózy“ vypracoval samostatně, pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své bakalářské práce ke studijním účelům

V Praze dne 25. března 2015

-----

Patlejch Jiří

## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu práce, prim. MUDr. Martinovi Maškovi, za ochotné vedení, odborné připomínky a cenné rady při vypracování mé bakalářské práce.

## ABSTRAKT

PATLEJCH, Jiří. *Úloha radiologického asistenta při diagnostice plicní tuberkulózy*. Vysoká škola zdravotnická, o. p. s., stupeň kvalifikace: bakalář. Vedoucí práce: prim MUDr. Martin Mašek. Praha. 2015. 46 stran, 12 stran příloh.

Tématem bakalářské práce je úloha radiologického asistenta při diagnostice plicní tuberkulózy (dále TBC). V současné době, v závislosti migrace obyvatel, lze předpokládat zvýšení výskytu TBC. Téma práce bylo zaměřeno na algoritmy a posloupnost diagnostických procesů.

V úvodu mé práce se zabývám anatomií a fyziologií dýchací soustavy. Dále pak plicní tuberkulózou, epidemiologií, etiologií, patogenezi a dělením plicní TBC, včetně jejich komplikací a koincidencí. Hlavní část práce se zabývá jednotlivými zobrazovacími metodami, při diagnostice plicní TBC, mezi které patří skiografie, skiaskopie, sonografie, výpočetní tomografie (CT), výpočetní tomografií s vysokým rozlišením (HRTC), magnetická rezonance (MR), intervenční metody a pozitronová emisní tomografie. V práci je uveden popis a rozdělení jednotlivých principů a vývoje diagnostických přístrojů, využívaných k diagnostice plicní tuberkulózy.

Klíčová slova:

Plicní tuberkulóza, rentgen, skiagram hrudníku, výpočetní tomografie, sonografie, intervenční metody.

## ABSTRAKT

PATLEJCH, Jiří. *Radiology Technician's Role in Diagnosis of Pulmonary Tuberculosis*. Medical University., Qualificational level: bachelor's degree. Supervisor: prim MUDr. Martin Mašek. Prague. 2015. 46 pages, 12 pages supplement.

The topic of this thesis is the role of radiology assistant in the diagnosis of pulmonary tuberculosis (TB below). Currently, because of increased population movements, increase in the incidence of TB can be expected. The thesis was focused on algorithms and sequence of diagnostic processes.

At the beginning of my work I deal with the anatomy and physiology of the respiratory system, furthermore pulmonary tuberculosis, epidemiology, etiology, pathogenesis and classification of pulmonary TB, including its complications and coincidences. The main part deals with various imaging techniques in the diagnosis of pulmonary TB, which include radiography, fluoroscopy, ultrasound, computed tomography (CT), high-resolution computed tomography (HRCT), magnetic resonance (MRI), intervention methods and positron emission tomography . The paper describes various principles and development of diagnostic imaging techniques used for the diagnosis of pulmonary tuberculosis.

Key words:

Pulmonary tuberculosis, X-ray, chest x-ray examinations, computed tomography, ultrasound, interventional methods

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

RDG.....	Rentgen
TBC.....	Tuberkulóza
CT .....	Počítačová tomografie (Computer Tomografy)
HRCT.....	Výpočetní tomografie s vysokým prostorovým rozlišením
DSA .....	Digitální subtrakční angiografie
K.L.....	Kontrastní látka
MR .....	Magnetická rezonance
PET/CT .....	Pozitronová emisní tomografie/počítačová tomografie
USG .....	Ultrasonografie
HU.....	Hounsfieldovy jednotky
WHO.....	Světová zdravotnická organizace
AIDS .....	Syndrom získaného selhání imunity
BK.....	Bacil Kochův (Mycobacterium tuberculosis)
RTBC.....	Registr tuberkulózy
BCG .....	Vakcinace proti TBC (Bacille Calmette Guerin)
RF.....	Radiofrekvenční impulz
HDŽ .....	Horní dutá žíla
HIV .....	Virus lidské imunitní nedostatečnosti
DM.....	Cukrovka (Diabetes mellitus)
CHT .....	Chemoterapie

DR.....Přímá digitalizace (Direct Radiography)

CR.....Nepřímá digitalizace (Computed Radiography)

TPP.....Transparietální punkce

PNO.....Pneumotorax

BCA.....Bronchogenní karcinom

MPR.....Multiplanární rekonstrukce

BAL.....Bronchoalveolární laváž

RAW.....„Surová data“ (Raw Data)

FOV.....Pole zobrazení (Field of View)

DSA.....Digitální, subtrakční angiografie

CTA.....CT angiografie

MRA.....MR angiografie

CŽK.....Centrální žilní katetr

FDG.....Radioizotop (2 – fluor – deoxy – D - glukóza)



## SEZNAM OBRAZOVÉ DOKUMENTACE

Obrázek 1 Horní cesty dýchací .....	18
Obrázek 2 Sekundární plicní lalůček .....	19
Obrázek 3 Kochův bacil .....	24
Obrázek 4 Rentgenka.....	27
Obrázek 5 Uložení pacienta u vertigrafu .....	30
Obrázek 6 Fibrózní vlákna ve výpotku.....	34
Obrázek 7 Fibrinová vlákna ve výpotku.....	34
Obrázek 8 Komprimace plicního parenchymu atelektázou .....	s okrouhlou 35
Obrázek 9 Metastázy při parietální pleuře .....	35
Obrázek 10 Schéma páté generace CT .....	38
Obrázek 11 Virtuální bronchoskopie .....	41
Obrázek 12 Flexibilní bronchoskopie.....	41
Obrázek 13 Flexibilní bronchoskopi.....	42
Obrázek 14 Sterilní stolek s instrumentářiem k TPP .....	49
Obrázek 15 Aspirační, bioptická jehla.....	50
Obrázek 16 Automatická, bioptická jehla, Tru-Cut.....	50
Obrázek 17 Pneumothorax l. sin.....	51
Obrázek 18 Rozebraný set drénu .....	53
Obrázek 19 Drén s trokarovou technikou .....	53
Obrázek 20 Orientace protonů v homogenním magnetickém poli .....	57

Obrázek 21 Schéma vyšetření PET/CT .....	59
Obrázek 22 Počet hlášených onemocnění TBC na 100 000 obyvatel .....	65
Obrázek 23 Odhad nových případů TBC, všech forem, na 100 000 obyvatel. ....	65
Obrázek 24 Porovnání incidence TBC dýchacího ústrojí v letech 2013 a 2012 .....	66
Obrázek 25 Miliární TBC - hematogenní rozsev drobných uzlíků, do průměru 1-2mm (latinsky milium – jáhel).....	67
Obrázek 26 Miliární TBC - HRCT .....	68
Obrázek 27 Miliární TBC – spirální CT .....	68
Obrázek 28 Tuberkulom v horním laloku pravé plíce, s kalcifikacemi v centru ložiska Plicní okno. ....	69
Obrázek 29 Tuberkulom v horním laloku pravé plíce, s kalcifikacemi v centru ložiska. Mediastinální okno. ....	69
Obrázek 30 Infiltrativní forma TBC v obou plicích .....	70
Obrázek 31 Infiltrativní forma TBC v pravé plíci- CT sken .....	71
Obrázek 32 Infiltrativní forma TBC v levé plíci- CT sken.....	71
Obrázek 33 Rozpadová forma TBC.....	72
Obrázek 34 Specifická kavita ve vrcholu levé plíce- CT sken .....	73
Obrázek 35 Specifická kavita v plicním vrcholu- 2D sagitální rekonstrukce .....	73
Obrázek 36 Aspergilom v chronické specifické kavitě, ve vrcholu pravé plíce.....	74
Obrázek 37 Aspergilom v chronické specifické kavitě- 2D koronární rekonstrukce.....	74
Obrázek 38 TPP pod CT kontrolou- infiltrace nejasné etiologie v pravém vrcholu .....	75
Obrázek 39 Komplikace po TPP- PNO v pravém vrcholu .....	75
Obrázek 40 Komplikace po TPP- PNO l.dx. Kardiostimulátor l.sin .....	76



## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Pozitiva a negativa sonografie hrudníku.....	33
Tabulka 2 Denzity tkání.....	39
Tabulka 3 Porovnání virtuální a flexibilní brochoskopie .....	41

## OBSAH

ÚVOD .....	16
1. ANATOMIE DÝCHACÍCH CEST .....	17
1.1. HORNÍ CESTY DÝCHACÍ .....	17
1.1.1 DUTINA NOSNÍ ( CAVUM NASI) .....	17
1.1.2 VEDLEJŠÍ DUTINY NOSNÍ (SINUS PARANASALE) .....	17
1.1.3 NOSOHLTAN (NASOPHARYNX) .....	17
1.2. DOLNÍ CESTY DÝCHACÍ .....	18
1.2.1 HRTAN (LARYNX) .....	18
1.2.2 PRŮDUŠNICE (TRACHEA).....	19
1.2.3 PRŮDUŠKY (BRONCHI PRINCIPALES).....	19
1.2.4 SEKUNDÁRNÍ PLICNÍ LALŮČEK (LOBULUS PULMONIS SECUNDARIUS).....	19
1.2.5 PLÍCE (PULMONIS) .....	20
2. FYZIOLOGIE RESPIRAČNÍHO SYSTÉMU .....	21
2.1. PLICNÍ VENTILACE .....	21
2.2. PLICNÍ DIFÚZE.....	21
2.3. PLICNÍ PERFÚZE.....	21
3. PLICNÍ TUBERKULÓZA .....	23
3.1. HISTORIE.....	23
3.2. EPIDEMIOLOGIE.....	23
3.3. ETIOLOGIE.....	24

3.4.	PATOGENEZE.....	24
3.5.	ZÁKLADNÍ FORMY PLICNÍ TUBERKULÓZY .....	24
3.5.1	PRIMÁRNÍ TBC .....	24
3.5.2	POSTPRIMÁRNÍ TBC .....	25
3.6.	KOMPLIKACE TBC .....	25
3.7.	KOINCIDENCE PLICNÍ TBC.....	26
4.	SKIAGRAM HRUDNÍKU.....	27
4.1.	HISTORIE.....	27
4.2.	PRINCIP .....	27
4.2.1	ANALOGOVÝ SKIAGRAM HRUDNÍKU .....	28
4.2.2	PŘÍMÁ A NEPŘÍMÁ DIGITALIZACE .....	28
4.2.3	MĚKKÁ A TVRDÁ TECHNIKA SNÍMKOVÁNÍ.....	28
4.3.	PŘEHLEDNÝ SKIAGRAM HRUDNÍKU .....	29
4.3.1	ZADOPŘEDNÍ SKIAGRAM HRUDNÍKU V NÁDECHU.....	29
4.3.2	ZADOPŘEDNÍ SKIAGRAM HRUDNÍKU VE VÝDECHU .....	30
4.3.3	PŘEDOZADNÍ SKIAGRAM HRUDNÍKU .....	30
4.4.	BOČNÝ SKIAGRAM HRUDNÍKU .....	31
4.5.	ÚLOHA RADIOLOGICKÉHO ASISTENTA .....	31
5.	SKIASKOPIE .....	32
6.	SONOGRAFIE .....	33
6.1.	PRINCIP ULTRAZVUKOVÉHO VYŠETŘENÍ.....	33

6.2.	SONOGRAFIE PLEURÁLNÍHO PROSTORU.....	34
6.3.	INDIKACE SONOGRAFICKÉHO VYŠETŘENÍ.....	34
6.4.	INTERVENCE POD SONOGRAFICKOU KONTROLOU .....	35
7.	VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE (COMPUTED TOMOGRAPHY).....	36
7.1.	HISTORIE.....	36
7.2.	GENERACE CT .....	36
7.2.1	PRVNÍ GENERACE PŘÍSTROJŮ .....	36
7.2.2	DRUHÁ GENERACE PŘÍSTROJŮ .....	36
7.2.3	TŘETÍ GENERACE PŘÍSTROJŮ.....	36
7.2.4	ČTVRTÁ GENERACE PŘÍSTROJŮ .....	37
7.2.5	PÁTÁ GENERACE PŘÍSTROJŮ.....	37
7.3.	PRINCIP CT .....	38
7.4.	PRINCIP HRCT.....	39
7.5.	NÁSLEDNÉ ZPRACOVÁNÍ RAW DAT (POSTPROCESSING) .....	40
7.5.1	Dvoudimenzionální.....	40
7.5.2	Třidimenzionální.....	40
7.5.3	Virtuální bronchoskopie .....	41
7.6.	ÚLOHA RADIOLOGICKÉHO ASISTENTA .....	43
8.	KONTRASTNÍ LÁTKY .....	44
8.1.	KONTRASTNÍ LÁTKY VYUŽITELNÉ PRO RTG ZÁŘENÍ.....	44
8.2.	KONTRASTNÍ LÁTKY VYUŽITELNÉ PRO MR ZOBRAZENÍ.....	45

8.3.	KONTRASTNÍ LÁLKY VYUŽITELNÉ POD UZ .....	46
9.	INTERVENČNÍ VÝKONY POD CT KONTROLOU .....	47
9.1.	TRANSPARIETÁLNÍ PUNKCE (TPP).....	47
9.1.1	INDIKACE .....	47
9.1.2	PŘÍPRAVA PACIENTA .....	48
9.1.3	PŘÍPRAVA INSTRUMENTARIÍ.....	49
9.1.4	TECHNIKA VÝKONU.....	50
9.1.5	KOMPLIKACE VÝKONU .....	51
9.2.	TERAPEUTICKÉ, INTERVENČNÍ VÝKONY POD CT KONTROLOU - DRENÁŽE.....	51
9.2.1	INDIKACE .....	51
9.2.2	PŘÍPRAVA PACIENTA .....	52
9.2.3	PŘÍPRAVA INSTRUMENTARIÍ.....	52
9.2.4	TECHNIKA VÝKONU.....	52
9.2.5	KOMPLIKACE .....	53
10.	DIGITÁLNÍ, SUBTRAKČNÍ ANGIOGRAFIE (DSA) .....	54
10.1.	TYPY DSA CÉVNÍHO ŘEČIŠTĚ HRUDNÍKU .....	54
10.2.	INDIKACE.....	54
10.3.	KONTRAINDIKACE .....	55
10.4.	PŘÍPRAVA VYŠETŘENÍ.....	55
10.5.	ÚLOHA RADIOLOGICKÉHO ASISTENTA .....	55
11.	MAGNETICKÁ REZONANCE .....	57



11.1.	HISTORIE MR.....	57
11.2.	PRINCIP.....	57
11.3.	KONTRAINDIKACE .....	58
12.	HYBRIDNÍ SYSTÉM PET/CT.....	59
12.1.	PRINCIP.....	59
12.2.	VYUŽITÍ PŘI DIAGNOSTICE PATOLOGIE PLIC.....	60
12.3.	KONTRAINDIKACE .....	60
13.	ZÁVĚR.....	62
14.	Bibliografie .....	63
15.	PŘÍLOHY .....	65

## ÚVOD

Přestože se Česká republika řadí k zemím s nízkým výskytem onemocnění plicní tuberkulózou, zvolil jsem si téma práce „Úlohy radiologického asistenta při diagnostice plicní tuberkulózy“, proto, že zobrazovací metody patří mezi základní vyšetřovací postupy, při stanovení tuberkulózy plic.

Z důvodu zvýšené migrace obyvatelstva, z míst s vysokou incidencí výskytu plicní tuberkulózy, nelze vyloučit nárůst množství postižených pacientů tímto onemocněním. Vzhledem k neustálému zdokonalování zobrazovacích technik, se daří toto onemocnění včas diagnostikovat, avšak i tak v České republice ročně několik pacientů tomuto onemocnění podlehnou. U aktivní formy TBC platí, že bez léčby je smrtelná z více než 50 %

Dříve využívané vyšetřovací metody, radiofotografie (snímkování ze štítu), skiaskopie, lineární tomografie, či simultánní tomografie, jsou dnes zastoupeny modernějšími, metodami, jako například spirální počítačovou tomografií (CT), výpočetní tomografií, s vysokým rozlišením (HRCT), sonografií a pozitronovou emisní tomografií (PET). Tento pokrok, v technologiích umožňuje lékařům, ruku v ruce s klasickým kultivačním vyšetřením plic, přesnější a včasnější diagnostické závěry.

Cílem této bakalářské práce je shrnutí možných, použitelných metod, v radiodiagnostice plicní tuberkulózy, poukázat na sled (algoritmus) jednotlivých vyšetření a hlavně na nezastupitelný přínos práce radiologického asistenta při jednotlivých vyšetřovacích metodách.

# 1. ANATOMIE DÝCHACÍCH CEST

Dýchací systém slouží k výměně plynu mezi vnějším prostředím (vnější dýchání) a vnitřním prostředím (vnitřní dýchání). Dýchání probíhá rytmicky a automaticky, avšak může být kdykoliv volním úsilím zastaveno, prohloubeno, či jakkoliv modifikováno. Výměna O<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub> plynů se podílí na udržení rovnováhy mezi kyselými a zásaditými látkami v organismu. Součástí dýchacích cest je též hlasové ústrojí. [1] Dýchací cesty lze dělit na horní a dolní cesty dýchací. [2]

## 1.1. HORNÍ CESTY DÝCHACÍ

Horní cesty dýchací jsou tvořeny dutinou nosní, s přilehlými vedlejšími nosními dutinami a nosohltanem. [1]

### 1.1.1 DUTINA NOSNÍ (*CAVUM NASI*)

Nosní dutina je rozdělena přepážkou (*septum nasi*) na pravou a levou část. Oddělení horního, středního a dolního průchodu je tvořeno skořepami (*conchae*). Skořepa nosní odstupují z laterálních stěn a dělí dutinu nosní na tři frakce (*metanas superior, medius a inferior*). Jsou tvořeny kostními lamelami a tak zvětšují povrch dutiny nosní. Horní a dolní skořepy jsou výběžky čichové kosti, mezitím dolní skořepa je samostatná kost. [2]

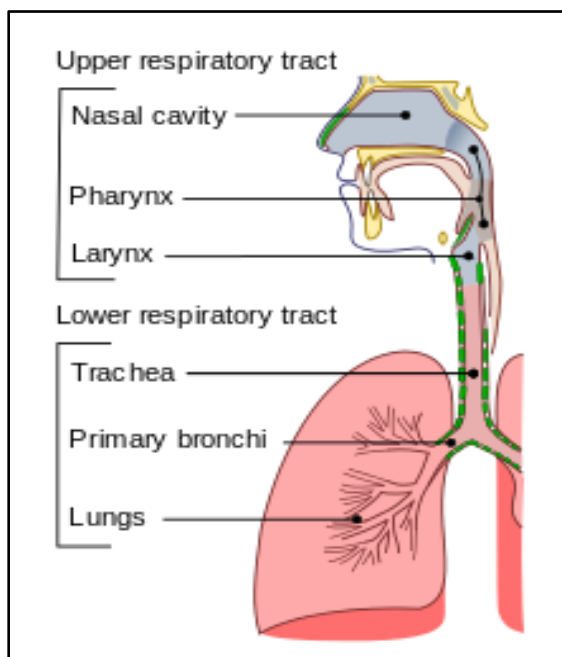
### 1.1.2 VEDLEJŠÍ DUTINY NOSNÍ (*SINUS PARANASALE*)

Vedlejší dutiny nosní jsou tvořeny postupnou osifikací. Prostory dutin hraničí s nosní dutinou a jsou spojeny úzkými otvory, kterými do nich proudí vzduch. Dělí se na *sinus frontalis, maxillaris, sinus ethmoidalis a sphenoidalis*. Dutiny *sinus frontalis, ethmoidalis a sphenoidalis* jsou párovými, avšak vykazují asymetrii velikostí i tvarem. [2]

### 1.1.3 NOSOHLTAN (*NASOPHARYNX*)

Nosohltan se nachází v horní části hltanu, v konfrontaci s trávicí soustavou. Na nosohltan je napojena Eustachova trubice, zajišťující vyrovnávání tlaku ve středouší. Součástí nosohltanu jsou také nosní mandle (*tonsilla palatina*). [1]

## 1.2. DOLNÍ CESTY DÝCHACÍ



Obrázek 1 Horní cesty dýchací

Dolní cesty dýchací navazují hrtanem (*larynx*) na nosohltan (*nasopharynx*). Dále postupují průdušnicí (*trachea*), průduškami (*bronchi*) až do samotného dýchacího orgánu, plic (*pulmonis*), kde se v plicích lalůčcích větví na průdušinky (*bronchioly*). [1]

### 1.2.1 HRTAN (*LARYNX*)

Hrtan je dutá trubice tvořená chrupavkami. Ústí do průdušnice (*trachey*) a je první součástí dolních cest dýchacích. Hrtan je složen z třech chrupavek nepárových a dvou párových. Chrupavky nepárové se dělí na štítnou (*cartilago thyroidea*), prstencové (*cartilago cricoidea*) a příklopky hrtanové (*epiglottis*). Chrupavky hlasivkové (*cartilagenes arytoneidae*) jsou mezi sebou spojeny vazivem a klouby na něž se upíná svalstvo umožňující jejich pohybu a tím vzájemnou vzdálenost. Dutina hrtanu má tvar přesýpacích hodin a je dělena na horní rozšířenou část (*vestibulum laryngis*), zužující se do středové štěrbiny (*rima vestibuli*) a rozšiřující se směrem kaudálně od (*rima glottidis*) po průdušnici (*cavitas infraglottica*). [1]

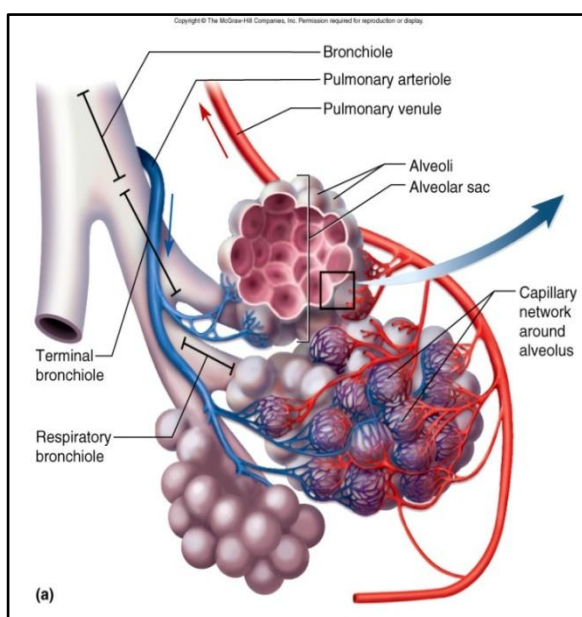
### 1.2.2 PRŮDUŠNICE (TRACHEA)

Průdušnice (trachea) je zavěšena na prstencovou chrupavku (cartilago cricoidea) o délce 13 až 15 cm a končí rozvětvením na pravý a levý hlavní bronchus. Dělí se na krční a hrudní část. Krční část zasahuje do výše horního okraje sternu a je uložena v mediální rovině krku až po mezihrudí. Mezitím co hrudní část probíhá paralelně s jícnem, mezi tepnami vycházejících z aortálního oblouku (arcus aorte) a je uložena v horním mediastinu. Průdušnice se skládá vpředu cca z 15 podkovovitých chrupavek, spojených vazivem, zaručující pevnou stavbu trachey. Zadní stěna je tvořena vazivem a hladkou svalovinou. [1]

### 1.2.3 PRŮDUŠKY (BRONCHI PRINCIPALES)

Průdušky se dělí na levý bronchus (bronchus principalis dx.) a pravý bronchus (bronchus principalis sin.). Levý bronchus, který probíhá strměji je rozdělen na (bronchus lobaris superior) a (bronchus lobaris inferior). Pravý bronchus, s pozvolnějším vstupem, je dělen na (bronchus lobaris medius) a (bronchus lobaris superior).

### 1.2.4 SEKUNDÁRNÍ PLICNÍ LALŮČEK (LOBULUS PULMONIS SECUNDARIUS)



Obrázek 2 Sekundární plicní lalůček

Segmentární bronchy přechází v jemné průdušinky (bronchioly), které dosahují průměrů, do maxima 1mm a přecházejí v terminální bronchioly, do maximálních průměrů 5mm. Terminální bronchioly se dělí na 2 a více respiračních bronchiolů. Ty se dále dělí na tenkostěnné trubičky (ductuli alveolares), které končí slepě v plicních sklípcích (sacculi alveolares) a v alveolech (alveoli pulmonis).

Terminální bronchiolus, bronchioli respiratorii, ducti alveolares, atria a sacculi alveolares, s plicními alveoly, tvoří sekundární lalůček plicní (lobulus pulmonis secundarius), což je základní stavební a funkční jednotka plic, ve které dochází k difuzi plynů mezi vzduchem a krví.

### **1.2.5 PLÍCE (PULMONIS)**

Plíce, jakožto párový orgán, zajišťují zevní dýchání a výměnu plynů O<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub>, mezi krví a vzduchem, který je nasáván. Mají houbovitou konzistenci, v útlém věku barvy růžové, postupně přecházející do barvy šedočerné, způsobené zanášením prachovými částicemi. Plíce tvarem připomínající komolý kužel, jsou odděleny mediastinem. Plicní hrot (apex) je situován v oblasti prvního žebra, které na něm zanechává otisk, zasahuje až do krční krajiny, mezitím co baze plic (basis pulmonis) dosedá na bránici (facies diaphragmatica). Frontální plocha je konvexní a doléhá na hrudní stěnu (facies costalis). Na mediastinum doléhá plíce z mediální strany (facies mediastinalis), kde se nalézají plicní hilus, s dalšími mediastinálními orgány. Každý z laloků je ventilován plicní průduškou (bronchus lobaris) a průduškami (bronchioly). Plíce jsou uloženy v pleurální prostoru, kryty poplicnicí (pleura visceralis) na níž dosedá pohrudnice (pleura parietalis). [1]

Pravá plíce je tvořena ze tří laloků (lobus superior, medius at inferior dx.). Levá plíce je tvořena ze dvou laloků (lobus superior at inferior sin.). Vpravo jsou laloky navzájem odděleny rýhami (fissura obliqua horizontalis et horizontalis dx.) a vlevo (fissura obliqua sin.) [1]

## **2. FYZIOLOGIE RESPIRAČNÍHO SYSTÉMU**

Základní funkcí respiračního systému je výměna plynů mezi vnitřním a vnějším prostředím, neboli vnější dýchání. Nádech (inspirium) probíhá v závislosti na kontrakci dechových svalů a tím je tlak v dýchacích cestách negativní. Výdech (expirium) je vyvolán relaxací dýchacích svalů, zmenšování objemu hrudníku a zvyšování tlaku v dýchacích cestách (pozitivní tlak).

Výměna plynů se rozděluje do tří základních skupin: ventilace, difuze, perfuze. [3]

### **2.1. PLICNÍ VENTILACE**

V závislosti na interpleurálním tlaku, který je menší, než atmosférický je umožněn fyziologický proces ventilace. Pouze v alveolech probíhá výměna plynů. Zbytkový plyn je tzv. mrtvý objem. Při nádechu objemu 500 ml u zdravého jedince dostává do plicních alveol pouze 350 ml vzduchu. Při výdechu se nejprve vydechne 150 ml vzduchu z mrtvého objemu a až poté 350 ml z alveol. [3]

### **2.2. PLICNÍ DIFÚZE**

Výměna dýchacích plynů, kyslíku a oxidu uhličitého zajišťuje alveolo - kapilární membrána. Difuze je závislá na velikosti difuzní plochy, rozdílu tlaku mezi alveolární a kapilární stranou a průchodnosti plynů přes difúzní membránu. [3]

### **2.3. PLICNÍ PERFÚZE**

Plicní difuze je plicní cirkulace krve pro dostatečné zajištění plicní difuze. V alveolách se vymění každou minutu 5l vzduchu, zároveň musí projít vlásečnicemi, ve stěnách alveolů, přiměřené množství krve, aby byla zajištěna dostatečná výměna plynů.

Výměna kyslíku a oxidu uhličitého proběhne ve stěnách alveolů přibližně za  $\frac{3}{4}$  sekundy. [3]



### **3. PLICNÍ TUBERKULÓZA**

Termín tuberkulóza zavedl v roce 1834 Cholein, který tímto termínem chtěl vystihnout charakteristický rys onemocnění, tvorku uzlíků (z latinského tuberculum - hrbolek, uzlíček) granulomů různé velikosti. [4]

#### **3.1. HISTORIE**

Tuberkulóza patří k jednomu z nejstarších onemocnění lidstva. První zprávy, o této nemoci, se objevují od období, kdy lidé začali vytvářet větší sociální celky. Za nejstarší a zároveň první doklad, se považuje nález z neolitu (mladší doby kamenné), zhruba 8 000 až 5 000 let před naším letopočtem, na kostře, s destrukcí IV. a V. hrudního obratle.

Výzkumy prokázaly přítomnost TBC jak ve starém Egyptě, v Babylonské říši, v Indii. Zmínky jsou i v Bibli, ve Starém zákoně. [4]

#### **3.2. EPIDEMIOLOGIE**

Úmrtnost na TBC byla ve světě, koncem 17. století, 750/100 000 obyvatel. Od té doby výsky TBC plynule klesá. V roce 1882, kdy Robert Koch objevil bacil TBC, dosahovala 300/100 000 obyvatel. V 80 letech, minulého století, se zdálo, že díky zahájení léčby TBC nejúčinnějším, baktericidním antibiotikem, Rifampicinem, se tuberkulóza stala nemocí minulosti. Začátkem 90. let, minulého století nastal celosvětový nárůst incidence TBC, způsobený migrací obyvatelstva z míst s vysokou incidencí TBC, hlavně z tzv. třetího světa, z rozvojových zemí. Dle statistiky WHO, nyní představuje TBC třetí nejvíce rozšířenou infekční chorobou na zemi, s nejčastější příčinou smrti, spolu s AIDS, přičemž se tyto dvě choroby často kombinují - koincidence TBC a AIDS. S nárůstem plicní rakoviny je prokázána i častější koincidence tohoto onemocnění plic, s aktivní TBC. Nová vlna TBC přinesla s sebou

závažný problém. V mnohých oblastech je okolo 10% prvoinfekcí způsobených kmeny BK rezistentních na dvě a více antituberkulotik, tzv. multirezistentními kmeny.

V roce 2013 bylo hlášeno do RTBC celkem 502 onemocnění tuberkulózou všech forem a lokalizací, tj. 4,8 případu na 100 000 obyvatel. V porovnání s předchozím rokem jde o výrazný pokles hlášených případů. TBC dýchacího ústrojí byla zjištěna ve 455 případech (meziroční snížení o 97 onemocnění), v 95 % byly zasaženy plíce. Jiná TBC se vyskytovala u 47 osob (pokles o 12 případů). Grafické znázornění viz. příloha. [4]

### 3.3. ETIOLOGIE

Původcem TBC je tuberkulózní bacil, který objevil, v roce 1882, německý lékař a mikrobiolog, Robert Koch. Nazývá se po něm Kochův Bacil. Patří do rodu Actinomycetales, do čeledi Mycobacteriaceae. Mycobakterie, patogenní pro člověka, lze rozdělit na klasické mykobakterie a na velkou skupinu, tzv. atypických mykobakterií. [4]



Obrázek 3 Kochův bacil

### 3.4. PATOGENEZE

Tuberkulóza dýchacího ústrojí zahrnuje postižení dýchacích cest, plicního parenchymu, pleury a nitrohručních lymfatických uzlin. Dýchací ústrojí je vstupní bránou TBC z 80 – 90%. Přenos nákazy KB je, v případě plicní TBC, vzduchem - inhalační cestou, tzv. kapénkovou infekcí, při kašli či smrkání, kýcháním, ale i prostým hovorem. [4]

### 3.5. ZÁKLADNÍ FORMY PLICNÍ TUBERKULÓZY

#### 3.5.1 PRIMÁRNÍ TBC

Infikovaný pacient nebyl nikdy ve styku s BC, nemá protilátky proti TBC. Dříve nejčastěji postiženy děti. Dnes, díky příznivé, epidemiologické situaci, se dítě setkává s TBC v pozdějším věku – v pubertě nebo až v dospělosti. Mluvíme o pozdní

primoinfekci, která tvoří cca 23 až 34%, případů primární TBC. Na RTG se projeví jako onemocnění parenchymu plic, zvětšenými uzlinami (lymfadenopatií), pleurálním výpotkem, miliárním výsevem. [5]

### **3.5.2 POSTPRIMÁRNÍ TBC**

Vzniká u osob, které byly již dříve infikované, které prodělaly TBC primární nebo u nich proběhla BCG vakcinace. Jedná se o TBC dospělých. Charakteristické pro formu tohoto druhu je chronicita a lokalizace. Převažují zde rozsáhlé, peribronchitické infiltráty, s tendencí ke kavitacím a jizvení, včetně závažnějších komplikací, oproti primární TBC. U této formy jsou minimálně postiženy uzliny.

Jako součást primární i sekundární tuberkulózy se může vytvořit tuberkulom, což je sluk BK obklopený a opouzdřený pojivem, s centrálními kalcifikacemi. [5]

## **3.6. KOMPLIKACE TBC**

TBC je nebezpečná zejména svými smrtelnými formami, jako je miliární TBC, při které došlo k rozsevu infekce krevním řečištěm do dalších orgánů (př. TBC meningitida a TBC ledvin). [5]

Další skupina komplikací je při uzlinové formě plicní TBC, kdy tlakem uzlin na okolní struktury může docházet k:

- Obstrukci dolních dýchacích cest, s následnou atelektázou příslušné anatomické jednotky
- Komprimaci stěny HDŽ, s následnou stenózou cévy, s následným syndromem HDŽ
- Perforaci stěny jícnu, s následnými píštělemi
- K paréze bráničního nervu, či rekurentu
- K perforaci do dýchacích cest, s následným bronchogenním šířením, s následnými komplikacemi při hojení, na podkladě trakčních změn

(bronchostenózy, bronchiektázie, fibróze parenchymu, se zmenšením objemu plicního parenchymu, až k hemoptýzám).

- Při perforaci infikované uzliny dochází k mimoplicnímu, hematogennímu rozsevu, s následnými komplikacemi (abscesy v měkkých tkáních, TBC perikarditida, výpotek v perikardu).

Častou komplikací TBC je aspergilom. Vzniká v preformované plicní dutině, různé etiologie, nejčastěji specifické kavitě. Ale může se vytvořit i v bronchiektázii, v bule, v abscesu, v pooperační dutině či v dutině po empyému. V lumen dutiny vzniklá kulovitý útvar, tvořený shlukem mykotických vláken, tkáňového detritu a zánětlivých buněk. Nechová se expanzivně, může být stacionární řadu let či se mírně zvětšovat. Ale mohou i regredovat či kalcifikovat. Na RTG vidíme nepravidelně oválnou či okrouhlou dutinu, s různě širokou stěnou. V lumen dutiny je vidět sytý, kulatý stín, se srpkem lemu, nejčastěji při horní části kavity, tvořící charakteristický obraz rolničky. Častou komplikací aspergilomů je život ohrožující hemoptýza. [5]

### **3.7. KOINCIDENCE PLICNÍ TBC**

Podle statistik onemocní HIV pozitivní jedinec 30x častěji jakoukoliv formou TBC a nemoc má nepříznivou prognózu i přes adekvátní léčbu. Na rychlém šíření infekce se podílí i chronická podvýživa a nízká hygienická úroveň.

Koincidence TBC a pacientů se sníženou imunitou na podkladě jiných onemocnění, při primárních poruchách imunity. Sekundárně například při DM, pacientů s nádorovým onemocněním a po CHT, anorexie a u starých lidí.

Koincidence primárního plicního tumoru, nejčastěji adenokarcinomu, po prodělané plicní TBC, v postspecifické jizvě. [5]

## 4. SKIAGRAM HRUDNÍKU

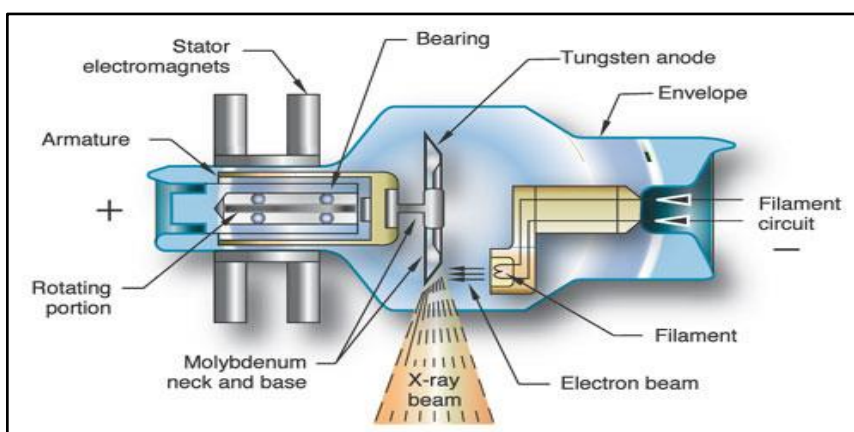
Přes množství moderních, zobrazovacích, vyšetřovacích metod, zůstává skiagram hrudníku, základní a nečastěji používanou zobrazovací metodou nejen při diagnostice plicní TBC, ale obecně v celé pneumologii. Zachytí patologické změny v oblasti plicního parenchymu, plicních hilů, bránice, pleury, mediastina, srdce, měkkých částí stěny hrudní a skeletu hrudníku. [6]

### 4.1. HISTORIE

Dne 8. listopadu, roku 1895, při pokusech s katodovou trubicí, bylo Wilhelmem Conradem Röntgenem objeveno neviditelné záření, jím nazývané „X“ ray a až po návrhu anatoma Köllikera, bylo pojmenováno po svém objeviteli, na Röntgenovo záření. Za tento objev získal Wilhelm Conrad Röntgen roku 1901 Nobelovu cenu. Vynález si nikdy nenechal patentovat a tak roku 1923 vědec zemřel, v chudobě, ve městě Mnichov. Historie prvních rentgenek spočívala ve vakuové trubici se žhavicím vláknem se zavedenými oboustranně polévanými filmy a zesilovací fólií. Koncem I. světové války byla zjištěna vlnová délka paprsku v rozmezí  $10^{-8}$ –  $10^{-12}$  nm. [7]

### 4.2. PRINCIP

Rentgenovo záření je elektromagnetické vlnění, v oblasti neviditelného spektra. Toto ionizační záření prochází hmotou, kde se částečně absorbuje, vyvolává excitaci atomů a ionizaci. Úbytek záření je přímo úměrný se čtvercem vzdálenosti, čehož se využívá v radiační ochraně. Na luminiscenčním materiálu vyvolává luminiscenci důsledkem fotochemického efektu. Paprsky „X“ vznikají po prudkém dopadu



Obrázek 4 Rentgenka

emitovaných  
elektronů  
ze žhavené katody  
na ohnisko  
wolframové  
anody. Tomuto  
záření se také říká  
primární záření.

Primární záření se využívá při tvorbě diagnostických obrazů, v medicínských oborech.

#### **4.2.1            *ANALOGOVÝ SKIAGRAM HRUDNÍKU***

V nedávné historii bylo používáno filmů, s vyšším podílem halogenidů stříbra, uložených mezi fluorescenční desky, které svým světélkováním ozářily vložený film. Ozářený film se následně vyvolával v soustavě nádob s vodou, vývojkou a ustalovačem. Po tomto procesu byl následně sušen. Tento proces později vystřídaly tzv. „vyvolávací automaty“. [7]

#### **4.2.2            *PŘÍMÁ A NEPŘÍMÁ DIGITALIZACE***

S vývojem počítačové digitalizace bylo umožněno zaznamenávat rentgenový obraz metodou přímé digitalizace (DR), či nepřímé digitalizace (CR), pomocí snímacích detektorů, poté je počítačově upravovat (postprocessing) a archivovat, v serverových úložištích zdravotnického zařízení.

Přímá digitalizace probíhá zachycením záření maticí detektorů a převedeno na elektrické signály.

Nepřímá digitalizace využívá fosforových fólií, které jsou později skenovány laserem a přeneseny do počítače. [8]

#### **4.2.3            *MĚKKÁ A TVRDÁ TECHNIKA SNÍMKOVÁNÍ***

Charakteristika tvrdosti záření spočívá v množství napětí. Obraz pořízený měkkou technikou, například snímek prsu je pořizován při napětí do 45 kV, mezitím co tvrdá technika pro zobrazení plicního parenchymu je nad 100 kV. Úskalím snímkování tvrdou technikou je množství sekundárního záření vyzářeného všemi směry z těla pacienta. Důsledkem sekundárního záření je zhoršení kvality obrazu, radiační zátěž pacienta i personálu obsluhujícího rentgen. Z tohoto důvodu se používá soustava filtrů, které eliminují množství měkkého záření o delších vlnových délkách a nízké energii fotonů. [6]

### 4.3. PŘEHLEDNÝ SKIAGRAM HRUDNÍKU

Jedná se o nejčastější vyšetření situované na oblast hrudního koše. Snímek je zhotoven pomocí tvrdé techniky (od 106 kV) a měl by obsahovat parametry ideální pro zhodnocení lékařem. Snímkovaný objem se zanáší na filmové kazety velikosti 35x 35 cm, 35x 45 cm dle mohutnosti snímkované osoby. Snímkovací technika s nízkou radiační zátěží pro pacienta (efektivní dávka 0,01- 0.02 mSv).

#### 4.3.1 ZADOPŘEDNÍ SKIAGRAM HRUDNÍKU V NÁDECHU

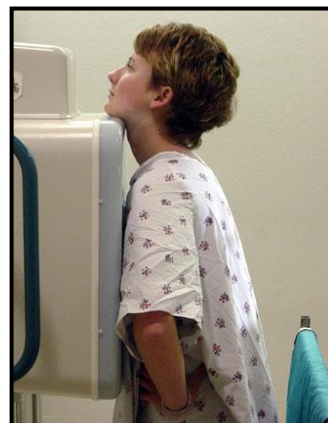
Tato projekce je prováděna u mobilního pacienta v maximálním inspiriu pro rozšíření plicního parenchymu.

- Poloha pacienta je posteriori-arteriální (PA)
- Brada na horní okraj vertigrafu
- Ramen naléhající na desku, pro odclonění stínů lopatek
- Medialní rovina těla by měla být na středu kazety (dle stavby pacienta)
- Horní okraj kazety ve výši ramen
- Centrace paprskem mezi spojnicí dolních okrajů lopatek
- Vycloněno primárními clonami
- Stranové značení zrcadlově
- Vykrytí nesnímkovaných oblastí olověnými prostředky

Projekce by měly být zhotovena tak, aby byly zachyceny vrcholy, laterální okraje a baze plic včetně kostofrenických úhlů. Přesná centrace je nedílnou součástí snímku, zde postřehnutelná dle symetrické orientace klíčních kostí. [7]

#### 4.3.2 **ZADOPŘEDNÍ SKIAGRAM HRUDNÍKU VE VÝDECHU**

Zadopřední skiagram hrudníku, v maximálním výdechu, se provádí při kontrolách po invazivních výkonech, jak v oblasti plic, tak v pleurálním prostoru. Po TPP, evakuačních punkcích výpotků, z pleurálního prostoru, po plicní drenáži, i po drenáži pleurálního prostoru. Na tuto indikaci by se nemělo zapomínat i při kontrolním skiagramu, po zavedení CŽK. Zhotovení tohoto snímku je založeno na stejném principu, jako zadopřední snímek hrudníku v nádechu. [7]



Obrázek 5 Uložení pacienta u vertigrafu

#### 4.3.3 **PŘEDOZADNÍ SKIAGRAM HRUDNÍKU**

Předozaďní snímek (aterioposterior-AP) bývá zhotoven v případě imobilních pacientů na lůžku. Z tohoto důvodu není možné použití sekundárních clon a exponováno je měkkou technikou. Této projekce se využívá u snímku na lůžku na oddělení a to pojízdným rentgenem. [7]

- Vložení kazety pod pacienta
- Vrchol kazety nad ramena
- Centrace na střed sterna
- Clonění primárními clonami
- Stranové označení AP
- Vykrytí nesnímkaných oblastí olověnými prostředky



#### **4.4. BOČNÝ SKIAGRAM HRUDNÍKU**

Bočný skiagram hrudníku se zhotovuje u mobilních, i u imobilních pacientů, v rámci základního vyšetření, spolu se zadopředním skiagramem. Přibližuje prostorovou lokalizaci patologického procesu, zřetelněji informuje o retrográdních, hilových i mediastinálních procesech, o subpulmonární oblasti a v neposlední řadě i o tvaru a velikosti jednotlivých srdečních oddílů.

Standardně je prováděn levý bočný skiagram, avšak při pravostranné lokalizaci zkoumaného procesu zhotovujeme pravostranný bočný skiagram. [7]

- Pacient bývá orientován vstoje bokem k vertigrafu
- Horní okraj kazety nad ramena
- Pacient v předpažení pro selekci stínů humerů
- Centrace na střed plic a střed kazety
- V případě imobility je skiagram zhotoven vsedě
- Vykrytí nesnímkaných oblastí olověnými prostředky

#### **4.5. ÚLOHA RADIOLOGICKÉHO ASISTENTA**

Radiologický asistent, zhotovující snímek, určí podle žádanky a dispozic pacienta vhodnou projekci. Dále nastaví optimální expoziční hodnoty (u analogových přístrojů), případně správný program (digitální přístroje). Expozice i projekce se může lišit podle dispozic pacienta a jeho tělesných proporcí. Důležitým aspektem, při zhotovení rentgenu plic je nutné vysvěčení pacienta, tak aby případné předměty, ve vyšetřované oblasti, nezpůsobovaly artefakty a nedošlo tak k pochybení lékaře. Omyly mohou zapříčinit zapomenuté řetízky, EKG svody na hrudi, kostice a háčky podprsenek u pacientek, piercing v prsním dvorci, případně jiné sumace cizích těles z povrchu těla.

## 5. SKIASKOPIE

Skioskopie je radiologická vyšetřovací metoda, při níž s pomocí RTG záření dopadajícího na zesilovač může lékař sledovat dvourozměrný rentgenový obraz trojrozměrného objektu v reálném čase. Zjednodušeně jde o jistou formu kamery, která na zobrazení nevyužívá viditelné světlo, ale rtg záření. Nevýhodou je i vyšší radiační zátěž. Je základní metodou při vyšetřování gastrointestinálního traktu, kde kromě morfologických změn se sleduje i dynamika plnění a vyprazdňování vyšetřovaných.

Skioskopie hrudníku je pouze doplňková metoda při vyšetření hrudníku. Dříve se používala při určování elevace bránice, zda se nejedná o parézu bránice. V dnešní době lze skioskopii, zářením zatíženou metodu, zcela nahradila sonografie.

Ze skioskopických metod, se při komplikacích plicní TBC, nejčastěji využívá funkční vyšetření jícnu, pomocí vodné kontrastní látky. Jak jsem se již v úvodu práce zmínil, uzlinová forma TBC může chronickým tlakem na stěnu jícnu způsobit její ischemii, s následnou perforací a paravazací obsahu jícnu do mediastina či při komunikací s dýchacími cestami, do plic. Většinou ale dochází ke kolikvaci specifické uzliny a erozi stěny jícnu. Vyšetření kontrastního, polykacího aktu indikujeme při podezření na stenózu či perforaci stěny jícnu.

Vyšetření provádíme vodou rozpustnou kontrastní látkou. Průnik barya do mediastina by způsobil těžký zánět (mediastinitidu). V případě podezření na perforaci jícnu a komunikaci s dýchacími cestami, se doporučuje použít ionickou, co nejvíce nízkoosmolární – hypoosmolární K.L. Běžně používané, vodné, K.L mají vysokou osmolaritu. Pokud by tato látka pronikla do alveolů, mohla by způsobit plicní edém. [9]

## 6. SONOGRAFIE

Sonografie, jinak ultrasonografie, ultrazvuk, echo, lidově sono.

Ultrasonografie využívá k zobrazení tkání a útvarů těla odraz zvuku od tkáňových rozhraní.

### 6.1. PRINCIP ULTRAZVUKOVÉHO VYŠETŘENÍ

K diagnostickým účelům se využívá vlnění frekvence od 2 do 10MHz.

Ultrazvukové vlny se chovají v různých tkáních různě. Některé tkáně, resp. rozhraní tkání, vlny přímo odrážejí, ale v jiných dochází k rozptylu ještě před tím, než se echa vrátí do vyšetřovací sondy. Odražené vlny se registrují ve vyšetřovací sondě a ještě se zesilují. [4]

- Průchod UZ paprsků tkáněmi s odlišnou hustotou je různý.
- Prostředí, kdy nevznikají žádné odrazy, je anechogenní - tekutiny.
- Malé množství odrazů je hypoechogenní - měkké tkáně (př. lymfatické uzliny).
- S přibývajícím hustotou struktur se zvyšuje echogenita,
- až velké množství obrazů - hyperechogenní prostřední - štítná žláza.
- Kostra odráží UZ vlnění tak silně, že architekturu nelze vůbec zobrazit, za těmito útvary vzniká akustický stín.

Tabulka 1 Pozitiva a negativa sonografie hrudníku

Pozitiva	Negativa
při cholecystolitiazě a nefrolitiáze	při sonografii pleurálního prostoru
při diagnostice calcareozní pleuritis	

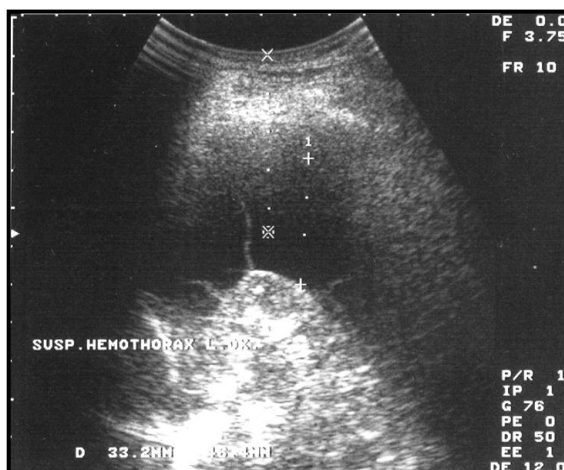
Jednoznačná výhoda této metody je, že jak pacient, tak vyšetřující lékař není zatížen radiační zátěží.

## 6.2. SONOGRAFIE PLEURÁLNÍHO PROSTORU

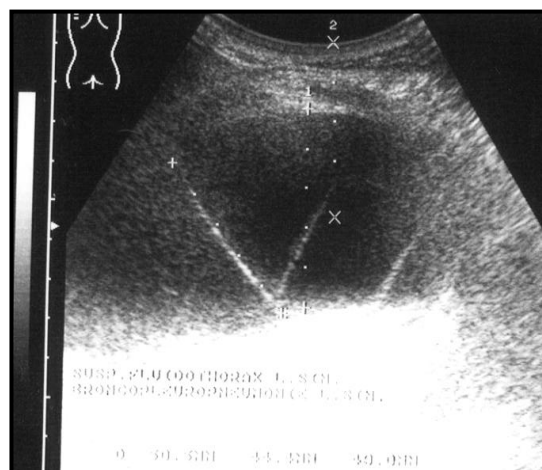
UZ umožňuje prokázat i minimální kolekci tekutiny v pohrudniční dutině a upřesnit lokalizaci drobných výpotků, před aspirační punkcí či drenáží. Vyšetření nevyžaduje žádnou přípravu ze strany pacienta, vyšetření se provádí vsedě. Využívá se sektorový obraz - trojúhelník mezi žebry, frekvence sondy se doporučuje u dospělých 3,5MHz, u dětí 5MHz. Aby obraz a hlavně vzdálenosti byly reálné, musí být sonda kolmo k hrudní stěně. [4]

## 6.3. INDIKACE SONOGRAFICKÉHO VYŠETŘENÍ

Nejčastěji lokalizace a zacílení výpotku, struktura tekutiny, (krev, vzduch, nálety) Charakter výpotku, zda se jedná o septovaný (multilokulární) výpotek či opouzdřený nebo infikovaný výpotek (empyém).

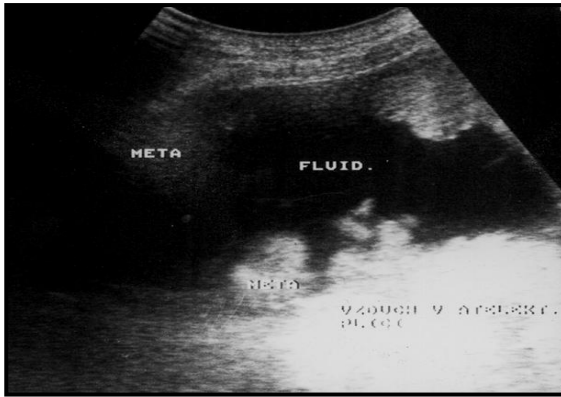


Obrázek 7 Fibrinová vlákna ve výpotku

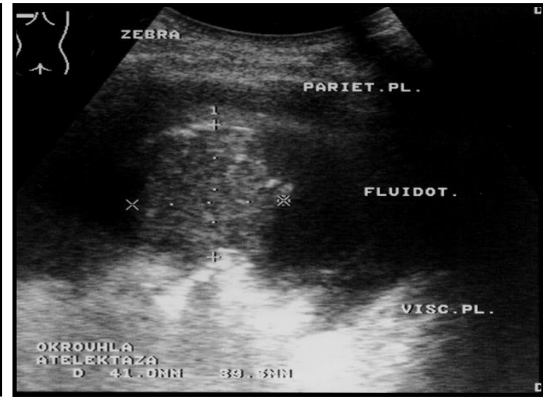


Obrázek 6 Fibrózní vlákna ve výpotku

Místo skioskopie bránice – dýchací exkurze v celé délce, paradoxní pohyby vzhled bránice - ostrá, hladká, širší bránice a pleury, nálety, metastázy podbrániční prostor - rozlišení tekutiny v subfreniích solidní útvary v pleurálním prostoru (mezoteliom, metastázy), ale i periferní, primární plicní tumor, atelektáza, kondenzace



Obrázek 9 Metastázy při parietální pleuře



Obrázek 8 Komprimace plicního parenchymu s okrouhlou atelektázou

#### 6.4. INTERVENCE POD SONOGRAFICKOU KONTROLOU

- diagnostická či evakuační punkce
- drenáž empyému, eventuálního. abscesu v periferii, subpleurálně
- TPP- solidní ložisko v pleurálním prostoru, v periferii plic [4]

## **7. VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE (COMPUTED TOMOGRAPHY)**

Po skiagramu hrudníku, je kvalitní obraz CT/HRCT druhou nejdůležitější zobrazovací metodou při diagnostice plicní TBC a proto se tomuto tématu budu věnovat detailněji. Zvláště pak třetí generaci CT.

### **7.1. HISTORIE**

Základ výpočetní tomografii položil Allan MacLeod Cormack, který je autorem snímkování jednotlivých vrstev těla a následném vyhodnocení pomocí výpočetní techniky. Zvýšení kvality počítačových (digitálních) technologií umožnilo výpočty získané při tomografickém vyšetření. První použitelný klinický přístroj zkonstruoval fyzik Godfrey Newbold Haunsfield roku 1972 postavený na základech Cormackovy teorie.

### **7.2. GENERACE CT**

Výpočetní tomografii lze dělit dle generací, vyvíjených v závislosti na znalostech získaných z praxe.

#### **7.2.1 PRVNÍ GENERACE PŘÍSTROJŮ**

První generace přístrojů pracovala pouze s jedním detektorem, který spolu s protilehlou rentgenkou vykonával okolo pacienta rotačně- translační pohyb v půlkruhu se zastavením o 10- 15°, poté se soustava posunula lineárně přes vyšetřovaný objem v dané rovině.

#### **7.2.2 DRUHÁ GENERACE PŘÍSTROJŮ**

Druhá generace využívala také rotačně- translační pohyb, avšak s menším úhlem po zastavení a to 3°- 5°. Počet detektorů byl navýšen, což umožnilo zkrátit expoziční čas. Bylo umožněno provést 25.000- 54.000 primárních měření během expozice

#### **7.2.3 TŘETÍ GENERACE PŘÍSTROJŮ**

Třetí generace CT přístrojů s izocentrickým rotačním pohybem je dnes nejrozšířenějším typem. Rentgenka rotuje o 360° synchronně s detektory. Počet

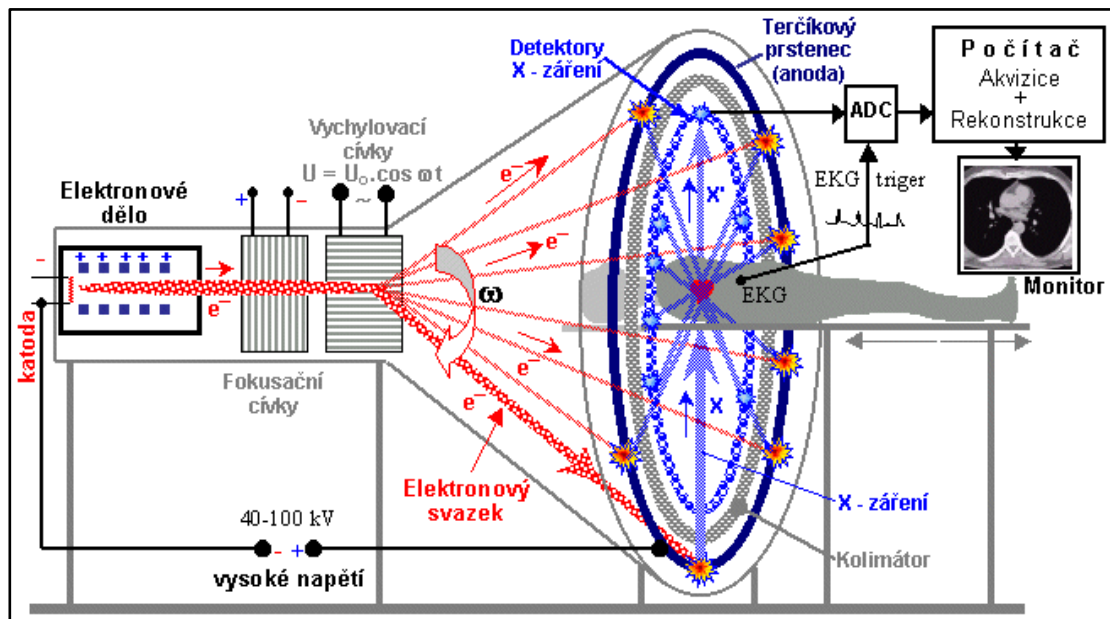
detektorů byl navýšen a uspořádán do více řad. Záření z rentgenky bylo kolimováno do vějíře, podobně, jako u druhé generace. Z důvodu vedení napájecích kabelů k pohybové části, trvalo vyšetření delší dobu a to mělo za následek značný diskomfort pacienta. Až po vyvinutí slip ring technologie bylo umožněno pohybovou částí otáčet bez omezení, či návratu rentgenky do původního stavu. Slip ring technologie spočívá v usazení rentgenky a scintilačních detektorů na otočný prstenec, kde dosedají sběrné „kartáčky“. Tímto vylepšení bylo umožněno prstenci rotovat kontinuálně a zkrátit tak čas skenu.

#### **7.2.4 ČTVRTÁ GENERACE PŘÍSTROJŮ**

Čtvrtá generace přístrojů (tube orbit) je rotačně stacionárních. Rentgenka rotuje o 360°, avšak detektory jsou po celém obvodu gantry. Svazek záření je úzce kolimován. Nevýhodou této generace je velký sběr sekundárního záření a tím ovlivnění výsledného obrazu.

#### **7.2.5 PÁTÁ GENERACE PŘÍSTROJŮ**

Pátá generace (EBCT-Electron Beam CT) není příliš využívána pro vysoké konstrukční náklady a nepříliš zásadní klinické výhody. Tato generace neobsahovala rentgenku. Rentgenka byla nahrazena elektronovým dělem umístěným za gantry. Elektronový paprsek vystřelovaný z děla je směřován magnetickým vychylováním na terčíkový prstenec umístěný v gantry stacionárně pod určitým úhlem. Na terčiku emitované „X“ paprsky, procházející vyšetřovaným objektem dopadají na detektorový prstenec pro následné vyhodnocení počítačem. Tato konstrukce v závislosti na elektromagnetickém vychylování elektronových paprsků umožňuje velmi rychlou tomografii, než standardní spirální CT s rotující rentgenkou a proto je tato generace ideální pro zobrazení dynamicky se pohybujících orgánů. [4] [5]



Obrázek 10 Schéma páte generace CT

### 7.3. PRINCIP CT

Pomocí výpočetní tomografie pořizujeme transversální řezy. Pacient je uložen na posuvný stůl, který se pohybuje mezi rentgenkou a sadou scintilačních detektorů. Scintilační detektory zachytávají prošlý svazek záření, který je oslabován vyšetřovaným objektem a jeho denzitometrickými vlastnostmi. Záření je detekováno ve scintilačních detektorech a následně zasíláno, v analogové formě, která je následně digitálně zpracována, do hrubých dat (RAW data - syrová data).

Vyhodnocovací počítač RAW data rekonstruuje a upravuje do výsledného obrazu. Výsledný digitální obraz je tvořen ze sítě čtverečků (matic - matrix). Nejčastěji používaná matice u dnešních přístrojů je 515 x 512, někdy i 1024x 1024. což umožňuje zvýšení kvality obrazu. Tento obraz je čtvercový. Vzhledem k šíři rentgenového svazku a nabraných dat z objemu, se obraz rekonstruuje z voxelů (trojrozměrný „pixel“).

Absorbce záření jednotlivých voxelů je vyjádřena pomocí denzitních jednotek. Tyto jednotky se nazývají Haunsfieldovy jednotky. [5]



Tabulka 2 Density tkání

Druh tkáně	Denzita
kostí, kalcifikace	> 85 HU
sražená krev (koagulum)	65-85 HU
měkké tkáně	25-70 HU
tuk	-40 až -120 HU
vzdušná plíce	-800 až -900 HU

## 7.4. PRINCIP HRCT

V kombinaci s úzce kolimovaným paprskem je možné provést vyšetření plicního parenchymu metodou HRCT. Protokol HRCT je součástí moderních CT přístrojů. Provedení HRCT vyšetření spočívá ve volbě tloušťky vrstvy při vyšetření. Následným postprocessingem a volbou algoritmu pro zpracování RAW dat (kernel).

- slice thicknes v rozmezí 1- 2 mm
- užití high- spatial (edge- enhancing) rekonstrukčního algoritmu
- matrix 512x 5120 s mA v rozmezí 200- 300
- slice interval v rozmezí 10- 20mm
- postrekonstrukční řezy 0,65- 1mm
- low- dose techniku (snížení množství záření)

Chceme-li vyhladit obraz, využijeme algoritmus nízké prostorové frekvence a tím snížíme množství viditelného šumu. Pro zobrazení drobných struktur ve tkáni volíme vysoké kernely, což obraz zaostří za cenu velkého viditelného šumu.

V kombinaci s úzce kolimovaným paprskem je možné provést vyšetření plicního parenchymu metodou HRCT. Následným postprocesingem zvýšíme kernely a řez o tloušťce 0,65 -1 mm. Protokol HRCT je součástí každého moderního CT přístroje. [5]

## **7.5. NÁSLEDNÉ ZPRACOVÁNÍ RAW DAT (POSTPROCESSING)**

Obraz vyhotovený na počítačové tomografii je zobrazován v celé Hounsfieldově stupnici šedi a tím nepřináší dostatečný kontrast pro zobrazení detailů jednotlivých tkání. Proces, který umožňuje zahrnout do zobrazení určitý interval denzity, se nazývá volba okénka. Volbou okénka zajišťujeme kvalitu zobrazení vyšetřovaných struktur, jako například zadní jámu lební, kostí, páteřního kanálu, břicha a peritonea, či plicního parenchymu.

Základem pro volbu vhodného okénka jsou co nejtenčí řezy 0,5- 2 mm v nízkých kernelech, 10-20 a ideální překryv skenů až 50 %. Způsoby postprocesingu lze rozdělit na dvojdimenzionální a třídimenzionální. [5]

### **7.5.1 *Dvoudimenzionální***

Multiplanární rekonstrukce (MPR) umožňuje zpětný výpočet jakékoliv roviny z po sobě jdoucích axiálních skenů

### **7.5.2 *Třídimenzionální***

Shaded surface display (SSD) je zobrazení 3D zobrazení dutých orgánů založeném na principu odrazu virtuálního světla od posledního voxelu a následným vystínováním (virtuální kolonoskopie)

Maximum intensity projection (MIP) definuje struktury tkání stejným způsobem, jako SSD, ale zobrazuje tkáně z vnějšího prostředí (zobrazení tracheobronchiálního stromu)

Volume rendering technique (VRT) potlačuje okolní tkáň a zobrazuje obsah v intenzitách barvy založených na stupni density

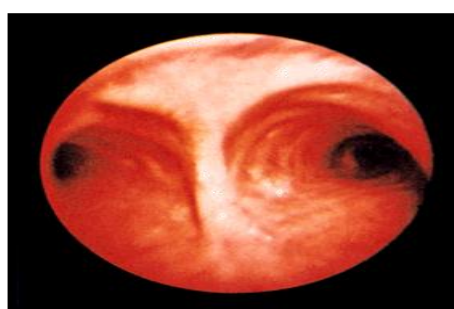
Virtuální endoskopie (VE) je založena na principu SSD a tudíž zobrazuje průsvit dutých orgánů. Ohledně tématu této bakalářské práce je metoda VT využívání při virtuální bronchoskopii, viz. pododdíl 7.6.3 Virtuální bronchoskopie. [6]

### 7.5.3 Virtuální bronchoskopie

Bronchoskopie je základní diagnostickou metodou v pneumologii. Virtuální bronchoskopie se používá k 3D zobrazení vnitřního povrchu bronchů a trachey. Využívá nejmodernější víceřadou spirální počítačovou tomografii s možností nastavení submilimetrové kolimace. [5]



Obrázek 11 Virtuální bronchoskopie



Obrázek 12 Flexibilní bronchoskopie

Tabulka 3 Porovnání virtuální a flexibilní bronchoskopie

Přednosti bronchoskopie	
Virtuální	Flexibilní
neinvazivní metoda	lépe posoudí slizniční změny (barva prokrvení)
bez celkové anestezie	zřetelněji diagnostikuje drobné, plošné, povrchové léze
kratší doba výkonu	možnosti biopsie
zobrazí i za těsnou stenózou nepruchnou pro fibroskop	bronchioalveolární laváž
lze postupovat i opačně (hlasivové vazy zdola)	posouzení dynamických dějů (rozdíly mezi insp. a exp., pulzace)
informace i extraluminální (kontrast)	intervenční bronchoskopické zákroky (laser, brachyterapie, stent aj.)



Obrázek 13 Flexibilní bronchoskopi

Po uložení pacienta na vyšetřovací stůl se radiologický asistent ujímá ovládacího panelu. Vyšetření probíhá ve třech po sobě jdoucích algoritmech.

#### Topogram

- Rozsah a pozice vyšetřované oblasti
- Na jeden nádech 15-30s

#### Spirální (heliakální) CT

- Klasické axiální skeny
- Co nejmenší šíře vrstvy, 1- 3mm
- Pitch 1- 2 (posun stolu), překrývání obrazů o 30- 50 %
- Kontrast dle posouzení lékaře

Zpracování získaných dat na samostatné vyhodnocovací konzoli, s příslušným softwarem

- 2D a 3D rekonstrukce

Po takto zhotoveném vyšetření lékař prochází virtuálním zobrazením bronchů.

## 7.6. ÚLOHA RADIOLOGICKÉHO ASISTENTA

Kvalita diagnostického materiálu je závislá na kvalitě provedeného vyšetření a znalostech obslužného týmu.

Radiologický asistent jako první vytvoří sken, při němž rentgenka nerotuje a posuvný stůl je plynule posouván otvorem v gantry. Tento sken se nazývá topogram. Nejedná se o diagnostický, pouze o orientační obraz s nízkou kvalitou zobrazení pro správné nastavení rozměrů vyšetřované oblasti.

Následuje nastavení skenovacích parametrů, jako hodnoty kV a mA, dobu skenu (scan time), tloušťky vrstvy (slice thickness), vzdáleností sousedních vrstev (slice interval) a časový interval mezi skeny.

Stanovení velikosti pole zobrazení (FOV- field of view) ovlivňuje rozlišovací schopnost obrazu.

## 8. KONTRASTNÍ LÁTKY

Slouží ke zvýšení kontrastu v závislosti na absorpci, mezi tkáněmi s podobnou denzitou a tím odlišení anatomických struktur a zvýraznění patologie

Rozdělení kontrastních látek dle vyšetřovacího přístroje

- Magnetická rezonance
- Rentgenové záření
- Ultrazvuk

### 8.1. KONTRASTNÍ LÁTKY VYUŽITELNÉ PRO RTG ZÁŘENÍ

Jako negativní kontrastní látky se využívá vzduch, oxid uhličitý, voda či metylcelulóza. Využití je u dvoukontrastních vyšetření. Tyto látky se na prostém snímku zobrazují, jako zvýšené projasnění. Nežádoucí účinky může být vzduchová embolie.

Báriové kontrastní látky obsahují sloučeninu síranu barnatého (netoxický). Podání báriové suspenze je limitováno pouze na tělní dutiny a používá se primárně při skiaskopických vyšetření (irigografie, defekografie, polykací akt, pasáž jícnem, či pasáž GIT). Kontraindikace podání je při podezření na perforaci úseků GIT, nebo u podezření na ileus. Zobrazení na prostém snímku se jeví, jako hyperdenzní. Zástupce barnatých kontrastních látek je řada Micropaque. Nežádoucí účinky po podání bariových KL bývají minimální, nejde-li zatím o perforaci trávicího traktu.

Iodové kontrastní látky jsou ve vodě rozpuštěné iodové přípravky, které byly zavedeny do praxe již roku 1923 ve formě matrium iodium. Značné toxické reakce na tuto anorganickou sloučeninu orientovala vývoj na klinicky méně dráždivé preparáty. Na iodové kontrastní látky jsou kladeny vysoké nároky.

- Dokonale rozpustné ve vodě (ionické, neionické)
- Tepelná i chemická stabilita
- Biologická neutralita
- Nízká viskozita
- Nízká osmolarita
- Selektivní vylučování cílovým orgánem (ledvinami)
- Neškodnost
- Cenová dostupnost

Iodové kontrastní látky se využívají při intravenózním a intraarteriálním podání, nebo u podezření perforace GIT, případně u nástřiku mezikloubních prostor. Kontraindikací bývá zvýšená hladina kreatininu (nad 300  $\mu\text{mol/l}$ ), gravidita a přecitlivělost na iodové preparáty. Nežádoucí účinky jsou značné i přes snížení osmolality kontrastních látek. Reakce je možné rozdělit na lehké, například pokles tlaku, bronchospasmus a erytém kůže. U těžké reakce může vzniknout hypotenze, tachykardie, bronchospasmus, edém plic a laryngálních cest. Reakce bývá doprovázena křečemi.

## **8.2. KONTRASTNÍ LÁTKY VYUŽITELNÉ PRO MR ZOBRAZENÍ**

Kontrastní látky pro MR zobrazení jsou složeny z chalcidů gadolinia, případně oxidů železa. Tyto kontrastní látky podáváme intravenózně, při vyšetření. Nežádoucí účinky nejsou časté, nicméně pacient může pociťovat nevolno, svědění, bolesti břicha, teplo, či chlad, případně trpět nauseou. Mezi závažné reakce patří nefrogenní systémový fibróza a systémové projevy s postižením vnitřních orgánů.

### **8.3. KONTRASTNÍ LÁTKY VYUŽITELNÉ POD UZ**

Kontrastní látky pro UZ mění odrazivost UZ vlnění. Nejčastěji používané K.L. jsou roztoky s obsahem mikrobublin vzduchu o velikosti 1-15 mikrometru. Vedlejší reakce bývá minimální, v občasných případech se může objevit podráždění kůže, nauzea, či průjem. [7] [8]



## 9. INTERVENČNÍ VÝKONY POD CT KONTROLOU

Intervenční výkony pod CT kontrolou, dělíme na diagnostické a terapeutické

### 9.1. TRANSPARIETÁLNÍ PUNKCE (TPP)

Transparietální punkce (TPP), je intervenční, diagnostický výkon (CT řízená biopsie), k bližší verifikaci patologického procesu, v našem případě v plicích, v pleurálním prostoru, či měkkých tkáních hrudní stěny. Původně se indikovala v případě ložiskových procesů, u solidních plicních nádorů, podezřelých jak z maligní, tak benigní etiologie (BCA, metastáza, karcinoid, chondrohamartom, hamartom, ložisková forma TBC, tuberkulom atp.).

Senzitivita při detekci malignity se udává 88% a specificita až 99%.

Celkem nedávno se tato metoda začala používat i k verifikaci plicních infiltrátů, jak zánětlivé etiologie, tak při podezření na specifickou, či mykotickou etiologii. V tomto případě, vzhledem k malému souboru výkonů, senzitivita ani specificita ještě není vyhodnocená.

Výhodou TPP je rychlost, dostupnost a minimálně invazivní metoda (málo zatěžující pacienta). Při negativním výsledku je možnost v krátké době opakovat.

Nevýhodou TPP je omezení pouze na periferii plicního parenchymu, bez možnosti diagnostiky centrálních lézí, komplikací při výkonu. Výsledek je ovlivněn množstvím a kvalitou odebraného materiálu [10]

#### 9.1.1 *INDIKACE*

TPP plic, se indikuje při diferenciální diagnostice, k ozřejmění etiologie ložiskových procesů a infiltrátů v plicích, slouží k získání vzorků tkáně z těchto patologií. V našem případě je cílem diagnostiky určit, zda se jedná o specifickou etiologii patologického procesu v plicích.

Biopsii předchází:

- skiagram hrudníku, včetně bočné projekce

- spirální CT/HRCT vyšetření včetně aplikace KL, s doplněním angio i parenchymatozní fáze vyšetření a přepočtem na MPR rekonstrukce.
- TPP předchází i méně invazivní metoda - bronchoskopie, s bronchoalveolární laváží (BAL), hlavně pokud se jedná o difúzní postižení plic.

Jedná se o multioborovou indikaci. Před každou biopsií nutno zvážit, zda míra rizika, spojená s intervenčním výkonem, nepřesahuje přínos výkonu.

Nutná konzultace s pneumologem:

- zda je pacient funkčně únosný k jednostrannému PNO,
- zda netrpí poruchou krvácivosti, či srážlivosti krve.

Mezi rizikové faktory patří i kašel, dechová nedostatečnost a neklid pacienta, či nespolupracující pacient.

V neposlední řadě, zda pacient s výkonem souhlasí. [10]

### **9.1.2 PŘÍPRAVA PACIENTA**

Pro pacienta není příprava nijak zvlášť zatěžující, výkon nemusí být proveden na lačno, výkon nevyžaduje ani žádnou premedikaci. Nejdůležitější je v tomto případě informovanost pacienta o výkonu. Ošetřující lékař - pneumolog, pacientovi navrhne tuto metodu, vysvětlí mu důvod TPP, obeznámí jej s cílem výkonu, i s možností komplikací. Samozřejmost je podepsaný informovaný souhlas. Intervenční radiolog pacienta průběžně informuje o jednotlivých krocích biopsie. Radiologický asistent se ujímá pacienta bezprostředně po biopsii (pokud nenastaly komplikace) a informuje pacienta o následující péči pacienta po výkonu. Doporučuje se klid na lůžku, pokud možno bez kašle, kýchání, či mluvení, do kontrolního skiagramu hrudníku, přibližně po 2 hodinách.



#### 9.1.4 *TECHNIKA VÝKONU*

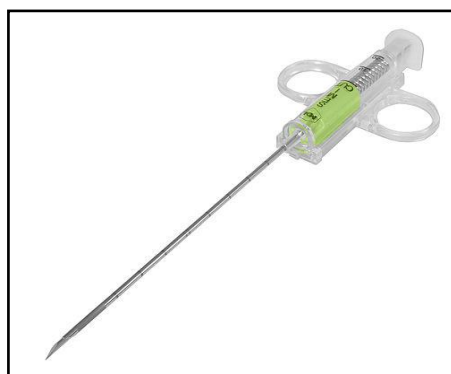
Radiologická asistent uloží pacienta, dle pokynu intervenčního radiologa, na posuvné, CT lůžko (na břicho, na záda, šikmo, na bok), provede nativní, CT vyšetření. Po zaměření patologie, se změří nejvýhodnější přístup, jak v horizontálním, tak vertikálním směru, včetně plánované hloubky vpichu. Pokud možno vyhledat nejkratší vzdálenost – nejmenší hloubku vpichu, aby došlo k minimálnímu poškození plicního parenchymu. Rovněž se doporučuje vést bioptickou jehlu mimo interlobia. Zastižením interlobia se zvyšuje pravděpodobnost PNO.

Rovněž, pokud je možná volba, je vhodné se vyhnout průniku jehly bulou - rovněž pravděpodobnost PNO navyšuje. [15]

Odběr materiálu provádíme buď aspirační metodou, nebo TRU-CUT metodou.



Obrázek 15 Aspirační, bioptická jehla



Obrázek 16 Automatická, bioptická jehla, Tru-Cut

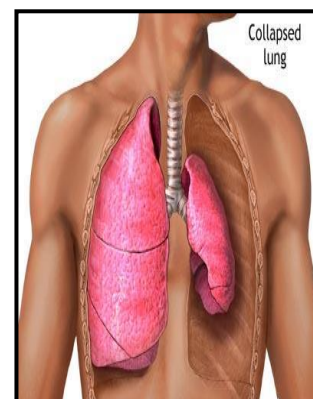
- Aspirační metoda : slouží k odebrání/aspiraci materiálu pro cytologické vyhodnocení
- TRU-CUT metoda : umožňují získat větší váleček tkáně, k histologické
- Výkon se provádí za sterilních podmínek, po lokální anestezii

### 9.1.5 **KOMPLIKACE VÝKONU**

Bezprostředně po biopsii je doporučeno kontrolní CT, k vyloučení iatrogenního PNO a zakrvácení do plicního parenchymu. Dále, i bez klinických potíží, doporučen zadopřední, skiagram hrudníku, vstoje, ve výdechu, cca po 2 hodinách a druhý den po výkonu. V případě náhle vzniklé dušnosti, či bolesti na hrudi, nutný skiagram hrudníku indikovat ihned. [9]

Mezi nejčastější komplikace TTP patří:

- PNO, v 15 – 60 % viz.příloha str.9
- hemoragie do plic a hrudní stěny - 10 %
- hemoptyza - 8 % viz.příloha str.10
- vzácné jsou implantační metastázy, vzduchové embolie a konečně smrt v 0,028 % [9]



Obrázek 17 Pneumothorax l. sin

## 9.2. TERAPEUTICKÉ, INTERVENČNÍ VÝKONY POD CT KONTROLOU - DRENÁŽE

Perkutánní drenáží se rozumí aspirace a dočasný odtok patologické, ohraničené/opouzdřené, tekutinové kolekce, jak z plicního parenchymu, tak z pleurálního prostoru, či měkkých tkání hrudní stěny. O této metodě se zmíním velice krátce, v případě specifického procesu, i s komplikací kavit, či postižení pleury - při specifickém výpotku (fluidotoraxu), se tato metoda nepoužívá.

### 9.2.1 **INDIKACE**

Při TBC plic je drenáž opodstatněná pouze v případě koincidence TBC a nespecifického abscesu. Dále je drenáž přínosná, v případě koincidence TBC a nespecifického fluidotoraxu, či chylotoraxu. Oproti konzervativnímu postupu, pro urychlení léčby, event. předejití komplikací, např. nespecifického empyému.

### **9.2.2 PŘÍPRAVA PACIENTA**

Příprava pacienta je obdobná jako při TPP.

Opět je nejdůležitější informovanost pacienta o smyslu a průběhu výkonu, včetně možných komplikací, včetně předložení a podepsání informovaného souhlasu. Snad jen stojí za zmínku, že zavádění drenážního instrumentaria je spojeno s krátkodobou nepříjemnou bolestí v místě vpichu. I v tomto případě se výkon provádí při lokální anestezii, po aplikaci 10 až 20ml, 2% Mesocainu, intrakutánní a intramuskulární injekcí.

### **9.2.3 PŘÍPRAVA INSTRUMENTARIÍ**

Příprava instrumentarií spadá opět do kompetence radiologického asistenta, opět se, až na výjimky, shoduje s přípravou sterilního stolku k TPP. Navíc je třeba připravit sterilní měřítko, kádinku, s fyziologickým roztokem, k propláchnutí drénu. Dále je třeba šicí materiál, k fixaci drénu ke stěně hrudní kožním stehem. Dle rozhodnutí intervenčního radiologa, připraví, na sterilní stolek, požadovaný drén. Mimo sterilní stolek radiologický asistent připraví zkumavky k zaslání vzorků na bakteriologické a biochemické vyšetření, opět označené štítkem, s identifikačními údaji pacienta.

### **9.2.4 TECHNIKA VÝKONU**

Technika výkonu závisí na typu používaného drénu. Nejčastěji se používají drény s trokarovou technikou. Drénem prochází dutá, kovová kanyla, se zavedenou vysunovací jehlou, která hrotem mírně přesahuje špičku samotného drénu, tzv. jednokroková (one-step) technika. Typ drénu volí intervenční radiolog, dle předpokládané hustoty patologické kolekce tekutiny a charakteru patologie. Pro dospělé s průměrem cca 7.5 až 18 F. Tvarem rozděluje drény na rovné a zahnuté. Stejně jak u biopsie si dle CT lokalizujeme místo vpichu a hloubku drenáže. Výkon se opět provádí za sterilních podmínek, po lokální anestezii a pod CT

kontrolou. Bezprostředně po zavedení drénu provádíme cílené, kontrolní CT hrudníku, k ověření polohy drénu. I v tomto případě se doporučuje kontrolní skiagram hrudníku, druhý den po drenáži. V případě progresu dušnosti či nadměrné bolestivosti ihned.



Obrázek 19 Drén s trokarovou technikou



Obrázek 18 Rozebraný set drénu

### 9.2.5 **KOMPLIKACE**

Kromě komplikací popsaných v kapitole „Komplikace po TPP“, PNO, hemoragie do plic a hrudní stěny, hemoptye, může dojít po drenáži ke krvácení z poranění mezižeburní cévy, proniknutí vzduchu do podkoží hrudní stěny (podkožnímu emfyzému). Při dráždění mezižeburního nervu mohou přetrvávat bolesti v okolí drénu. Zavádění drénu může být bolestivé při zjizvenaté a zesílené pleuře (fibropleuře). Nejčastější komplikace hrudní drenáže je ucpání (obturace) drénu, krevními sraženinami, či nekrotickými masami. [15]

## **10. DIGITÁLNÍ, SUBTRAKČNÍ ANGIOGRAFIE (DSA)**

Angiografie je invazivní metoda, které umožňuje zobrazit patologii cévního řečiště. Provádí se pomocí RTG záření, s intravenózní či intraarteriální aplikací jódové kontrastní látky. Skiaskopický obraz se digitalizuje a subtrakcí se odečtou nežádoucí struktury, nativní obraz, od snímku s nastříknutými cévami. Dále se subtrahuje skelet a měkké tkáně, čímž se výrazně vylepší zobrazení vyšetřované oblasti.

Angiografie patřila dříve k suverénní vyšetřovací metodě patologie cévního systému. S rozvojem nových vyšetřovacích metod, CTA, MRA a dopplerovská US, ztratila DSA částečně diagnostický význam, hlavně v případě diagnostiky plicní embolie.

V případě hemoptýzy, což je poměrně častá komplikace plicní TBC, DSA indikujeme, hlavně pro možnost embolizace – léčebný uzávěr cévy nebo více cév, na základě jejich mechanické či chemicky indukované okluze. [16]

### **10.1. TYPY DSA CÉVNÍHO ŘEČIŠTĚ HRUDNÍKU**

- hrudní aortografie
- DSA plicnice
- selektivní, bronchiální DSA
- selektivní vyšetření některých tepen hrudní stěny

Bronchiální arterie jsou nejčastější zdroj krvácení, méně často systémové, nebronchiální kolaterály a větve plicnice. Dle předchozího CTA a cílené bronchoskopie, lze blíže lokalizovat zdroj krvácení. Hlavně selektivní, bronchiální DSA je technicky náročné vyšetření, indikaci nutno pečlivě zvážit. [16]

### **10.2. INDIKACE**

Indikace k výkonu je multioborová, po domluvě klinika - pneumologa a intervenčního radiologa. Masivní hemoptýza, která vyžaduje tento invazivní zákrok, se definuje jako krvácení přesahující krevní ztráty 600ml za 48 hod. Endovaskulární



embolizace, při masivní hemoptýze se indikuje minimálně. Většina indikací k embolizaci je při recidivujících hemoptýzách. [10]

### **10.3. KONTRAINDIKACE**

- absolutní kontraindikace – Gravidita
- relativní kontraindikace – Alergie na KL
- jaterní a renální insuficience
- neléčená hypertyreóza
- plicní edém
- myelom
- floridní infekce
- sepse [11]

### **10.4. PŘÍPRAVA VYŠETŘENÍ**

Nutný souhlas pacienta - písemný informovaný souhlas nemocného s výkonem. Stav pacienta, který umožňuje výkon provést, včetně informace o alergické anamnéze.

### **10.5. ÚLOHA RADIOLOGICKÉHO ASISTENTA**

Radiologický asistent kontroluje, zda je pacient na lačno, odstraní odnímatelnou zubní protézu, ověří alergickou anamnézu, klinicky zkontroluje a oholí pravé třísko či levou axilu.

Zkontroluje písemný informovaný souhlas nemocného s výkonem.

Během výkonu kontroluje kvalitu zobrazení a hodnoty diagnostického času- ozáření

- prostorového rozlišení a ostrosti zobrazení
  - kontrastu zobrazení
  - zkreslení obrazu
  - artefaktů
  - viditelnosti anatomických struktur
  - přesvécování skiaskopie
  - dávky potřebné k získání kvalitního obrazu (především u skiaskopie)
- [11]

# 11. MAGNETICKÁ REZONANCE

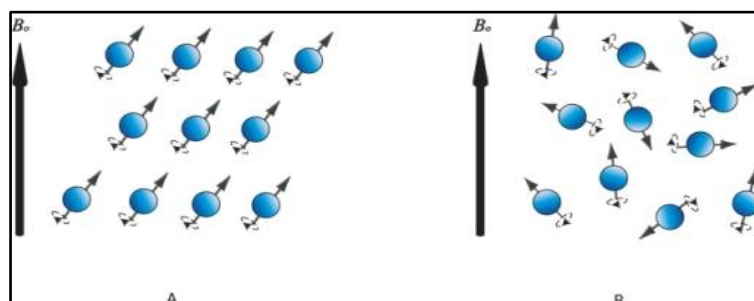
## 11.1. HISTORIE MR

Zobrazování pomocí magnetické rezonance je neinvazivní zobrazovací metoda. U této metody nehrozí ozáření pacienta, či zdravotnického personálu, neboť nevyužívá ionizujícího záření. Od konce 70. let se začala využívat v klinické praxi. V důsledku rozvoje výpočetní techniky se stala rutinní vyšetřovací metodou. Snímky pořízené touto metodou umožňují zobrazení měkkých tkání, jako je srdce, mozek, cév v nejlepším možném rozlišení ze všech diagnostických metod. [19]

## 11.2. PRINCIP

Magnetická rezonance byla odvozena od nukleární magnetické rezonance založení na principu rozdílných magnetických vlastností atomových jader různých prvků. Každá elektricky nabitá pohybující se částice vyzařuje do okolí magnetické pole. Atomová jádra obsahují elektricky neutrální neutrony a pozitivně nabitě částice, protony. Protony v důsledku kladného náboje rotují kolem vlastní osy (spin). Princip magnetické rezonance využívá magnetického momentu rotujícího protonu. Atomy prvky se sudým protonovým číslem nevyzařují magnetický moment, neboť se momenty jednotlivé magnetické momenty protonů anulují. Mezitím co prvky s jedním protonem vykazují navenek svůj magnetická moment. V lidském těle nejvíc zastoupený prvek s lichým počtem protonů je vodík, čehož se využívá u principu magnetické rezonance.

Protony vložené do homogenního magnetického pole se orientují po směru i protisměru vnějšího magnetického pole a navzájem se vyruší. Po vyslání



radiofrekvenčního (dále RF) impulzu o specifické frekvenci

liché atomy vodíku absorbují energii. Tím jsou atomy donuceni vykonávat precesní pohyb (pohyb po plášti pomyslného kužele) v jiné frekvenci a jiném vektoru. Po

ukončení vysílání RF nastává u protonů relaxace (čas relaxace  $T_1$ ) do původního stavu a vyzařování absorbované energie. Tyto rezonanční vlny zachytí cívky, které z vysílacích cívek se staly cívkami přijímacími. Z takto naměřeného indukovaného napětí se signál převede pomocí algoritmů do stupnice šedi.

### **11.3. KONTRAINDIKACE**

Zásadní kontraindikací vyšetření magnetickou rezonancí jsou kovy z feromagnetického materiálu. Z tohoto důvodu nemůže být provedeno vyšetření u pacientů mající kardiostimulátor, kochleární implantát, či svorky po operaci z feromagnetického materiálu. Ženy ve 3. trimestru by neměly podstupovat vyšetření, není-li diagnostický přínos vyšší, než případné poškození plodu.

Mezi mírné kontraindikace patří klaustrofobie. V tomto případě je možné podstoupit vyšetření buď pod částečnou, či úplnou sedací. Při úplné sedaci musí být přítomný anesteziologický tým, čehož se hojně využívá u nutných vyšetření dětí do 5 let, neklidných dětí a pacientů s postižením. [19]

## 12. HYBRIDNÍ SYSTÉM PET/CT

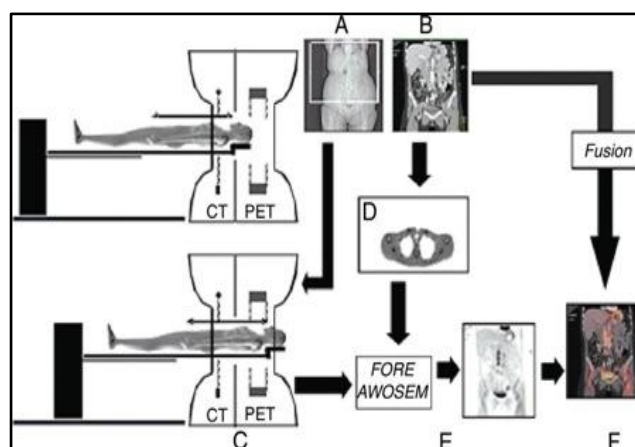
Nukleární medicína je odvětví lékařské zobrazovací techniky, která používá malé množství radioaktivního materiálu pro diagnostiku závažných typů onemocnění, včetně mnoha typů rakoviny, srdečních onemocnění, gastrointersticiálních, endokrinních, neurologických poruch a dalších abnormalit v těle.

Kombinace pozitronové emisní tomografie a výpočetní tomografie se řadí mezi diagnostické hybridní systémy nukleární medicíny.

### 12.1. PRINCIP

Pozitronová emisní tomografie využívá schopnosti tkání akumulovat radioaktivní látky. V klinické medicíně se nosičem radioaktivní látky využívá molekula glukózy. Tato molekula je obohacena radioaktivním izotopem fluoru. Výsledná sloučenina má chemický název 2- fluor- deoxy-D glukóza vedena pod zkratkou FDG. Tato látka je buňkami štěpena do prvního metabolického stupně. Při  $\beta^+$  rozpadu radioaktivního prvku vzniká pozitron, což je kladně nabitá částice. Již po několika milimetrech se pozitron anihiluje s elektronem za vzniku dvou fotonů. Oba fotony se šíří se značnou energií oběma směry, čili o  $180^\circ$ . Detektory nastavené v protilehlé poloze vychytávají letící fotony a zaznamenávají v digitální podobě. Výsledkem je zobrazení zánětlivých a nádorových ložisek vykazující intenzivní glukózový metabolismus. Takto zachycený obraz je anatomicky nepřesný.

Po dokončení PET skenu bývá pacient pomocí posuvného lůžka umístěn do otvoru gantry výpočetní tomografie. Na CT je zhotoven sken dané lokalizace. Výsledné obrazy obou skenů, jak z PET, tak z CT jsou fúzí spojeny do jednoho výsledného obrazu. Takto vyhotovený obraz obsahuje přesnou anatomickou lokalizaci z CT skenu a zároveň zvýrazněné, radiofarmakem se sytící ložisko. [12]



Obrázek 21 Schéma vyšetření PET/CT

## **12.2. VYUŽITÍ PŘI DIAGNOSTICE PATOLOGIE PLIC**

Hlavní přínos této metody je v diferenciální diagnostice solidních ložisek v plicním parenchymu, jak benigních, tak maligních, primárních plicních nádorů i metastáz a vyhodnocení aktivity těchto procesů, včetně určení stagingu, vyhodnocení terapeutického efektu a v eventuelní včasné diagnostice recidiv, odlišení recidivy od jizevnaté tkáně.

V případě zobrazení granulomatózních zánětů, TBC, ale i u pneumokonióz a v případě sarkoidózy, nám přináší informace o aktivitě procesu, aktivitě nodulů - granulomů, pokud tyto léze dosahují alespoň 5mm. V případě menších nodulů, je podobně jak při CT diagnostice, výtěžnost minimální, často dochází k vyhodnocení falešně pozitivních nálezů.

Pokud nemáme k dispozici předchozí skiagramy či CT vyšetření, nemáme možnost srovnání, a máme posoudit, zda se jedná o čerstvé, specifické infiltráty či pouze postspecifické, fibroindurativní, neaktivní změny, je metoda PET/CT přínosná.

Další přínos této metody je v případě uzlinové formy TBC, v posouzení rozsahu, velikosti a hlavně aktivity mediastinálních a axiálních uzlin.

Obdobně i při TBC pleuritidě a perikarditidě nás informuje o rozsahu akutních, zánětlivých změn.

## **12.3. KONTRAINDIKACE**

Vzhledem k tomu, že se i při této metodě používá RTG záření, je jak u ostatních metod využívající ionizujícího záření, vážnou kontraindikací těhotenství.

Je na posouzení indikujícího klinika a vyšetření provádějícího radiologa, posoudit míru eventuálního poškození, v souvislosti s očekávaným přínosem vyšetření.

Další kontraindikací je diabetes mellitus. Před vyšetřením je nutné ověřit, zda pacient nemá hyperglykémii.

Další, eventuální kontraindikace může posoudit již radiologický asistent.

Stejně jak u CT a MR diagnostiky, je nutné zohlednit stav pacienta, zda je technicky možné výkon provést, zda pacient vydrží ležet v klidu na zádech cca 30 minut, zda jeho hmotnost nepřesahuje nosnost přístroje.

I zde je nutný souhlas pacienta - písemný informovaný souhlas nemocného s výkonem, včetně informace o alergické anamnéze.

## 13. ZÁVĚR

Tuberkulóza byla, je a zřejmě i bude nadále závažnou infekční chorobou, která nezná hranic. Hlavní riziko diagnostiky tuberkulózy je, že se na ni většinou nepomýšlí. Ve své práci jsem se snažil srozumitelně popsat techniku a možnosti jednotlivých, dostupných, zobrazovacích metod, které nám mohou pomoci v co nejčasnější a nejpřesnější diagnostice plicní tuberkulózy. Změny, ke kterým dochází v plicích, při této infekční chorobě, mají tak pestrý obraz, že i přes dokonalé přístroje, patří TBC k nejtěžším diagnostickým „oříškům“. Již staří ftizeologové konstatovali: „Vše v plicích vypadá jako tuberkulóza a tuberkulóza vypadá jako vše v plicích „. Diagnostika pomocí zobrazovacích metod, je při tom, po vyhodnocení anamnestických a klinických údajů, metoda první volby, před bakteriologickým, případně histologickým průkazem (kultivace BK trvá šest až sedm týdnů).

S rychlým, celosvětovým rozvojem výpočetní techniky, jde v ruku v ruce i modernizace medicínských přístrojů. Ve zdravotnictví se využívají čím dál, tím více, technicky náročnější přístrojová vybavení. Tento trend se týká hlavně oboru radiologie a zobrazovacích metod. Cílem mé práce bylo představit jednotlivé metody, používané v diagnostice plicní tuberkulózy, chronologicky je seřadit, od neinvazivních po invazivní. Od lépe dostupných, po méně dostupné. A od finančně méně náročných, po nákladnější výkony. Na úplný závěr si dovoluji konstatovat, že kvalitně provedený skiagram hrudníku zůstává i nadále metodou první volby, při diagnostice tuberkulózy. V případě diagnostických rozpaků následuje CT/HRCT vyšetření, spolu s MPR. Kvalita a tím závislá vypovídací schopnost, obou těchto metod závisí na znalostech a zkušenostech radiologického asistenta, který je schopný, postprocessingem nabídnou radiologovi kvalitní obrazový materiál.

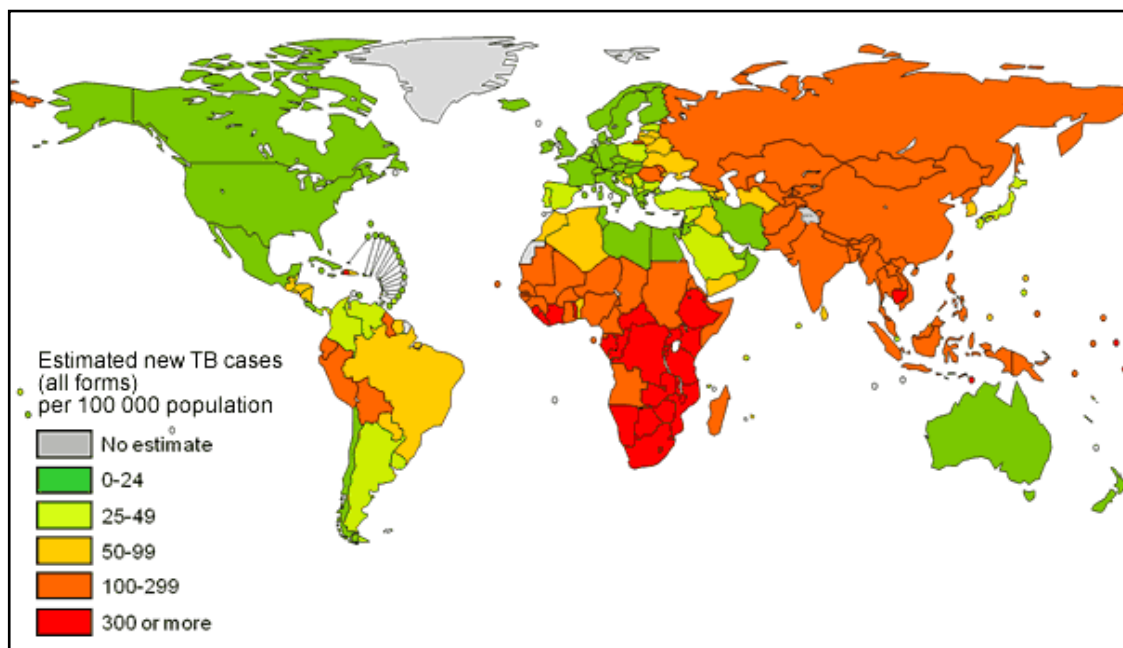


## 14. Bibliografie

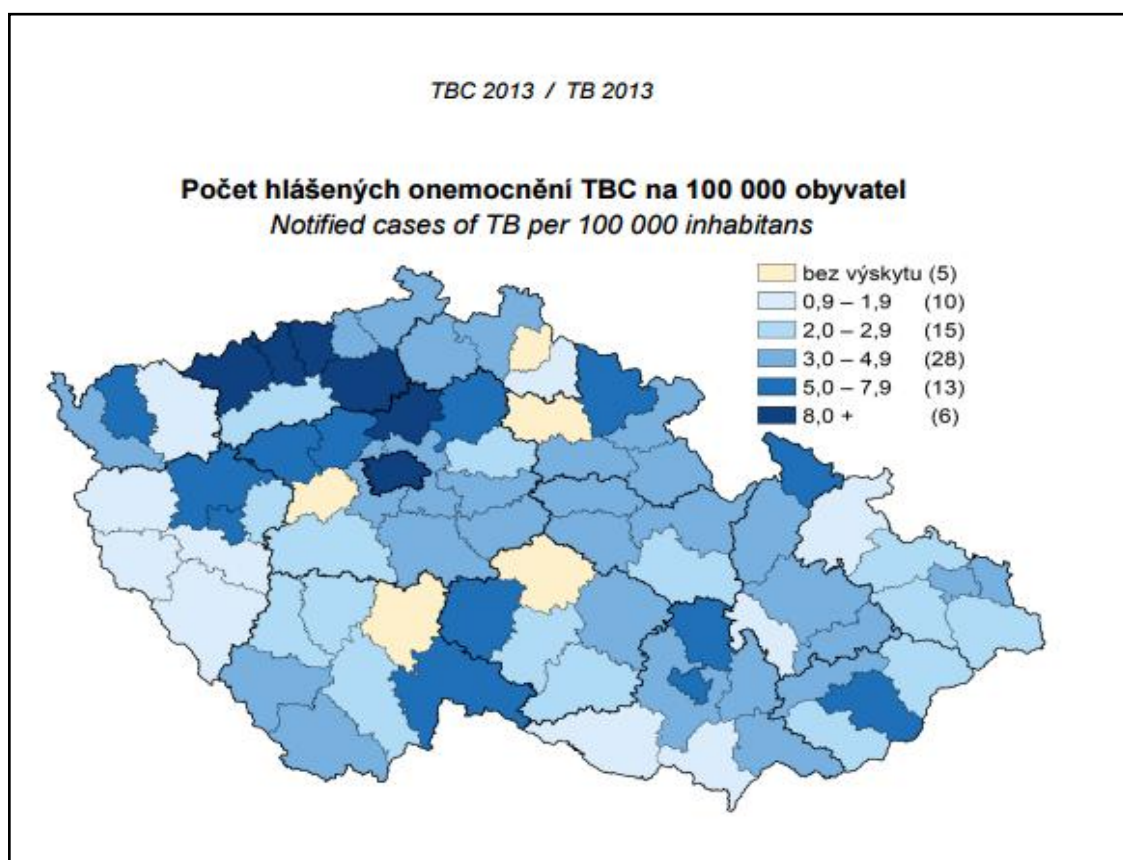
1. NAŇKA, Ondřej a ELIŠKOVÁ, Miroslava. *Přehled anatomie*. Praha : Galén, 2009. ISBN 978-80-7262-612-0.
2. PETROVICKÝ, Pavel. *Anatomie V*. Praha : Karolinum, 1996. ISBN 80-7184-108-0.
3. ANON. Fyziologia\_respiracie\_Dostal. [Online] [Citace: 19. 03 2015.] [https://www.google.cz/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&es\\_th=1&ie=UTF-8#q=fyziologie%20plic&es\\_th=1](https://www.google.cz/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&es_th=1&ie=UTF-8#q=fyziologie%20plic&es_th=1).
4. FERDA, Jiří, KREUZBERG, Boris a NOVÁK, Milan. *Výpočetní tomografie*. 1. vyd. Praha : Galén, 2002. ISBN 80-7262-172-6.
5. ANON. Radiopeadia. [Online] [Citace: 13. 03 2015.] <http://radiopaedia.org/articles/ct-scanner-evolution>.
6. —. Nvidia Developer. [Online] [Citace: 16. 03 2015.] [http://http.developer.nvidia.com/GPUGems/gpugems\\_ch39.html](http://http.developer.nvidia.com/GPUGems/gpugems_ch39.html).
7. SÚKUPOVÁ, Lucie. Lucie Sukupová. [Online] [Citace: 18. 03 2015.] <http://www.sukupova.cz/kontrastni-latky-v-radiologii/>.
8. RadiologyInfo. [Online] [Citace: 18. 03 2015.] [http://www.radiologyinfo.org/en/safety/index.cfm?pg=sfty\\_contrast](http://www.radiologyinfo.org/en/safety/index.cfm?pg=sfty_contrast).
9. NEBESKÝ, Tomáš. Postgraduální medicína. [Online] [Citace: 19. 03 2015.] <http://zdravi.e15.cz/clanek/postgradualni-medicina-priloha/tenkojehlova-biopsie-pod-ct-kontrolou-pro-diferencialni-diagnostiku-plicnich-infiltratu-se-zamerenim-na-mykoticke-infiltraty-455841>.
10. KRAJINA, Antonín a HLAVA, Antonín. *Angiografie*. 1. vyd. Hradec Králové : Nucleus HK, 1999. ISBN 80-901753-6-8.
11. HAVEL, Václav a CHUDÁČEK, Zdeněk. Bronchiální angiografie a embolizace v jejím povodí. [Online] [Citace: 20. 03 2015.] [http://www.fnplzen.cz/pracoviste/inc/rdgb/SOPRD\\_RDGB\\_0\\_039\\_00\\_02.docx](http://www.fnplzen.cz/pracoviste/inc/rdgb/SOPRD_RDGB_0_039_00_02.docx).

12. **SEIDL, Zdeněk at. al.** *Radiologie pro studium i praxi.* Praha : Grada Publishing, 2012. ISBN 978-80-247-4108-6.
13. **VÁLEK, Vlastimil a SVÍŽENSKÁ, Ivana.** *Základy anatomie v zobrazovacích metodách.* Brno : Vydavatelství IDVPZ, 2001. ISBN 80-7013-334-1.
14. **VÁLEK, Vlastimil a ŽIŽKA, Jan.** *Moderní diagnostické metody.* Brno : Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1996. ISBN 80-7013-225-6.
15. **SVOBODA, Milan.** *Základy techniky vyšetřováním rentgenem.* 1. Vyd. Praha : AVICENUM, 1973.
16. **NEUWIRTH, JIŘÍ.** *Radiologické nálezy: jak psát a interpretovat.* Praha : Triton, 2001. ISBN 80-7254-159-5.
17. **NEKULA, Josef.** *Radiologie.* Olomouc : Univerzita Palackého, 2001.
18. **NEČAS, Emanuel.** *Patologická fyziologie orgánových systémů.* Praha : Karolinum, 2004. ISBN 80-246-0615-1.
19. **CHUDÁČEK, Zdeněk.** *Radiodiagnostika.* BaŇská Bystrica : Tiskárny BB, 1993. ISBN 80-217-0571-x.
20. **GEBHARD, Matih.** *Bildatlas der Lungen- und Pleurasonographie.* Berlin : Verlag Berlin Heidelberg, 2001. ISBN 3-540-44262-6.

## 15. PŘÍLOHY



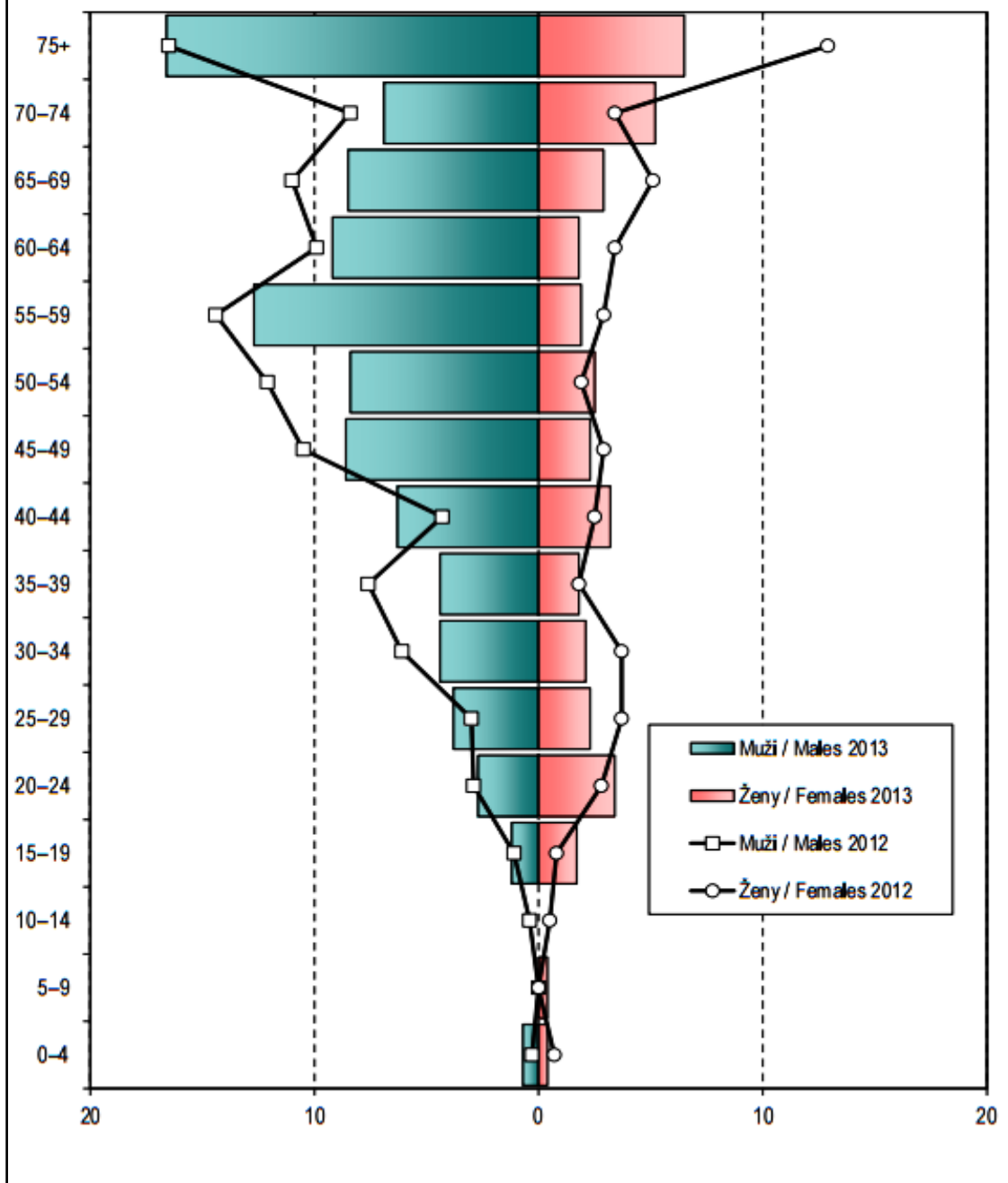
Obrázek 23 Odhad nových případů TBC, všech forem, na 100 000 obyvatel.



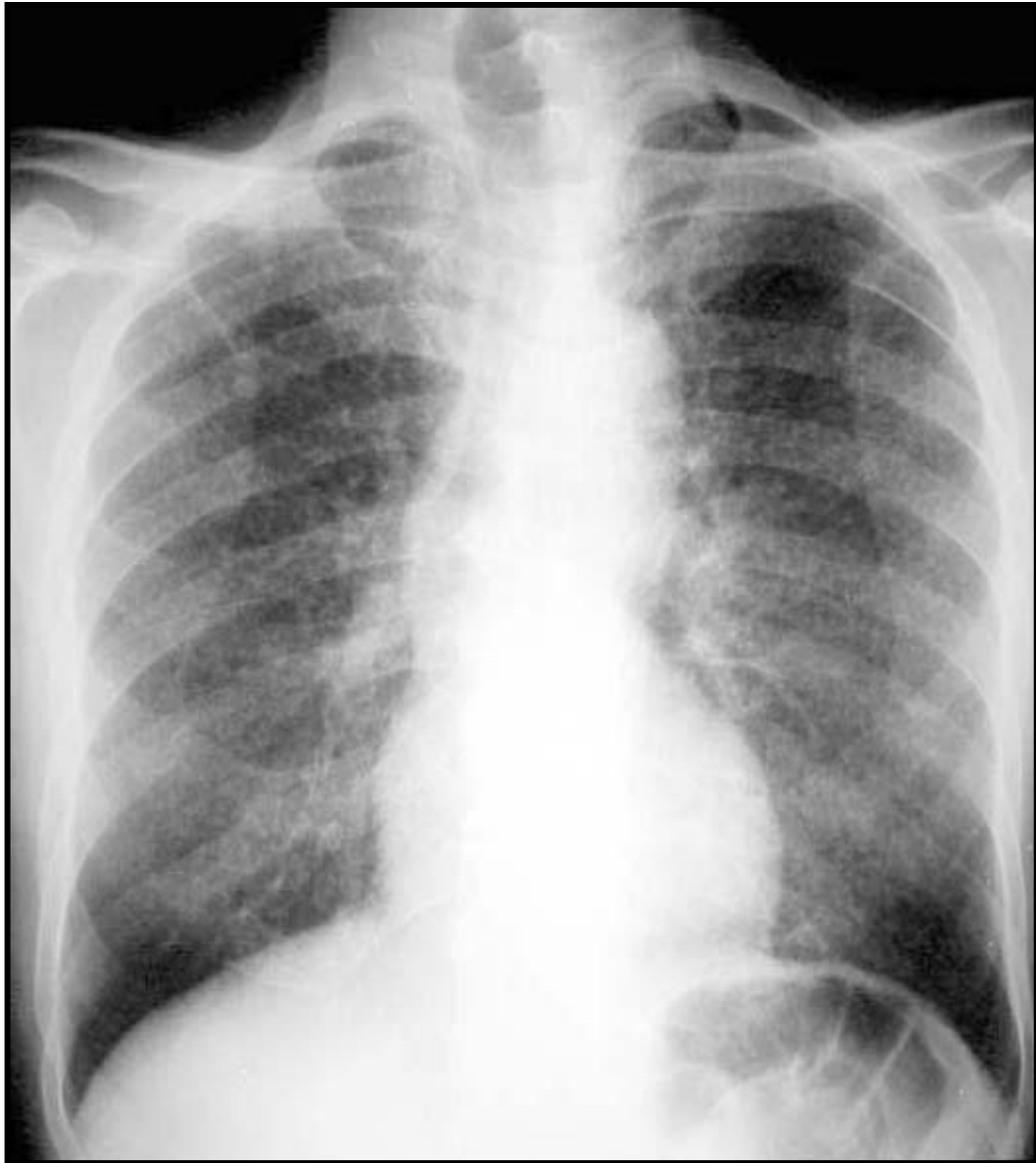
Obrázek 22 Počet hlášených onemocnění TBC na 100 000 obyvatel

**Porovnání incidence TBC dýchacího ústrojí  
v letech 2013 a 2012**  
*Comparison of incidence of TB of the respiratory system  
in 2013 and 2012*

na 100 000 mužů a žen / per 100 000 males and females



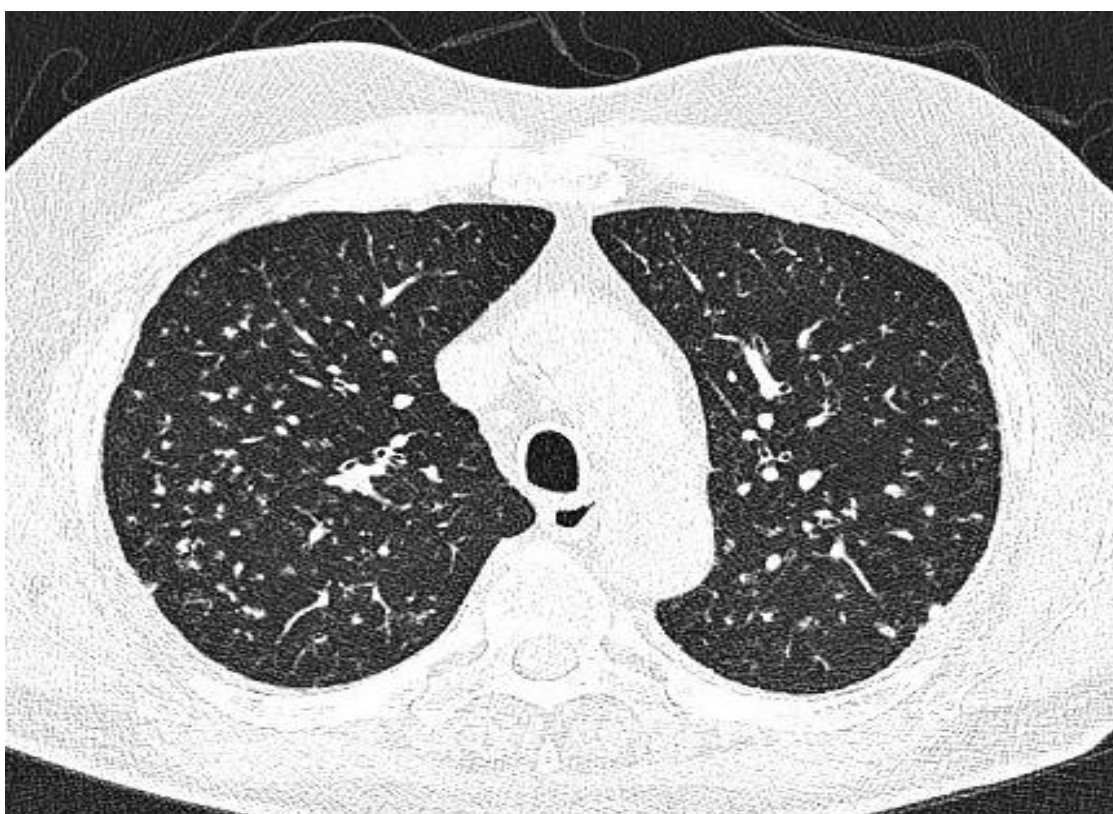
Obrázek 24 Porovnání incidence TBC dýchacího ústrojí v letech 2013 a 2012



Obrázek 25 Miliární TBC - hematogenní rozsev drobných uzlíků, do průměru 1-2mm (latinsky milium – jáhel)



Obrázek 27 Miliární TBC – spirální CT



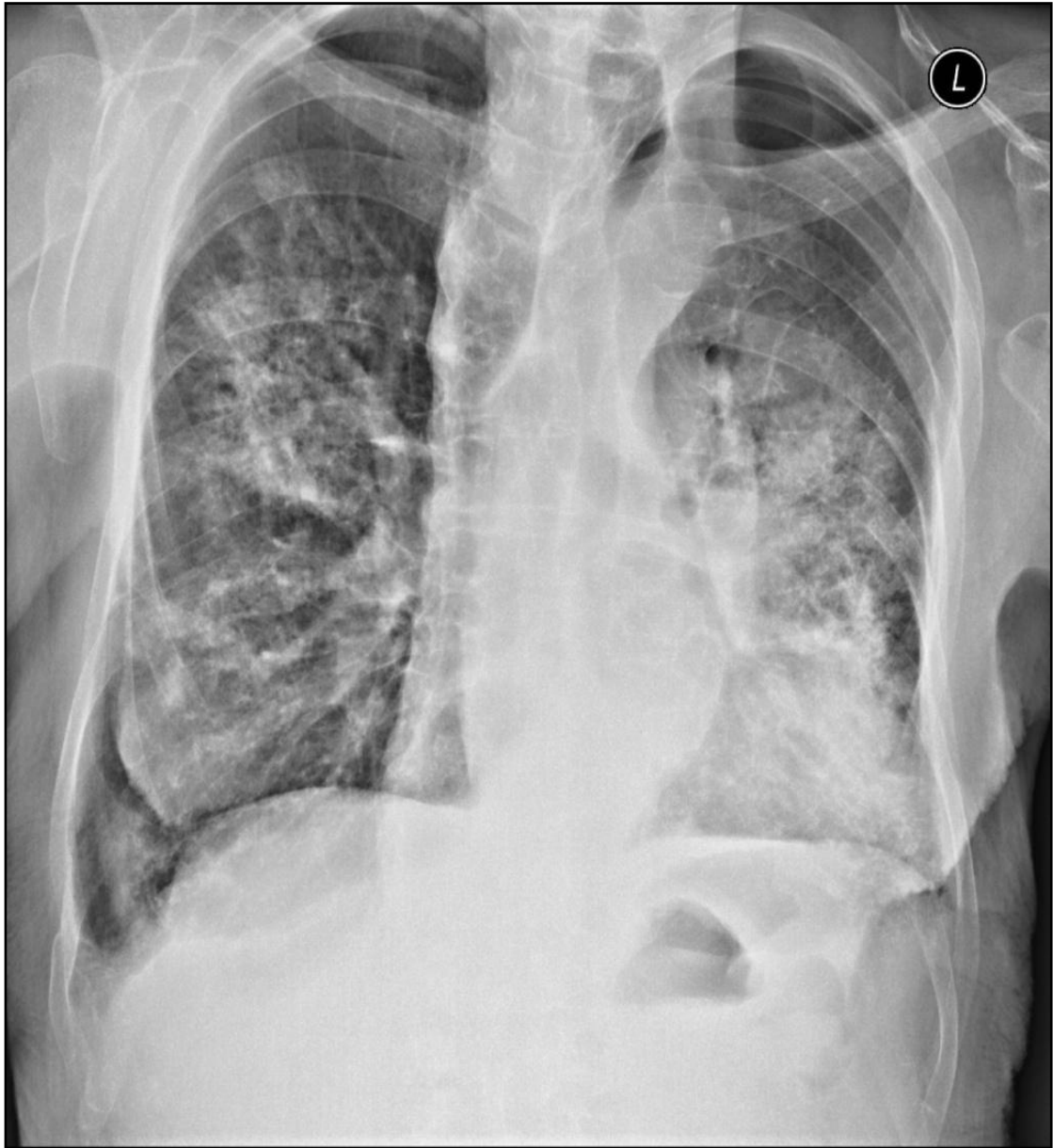
Obrázek 26 Miliární TBC - HRCT



Obrázek 28 Tuberkulom v horním laloku pravé plicé, s kalcifikacemi v centru ložiska Plicní okno.

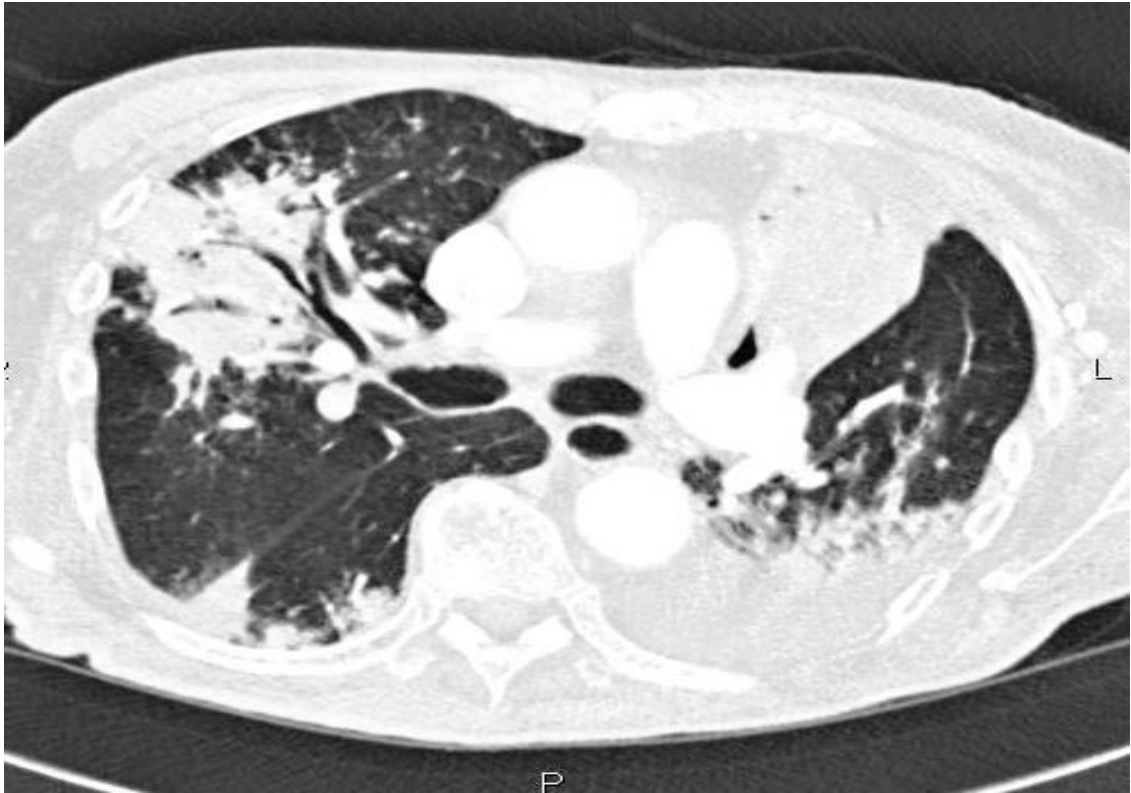


Obrázek 29 Tuberkulom v horním laloku pravé plicé, s kalcifikacemi v centru ložiska. Mediastinální okno.

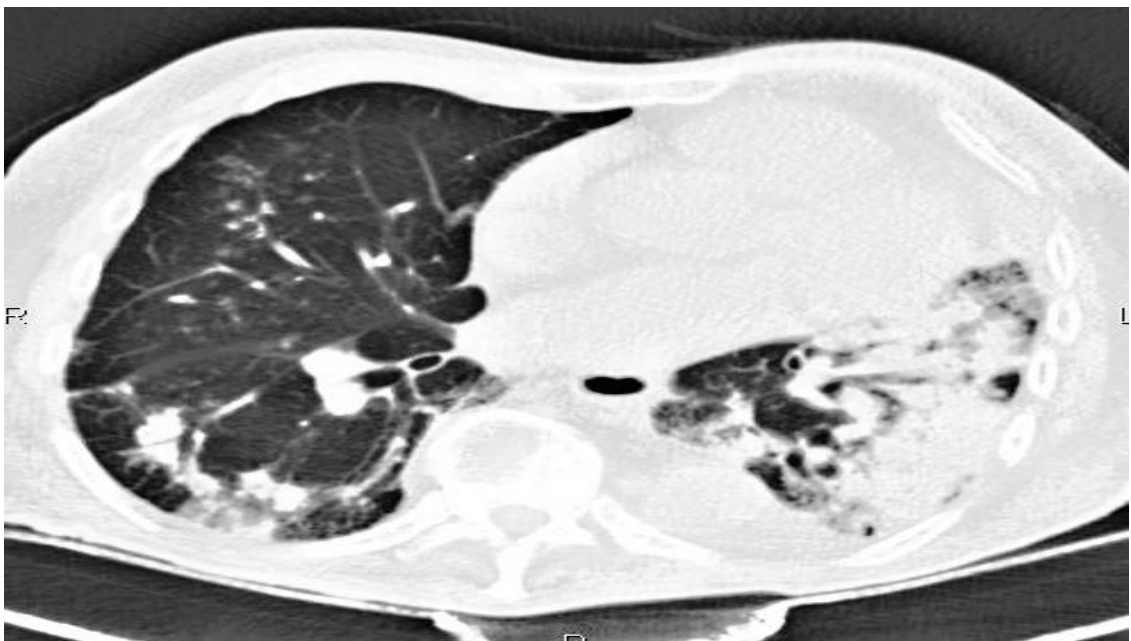


Obrázek 30 Infiltrativní forma TBC v obou plicích

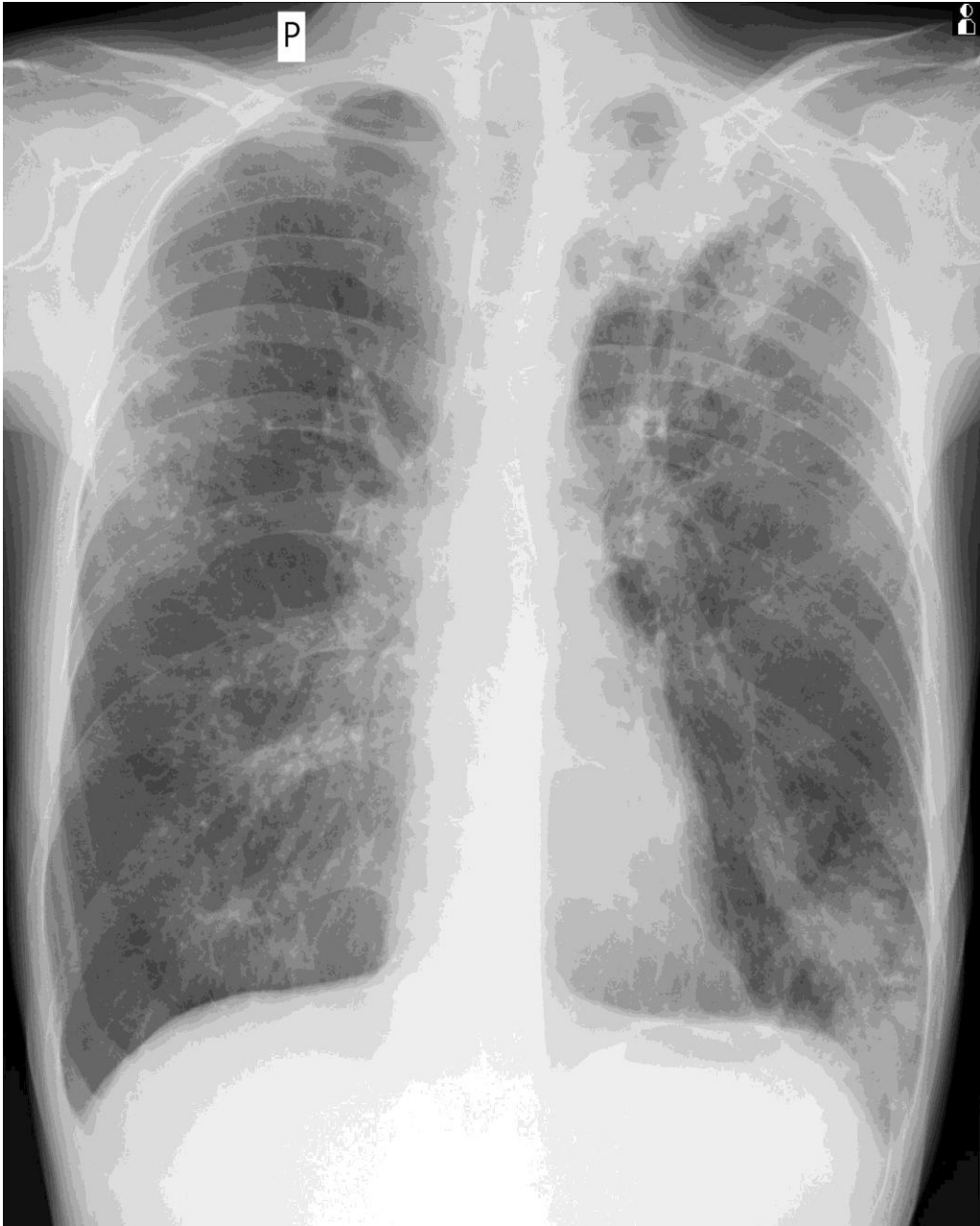




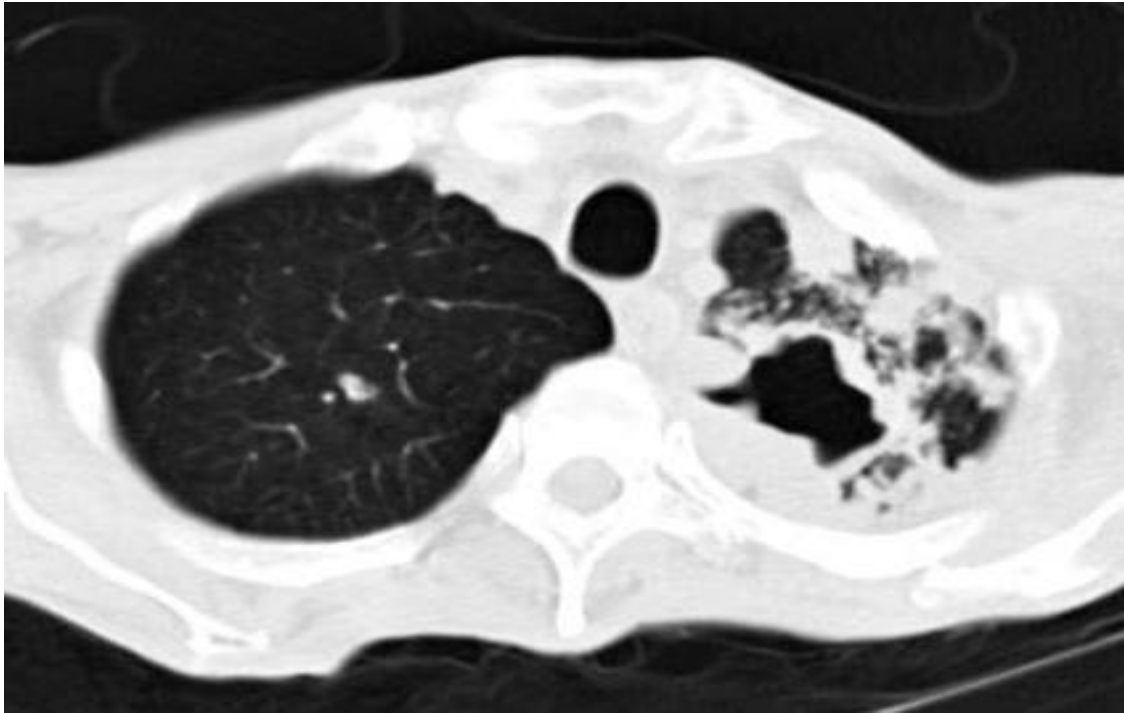
Obrázek 32 Infiltrativní forma TBC v pravé plíci- CT sken



Obrázek 31 Infiltrativní forma TBC v levé plíci- CT sken



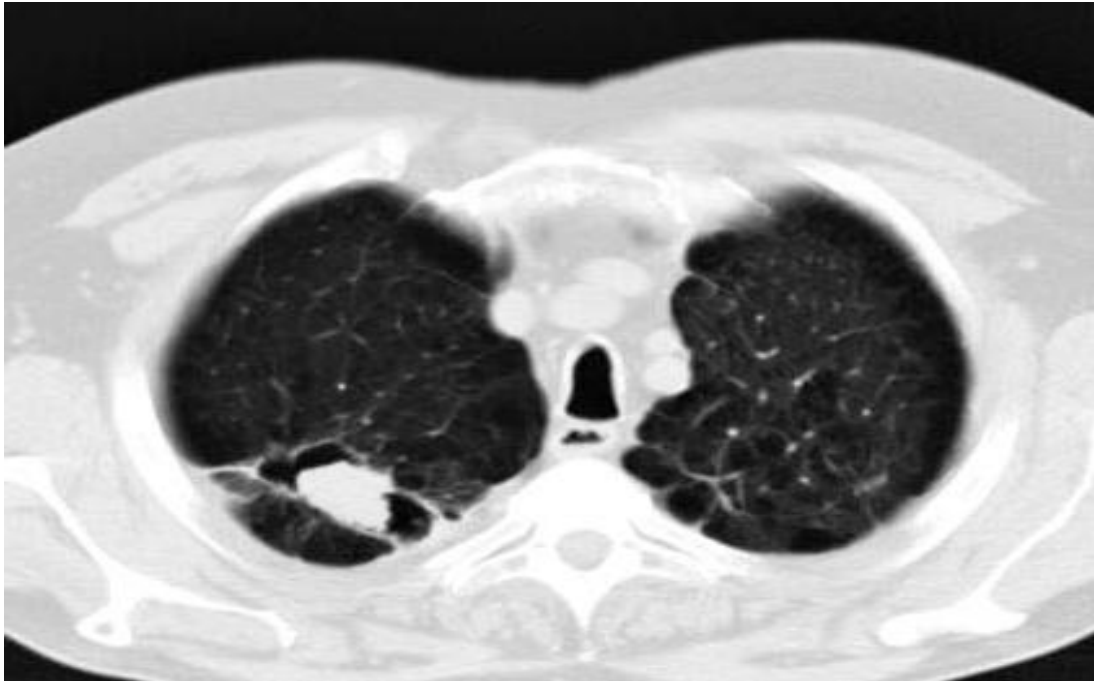
Obrázek 33 Rozpadová forma TBC



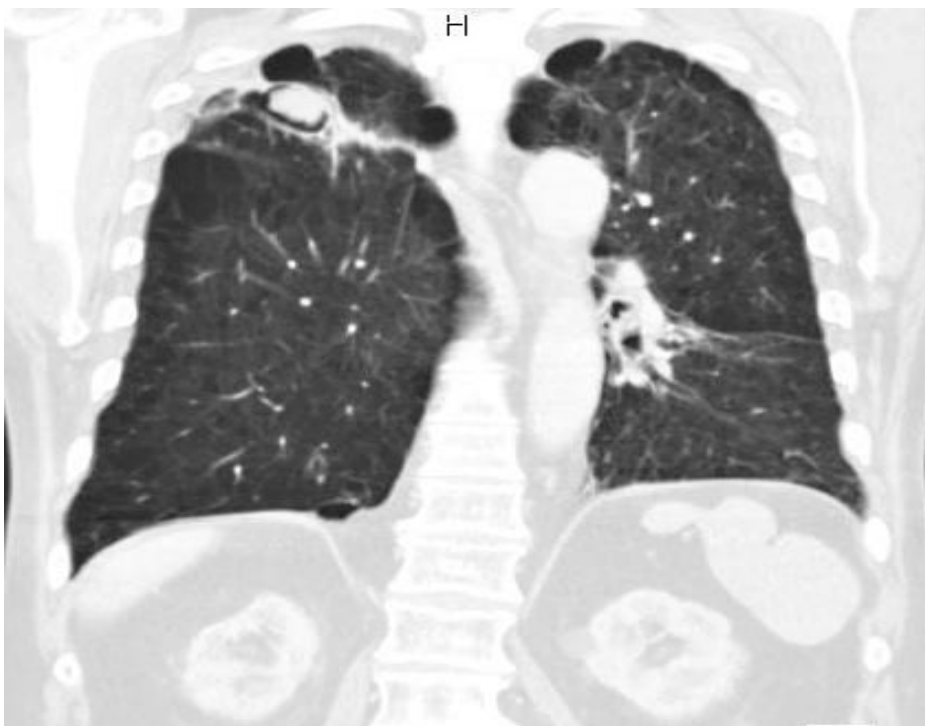
Obrázek 34 Specifická kavita ve vrcholu levé plíce- CT sken



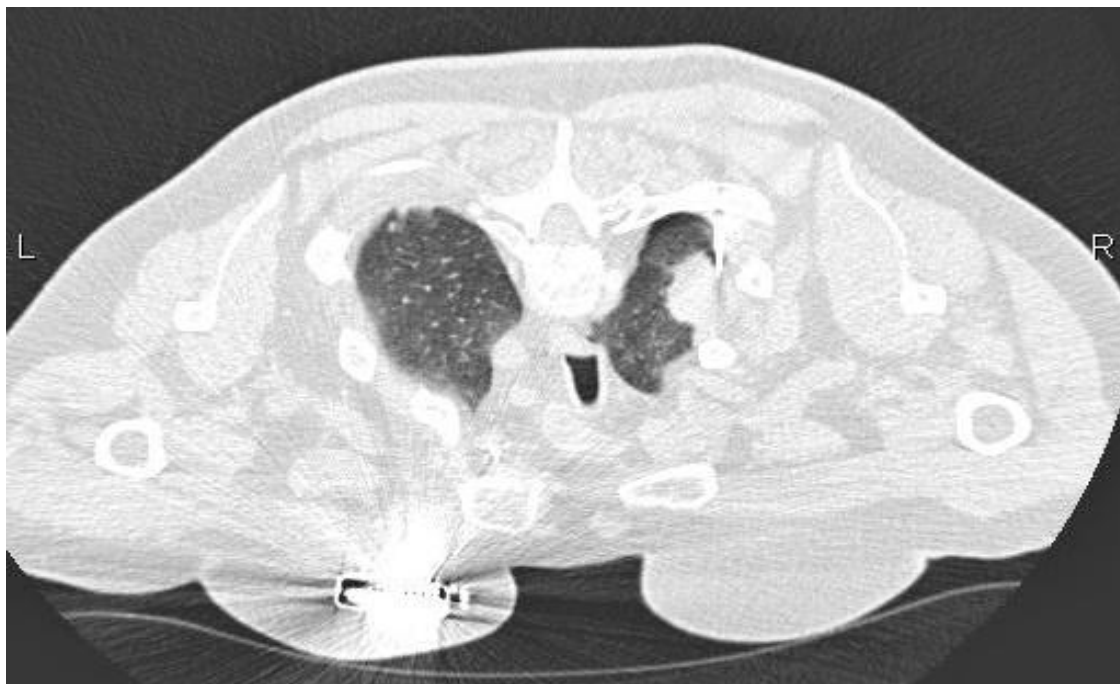
Obrázek 35 Specifická kavita v plicním vrcholu- 2D sagitální rekonstrukce



Obrázek 36 Aspergilom v chronické specifické kavitě, ve vrcholu pravé plicé



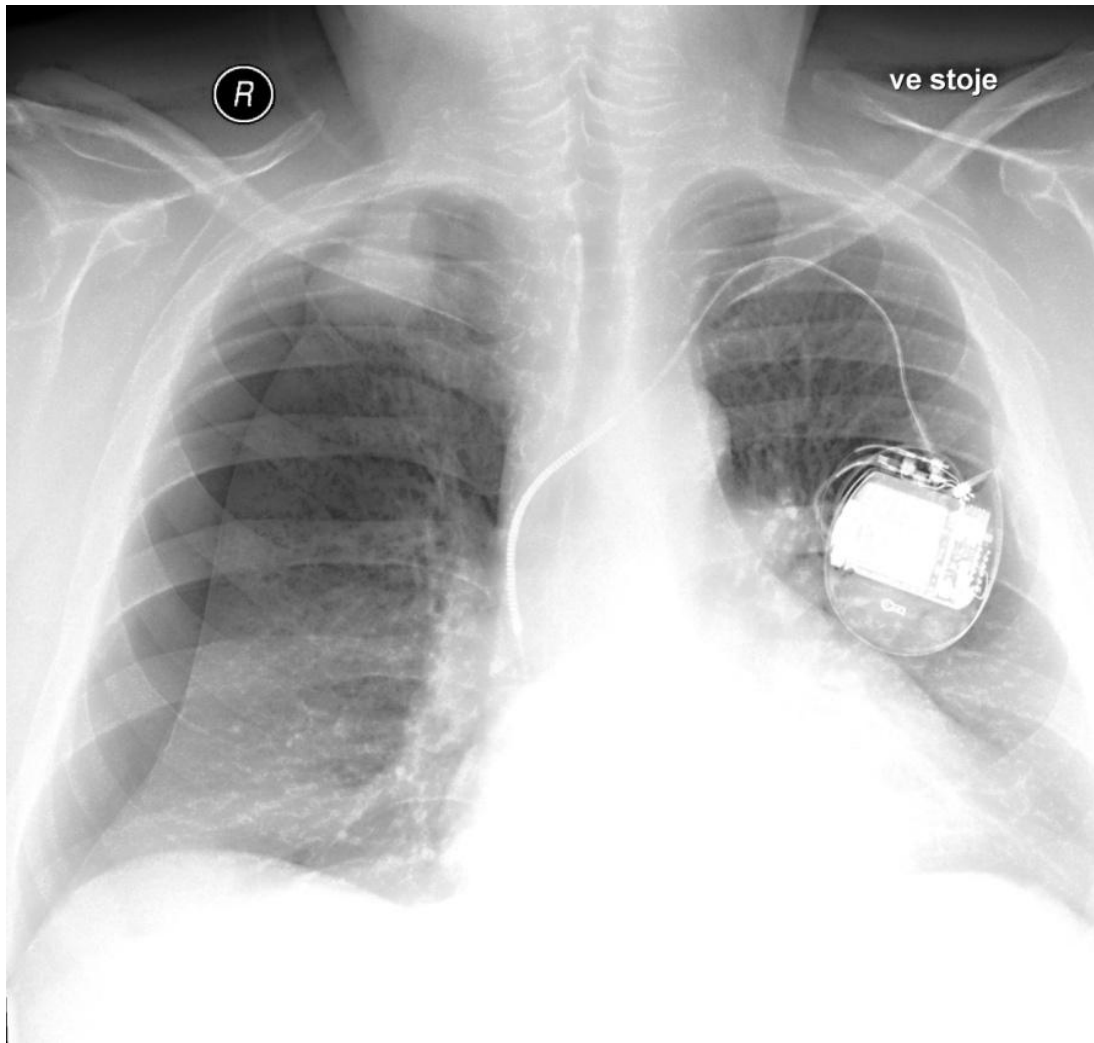
Obrázek 37 Aspergilom v chronické specifické kavitě- 2D koronární rekonstrukce



Obrázek 38 TPP pod CT kontrolou- infiltrace nejasné etiologie v pravém vrcholu



Obrázek 39 Komplikace po TPP- PNO v pravém vrcholu



Obrázek 40 Komplikace po TPP- PNO I.dx. Kardiostimulátor I.sin







