



Zdravotně  
sociální fakulta  
Faculty of Health  
and Social Sciences

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

**Vyšetřovací a zobrazovací postupy v pneumologii  
z pohledu radiologického asistenta**

## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Studijní program:

**SPECIALIZACE VE ZDRAVOTNICTVÍ**

**Autor:** Hedvika Vávrová

**Vedoucí práce:** Mgr. Zuzana Freitinger Skalická, Ph.D.

České Budějovice 2022

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci s názvem „*Vyšetřovací a zobrazovací metody v pneumologii z pohledu radiologického asistenta*“ jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby bakalářské práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé bakalářské práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 2. 5. 2022

.....

*Hedvika Vávrová*

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala Mgr. Zuzaně Freitinger Skalické, Ph.D. za odborné vedení, rady a vstřícnost při konzultacích během zpracování mé bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat panu Mgr. Dušanovi Hejnovi za poskytnutí dat z Nemocnice České Budějovice, a.s., které byly nezbytné pro zpracování výzkumné části.

# **Vyšetřovací a zobrazovací postupy v pneumologii z pohledu radiologického asistenta**

## **Abstrakt**

Bakalářská práce pojednává o SARS-CoV-2 zda významně ovlivnil počet RTG a CT vyšetření plic. Cílem této práce bylo „Statistické zpracování dat vyšetření RTG plic a CT plic na RTG oddělení Nemocnice České Budějovice, a.s. z hlediska časové distribuce v období 5 let.“ a „Analýza vyšetřovacích a zobrazovacích metod v pneumologii.“

V teoretické části byl uveden přehled anatomie dýchacího systému. Dále byl popsán SARS-CoV-2 a jeho vliv na plíce. V závěru byly vysvětleny vyšetřovací a zobrazovací postupy v pneumologii. Provedenou komparací anatomie a vyšetřovacích a zobrazovacích postupů lze považovat cíl č. 2 za splněný.

Cílem výzkumné části bylo statistické zpracování dat vyšetření RTG plic a CT plic na RTG oddělení Nemocnice České Budějovice, a.s. z hlediska časové distribuce v období 5 let a zároveň analýza vyšetřovacích a zobrazovacích metod v pneumologii. Byly stanoveny tři hypotézy, které zněly následovně: „Měsíční počty RTG vyšetření budou mít teoretické rozdělení blízké normálnímu rozdělení.“, „Měsíční počty CT vyšetření budou mít teoretické rozdělení blízké normálnímu rozdělení.“, „Měsíční počty RTG a CT vyšetření pozitivně korelují.“ K potvrzení či vyvrácení stanovených hypotéz bylo použito statistické šetření pomocí základních metod deskriptivní a matematické statistiky. Na základě získaných výsledků byly hypotézy H1 a H2 potvrzeny, u hypotézy H3 lze o potvrzení hovořit s určitým odstupem. Na základě těchto závěrů lze považovat cíl č. 1 za splněný.

Tato práce by mohla být využita v navazujících pracích. Předmětem dalších prací by mohlo být zkoumání SARS-CoV-2 a jeho vliv na vyšetřovací a zobrazovací metody plic v roce 2021 a 2022. Lze předpokládat, že v těchto letech by se normalita u RTG a CT vyšetření plic neprokázala.

## **Klíčová slova**

Pneumologie, SARS-CoV-2, RTG S+P, CT plic, statistické šetření

# **Examination and imaging procedures in pneumology from the point of view of a radiographer**

## **Abstract**

The Bachelor thesis discusses whether SARS-CoV-2 significantly affected the number of lung X-ray and CT scans. The aims of this thesis were "Statistical processing of lung X-ray and CT lung examination data in the X-ray department of the Hospital České Budějovice, a.s. in terms of time distribution over a period of 5 years." and "Analysis of examination and imaging methods in pneumology."

In the theoretical part, an overview of the anatomy of the respiratory system was given. Furthermore, SARS-CoV-2 and its effect on the lungs were described. Finally, examination and imaging techniques in pneumology were explained. When the anatomy of the respiratory system was compared with the examination and imaging procedures, objective 2 was found to have been met.

The aim of the research part was the statistical processing of the data of lung X-ray scans and lung CT examinations in the X-ray department of the Hospital České Budějovice, a.s. over a period of 5 years. Also, the research focused on an analysis of examination and imaging methods in pneumology. There were three initial hypotheses as follows: "Monthly numbers of X-ray examinations will have a theoretical distribution close to the normal distribution", "Monthly numbers of CT examinations will have a theoretical distribution close to the normal distribution", "Monthly numbers of X-ray and CT examinations are positively correlated". Statistical investigation was used to confirm or refute the stated hypotheses using basic methods of descriptive and mathematical statistics. Based on the results, hypotheses H1 and H2 were confirmed, while hypothesis H3 can be confirmed with time. As a result, objective 1 can be considered fulfilled.

The insights gained from this work may be of assistance to follow-up studies. Further research could investigate SARS-CoV-2 and its impact on lung imaging and testing in 2021 and 2022. X-ray and CT scans of the lung in these years would likely fail to test for normality.

## **Key words**

Pneumology, SARS-CoV-2, chest X-ray, lung CT scan, statistical investigation

## Obsah

Úvod.....	8
1 Současný stav .....	9
1.1 Dýchací systém .....	9
1.2 SARS-CoV-2 a jeho vliv na plíce .....	14
1.2.1 Post-COVID syndrom.....	17
1.3 Zobrazovací metody plic.....	18
1.3.1 Rentgenové vyšetření.....	18
1.3.2 Výpočetní tomografie .....	19
1.3.3 Magnetická rezonance .....	20
1.3.4 Ultrasonografie .....	20
1.3.5 Nukleární medicína.....	20
1.4 Funkční diagnostika .....	21
1.4.1 Vyšetřovací metody .....	21
1.4.2 Plicní objemy a kapacity.....	24
1.4.3 Dynamické plicní veličiny .....	25
1.4.4 Bronchomotorické testy.....	26
1.4.5 Bronchokonstrikční testy .....	27
1.4.6 Bronchodilatační testy .....	27
2 Cíl práce a hypotézy .....	29
2.1 Cíl práce .....	29
2.2 Hypotézy .....	29
3 Metodika.....	30
3.1 Metody deskriptivní statistiky.....	30
3.1.1 Formulace statistického šetření.....	30
3.1.2 Škálování .....	31

3.1.3	Měření v deskriptivní statistice.....	31
3.1.4	Elementární statistické zpracování .....	31
3.2	Metody matematické statistiky .....	34
3.2.1	Neparametrické testování .....	34
3.2.2	Teorie odhadů .....	37
3.2.3	Měření statistických závislostí.....	37
4	Výsledky.....	40
4.1	Statistické vyhodnocení .....	40
4.1.1	Formulace statistického šetření.....	40
4.1.2	Škálování .....	40
4.1.3	Elementární statistické zpracování .....	48
4.1.4	Výpočet empirických parametrů.....	54
4.1.5	Neparametrické testování normality.....	58
4.1.6	Teorie odhadů .....	67
4.1.7	Měření statistických závislostí.....	70
5	Diskuze.....	76
6	Závěr.....	80
7	Zdroje .....	81
8.	Seznam obrázků a tabulek .....	84

## Úvod

Covid-19 je akutní infekční onemocnění způsobené virem SARS-CoV-2 a převážně postihuje dýchací systém. Poprvé se objevil v roce 2019 ve Wu-chanu v Číně a v roce 2020 WHO prohlásilo šíření koronaviru za pandemii. Tato virová infekce napadá více orgánů a systémů, proto jsou důležitá různá vyšetření, jako je například radiologie, interní medicína, rehabilitace. Tato vyšetření dokážou sledovat průběh nemoci a určit možné řešení nemoci. Infekce SARS-CoV-2 představuje příznaky podobné chřipce, jako je horečka a kašel. U vysoce rizikových jedinců, jako jsou starší lidé nebo lidé, kteří mají přítomno více chorob, je pravděpodobnější, že virus způsobí těžkou intersticiální pneumonii, syndrom akutní respirační tísně a následné multiorgánové selhání. Při této chorobě dochází především ke změně v plicním parenchymu. U vysoce rizikových jedinců se můžou u onemocnění objevit také dušnosti s hypoxemií, hypotenze, tachykardie, oligurie nebo porucha vědomí.

Dnes jsou dostupné zobrazovací metody, které mohou bezpečně zachytit průběh změn, lépe upřesnit diagnostiku onemocnění plic, zlepšit léčbu a předejít vážným komplikacím nebo nevratným změnám. Mezi zobrazovací metody, které jsou vhodné pro sledování struktury plic, patří především RTG S+P a CT plic. Rentgenový snímek dobře zachytí nález oboustranných plicních infiltrátů typických pro virovou pneumonii, dále se na rentgenovém snímku zobrazí zákalové opacity a konsolidace. CT představuje nejpřesnější techniku v zobrazení plicní tkáně. Při podezření na SARS-CoV-2 se na CT vyšetření plic nejčastěji zobrazí opacity typu mléčného skla, crazy paving nebo konsolidace a jejich kombinace.



# 1 Současný stav

## 1.1 Dýchací systém

### *Zevní nos (nasus externus)*

Zevní nos je velmi výraznou součástí obličeje, který má tvar trojboké pyramidy. Místo přechodu nosu a čela je označováno jako kořen nosu (radix nasi). Další část od kořene nosu je hřbet nosní (dorsum nasi), která pokračuje jako zaoblená přední hrana dopředu k hrotu nosnímu (apex nasi). Na spodní části zevního nosu se nacházejí postranní stěny tzv. křídla nosní (alae nasi), která obkružují nosní dírky (nares). Uvnitř je nos rozdělen na dvě části přepážkou nosní (septum nasi). Nos má kostěný a chrupavčitý základ a upíná se do kostěného okraje hruškovitého otvoru obličejové části lebky. Kostěný podklad ohraničují párové kosti nosní (ossa nasalia), která jsou spojena s výběžkem os frontale a maxilou (Naňka et al., 2015).

### *Dutinu nosní (Cavitas nasi)*

Nosní dutina přechází v přední části do zevního nosu (nasus). Vzadu pokračuje dvěma průchody (choanami) do nosohltanu. Dutina nosní se rozděluje na předsíň nosní (vestibulum nasi) a vlastní dutinu nosní (cavitas nasi propria). Vlastní dutina nosní je rozdělena přepážkou nosní (septum nasi), na dvě stejné poloviny. Přepážka má část kostěnou, část chrupavčitou a část vazivovou. Kostěná část je tvořena kostí radliční a svislou ploténkou čichové kosti. Chrupavčitou část tvoří chrupavka zevního nosu (cartilago septi nasi) (Petrovický, 2001; Dylevský, 2009; Naňka et al., 2015).

Celou dutinu nosní vystýlá sliznice nosní. Lze rozlišit dva druhy sliznice a to čichovou oblast (regio olfactoria) a dýchací oblast (regio respiratoria). Čichová oblast se nalézá u stropu dutiny nosní a dýchací oblast je sliznice v ostatních místech dutiny nosní (Naňka et al., 2015).

Dutina nosní má funkci zbavování nečistot a části mikroorganismů, zvlhčování vzduchu, vnímání pachových látek, ale také slouží jako bariéra proti infekci (Petrovický, 2001; Dylevský, 2009).

### ***Vedlejší dutiny nosní (sinus paranasales)***

Vedlejší dutiny nosní jsou dutiny v kostech ohraničující dutinu nosní a jsou vystlány sliznicí s hlenovými žlázkami a vyplněny vzduchem, lebka je nadlehčována tzv. pneumatizována. Největší vedlejší dutina nosní leží v dutině horní čelisti (sinus maxillaris), která ústí do středního průchodu nosního. Do toho prostoru ústí i dutina kosti čelní (sinus frontalis). Další dutina je v kosti čichové (sinus ethmoidales) a v kosti klínové (sinus sphenoidales) (Dylevský, 2009; Naňka et al., 2015).

### ***Nosohltan (nasopharynx)***

Nosohltan navazuje na nosní dutinu a převádí nosem vdechnutý vzduch do ústního úseku hltanu a odtud do hrtanu. Je vystlán víceřadým cylindrickým epitelem a později se mění v silný vícevrstevnatý epitel (Dylevský, 2009; Naňka et al., 2015).

### ***Hrtan (larynx)***

Hrtan má trubicovitý tvar a je dlouhý asi 6 cm. U mužů je hrtan větší než u žen. Hrtan je vzadu spojen s hltanem a dolní úsek přechází do průdušnice. Hrtan se nachází na přední straně krku a je krytý dolními svaly jazyky a fasciálními listy. Na boční stěně hrtanu jsou laloky štítné žlázy a vzadu probíhá hltan a krční tepny. Hrtan slouží k dýchání a tvorbě hlasu (Dylevský, 2009; Naňka et al., 2015).

### ***Průdušnice (trachea)***

Průdušnice je 16–18 mm široká a 12 cm dlouhá. Průdušnice je část dýchacích cest, která navazuje na prstencovou chrupavku hrtanu a končí rozvětvením na pravý a levý bronchus. Trachea sestupuje do mezihrudí, ve kterém je obloukem aorty vytlačena vpravo. Trachea se vzhledem ke svému průběhu tedy dělí na dvě části. První pars cervicalis a druhá pars thoracica. Pars cervicalis se nachází v přední části viscerálního prostoru krčního, sahá od prstencové chrupavky až k hornímu okraji hrudní kosti. V pars cervicales je zepředu kryta dolními svaly jazyky a v rozsahu 2. – 4. prstence můstkem štítné žlázy. Pars thoracica je uložena v horním mediastinu, kde je trachea uložena před jícnem. Přední plochu průdušnice kryjí zbytky brzlíku a oblouk aorty. V horním okraji manubrium sterni je hranice mezi oběma částmi, apertura thoracis superior. Její stěna je vepředu a po stranách tvořena chrupavkami cartilagineae tracheales ve tvaru

podkovy. Zadní stěna je vystlána hladkou svalovinou, musculus trachealis (Petrovický, 2001; Dylevský, 2009; Naňka et al., 2015).

### ***Průdušky (bronchi)***

Průdušky, je krátká část dýchacích cest, která vzniká rozdělením průdušnice na dvě trubice, bronchus principalis dexter et sinister (pravou a levou průdušku). Průdušky vedou vzduch z průdušnice do konečných oddílů plic (plicní alveoly). Pravá průduška je kratší a širší, levá průduška je delší a užší. Levá průduška odstupuje z trachey pod větším úhlem než pravá průduška, proto se vdechnuté cizí těleso dostává do pravé průdušky. Hlavní průdušky se v plicním hilu dělí v lalokové a segmentové větve, které jsou stavební a funkční součástí plic. Dalším dělením dosáhnou průdušky průměru menší jak 1 mm a ty se nazývají průdušinky (bronchioly). Stěny bronchů jsou podobné jako u trachey, mají také podkovovité chrupavky. Na zadní straně je hladké svalstvo a vazivo (Petrovický, 2001; Dylevský, 2009; Naňka et al., 2015).

### ***Plíce (Pulmo)***

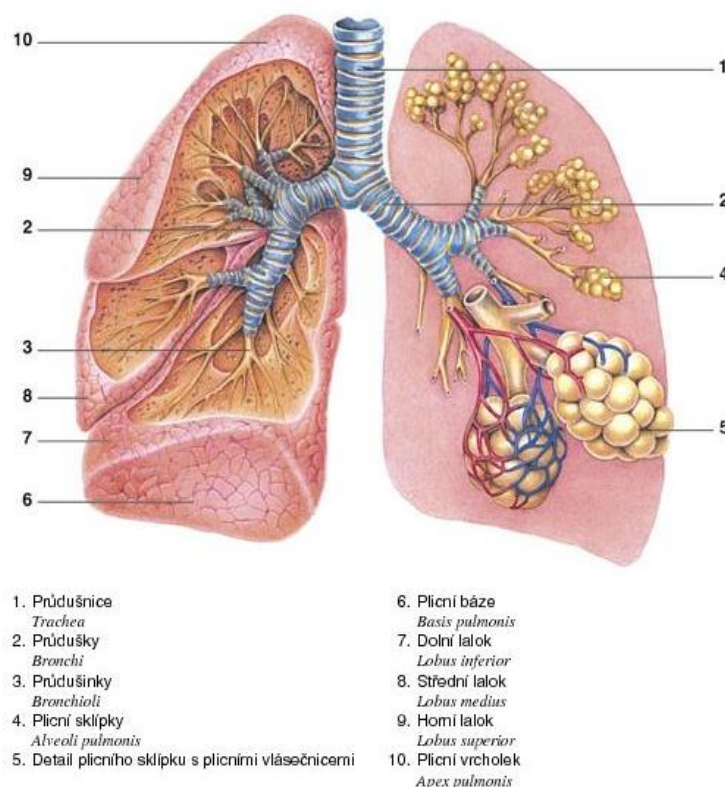
Plíce jsou párovým orgánem ležící v pravé a levé pohrudniční dutině. Zde probíhá výměna plynů mezi vzduchem a krví. Plíce jsou uloženy v hrudním koši, v pravé a levé pleurální dutině, kterou vystýlá pohrudnice. Pohrudnice přechází postupně v poplicnici, která je pevně srostlá s povrchem plíce. Tření mezi těmito dvěma blanami se minimalizuje transsudátem, který se mezi nimi nachází. Vzduch je do plic přiváděn i odváděn bronchy, které se více jak dvacetkrát větví. Výměna kyslíku a oxidu uhličitého mezi krví a vzduchem se provádí přes stěnu plicních sklípků a přes stěnu kapilár. Krev do plic přivádí truncus pulmonalis, který jde z pravé komory. Truncus pulmonalis se větví na dvě arteriae pulmonales, které vedou odkysličenou krev a vytváří kapilární pleteně kolem plicních sklípků. Z kapilár odvádějí okysličenou krev plicní žíly, které se sbírají do venae pulmonales a ty ústí do levé předsíně. Venae pulmonales uzavírají plicní krevní oběh (Petrovický, 2001; Dylevský, 2009; Naňka et al., 2015).

Plíce rozdělujeme na pravou a levou. Pravá plíce je o něco větší než plíce levá, pravá plíce se skládá se tří laloků a to z horního (lobus superior), středního (lobus medius) a dolního (lobus inferior). Levá plíce je ze dvou laloků a to z horního (lobus superior) a dolního (lobus inferior). Laloky se navzájem dotýkají tzv. interlobárními plochami (Petrovický, 2001; Dylevský, 2009; Naňka et al., 2015).

Plicní laloky lze rozdělit na plicní segmenty. Segment je základní stavební a funkční jednotkou plic. Segment je část plic, která je ventilována jedním bronchem a vyživována jednou větví plicní tepny. Pravá plíce se skládá z deseti segmentů a levá plíce z osmi segmentů. V plicích se nachází bronchiální strom, který je zakončen plicními sklípkami (Petrovický, 2001; Dylevský, 2009; Naňka et al., 2015).

V mládí jsou plíce růžové, avšak postupně s věkem šednou. Za zbarvení plic může ukládání různých částic ve formě prášných buněk. Dalším faktorem může být kouření, ale i životní prostředí (Petrovický, 2001; Dylevský, 2009).

Plíce mají dva krevní oběhy, nutritivní a funkční oběh (tzv. malý oběh). Nutritivní oběh zajišťuje výživu a odvod zplodin. Nutritivní oběh tvoří bronchiální arterie, tepny odstupující z hrudní aorty. Funkční oběh zajišťuje výměnu dýchacích plynů mezi krví a alveolárním vzduchem. Funkční oběh zajišťují obě větve plicního kmene (pravá a levá plicní tepna) (Dylevský, 2009; Čihák, 2016).



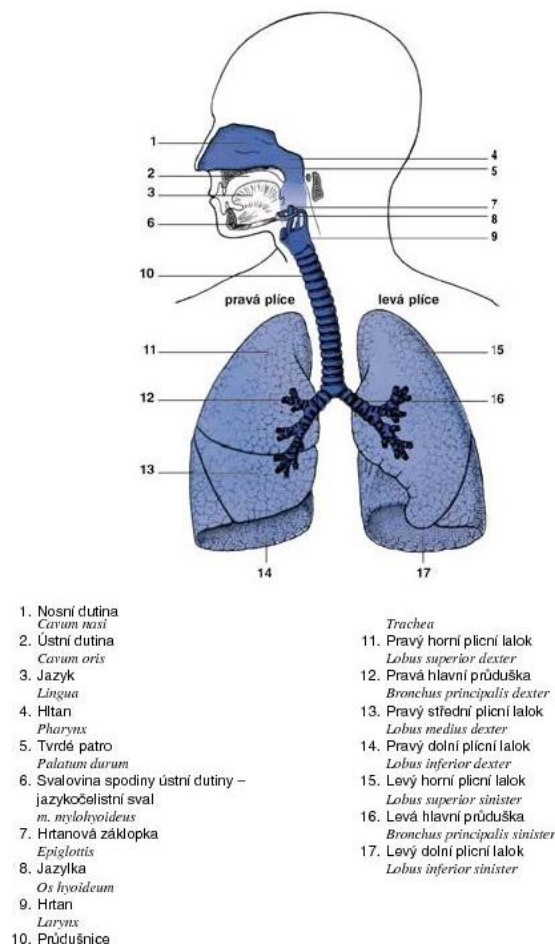
Obrázek 2 Stavba plic (Hanzlová et al., 2013)

### ***Pohrudnice a poplicnice (pleura parietalis et visceralis)***

Povrch plic je krytý tenkou, průhlednou blánou poplicnicí (pleura visceralis), která později přechází v plicním hilu v pohrudnici (pleura parietalis). Pohrudnice vytváří kolem každé plíce samostatnou dutinu (cavum pleurae dx. et sin.). Pohrudnice vytváří v hrudníku záhyby, tzv. recesy. Tyto záhyby slouží k zasouvání plic při usilovném dýchání. Pleurální dutina je vzduchotěsně uzavřená a plíce v ní jsou ve stavu elastického napětí. V pleurální dutině je nižší tlak, než je tlak atmosférický a tlak v bronchiálním a alveolárním systému (Naňka et al., 2015).

### ***Mezihrudí (mediastinum)***

Mediastinum je prostor mezi pravou a levou pleurální dutinou. Vepředu je ohraničeno hrudní kostí, vzadu páteří a dole bránicí. Obsahuje řadu orgánů, cévy, nervy a lymfatické uzliny. Mediastinum se rozděluje na přední (mediastinum anterius) a zadní (mediastinum posterius) (Naňka et al., 2015).



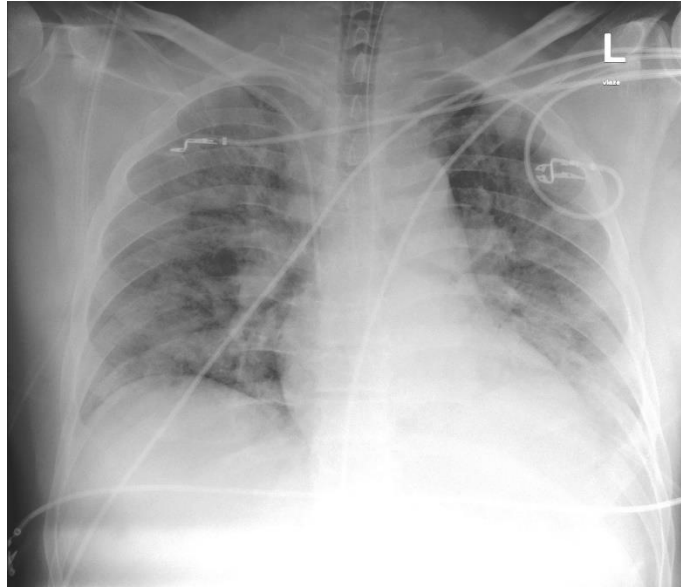
Obrázek 1 Dýchací systém (Hanzlová et al., 2013)

## ***1.2 SARS-CoV-2 a jeho vliv na plíce***

Coronavirová nemoc 2019 (COVID-19) začala jako epidemie ve WU-chanu. Původce Covid-19 je nový koronavirus pojmenovaný SARS-CoV-2. SARS-CoV-2 je infekce dýchacích cest, vzácně syndrom akutní respirační tísně. Většina lidí, kteří prodělali infekci SARS-CoV-2 bez závažné komplikace potřebují specifické sledování, ale značná část lidí, zejména ti co měli středně těžké nebo těžké klinické komplikace nebo pacienti vyžadující mechanickou ventilaci, potřebují následné radiologické vyšetření. SARS-CoV-2 má dopad na více orgánů, jako je srdce, játra a ledviny, ale nejvíce je postižený dýchací systém. Mezi klinické projevy patří dušnost, kašel, tvorby sputa, únava, horečky. Závažné onemocnění obvykle začíná přibližně 1 týden po nástupu příznaků. Dušnost je nejčastějším příznakem a poté je často doprovázena hypoxemie. K rizikům infekce SARS-CoV-2 patří zejména věk nad 60 let, hypertenze, nádorová onemocnění, chronická obstrukční plicní nemoc, diabetes a ischemická choroba srdeční (Asselah et al., 2021; SZÚ, 2021; Solomon, C.G. et al, 2020).

Lidé s podezřením na SARS-CoV-2 potřebují rychle vědět, zda jsou infikováni, aby se mohli izolovat a podstoupit léčbu. V současné době se provádí laboratorní test, nazývaný RT-PCR (Metoda Real-time PCR slouží pro kvantifikaci DNA a transkripce). RT-PCR test není zcela přesný a pro včasné odhalení SARS-CoV-2 se uplatňují zobrazovací metody (Kovács et al., 2021; Salem, A.M. et al., 2021).

Zobrazovací metody se používají k diagnostice tohoto onemocnění, když například čekají na výsledky testu RT-PCR nebo když jsou výsledky RT-PCR negativní a osoba má příznaky SARS-CoV-2. Rentgenový snímek hrudníku je levný a snadno dostupný. U pneumonie SARS-CoV-2 se v již v prvním týdnu onemocnění zobrazí na rentgenovém snímku oboustranné infiltrativní změny plic. Později se zobrazí denzity mléčného skla a konsolidace, které jsou častěji v bilaterálních, periferních a zadních distribucích. Vzácně lymfadenopatie a pleurální výpotek. Rentgenový snímek ale nemůže vyloučit diagnózu SARS-CoV-2, protože jeho citlivost závisí na době zobrazení a závažnosti plicního postižení (Akçay et al., 2020; Chan et al., 2020; Kovács et al., 2021).



*Obrázek 3 RTG snímek plic s nálezem oboustranného plicního infiltrátu (Vlastní zdroj.)*

CT v současnosti představuje nej přesnější techniku v zobrazení plicní tkáně. Stala se základní vyšetřovací metodou nejenom v diagnostice ložiskových procesů v plicích, ale také v diagnostice difuzních plicních procesů, jakými jsou intersticiální plicní fibróza nebo pneumokoniózy. CT hrudníku poskytne vynikající prostorové rozlišení. V době, kdy nedochází k šíření onemocnění SARS-CoV-2, má CT vyšetření význam indikovat zejména u nemocných, u nichž je podezření na závažný plicní zánětlivý proces. Nejčastějšími znaky je přítomnost opacit typu mléčného skla, crazy paving nebo konsolidace a jejich kombinace. V případě těžšího postižení se objevuje mnohočetné postižení opacitami typu mléčného skla, s rychlým nástupem zesílení intralobulárních sept (crazy paving). Postižení může zasáhnout i většinu plicního parenchymu. Pacient s pozitivním CT nálezem, tedy s nálezem s pravděpodobností SARS-CoV-2, je klinicky klasifikován jako vysoce suspektní covid-19 pozitivní a je podle závažnosti klinického stavu směřován do izolace. Naopak pacient s negativním CT nálezem, to znamená, že je nález normální nebo nález typický pro jiné onemocnění je klasifikován jako covid-19 nesuspektní a je dále ošetřován v běžném režimu (Akçay et al., 2020; Chan et al., 2020; Kovács et al., 2021).

U CT jsou definovány 4 stádia postižení plic. **V časném stadiu** (0-4 dny po nástupu počátečního příznaku) byly hlavním radiologickým průkazem zákalové opacity (GGO) distribuované pod pleurou v dolních lalocích jednostranně nebo oboustranně. **V progresivním stadiu** (5-8 dní po nástupu počátečního příznaku) se infekce velmi zhorší. Objevují se konsolidované léze, u kritických případů se objeví ještě závažnější

konsolidace, přičemž hustota plic se zvyšuje a splývavé opacity pak mají charakter „bílé plíce“. U některých denzit mléčného skla se pozoruje ztlustění interlobulárních sept a intralobulárního intersticia, které se zobrazují jako subpleurální retikulace, tzv. „crazy paving“. **Ve vrcholovém stadiu** (9-13 dní po nástupu počátečního příznaku) začíná hustá konsolidace převládat a postižená oblast plic pomalu zvětšovat. **Ve stadiu absorpce** ( $\geq 14$  dní po nástupu počátečního příznaku) je infekce pod kontrolou a konsolidace je postupně absorbována. V tomto stadiu už není žádný „crazy paving“ (Akçay et al., 2020; Kovács et al., 2021).

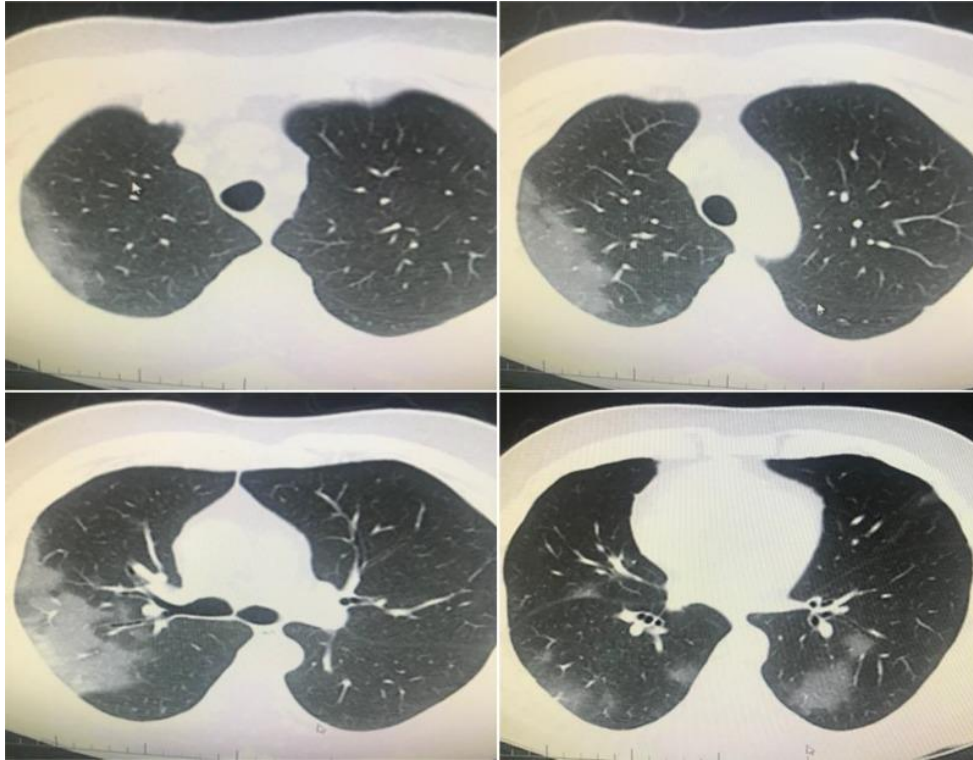
Pacienti s chronickým onemocněním plic se mohou chránit před závažnými infekcemi nebo v případě infekce mohou snížit riziko těžkého průběhu onemocnění a to díky následujícím opatřením. Mezi první opatření patří dodržování aktuálně doporučených hygienických opatření. Druhé opatření je včasný kontakt se zdravotnickým systémem, pokud se rozvinou známky a příznaky infekce. Dalším krokem je pokračování v dosavadní terapii chronického plicního onemocnění a důležitým opatřením je očkování (Flick et al., 2020).



*Obrázek 4 CT plic s pozitivním PCR (Akçay et al., 2020)*

CT zobrazení hrudníku s pozitivní PCR a CT, konsolidaci pravého horního laloku, což je atypický vzhled pro pneumonii COVID-19 (Akçay et al., 2020).





*Obrázek 5 CT plic s negativním PCR (Akçay et al., 2020)*

PCR byla negativní, na CT hrudníku zobrazeno GGO v multilalocích obou plic jako typickou pneumonii COVID-19 (Akçay et al., 2020).

### ***1.2.1 Post-COVID syndrom***

Post-COVID syndrom znamená respirační i nerespirační příznaky, které přetrvávají po dvanácti a více týdnech od vzniku onemocnění COVID-19. Post-COVID syndrom může postihnout jakýkoliv orgán, nejčastěji jde o plíce. Mezi nejběžnější příznaky také patří post-virový únavový syndrom nebo dlouhodobá hypoxémie, bolesti na hrudi, bolesti kloubů, kašel, poruchy čichu a chuti. (Alarcón-Rodríguez, J. et al., 2021; MZCR, 2021; Nalbandian et al., 2021; Yong, 2021).

Pacienti s výraznými respiračními obtížemi jsou vyšetřeny pneumologem, který věnuje pozornost zejména pneumologickému vyšetření včetně podrobného rozboru anamnézy. Mezi základní vyšetření patří zobrazovací vyšetření plic, nejčastěji se provádí RTG a CT vyšetření plic. Další důležité vyšetření je vyšetření plicních funkcí, jako je plicní difúze a šestiminutový test chůzí. (MZCR, 2021; Nalbandian et al., 2021; Yong, 2021).

### ***1.3 Zobrazovací metody plic***

Při zobrazení onemocnění hrudníku je první zobrazovací metoda prostý snímek, protože má minimální radiační zátěž a rychle poskytne základní informace. CT vyšetření se provádí až tehdy, pokud je třeba upřesnit patologické změny nebo nález. Uplatňují se i metody, které podávají základní data jako je CT angiografie nebo virtuální CT bronchoskopie, magnetická rezonance, ultrasonografie a nukleární medicína (Corne, 2004; Heřman, 2014).

#### ***1.3.1 Rentgenové vyšetření***

Rentgenové záření je elektromagnetické záření o velmi krátkých vlnových délkách a vysokých frekvencích. Rentgenové záření prochází hmotou i vakuem a má ionizační účinky. Ionizující záření může být pro živé organismy nebezpečné, protože mohou zapříčinit poškození biologických molekul, ale při běžném vyšetření pacienta nijak významně nezatíží (Seidl, 2012; Vomáčka, J. et al., 2012; Heřman, 2014).

Rentgenový obraz vzniká projekcí RTG záření z ohniska anody přes tkáňové struktury uvnitř organismu s odlišnými absorpčními koeficienty a různými tloušťkami na zobrazovací detektor. Tkáně, které absorbují více záření, vytvářejí na snímku stín, tkáně méně absorbující projasnění. Dnes se ve většině případů zhotovují snímky digitálně. Výhodami digitální radiografie proti klasickému snímkování jsou vyšší kvality získaných obrazů, redukce dávky, možnost následné úpravy obrazu (např. úprava jasu, zvětšení, kontrastu) a archivace snímku v digitální podobě (Seidl, 2012; Heřman, 2014).

Ke vzniku RTG záření se dnes už nepoužívají filmy, snímky se zhotovují digitálně, a to přímou nebo nepřímou digitalizací. Přímá digitalizace funguje na principu přímého převodu RTG záření na digitální signál v plochem detektoru (flat panel detektor). U nepřímé digitalizace dopadá RTG záření na kazetu s paměťovou folií s citlivou vrstvou obsahující luminofor. Po expozici je kazeta s folií vložena do skeneru. Paměťová folie je skenovaná laserem a množství uvolněné energie převedeno do výsledné podoby digitálního obrazu (Vomáčka, J. et al., 2012; Malíková, 2019).

Prostý snímek hrudníku a skiagramy skeletu patří mezi nejčastější zobrazovací vyšetření. Poskytují základní snímky při podezření na onemocnění plic, srdce, mediastina nebo

hrudní stěny. RTG snímek hrudníku se provádí v zadopřední projekci (PA) ve stoje. U pacientů, kteří snímek ve stoje nezvládnou, se provádí snímek předozadní (AP) vleže na zádech. Boční snímek je jako doplněk při nejasném nálezů na PA snímku (Malíková, 2019).

### ***1.3.2 Výpočetní tomografie***

CT vyšetření se uplatňuje v případech, kdy rentgenový snímek nepřináší dostatečné informace pro stanovení diagnózy. Indikuje se u patologických lézí, které potřebují podrobnější zhodnocení nebo u nemocných s přetrvávajícím podezřením na patologické změny při negativním RTG nálezů (Vomáčka, J. et al., 2012; Ferda et al., 2015).

CT hrudníku rozdělujeme na vyšetření nativní a vyšetření s použitím intravenózní jódové kontrastní látky. Výhodou použití kontrastní látky je především odlišení cév od jiných struktur v mediastinu a v hilech, nezbytné je při vyšetření cév (např. plicní embolie, aneuryzma). Nativní CT vyšetření se provádí jen v některých případech (např. při hodnocení plicního parenchymu) nebo po aplikaci kontrastní látky (Heřman, 2014; Ferda et al., 2015).

#### ***HRCT (high resolution CT)***

CT s vysokým rozlišením se používá pro diagnostiku zejména difuzních plicních nemocí, jako jsou intersticiální plicní procesy a při sledování zánětlivých změn u imunokopromitovaných pacientů. Při HRCT se zhotovují tenké vrstvy do 1 mm s vysokým prostorovým rozlišením zpracovávané rekonstrukčním algoritmem (Seidl, 2012; Heřman, 2014; Ferda et al., 2015).

#### ***CT angiografie***

CT angiografie je vyšetření s kontrastní látkou. CT angiografie se uplatňuje v oblasti hrudníku především při diagnostice plicní embolie, zobrazení patologických změn cév mediastina, zejména oblouku aorty a tepen, které z něj odstupují. Při akutní plicní embolizaci a při plicní hypertenzi se vyšetření provádí v arteriální fázi, metodou bolus-tracking. Podmínkou toho vyšetření je zjištění dobrého žilního přístupu (Heřman, 2014; Ferda et al., 2015).

### ***Virtuální CT bronchoskopie***

Virtuální CT bronchoskopie dokáže podrobnější posouzení průdušek. Uplatňuje se v hodnocení stenóz různého původu, anomálií a traumat. CT bronchoskopie poskytuje zpracování spirální série tenkých skenů tak, že získáme statický i dynamický pohled do lumina treachey a bronchů napodobující obraz při bronchoskopii (Heřman, 2014; Ferda et al., 2015).

### ***1.3.3 Magnetická rezonance***

Magnetická rezonance se u plic využívá jen zřídka. Využívá se jako alternativa k CT. Patří sem především posuzování patologických lézí v mediastinu a hrudní stěně nebo pro zobrazení cév. Velkou výhodou magnetické rezonance je, že je to metoda neionizující (Ferda et al., 2015; Vomáčka, 2012).

### ***1.3.4 Ultrasonografie***

Ultrasonografie se uplatňuje především při posuzování množství a lokalizace pleurálního výpotku. Lze hodnotit i přítomnost a stupeň plicního edému. Díky vzdušné plíci, kterou se ultrazvuk nešíří, je tato metoda omezena (Ferda et al., 2015; Vomáčka, 2012).

### ***1.3.5 Nukleární medicína***

#### ***Perfuzní scintigrafie plic***

Perfuzní scintigrafie plic je důležitá pro průkaz plicní embolie, dále předpovídá pooperační plicní funkci před operačními výkony, diagnostiku pravolevého plicního zkratu a dušnost nejasného původu. Při perfuzní scintigrafii plic se aplikuje makroagregát albuminu značený  $^{99m}\text{Tc}$  nebo albuminové mikrosféry. Po aplikaci se zachytí v kapilárách plicního řečiště a vytvoří obraz prokrvené části plic (Ferda et al., 2015).

#### ***Ventilační vyšetření plic***

Ventilační vyšetření plic se považuje jako doplňující po perfuzní scintigrafii plic. Toto vyšetření se používá k bližší specifikaci perfuzních změn. Vyšetření se provádí

buď radioaktivním plynem  $^{81m}\text{Kr}$  (krypton) nebo aerosolem  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$  (Ferda et al., 2015).

### ***PET/CT***

PET/CT s  $^{18}\text{F}$ -fluorodeoxyglukózou se používá především ke stagingu primárních plicních nádorů, ale i k detekci sekundárních plicních postižení. PET/CT s  $^{18}\text{F}$ -fluoroDOPA se uplatňuje k detekci neuroendokrinních nádorů typu karcinoidu (Ferda et al., 2015).

## ***1.4 Funkční diagnostika***

Funkční vyšetření plic patří mezi základní neinvazivní vyšetřovací metody v pneumologii. Důležité je znát obsah vzduchu v jednotlivých oddílech plic, maximální výdechové rychlosti a objemové hodnoty při usilovném výdechu k posouzení funkce plic. Funkční diagnostika je důležitá ke stanovení diagnózy, ke stanovení prognózy onemocnění, k posudkovým účelům, ale i k monitorování léčby a k preventivním účelům. Funkční vyšetření má 3 metody (Musil et al., 2005).

První metoda je vyhledávací, druhá základní a třetí specializovaná. Metoda vyhledávací spočívá v měření vrcholové výdechové rychlosti (PEF) a její variability, orientační spirometrie (FVC, FEV<sub>1</sub>, FEV<sub>1</sub>/FVC%) a pulzní oxymetrie. Vyšetření může provádět praktický lékař. Do metody základní patří spirometrie, křivka průtok-objem, rinomanometrie, bronchodilatační a bronchokonstrikční testy, šestiminutový test chůzí. Vyšetření provádí alergolog, pneumolog a lékaři tělovýchovného lékařství. Specializované metody zahrnují nepřímo měřitelné statické ventilační parametry, difúzní plicní kapacity, odpory v dýchacích cestách a plicní poddajnost. Tato vyšetření jsou prováděna ve funkčních laboratořích plicních oddělení nebo na odděleních funkční diagnostiky (Musil et al., 2005).

### ***1.4.1 Vyšetřovací metody***

#### ***Vrcholová výdechová rychlost (PEF)***

Hlavní význam PEF spočívá v monitorování nemocného doma nebo na lůžku. PEF se provádí výdechoměrem. Měření se provádí vždy ve stejné poloze, buď v sedě, nebo

ve stoje. Nemocný se zhluboka nadechne, vložíme výdechoměr do úst a co nejrychleji a silnou vydechne. Vyšetření se opakuje 2–3x a zaznamenává se nejvyšší hodnota. K výsledným hodnotám jsou dané tabulky ve vztahu k výšce, věku a pohlaví (Musil et al., 2005).

### ***Spirometrie***

Jedná se o nejvyžívanější metodu k měření plicních objemů a průchodnosti dýchacích cest. Nejčastěji se provádí vyšetření křivky průtok- objem. Přímo měřenou veličinou jsou během vyšetření okamžité průtoky jak během nádechu nebo výdechu. Poté jsou z nich vypočítány objemy. Výsledná křivka je vztah mezi vzduchem procházejícím dýchacími cestami a objemem usilovně nadechnutého a vydechnutého vzduchu. Znárodnuje se jak výdechová tak i nádechová část křivky. Všechny naměřené veličiny musí být přepočteny na BTPS, to znamená, že všechna měření objemu plynů musí být vztažena k podmínkám v plicích, kde plyn je při tělesné teplotě a tlaku saturovaný vodními parami. K přepočtu slouží korekční faktor, který si moderní přístroje vypočítají samy (Musil et al., 2005).

Vyšetření je indikováno u nejasných stavů dušnosti, dlouhotrvajícího kašle, také u pacientů, kteří mají podstoupit operaci hrudníku. Dále můžeme sledovat stav pracovníků, kteří jsou na pracovišti vystaveni rizikovým faktorům. Toto vyšetření nám také může odhalit počínající chronickou obstrukční plicní nemoc (Musil et al., 2005).

Spirometrické vyšetření se dělí na dvě základní složky a to statické hodnoty a dynamické hodnoty. Naměřené parametry jsou zaznamenány do spirometrické křivky. Hodnoty vycházející z křivky jsou závislé na výšce, pohlaví a věku. Statické objemy či kapacity, nejsou závislé na čase, pacient je pouze instruován o hloubce dýchání. Dynamické ventilační parametry jsou stanoveny z usilovného výdechu vitální kapacity. Vyšetření je velmi ovlivněno spoluprací pacienta, proto je důležité pacienta instruovat. Pacient provede maximálně hluboký nádech a ihned poté s vynaložením co největšího úsilí co největší rychlostí vydechne co největší objem vzduchu (Musil et al., 2005).

### ***Celotělová pletysmografie***

Celotělová pletysmografie určuje změny objemů a tlaků v plicích, odpor dýchacích cest, anatomicky mrtvý prostor, stanovuje alveolární ventilaci a provádí spektrální analýzu respiračních plynů. Metoda je založena na vztahu mezi tlakem a objemem plynu

při konstantní teplotě. Tato metoda je náročná, proto se provádí jen na specializovaných pracovištích (Musil et al., 2005; Špínar, 2008).

### ***Odpor dýchacích cest***

Odpor v dýchacích cestách (RAW) je dán poměrem tlakového spádu mezi alveoly a ústy k průtoku vzduchu. Nejčastěji používanou metodou k měření odporu je celotělová pletysmografie, ale i oscilační metoda. Vyšetření je prováděno při klidném dýchání (Musil et al., 2005; Špínar, 2008).

### ***Difúzní kapacita***

Difúzní kapacita je metodou ke zjišťování a monitorování intersticiálních plicních nemocí typu idiopatické plicní fibrózy. Difúze bude snížena i tam, kde velká část alveolo-kapilární membrány zcela chybí, tj. u emfyzému. U CHOPN může difúzní kapacita pomoci rozlišit emfyzematickou složku od bronchitické (Musil et al., 2005; Špínar, 2008).

Difúzní kapacita je schopnost plic přenášet plyn přes alveolo-kapilární membránu. Difúzní kapacita plic ( $D_{LCO}$ ) je nově označována jako transfer faktor ( $T_{LCO}$ ). K jejímu měření je nejčastěji používán oxid uhelnatý (CO). Plyn, o jehož přestup přes alveolo-kapilární membránu jde, je kyslík ( $O_2$ ), ale jeho ideálním substituentem je oxid uhelnatý (CO). Oxid uhelnatý se podobá kyslíku v molekulární hmotnosti a v koeficientu rozpustnosti a má vyšší afinitu k hemoglobinu než  $O_2$ , proto se spíše používá oxid uhelnatý. Díky vysoké afinitě CO k hemoglobinu zůstává parciální tlak oxidu uhelnatého v plicní kapilární krvi zanedbatelně nízký a přestup CO je ovlivňován výhradně vlastnostmi alveolo-kapilární membrány, nikoli alveolo-kapilárním tlakovým gradientem jako je tomu u  $O_2$  (Musil et al., 2005; Špínar, 2008).

Difúze CO je rozdíl mezi objemem CO vdechnutého z tlakové láhve a objemem CO vydechnutého. Vyšetřovaný při nádechu drží v plicích objem testovacího plynu nejméně 8-10 sekund. Během výdechu je získán vzorek alveolárního plynu a z něj se provede analýza obou plynů. Dále je pak vypočítán z rozdílů koncentrací transfer faktor (Musil et al., 2005; Špínar, 2008).

### ***1.4.2 Plicní objemy a kapacity***

Dýchací soustavu dělíme na dýchací cesty a plíce. Dýchací cesty se dále dělí na horní cesty dýchací a dolní cesty dýchací. Horní cesty dýchací začínají dutinou nosní, vedlejšími dutinami nosními a končí nosohltanem. Dolní cesty dýchací pokračují hrtanem, průdušnicí, průduškami a průdušinkami (Orel, 2019).

Základní úlohou dýchací soustavy je zevní dýchání, které zajišťuje okysličení krve a odvedení oxidu uhličitého. Zevní dýchání probíhá ve třech fázích. První fáze je ventilace, kde dojde k výměně dýchacích plynů mezi atmosférou a plícemi. Druhá fáze zajišťuje výměnu plynů mezi vzduchem v plicích sklípcích a krví, tzv. difuze. V poslední fázi nastává průtok krve plícemi, tzv. perfuze. Existuje také dýchání vnitřní, které je realizováno ve tkáních. Zde nastává výměna kyslíku a oxidu uhličitého mezi krví a tkáněmi (Orel, 2019).

Mechanismus dýchání zajišťuje střídání nádechu (inspiria) a výdechu (expiria). Hlavním nádechovým svalem je bránice a hlavním výdechovým svalem jsou vnitřní mezižeberní svaly. Při dýchání dochází k výměně vzduchu v plicích a během toho se v plicích mění určité objemy vzduchu. U statistických plicních objemů se měří vlastní objem a u dynamických plicních objemů záleží na změnách objemů v určitém čase (Orel, 2019).

#### ***Statické plicní objemy***

- Dechový objem (VT – tidal volume) - Dechový objem je objem vzduchu vdechnutý nebo nadechnutý jedním klidovým nádechem. U dospělého člověka cca 0,5 l.
- Inspirační rezervní objem (IRV – inspiratory reserve volume) - Inspirační rezervní objem je maximální objem vzduchu, který lze nadechnout po klidovém nádechu. U dospělého člověka cca 1,5 l.
- Expirační rezervní objem (ERV – expiratory reserve volume) - Expirační rezervní objem je maximální objem vzduchu, který lze vydechnout po klidovém výdechu. U dospělého člověka cca 2-3 l.
- Reziduální objem (RV – residual volume) - Reziduální objem je objem vzduchu, který zůstává v plicích po maximálním výdechu. U dospělého člověka cca 1 l.

(Musil et al., 2005; Špinar, 2008).



### ***Plicní kapacity***

- Vitální kapacita – (VC – vital capacity) - Vitální kapacita je maximální objem vzduchu, který může být vydechnut po maximálním nádechu nebo nadechnut po maximálním výdechu. Výdech i nádech jsou prováděny s maximálním úsilím.
- Celková plicní kapacita – (TLC – total lung capacity) - Celková plicní kapacita je objem vzduchu v plicích po maximálním nádechu.
- Inspirační kapacita – (IC – inspiratory capacity) - Inspirační kapacita je objem vzduchu, který lze maximálně vdechnout po ukončeném klidovém výdechu.
- Funkční reziduální kapacita – (FRC – functional residual capacity) - Funkční reziduální kapacita je objem vzduchu v plicích po klidném výdechu

(Musil et al., 2005; Špinar, 2008).

Uvedené plicní objemy a kapacity mají význam při posuzování funkčnosti plic ve zdraví i v nemoci. Při různých onemocněních plic nebo dýchacích cest se plicní kapacity i objemy mění. K výměně dýchacích plynů dochází pouze v plicních sklípcích. Vzduch, který vdechneme, a zůstává v dýchacích cestách, se výměny dýchacích plynů nezúčastní. Tento prostor se nazývá mrtvý dýchací prostor (Orel, 2019).

- Anatomický mrtvý dýchací prostor – vzduch, který je v dutině nosní, nosohltanu, vedlejších dutinách nosních, hrtanu, průdušnici, průduškách a průdušinkách.
- Fyziologický mrtvý dýchací prostor – zde je objem vzduchu v alveolech, ve kterých nedochází k výměně dýchacích plynů, např. z důvodu chorobného procesu.

Tyto mrtvé dýchací prostory jsou důležité pro zvlhčení, úpravu teploty, tvorbě hlasu i samotný přívod vzduchu do plicních sklípků (Orel, 2019).

#### ***1.4.3 Dynamické plicní veličiny***

- Usilovný výdech vitální kapacity (FVC – forced vital capacity) - Usilovná vitální kapacita je objem vzduchu vydechnutého s maximálním úsilím a po maximálním nádechu.

- Usilovný výdech vitální kapacity za 1 sekundu ( $FEV_1$  – forced expiratory volume) – Usilovný výdech vitální kapacity za 1 sekundu je objem vzduchu vydechnutý s maximálním úsilím a rychlostí za jednu sekundu. Usilovný výdech následuje po maximálním nádechu.
- Tiffeneauv index ( $FEV_1/VC$  %) – Tiffeneauv index je poměr mezi objemem vzduchu, který je vydechnut za jednu sekundu s maximálním úsilím a rychlostí po maximálním nádechu a objemem vzduchu, který lze po maximálním výdechu nadechnout.
- Vrcholová výdechová rychlost (PEF – peak expiratory flow) - Vrcholová výdechová rychlost je maximální výdechová rychlost, které se dosáhne při usilovném výdechu provedeném po maximálním nádechu.
- Maximální výdechový průtok (MEF – maximum expiratory flow) – maximální výdechový průtok na různé úrovni usilovné vitální kapacity, kterou je třeba ještě vydechnout. (MEF75 MEF50 MEF25). (MEF25–75) – Usilovný střední expirační průtok je průměrný výdechový průtok ve střední polovině vydechnuté FVC – nejčastější měřené průtoky 75%, 50 %, 25%.
- PIF – maximální průtok dosažený na vrcholu nádechu
- MIF50 – střední nádechový průtok na úrovni 50% nadechnuté FVC
- MV – minutová klidová ventilace
- MVV – maximální minutová ventilace

(Musil et al., 2005; Špínar, 2008).

#### **1.4.4 Bronchomotorické testy**

Bronchomotorické testy slouží k upřesnění diagnostiky některých onemocnění. Obvykle se provádí metodou průtok – objem. Tyto testy se dělí na bronchokonstrikční a bronchodilatační. Vyšetření jsou prováděna na specializovaných pracovištích (Musil et al., 2005; Špínar, 2008).

#### **1.4.5 Bronchokonstrikční testy**

Bronchokonstrikčními testy se prokazuje hyperreaktivita. Bronchiální hyperreaktivita je vystupňovaná reaktivita dýchacích cest na exogenní nebo endogenní podněty. Typické je přechodné zúžení a zvýšení odporu dýchacích cest. Nejčastěji se zjišťuje u nemocných s bronchiálním astmatem, ale i u nemocných s chronickou obstrukční plicní nemocí. Může být i u zdravých jedinců nebo přechodně po infekčním onemocnění (Musil et al., 2005; Špinar, 2008).

Bronchokonstrikční podněty lze rozdělit na nespecifické a specifické. Nespecifické se dále dělí na inhalační a zátěžové. Inhalační testy se provádí studeným vzduchem, nebo hypertonicnými roztoky soli a především farmaky (metacholin, histamin, acetylcholin). Zátěžové testy se provádí ergometrií nebo volným během. Ke specifickým testům se používá inhalační podání alergenů nebo látek z pracovního prostředí (Musil et al., 2005; Špinar, 2008).

Vlastní test spočívá ve srovnání křivky průtok-objem před a po podání provokační látky. Test ukončujeme při pozitivní reakci při poklesu FEV<sub>1</sub> o 15 % a více nebo po dosažení nejvyšší koncentrace stanovené protokolem pro podávanou látku při negativní reakci (Musil et al., 2005; Špinar, 2008).

#### **1.4.6 Bronchodilatační testy**

Bronchodilatačními testy se posuzuje reverzibilita bronchiální obstrukce. Odpověď na podání léků závisí na způsobu podání a na druhu podaného léku. Odpověď je ovlivněna dobou, která uplynula mezi podáním léku a vyšetřením, bronchiální labilitou, výchozími plicními funkcemi a samozřejmě i dávkou (Musil et al., 2005; Špinar, 2008).

Bronchodilatační test se provádí, když je pacient v klinicky stabilním stavu a je bez známek infekce. Pro tento test jsou vhodná bronchodilatancia, která jsou v inhalační formě, obvykle krátkodobě působící beta2 mimetika. Stejně jako u bronchokonstrikčního testu je bronchodilatační test srovnáním křivek průtok-objem před a po podání zkoumané substance v definovaném množství a definovanou dobu. Test

je pokládán za pozitivní při zvýšení FEV1 o více než 12% a současně o 200 ml (Musil et al., 2005; Špínar, 2008).

## **2 Cíl práce a hypotézy**

### ***2.1 Cíl práce***

Cíl 1: Statistické zpracování dat vyšetření RTG plic a CT plic na RTG oddělení Nemocnice České Budějovice, a.s. z hlediska časové distribuce v období 5 let.

Cíl 2: Analýza vyšetřovacích a zobrazovacích metod v pneumologii.

### ***2.2 Hypotézy***

Pro tuto bakalářskou práci byly stanoveny následující hypotézy:

Hypotéza 1: Měsíční počty RTG vyšetření budou mít teoretické rozdělení blízké normálnímu rozdělení.

Hypotéza 2: Měsíční počty CT vyšetření budou mít teoretické rozdělení blízké normálnímu rozdělení.

Hypotéza 3: Měsíční počty RTG a CT vyšetření pozitivně korelují.

### 3 Metodika

Plnění cíle č. 2: V teoretické části bakalářské práce byly informace zpracovány na základně odborné literatury a článků se zaměřením na zobrazovací metody během pandemie. Z hlediska plnění cíle č. 2 bylo zapotřebí provést komparativní analýzu tělových systémů na jedné straně a soustav vyšetřovacích a zobrazovacích systémů na straně druhé. Komparací obou systémových složek bylo v rámci teoretické části dosaženo vytvoření aplikovaných vyšetřovacích a zobrazovacích metod v oblasti dýchacích systémů.

Plnění cíle č. 1: Výzkumná část práce je zaměřena z hlediska plnění cíle č. 1 na zkoumání počtu zobrazovacích metod v pneumologii po dobu 5 let jak v RTG, tak i CT po dobu 5 let. Všechny údaje jsou čerpány z NIS Nemocnice České Budějovice, a.s... Ověření stanovených hypotéz H1, H2 a H3 bylo prováděno za pomoci metod deskriptivní a matematické statistiky. Bylo provedeno formulování statistického šetření, škálování, elementární statistické zpracování, neparametrické testování, teorie odhadů a měření statistických závislostí.

#### 3.1 Metody deskriptivní statistiky

##### 3.1.1 Formulace statistického šetření

- Hromadný náhodný jev (HNJ) – je realizace činností nebo procesů, jejichž výsledky nelze s jistotou předpovědět a které se odehrávají v rozsáhlé množině prvků. Tyto prvky mají určitou skupinu vlastností stejných a další skupinu vlastností odlišných.
- Statistická jednotka (SJ)
- Statistický znak (SZ)
- Hodnoty statistického znaku (HSZ)
- Základní statistický soubor (ZZS)
- Výběrový statistický soubor (VSS)

(Záškodný et al., 2016).

### **3.1.2 Škálování**

Škálování spočívá ve vyjádření hodnot statistického znaku prostřednictvím prvků škály. Souhrn prvků škály se pak nazývá škála. Existují různé typy škál jako např. ordinální, nominální, kvantitativní metrická a absolutní metrická. V této práci byla využita kvantitativní metrická škála. Prvky této škály jsou vyjádřeny číselnými vlastnostmi, které umožňují stanovit vzdálenost mezi dvěma sousedními statistickými jednotkami (Záškodný et al., 2016).

Pro práci byla zvolena podle statistického znaku kvantitativně metrická škála.

### **3.1.3 Měření v deskriptivní statistice**

Měření je proces, kterým je každé statistické jednotce výběrového statistického souboru VSS přiřazován jeden z  $k$  prvků škály  $x_1, x_2, \dots, x_k$ . Výsledkem měření je pak zjištění, že prvek škály  $x_i$  byl naměřen  $n_i$  krát. Součet všech hodnot  $n_i$ , které jsou definovány jako absolutní četnost, musí být roven rozsahu výběrového statistického souboru. Možné výsledky měření  $x_i$  je možné hodnotit podle toho, jak velká je pravděpodobnost, že při měření nastanou. Statistickou pravděpodobnost  $p(x_i)$  výsledku  $x_i$  představuje tzv. relativní četnost  $n_i/n$ , kdy součet všech relativních hodnot musí být roven 1. Dále sem lze zařadit také kumulativní četnost  $\Sigma n_i/n$ , která udává pravděpodobnost, že naměřený výsledek bude menší nebo roven výsledku  $x_i$  (Záškodný et al., 2011; Záškodný et al., 2016).

V práci bude zpracována tabulka, která obsahuje prvky škály, absolutní četnosti prvků škály, relativní četnosti prvků škály a kumulativní četnosti prvků škály. Dále v tabulce budou obsazeny prvky, které jsou nutné pro výpočet empirických parametrů.

### **3.1.4 Elementární statistické zpracování**

Elementárním statistickým zpracováním lze výsledky měření uspořádat, graficky vyjádřit a parametrizovat vhodnými empirickými parametry. Výsledkem je pak empirický obraz zkoumaného výběrového statistického souboru. Uspořádání výsledků je prováděno formou tabulky, pro grafické vyjádření výsledků jsou používány empirická rozdělení

četnosti a pro parametrizaci výsledků jsou využívány empirické parametry (Záškodný et al., 2011; Záškodný et al., 2016).

**Tabulka** obsahuje první čtyři sloupce potřebné pro zpřehlednění výsledků měření a také pro znázornění empirických rozdělení:

- Sloupec  $x_i$  – prvky škály
- Sloupec  $n_i$  – absolutní četnosti prvků škály
- Sloupec  $n_i/n$  – relativní četnosti prvků škály
- Sloupec  $\Sigma n_i/n$  – kumulativní četnost

Další čtyři sloupce tabulky obsahují součiny důležité pro výpočet empirických parametrů:

- Sloupec  $x_i n_i$
- Sloupec  $x_i^2 n_i$
- Sloupec  $x_i^3 n_i$
- Sloupec  $x_i^4 n_i$

Dále je tabulka uzavřena součty údajů v jednotlivých sloupcích, kdy v prvních čtyřech sloupcích mají tyto součty kontrolní význam a v dalších čtyřech slouží pro výpočet empirických parametrů (Záškodný et al., 2011; Záškodný et al., 2016).

**Empirické rozdělení četnosti** má dva základní druhy. První přiřazuje prvkům škály  $x_i$  odpovídající absolutní četnosti  $n_i$  nebo relativní četnosti  $n_i/n$ . Druhý druh pak přiřazuje prvkům škály  $x_i$  odpovídající kumulativní četnost  $\Sigma n_i/n$  (Záškodný et al., 2011; Záškodný et al., 2016).

Grafické vyjádření empirického rozdělení jednorozměrného statistického souboru je provedeno pomocí souřadnicového systému v rovině, kdy na vodorovnou osu jsou nanášeny prvky škály  $x_i$  a na svislou osu odpovídající četnosti. Po spojení sousedních bodů úsečkami vzniká lomená čára (polygon). Rozlišujeme polygon absolutní četnosti, polygon relativní četnosti a polygon kumulativní četnosti. Dále se využije grafické vyjádření. Díky grafickému vyjádření je umožněno okamžité zkoumání, ke kterému teoretickému rozdělení se přibližuje empirické rozdělení, získané jako výsledek



deskriptivní statistiky. Význam spočívá také v okamžitém orientačním vyhodnocení parametrů polohy, variability, šikmosti a špičatosti empirického rozdělení a tím i zkoumaného statistického souboru (Záškodný et al., 2011; Záškodný et al., 2016).

**Empirické parametry** vystihují povahu zkoumaného statistického souboru. Empirické parametry jsou obvykle vztahovány k výběrovému statistickému souboru. Tyto parametry patří mezi významné výběrové charakteristiky výběrového statistického šetření. Empirické parametry lze dělit podle toho, který rys zkoumaného statistického souboru vystihují. Rozlišujeme parametr polohy, parametr proměnlivosti, parametr šikmosti a parametr špičatosti. Empirické parametry se dále mohou rozdělovat dle způsobu jejich výpočtu a to na momentové parametry a kvantilové parametry. Momentové parametry poté dělíme na obecné, centrální a normované momenty (Záškodný et al., 2011; Záškodný et al., 2016).

**Obecný moment 1. řádu  $O_1$**  vystihuje aritmetický průměr a určuje **parametr polohy**. Polohou je myšleno jeho umístění na vodorovné ose souřadnicového systému. Je dán vzorcem:  $O_1(x) = \frac{1}{n} \sum n_i x_i$  (Záškodný et al., 2011; Záškodný et al., 2016).

**Centrální moment 2. řádu  $C_2$**  vystihuje empirický rozptyl a určuje **parametr proměnlivosti**. Odmocnina rozptylu nese název směrodatná odchylka, která ukazuje, jakou výpovědní hodnotu má aritmetický průměr. Jestliže bude směrodatná odchylka velká, výpovědní hodnota aritmetického průměru bude malá a obráceně. Variační koeficient v procentech udává, kolik procent z aritmetického průměru tvoří směrodatná odchylka. Centrální moment 2. řádu je dán vzorcem:  $C_2(x) = \frac{1}{2} \sum n_i (x_i - O_1)^2$  (Záškodný et al., 2011; Záškodný et al., 2016).

**Normovaný moment 3. řádu  $N_3$**  nese název koeficient šikmosti a určuje **parametr šikmosti**. Pokud je parametr šikmosti kladný, pak prvky škály ležící vlevo od aritmetického průměru mají vyšší četnosti. Normovaný moment 3. řádu je dán vzorcem:  $N_3 = \frac{C_3}{C_2 \sqrt{C_2}}$  (Záškodný et al., 2011; Záškodný et al., 2016).

**Normovaný moment 4. řádu  $N_4$**  se nazývá koeficient špičatosti a určuje **parametr špičatosti**. Používá se veličina „exces“, která srovnává špičatost empirického rozdělení se špičatostí normovaného normálního rozdělení a je dán vzorcem:  $E = N_4 - 3$ . Čím vyšší je hodnota koeficientu špičatosti, tím špičatější je rozdělení četností při daném rozptylu.

Ideální koeficient špičatosti má hodnotu 3. Normovaný moment 4. řádu je dán vzorcem:

$$N_4 = \frac{C_4}{C_2^2} \text{ (Záškodný et al., 2011; Záškodný et al., 2016).}$$

**Směrodatná odchylka** je dána vzorcem:  $Sx = \sqrt{C_2}$  (Záškodný et al., 2016).

**Variační koeficient** je dán vzorcem:  $\frac{Sx}{o_1} * 100$  (Záškodný et al., 2016).

## **3.2 Metody matematické statistiky**

### **3.2.1 Neparametrické testování**

Neparametrické testování zajišťuje, jaké teoretické rozdělení lze přiřadit rozdělení empirickému. Nahrazení empirického rozdělení teoretickým je významné z hlediska získání dalších informací, které nejsou jinak dostupné (Záškodný et al., 2016).

#### **Intervalové rozdělení četností**

Dochází k rozčlenění hodnot statistického znaku do určitého počtu intervalů. Počet intervalů lze určit např. podle Sturgesova pravidla, který má tvar  $k = 1 + 3.3 * \log_{10}n$ . Je také potřeba věnovat se stanovení hranic intervalů (Záškodný et al., 2016).

#### **Teoretické rozdělení**

Teoretické rozdělení je jedním ze základních pojmů teorie pravděpodobnosti. Hromadný náhodný jev, který je předmětem statistiky a teorie pravděpodobnosti, je zkoumán v teorii pravděpodobnosti prostřednictvím pojmu náhodný pokus a náhodná veličina. Náhodný pokus je realizace procesů, jejichž výsledek nelze s jistotou předpovědět, zatímco náhodná veličina je proměnnou, jejíž hodnota je jednoznačně určena výsledkem náhodného pokusu. Náhodné veličiny se člení na diskrétní a spojité. Hodnota diskrétní náhodné veličiny na sebe nenavazují a označují se  $x_i$ . Hodnoty spojité náhodné veličiny na sebe navazují a označují se  $x$ . Nejčastěji používaným teoretickým rozdělením je rozdělení normální. Teoretické rozdělení popisuje distribuce funkce F (plocha pod křivkou) (Záškodný et al., 2011; Záškodný et al., 2016).

## Normální rozdělení

Normální rozdělení  $N(\mu, \sigma)$  je nejčastějším teoretickým rozdělením a představuje spojité teoretické rozdělení. Grafem této funkce je Gaussova křivka. Hledá se pravděpodobnost, která bude přiřazena jednotkovému intervalu hodnot spojité náhodné veličiny a to způsobem, že tento interval bude obsahovat hodnotu  $x$ . Normální rozdělení je závislé na dvou parametrech a to na  $\mu$  a  $\sigma$ . Teoretický parametr  $\mu$  je teoretickým ekvivalentem obecného momentu  $O_I$  a parametr  $\sigma$  je teoretickým ekvivalentem směrodatné odchylky  $S_x$ . Normální rozdělení je možné normovat k hodnotám teoretických parametrů  $\mu = 0$ ,  $\sigma = 1$  a to prostřednictvím normované náhodné veličiny s hodnotami  $u = (x - \mu) / \sigma$ . Normované normální rozdělení je pak zapisováno  $N(0,1)$ . Hustota pravděpodobnosti normovaného normálního rozdělení je vzhledem k zavedeným hodnotám  $u$  označena  $\rho(u)$ . Distribuční funkce je pak nazývána Laplaceova funkce a je označována zápisem  $F(u)$ , pro kterou jsou vypracovány podrobné tabulky (Záškodný et al., 2011; Záškodný et al., 2016).

## Aparát neparametrického testování

Základem je používání nulových hypotéz  $H_0$  a alternativních hypotéz  $H_a$ . Nulová hypotéza předpokládá, že empirické rozdělení lze nahradit teoretickým rozdělením, zatímco alternativní hypotéza předpokládá, že toto nahrazení provést nelze. Cílem neparametrického testování je srovnání určitého počtu relativních četností se stejným počtem ploch pod Gaussovou křivkou. Jestliže budou rozdíly velké, bude nutné přijmout alternativní hypotézu  $H_a$ , jestliže budou rozdíly malé, bude nutné přijmout nulovou hypotézu  $H_0$ . Důležitým prvkem testování neparametrických hypotéz je stanovení hladiny statistické významnosti  $\alpha$ , která udává pravděpodobnost chybného zamítnutí testované hypotézy. Nejčastějšími hladinami významnosti je hodnota  $\alpha = 0,05$ , která umožňuje při přijetí hypotéz  $\alpha = 0,05$  učinit závěr, jestliže bude 100krát vybrán výběrový statistický soubor ze základního statistického soboru, v 95 případech bude možné empirické rozdělení nahradit rozdělením normálním (Záškodný et al., 2011; Záškodný et al., 2016).

Testem normality budeme srovnávat relativní četnosti  $n_i/n$  s plochami pod Gaussovou křivkou. Plochy normovaného normálního rozdělení pod Gaussovou křivkou nalezneme ve statistických tabulkách (Záškodný et al., 2011; Záškodný et al., 2016).

Distribuční funkce normálního rozdělení je dána tímto tvarem:

$$F(t) = \int_{-\infty}^t \rho(x) dx$$

Distribuční funkce normovaného normálního rozdělení je Laplaceova funkce  $F$  a je dána vztahem:

$$F(t) = \int_{-\infty}^t \rho(u) du$$

Pro výpočet normovaných hodnot  $u_i$  je dán vztah:

$$u_i = \frac{x_i - O_1}{S_x}$$

Test dobré shody lze popsat vztahy:

$$\chi_{exp}^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$$

$$p_i = F(u_i) - F(u_{i-1})$$

(Záškodný et al., 2011; Záškodný et al., 2016).

K provedení neparametrického testování jsou používána testová kritéria, která slouží pro ověření hypotéz  $H_0$  a  $H_a$ . Nejčastěji používán je  $\chi^2$  – test dobré shody pro ověření neparametrických hypotéz. Pro výběr testového kritéria je nutné určit experimentální hodnotu  $\chi_{exp}^2$  a kritickou teoretickou hodnotu  $\chi_{teor}^2$ . Dále pomocí kritické teoretické hodnoty je zapsán kritický obor  $W$  testového kritéria (Záškodný et al., 2011; Záškodný et al., 2016).

Hledané plochy pod Gaussovou křivkou jsou pravděpodobnostmi  $p_i$  a představují teoretické relativní četnosti. Po vynásobení  $p_i$  a  $n$  výběrového statistického souboru, lze získat teoretické absolutní četnosti  $np_i$ . Následně lze prostřednictvím kritické teoretické hodnoty určit pravostranný kritický obor  $W$ , tzn. přijmout nulovou nebo alternativní hypotézu. Pokud je experimentální hodnota  $\chi_{exp}^2$  vybraného kritéria prvkem kritického oboru  $W$  je nutné přijmout alternativní hypotézu  $H_a$  a pokud není prvkem kritického oboru, lze přijmout nulovou hypotézu  $H_0$  (Záškodný et al., 2011; Záškodný et al., 2016).

V poslední části neparametrického testování je potřebné určit prostřednictvím vymezeného počtu stupňů volnosti  $v = k - r - 1$  a pomocí statistických tabulek kritickou teoretickou hodnotu  $\chi_{teor}^2 = \chi_{k-r-1}^2$  při hladině statistické významnosti  $\alpha = 0,05$  (Záškodný et al., 2011; Záškodný et al., 2016).

### 3.2.2 *Teorie odhadů*

Další z metod matematické statistiky je teorie odhadů navazující na neparametrické testování. Teoretické rozdělení je neparametrickým testováním přiřazeno empirickému rozdělení četností. Obsahuje však neznámé hodnoty a proto je potřebné teoretické hodnoty odhadnout. Odhady teoretických parametrů mohou být dvojího druhu, bodové a intervalové (Záškodný et al., 2016).

Bodové odhady by měly splňovat podmínky dostatečnosti, nezkreslenosti, vydatnosti a lze je provést momentovou metodou a metodou maximální věrohodnosti (Záškodný et al., 2016).

Intervalové odhady odstraňují problém s neznalostí přesnosti odhadů. Při volbě obvyklé hladiny statistické významnosti spočívají intervalové odhady v konstrukci 95% intervalu pro teoretické parametry  $\mu$  a  $\sigma$  (Záškodný et al., 2016).

### 3.2.3 *Měření statistických závislostí*

Cílem měření statistické závislosti je spojeno s vícerozměrným výběrovým souborem. Zjišťuje se závislost mezi dvěma statistickými znaky zvolených statistických jednotek (Záškodný et al., 2016).

V mé bakalářské práci jde o tyto statistické znaky:

- SZ-1 ( $x_i$ ) Počet RTG
- SZ-2 ( $s_i$ ) Počet CT

### **Lineární regresní analýza**

Jednoduchá regresní analýza se rozumí jako jednostranná závislost dané náhodné veličiny statistického znaku SZ-1 na jiné veličině statistického znaku SZ-2. Cílem regresní

analýzy je nalezení vhodné teoretické regresní funkce k vystižení charakteru sledované závislosti. Podle typu vhodné teoretické regresní funkce lze hovořit např. o exponenciální, lineární, goniometrické nebo kvadratické regresi. V této práci byla zvolena lineární regresní analýza (Záškodný et al., 2011; Záškodný et al., 2016).

Lineární regresní analýza bude popsána formou grafu. Zde budou zkoumány dva statistické znaky „počet RTG“ a „počet CT“ a budou značeny SZ-x a SZ-s. Na vodorovnou osu se nanáší prvky škály  $x_1, x_2, \dots, x_n$  spojené se statistickým znakem SZ-1 a na svislou osu výsledky měření  $s_1, s_2, \dots, s_n$  statistického znaku SZ-2. Uspořádané dvojice jsou pak souřadnicemi bodů. Vzniklé body představují pravděpodobnostní oblak, který je zapotřebí proložit přímkou. Proloženou přímkou je pak popsána statistická závislost mezi znaky SZ-x a SZ-s. Vyjádření této regresní přímky je dána tvarem pro polynomickou funkci 1. řádu  $y = b_0 + b_1x$  obsahuje dva regresní parametry  $b_0$  a  $b_1$  (Záškodný et al., 2011; Záškodný et al., 2016).

Pro jednoduchou lineární regresi je používána soustava normálních rovnic, pomocí nichž získáme hodnoty parametrů  $b_0$  a  $b_1$  (Záškodný et al., 2016).

$$\sum s_i = kb_0 + b_1 \sum x_i$$

$$\sum s_i x_i = b_0 \sum x_i + b_1 \sum x_i^2$$

### Lineární korelační analýza

Korelační analýza lze chápat jako vzájemná závislost dvou statistických znaků. Základním úkolem je sledování těsnosti sledované závislosti. Korelační koeficient je také nazýván Pearsonovým korelačním koeficientem. Výpočet je dán tvarem:

$$k_{xs} = \frac{S_{xs}}{S_x \cdot S_s}, \text{ Pearsonův koeficient korelace může nabývat hodnot } <-1;1>$$

Hodnoty blíží se hodnotě 1 zprava odpovídají **pozitivní korelaci** (hodnoty obou znaků SZ-x a SZ-s současně rostou nebo klesají). Hodnoty blíží se hodnotě -1 zleva odpovídají **negativní korelaci** (hodnoty jednoho znaku rostou a hodnoty druhého znaku klesají). Hodnoty kolem 0 popisují, že **znaky nekorelují** (nelze vysledovat žádné společné trendy v růstu, či poklesu obou znaků). Pearsonův koeficient korelace jako empirický parametr je používán jako bodový odhad teoretického koeficientu korelace. Dále také vyjadřuje

normování kovariance na jednotkový součin dvou směrodatných odchylek  $S_x S_s$  a lze jej nazývat jako normovanou kovariancí statistických znaků SZ-x a SZ-s. Kovariační koeficient je dán vzorcem:

$$S_{xs} = \sum \frac{n_i}{n} (x_i - O_{1x})(s_i - O_{1s})$$

**Směrodatná odchylka ( $S_x$ ) a ( $S_s$ )**

$$S_x = \sqrt{\frac{n_i}{n} (x_i - O_{1x})^2}, S_s = \sqrt{\frac{n_i}{n} (s_i - O_{1s})^2}$$

**Obecný moment 1. řádu ( $O_{1x}$ ) a ( $O_{1s}$ )**

$$O_{1x} = \frac{\sum n_i x_i}{n}, O_{1s} = \frac{\sum n_i s_i}{n}$$

(Záškodný et al, 2016).

## 4 Výsledky

### 4.1 Statistické vyhodnocení

V této části je provedeno statistické zpracování počtu RTG vyšetření a CT vyšetření po dobu 5 let s tím, zda SAR-CoV-2 významně ovlivnil počty vyšetření. Statistické zpracování je provedeno pomocí základních metod deskriptivní a matematické statistiky. Hypotézy zní: „Měsíční počty RTG vyšetření budou mít teoretické rozdělení blízké k normálnímu rozdělení“, „Měsíční počty CT vyšetření budou mít teoretické rozdělení blízké k normálnímu rozdělení“ a „Měsíční počty RTG a CT vyšetření pozitivně korelují.“

#### 4.1.1 Formulace statistického šetření

- Hromadný náhodný jev: Zkoumání počtu zobrazovacích metod v pneumologii jak v RTG, tak i CT po dobu 5 let.
- Statistická jednotka: Měsíc
- Statistické znaky:
  1. Počet RTG
  2. Počet CT
- Základní statistický soubor: 60 měsíců
- Výběrový statistický soubor se rovná základnímu statistickému souboru

#### 4.1.2 Škálování

Nejprve bylo provedeno primární škálování, kde jsem u každého roku rozepsala měsíce a počty RTG a CT vyšetření.



*Tabulka 1 Výsledná tabulka s daty pro statistické zkoumání – rok 2016*

Měsíc	RTG	CT
Leden	181	63
Únor	196	62
Březen	210	57
Duben	205	86
Květen	182	84
Červen	170	69
Červenec	137	58
Srpen	111	55
Září	137	78
Říjen	149	60
Listopad	174	76
Prosinec	191	58

*Zdroj: Vlastní výzkum*

Ve výše uvedené tabulce jsou uvedeny data pro statistické zkoumání RTG a CT vyšetření od ledna do prosince roku 2016, kde je vidět že nejvíce vyšetření na RTG bylo v březnu 2016 a nejvíce CT vyšetření v dubnu 2016.

*Tabulka 2 Výsledná tabulka s daty pro statistické zkoumání – rok 2017*

Měsíc	RTG	CT
Leden	238	73
Únor	223	79
Březen	215	67
Duben	168	64
Květen	164	73
Červen	133	52
Červenec	109	44
Srpen	116	67
Září	128	31
Říjen	166	56
Listopad	167	38
Prosinec	172	35

*Zdroj: Vlastní výzkum*

Ve výše uvedené tabulce jsou uvedeny data pro statistické zkoumání RTG a CT vyšetření od ledna do prosince roku 2017, kde je vidět že nejvíce vyšetření na RTG bylo v lednu 2017 a nejvíce CT vyšetření v únoru 2017.

*Tabulka 3 Výsledná tabulka s daty pro statistické zkoumání – rok 2018*

Měsíc	RTG	CT
Leden	216	60
Únor	194	43
Březen	233	54
Duben	181	55
Květen	155	50
Červen	149	45
Červenec	126	42
Srpen	147	35
Září	152	38
Říjen	168	44
Listopad	175	60
Prosinec	216	52

*Zdroj: Vlastní výzkum*

Ve výše uvedené tabulce jsou uvedeny data pro statistické zkoumání RTG a CT vyšetření od ledna do prosince roku 2018, kde je vidět že nejvíce vyšetření na RTG bylo v březnu 2018 a nejvíce CT vyšetření v lednu a v listopadu 2018.

Tabulka 4 Výsledná tabulka s daty pro statistické zkoumání – rok 2019

Měsíc	RTG	CT
Leden	250	50
Únor	233	70
Březen	223	58
Duben	188	60
Květen	165	58
Červen	183	38
Červenec	137	45
Srpen	117	52
Září	155	39
Říjen	178	62
Listopad	188	52
Prosinec	185	48

*Zdroj: Vlastní výzkum*

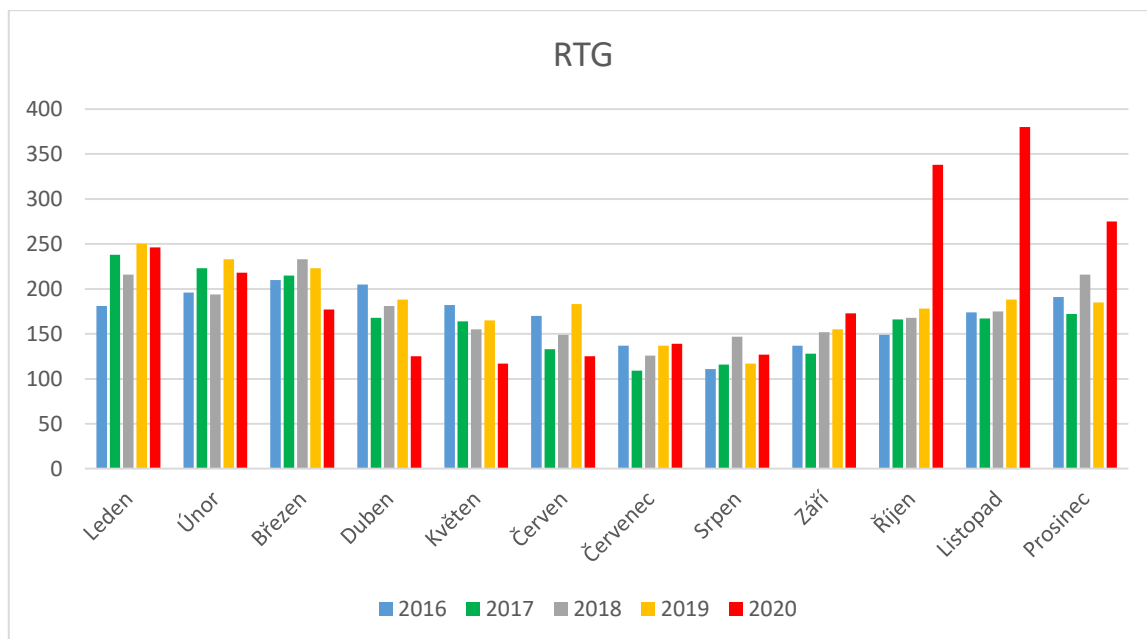
Ve výše uvedené tabulce jsou uvedeny data pro statistické zkoumání RTG a CT vyšetření od ledna do prosince roku 2019, kde je vidět že nejvíce vyšetření na RTG bylo v lednu 2019 a nejvíce CT vyšetření v únoru 2019.

*Tabulka 5 Výsledná tabulka s daty pro statistické zkoumání – rok 2020*

Měsíc	RTG	CT
Leden	246	52
Únor	218	61
Březen	177	58
Duben	125	44
Květen	117	78
Červen	125	51
Červenec	139	66
Srpen	127	59
Září	173	51
Říjen	338	64
Listopad	380	71
Prosinec	275	47

*Zdroj: Vlastní výzkum*

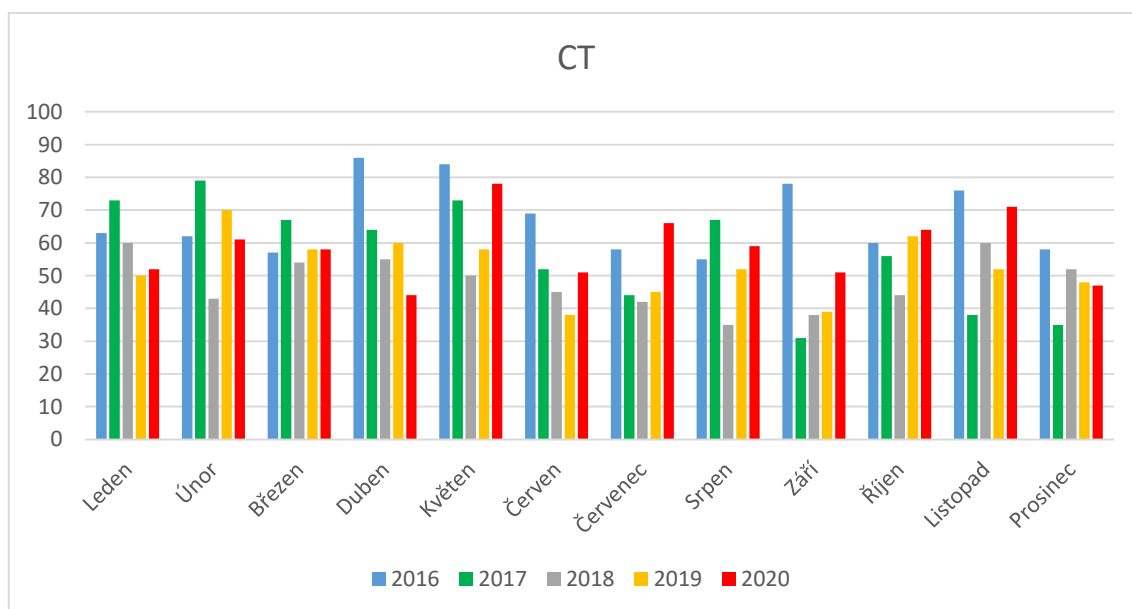
Ve výše uvedené tabulce jsou uvedeny data pro statistické zkoumání RTG a CT vyšetření od ledna do prosince roku 2020, kde je vidět že nejvíce vyšetření na RTG bylo v listopadu 2020 a nejvíce CT vyšetření v květnu 2020.



Obrázek 6 Primární škálování RTG

Zdroj: Vlastní výzkum

Grafický přehled počtu RTG vyšetření za posledních 5 let.



Obrázek 7 Primární škálování CT

Zdroj: Vlastní výzkum

Grafický přehled počtu CT vyšetření za posledních 5 let.

Poté bylo provedeno sekundární měření, kvantitativně metrické škálování.

*Tabulka 6 Škálování výsledků šetření*

Prvek škály	RTG	CT
1	109-154	31-40
2	155-200	41-50
3	201-246	51-60
4	247-292	61-70
5	293-338	71-80
6	339-384	81-90

*Zdroj: Vlastní výzkum*

S pomocí Sturgesova pravidla  $k = 1 + 3,3 \log_{10} n$  ( $k$  určuje počet prvků škály a  $n$  značí počet statistických jednotek) bylo navrženo 6 prvků škály, které jsou vypsány v tabulce 7.

### 4.1.3 Elementární statistické zpracování

Výsledky elementárního statického zpracování dat při zkoumání počtu zobrazovacích metod v pneumologii jak v RTG, tak i CT po dobu 5 let jsou zapsány v tabulkách 7 a 8. Na základě těchto tabulek byly vytvořeny polygony příslušných četností.

Tabulka 7 Výsledky měření – RTG 60 měsíců

$x_i$	$n_i$	$n_i/n$	$\Sigma n_i/n$	$x_i n_i$	$x_i^2 n_i$	$x_i^3 n_i$	$x_i^4 n_i$
1	19	0,31	0,31	19	19	19	19
2	25	0,42	0,73	50	100	200	400
3	12	0,2	0,93	36	108	324	972
4	2	0,03	0,96	8	32	128	512
5	1	0,02	0,98	5	25	125	625
6	1	0,02	1	6	36	216	1296
$\Sigma$	$\Sigma 60$	$\Sigma 1$		$\Sigma 124$	$\Sigma 320$	$\Sigma 1012$	$\Sigma 3824$

Zdroj: Vlastní výzkum



Tabulka 8 Výsledky měření – CT 60 měsíců

$x_i$	$n_i$	$n_i/n$	$\Sigma n_i/n$	$x_i n_i$	$x_i^2 n_i$	$x_i^3 n_i$	$x_i^4 n_i$
1	7	0,12	0,12	7	7	7	7
2	11	0,18	0,3	22	44	88	176
3	22	0,37	0,67	66	198	594	1782
4	11	0,18	0,85	44	176	704	2816
5	7	0,12	0,97	35	175	875	4375
6	2	0,03	1	12	72	432	2592
$\Sigma$	<b><math>\Sigma 60</math></b>	<b><math>\Sigma 1</math></b>		<b><math>\Sigma 186</math></b>	<b><math>\Sigma 672</math></b>	<b><math>\Sigma 2700</math></b>	<b><math>\Sigma 11748</math></b>

Zdroj: Vlastní výzkum

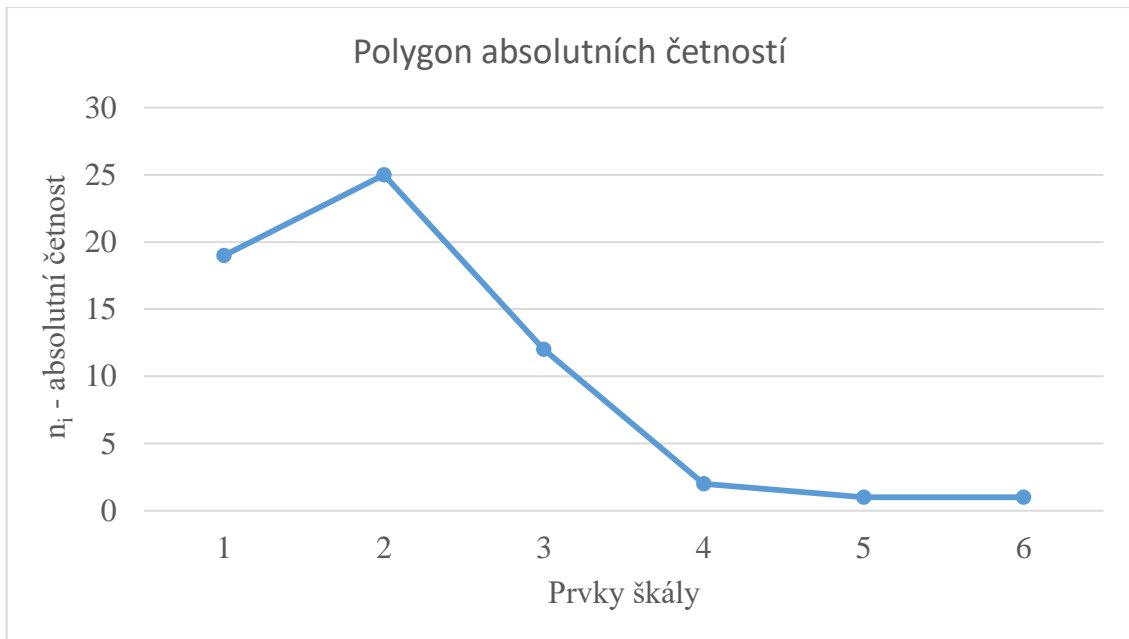
$n_i$  = absolutní četnosti prvků škály => graf absolutní četnosti

$n_i/n$  = relativní četnosti prvků škály => graf empirického rozdělení relativní četností, součet musí být roven 1

$\Sigma n_i/n$  = kumulační četnosti => kumulativní graf empirického rozdělení

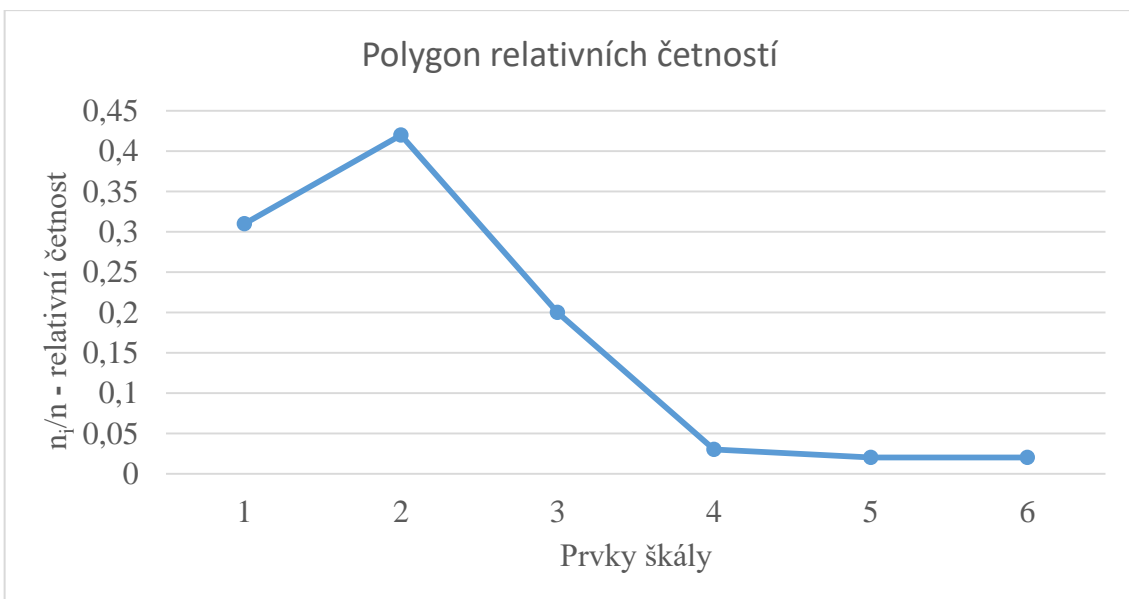
Další čtyři sloupce obsahují součiny potřebné pro výpočet empirických parametrů

## Grafické vyjádření u RTG



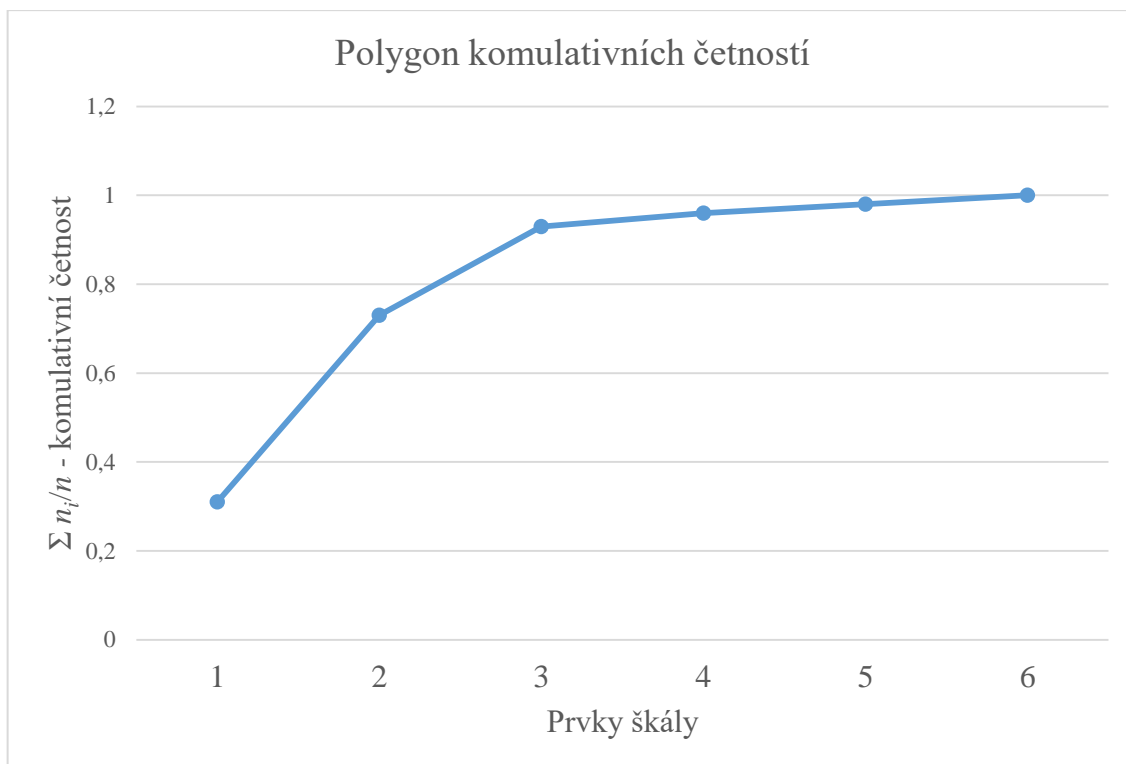
Obrázek 8 Graf empirického rozdělení absolutní četnosti - RTG

Zdroj: Vlastní výzkum



Obrázek 9 Graf empirického rozdělení relativní četnosti – RTG

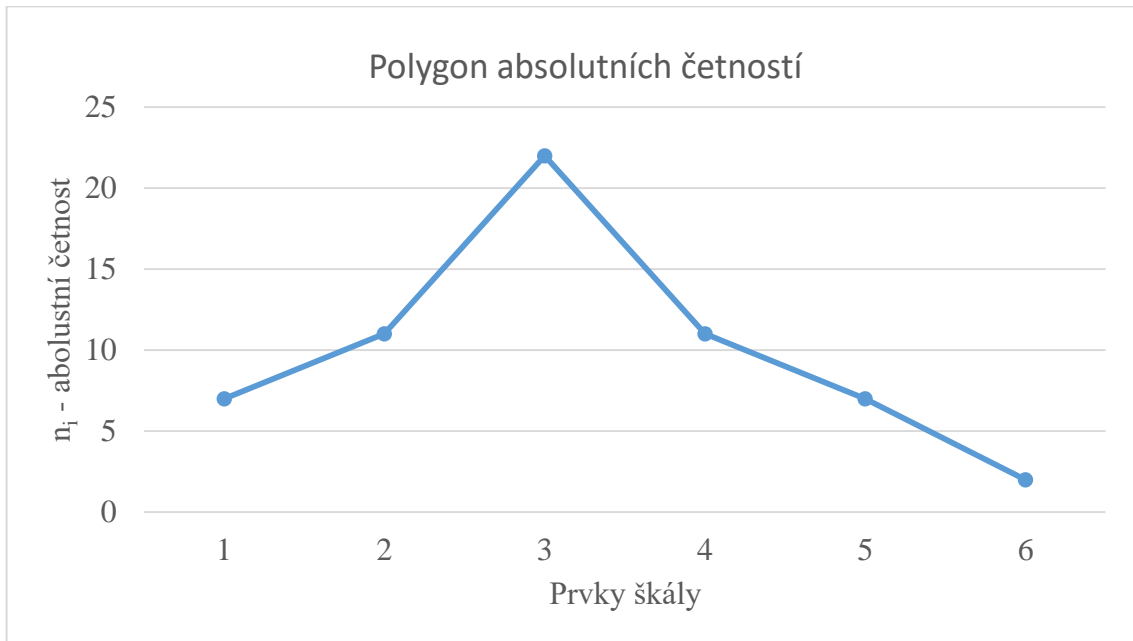
Zdroj: Vlastní výzkum



*Obrázek 10 Graf empirického rozdělení kumulativní četnosti – RTG*

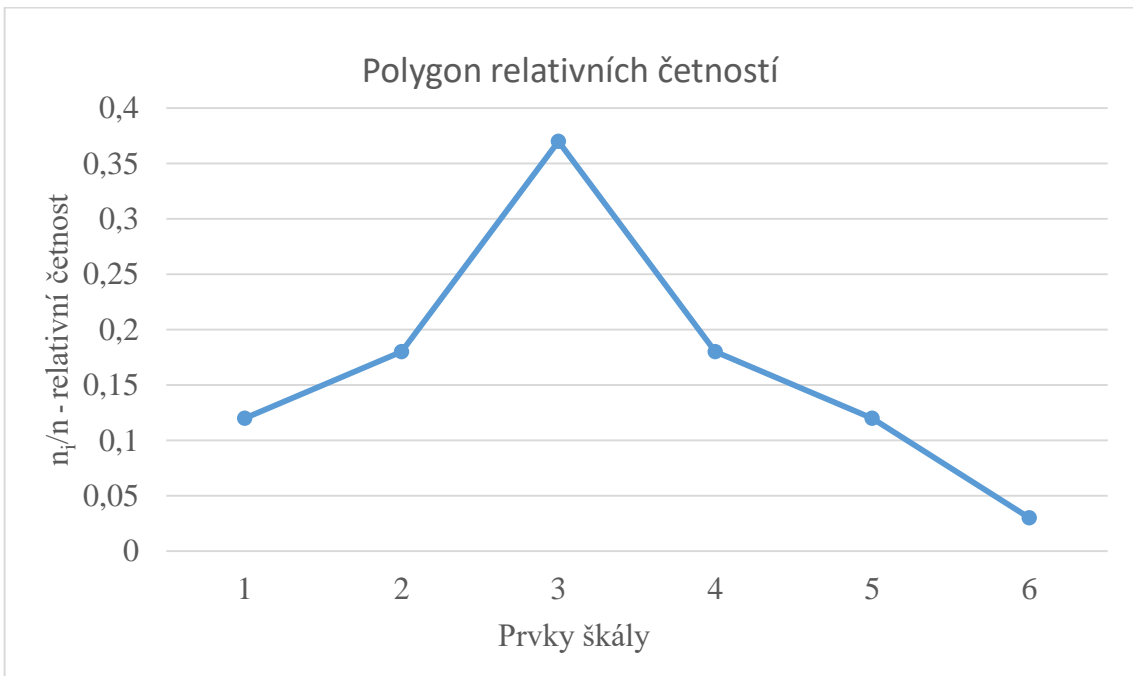
*Zdroj: Vlastní výzkumu*

## Grafické vyjádření u CT



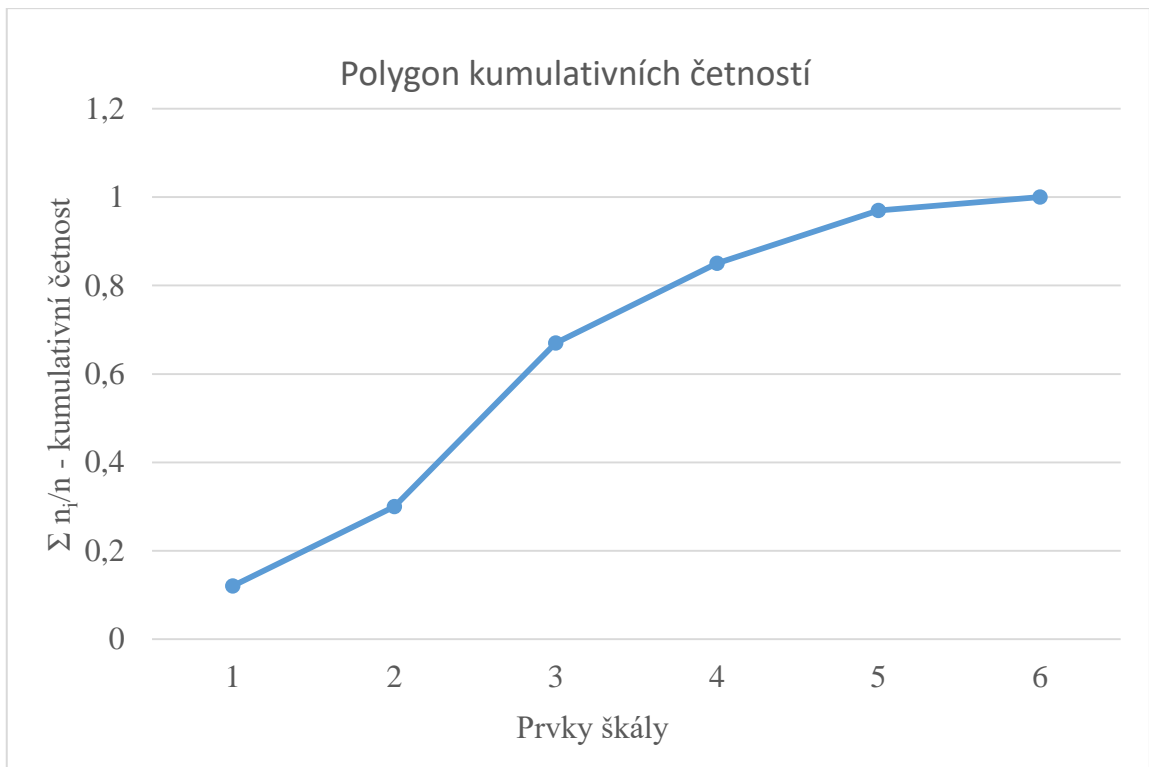
Obrázek 11 Graf empirického rozdělení absolutní četnosti – CT

Zdroj: Vlastní výzkum



Obrázek 12 Graf empirického rozdělení relativní četnosti – CT

Zdroj: Vlastní výzkum



Obrázek 13 Graf empirického rozdělení kumulativní četnosti – CT

Zdroj: Vlastní výzkum

#### 4.1.4 Výpočet empirických parametrů

V tabulce 9 jsou uvedeny výsledky vypočítaných empirických parametrů.

Tabulka 9 Vypočítané empirické parametry

Parametr	Značení	RTG	CT
Aritmetický průměr	$O_1$	2,06	3,1
Empirický rozptyl	$C_2$	1,086	1,590
Směrodatná odchylka	$S_x$	1,042	1,260
Variační koeficient	$\frac{S_x}{O_1}100$	Přibližně 51%	Přibližně 41%
Parametr šikmosti	$N_3$	1,240	0,211
Parametr špičatosti	$N_4$	5,505	2,585
Exces	$N_4-3$	2,505	-0,415

Zdroj: Vlastní výzkum

**Obecné momenty (1., 2., 3., a 4. řádu)**, kdy  $O_1$  se nazývá aritmetický průměr a představuje parametr polohy

#### RTG

$$O_1 = \sum \frac{n_i x_i}{n} = \sum \frac{124}{60} = 2,06$$

$$O_2 = \sum \frac{n_i x_i^2}{n} = \sum \frac{320}{60} = 5,33$$

$$O_3 = \sum \frac{n_i x_i^3}{n} = \sum \frac{1012}{60} = 16,86$$

$$O_4 = \sum \frac{n_i x_i^4}{n} = \sum \frac{3824}{60} = 63,73$$

**CT**

$$O_1 = \sum \frac{n_i x_i}{n} = \sum \frac{186}{60} = 3,1$$

$$O_2 = \sum \frac{n_i x_i^2}{n} = \sum \frac{672}{60} = 11,2$$

$$O_3 = \sum \frac{n_i x_i^3}{n} = \sum \frac{2700}{60} = 45$$

$$O_4 = \sum \frac{n_i x_i^4}{n} = \sum \frac{11\,748}{60} = 195,8$$

Obecný moment  $O_1$  je vážený aritmetický průměr (Záškodný a Záškodná, 2016).

**RTG:** Aritmetický průměr z prvků škály se rovná 2,06; tj. aritmetický průměr z hodnot statistického znaku je 160,46 RTG vyšetření.

**CT:** Aritmetický průměr z prvků škály se rovná 3,1; tj. aritmetický průměr z hodnot statistického znaku je 32,14 CT vyšetření.

**Centrální momenty (2., 3., 4. řádu)**

**RTG**

$$C_2 = O_2 - O_1^2 = \mathbf{1,086}$$

$$C_3 = O_3 - 3O_2O_1 + 2O_1^3 = \mathbf{1,404}$$

$$C_4 = O_4 - 4O_3O_1 + 6O_2O_1^2 - 3O_1^4 = \mathbf{6,490}$$

**CT**

$$C_2 = O_2 - O_1^2 = \mathbf{1,590}$$

$$C_3 = O_3 - 3O_2O_1 + 2O_1^3 = \mathbf{0,422}$$

$$C_4 = O_4 - 4O_3O_1 + 6O_2O_1^2 - 3O_1^4 = \mathbf{6,536}$$

### ***Směrodatná odchylka***

#### ***RTG***

$$S_x = \sqrt{C_2} = 1,042$$

$$V = \frac{S_x}{o_1} \times 100 = \text{přibližně } 51\% \text{ (dobrá hodnota, dobrá cesta ke Gaussově křivce)}$$

#### ***CT***

$$S_x = \sqrt{C_2} = 1,260$$

$$V = \frac{S_x}{o_1} \times 100 = \text{přibližně } 41\% \text{ (dobrá hodnota, dobrá cesta ke Gaussově křivce)}$$

Pokud je variační koeficient v intervalu (0,2; 0,9), můžeme předpokládat, že výsledné rozložení bude blízke Gaussově křivce. Variační koeficient v procentech udává, kolik procent z aritmetického průměru tvoří směrodatná odchylka.

### ***Koeficient šikmosti***

V tomto případě u RTG i u CT je koeficient kladný a to značí, že prvky ležící vlevo od aritmetického průměru mají vyšší četnosti. Graf empirického rozdělení absolutních četností je tedy zešikmen doleva.

#### ***RTG***

$$N_3 = \frac{C_3}{C_2 \sqrt{C_2}} = \frac{1,404}{1,132} = 1,240$$

#### ***CT***

$$N_3 = \frac{C_3}{C_2 \sqrt{C_2}} = \frac{0,422}{2,0034} = 0,211$$

### ***Koeficient špičatosti***

Koeficient špičatosti umožňuje porovnávat normované normální rozdělení s konkrétním empirickým rozdělením. Ideální koeficient špičatosti má hodnotu 3. Kladný exces  $N_4-3$  znamená, že empirické rozdělení je poněkud špičatější než průběh normovaného normálního rozdělení.



### ***RTG***

$$N_4 = \frac{C_4}{C_2^2} = \frac{6,490}{1,179} = 5,505 \text{ (špičatost ukazuje na blízkost Gaussově křivce)}$$

$$\text{Exces} = N_4 - 3 = 2,505$$

### ***CT***

$$N_4 = \frac{C_4}{C_2^2} = \frac{6,536}{2,5281} = 2,585 \text{ (špičatost ukazuje na blízkost Gaussově křivce)}$$

$$\text{Exces} = N_4 - 3 = -0,415$$

#### 4.1.5 *Neparametrické testování normality*

Prvním krokem bylo provedeno intervalové rozdělení četností. Z 6 prvků škály u RTG bylo nahrazeno 4 intervaly o stejném rozsahu a u CT z 6 prvků škály bylo nahrazeno 5 intervaly o stejném rozsahu. Následně se provedl test neparametrického testování, kterým je  $\chi^2$  – test dobré shody.

Poté bylo zpracováno testování normality, pro který je definován tento postup:

- Výpočet integrálů

$$u_i = \frac{x_i - O_1}{S_x}$$

- Využití distribuční funkce  $F(u_i)$  s využitím statistických tabulek
- $\chi^2$  – test dobré shody se použije pro výpočet  $\chi_{teor}^2$  a  $\chi_{exp}^2$

$$\chi_{exp}^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$$

Na základě provedení výsledků  $\chi_{teor}^2$  a  $\chi_{exp}^2$  dojde k ověření či vyvrácení formulovaných hypotéz H1, H2.

## RTG

Tabulka 10 Intervalové rozdělení u RTG

$x_i$	interval	$n_i$	$n_i/n$	$\Sigma n_i/n$	$x_i n_i$	$x_i^2 n_i$	$x_i^3 n_i$	$x_i^4 n_i$
1	$(-\infty; 1,5)$	19	0,31	0,31	19	19	19	19
2	$(1,5; 2,5)$	25	0,42	0,73	50	100	200	400
3	$(2,5; 3,5)$	12	0,2	0,93	36	108	324	972
4	$(3,5; +\infty)$	2	0,03	0,96	8	32	128	512
5		1	0,02	0,98	5	25	125	625
6		1	0,02	1	6	36	216	1296
$\Sigma$		$\Sigma 60$	$\Sigma 1$		$\Sigma 124$	$\Sigma 320$	$\Sigma 1012$	$\Sigma 3824$

Zdroj: Vlastní výzkum

### Výpočet 4 ploch pomocí přechodu k normovanému normálnímu rozdělení.

Vzorec:  $u_i = \frac{x_i - \mu}{s_x}$ ,  $x_i$  mají hodnoty  $x_1 = 1,5$ ,  $x_2 = 2,5$ ,  $x_3 = 3,5$  a  $x_4 = \infty$

$$u_1 = \frac{1,5 - 2}{1} = -0,5$$

$$u_2 = \frac{2,5 - 2}{1} = 0,5$$

$$u_3 = \frac{3,5 - 2}{1} = 1,5$$

$$u_4 = \frac{\infty - 2}{1} = \infty$$

## Výpočet ploch pomocí statistických tabulek a Laplaceovy funkce

Plochy  $p_i$  jsou plochy, které jsou hledány pod Gaussovou křivkou a vyjadřují teoretické rozdělení četností.

$$p_1 = \int_{-\infty}^{1,5} \rho(x) dx = \int_{-\infty}^{-0,5} \rho(u) du = F(-0,5) - F(-\infty) = 1 - F(0,5) - 0 = 1 - 0,69 = 0,31 \sim \frac{n_1}{n} = 0,31$$

$$p_2 = \int_{1,5}^{2,5} \rho(x) dx = \int_{-0,5}^{0,5} \rho(u) du = F(0,5) - F(-0,5) = 0,69 - 0,31 = 0,38 \sim \frac{n_2}{n} = 0,42$$

$$p_3 = \int_{2,5}^{3,5} \rho(x) dx = \int_{0,5}^{1,5} \rho(u) du = F(1,5) - F(0,5) = 0,93 - 0,69 = 0,24 \sim \frac{n_3}{n} = 0,2$$

$$p_4 = \int_{3,5}^{+\infty} \rho(x) dx = \int_{1,5}^{\infty} \rho(u) du = F(\infty) - F(1,5) = 1 - 0,93 = 0,07 \sim \frac{n_4}{n} = 0,07$$

Tabulka 11 Přehled vypočítaných parametrů pro test dobré shody u RTG

$x_i$	Interval	$n_i$	$u_i$	$F(u_i)$	$p_i$	$np_i$
1	$(-\infty; 1,5)$	19	-0,5	0,31	0,31	18,6
2	$(1,5; 2,5)$	25	0,5	0,69	0,38	22,8
3	$(2,5; 3,5)$	12	1,5	0,93	0,24	14,4
4 +5+6	$(3,5; \infty)$	4	$\infty$	1,0	0,07	4,2

Zdroj: Vlastní výzkum

Z hlediska robustní analýzy bylo potřeba provést sloučení posledních tří prvků škály.

### Výpočet $\chi^2$ – test dobré shody

$$\text{Vzorec: } \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$$

$$\frac{(n_1 - np_1)^2}{np_1} = \frac{(19 - 18,6)^2}{18,6} = 0,01$$

$$\frac{(n_2 - np_2)^2}{np_2} = \frac{(25 - 22,8)^2}{22,8} = 0,21$$

$$\frac{(n_3 - np_3)^2}{np_3} = \frac{(16 - 18,6)^2}{18,6} = 0,36$$

### Výsledek výpočtu $\chi^2$ – test dobré shody

Tabulka 12 Výsledky použití  $\chi^2$ -testu dobré shody u RTG

$x_i$	$n_i$	$np_i$	$\frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$
1	19	18,6	0,01
2	25	22,8	0,21
3	12	18,6	0,36
4+5+6	4	4,2	0,01

Zdroj: Vlastní výzkum

$$\chi_{exp}^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i} = 0,54$$

Stupně volnosti  $v = k - r - 1 = 4 - 2 - 1 = 1$ . Pomocí statistických tabulek je kritická teoretická hodnota  $\chi_{teor}^2 = 3,84$  při hladině statistické významnosti  $\alpha = 0,05$ .

$$\chi_{teor}^2 = \chi_{k-r-1}^2 = \chi_v^2 = \chi_1^2(0,05) = 3,84$$

### Výsledek aplikace $\chi^2$ – test dobré shody

$$\chi_{teor}^2 > \chi_{exp}^2 = 3,84 > 0,58$$

Počet RTG vyšetření se chová Gaussovsky. Empirické rozdělení četností lze na hladině statistické významnosti 0,05 nahradit teoretickým normálním rozdělením. Na hladině statistické významnosti  $\alpha = 0,05$  lze potvrdit hypotézu č. 1 - Měsíční počty RTG vyšetření mají teoretické rozdělení odpovídající normálnímu rozdělení. Zachyceny pouze 3 měsíce z období kovidové pandemie, pandemie normalitu neovlivnila.

Tabulka 13 Intervalové rozdělení u CT

$x_i$	interval	$n_i$	$n_i/n$	$\Sigma n_i/n$	$x_i n_i$	$x_i^2 n_i$	$x_i^3 n_i$	$x_i^4 n_i$
1	$(-\infty; 1,5)$	7	0,12	0,12	7	7	7	7
2	$(1,5; 2,5)$	11	0,18	0,3	22	44	88	176
3	$(2,5; 3,5)$	22	0,37	0,67	66	198	594	1782
4	$(3,5; 4,5)$	11	0,18	0,85	44	176	704	2816
5	$(4,5; +\infty)$	7	0,12	0,97	35	175	875	4375
6		2	0,03	1	12	72	432	2592
$\Sigma$		$\Sigma 60$	$\Sigma 1$		$\Sigma 186$	$\Sigma 672$	$\Sigma 2700$	$\Sigma 11748$

Zdroj: Vlastní výzkum

**Výpočet 4 ploch pomocí přechodu k normovanému normálnímu rozdělení.**

Vzorec:  $u_i = \frac{x_i - \mu}{s_x}$ ,  $x_i$  mají hodnoty  $x_1 = 1,5$ ,  $x_2 = 2,5$ ,  $x_3 = 3,5$ ,  $x_4 = 4,5$  a  $x_5 = \infty$

$$u_1 = \frac{1,5 - 3,1}{1,3} = -1,23$$

$$u_2 = \frac{2,5 - 3,1}{1,3} = -0,46$$

$$u_3 = \frac{3,5 - 3,1}{1,3} = 0,31$$

$$u_4 = \frac{4,5 - 3,1}{1,3} = 1,08$$

$$u_5 = \frac{\infty - 3,1}{1,3} = \infty$$

## Výpočet ploch pomocí statistických tabulek a Laplaceovy funkce

Plochy  $p_i$  jsou plochy, které jsou hledány pod Gaussovou křivkou a vyjadřují teoretické rozdělení četností.

$$p_1 = \int_{-\infty}^{1,5} \rho(x) dx = \int_{-\infty}^{-1,23} \rho(u) du = F(-1,23) - F(-\infty) = 1 - F(1,23) - 0 = 1 - 0,89 =$$

$$\mathbf{0,11} \sim \frac{n_1}{n} = \mathbf{0,12}$$

$$p_2 = \int_{1,5}^{2,5} \rho(x) dx = \int_{-1,23}^{-0,46} \rho(u) du = F(-0,46) - F(-1,23) = 1 - 0,68 - 0,11 = \mathbf{0,21} \sim \frac{n_2}{n} = \mathbf{0,18}$$

$$p_3 = \int_{2,5}^{3,5} \rho(x) dx = \int_{-0,46}^{0,31} \rho(u) du = F(0,31) - F(-0,46) = 0,62 - (1 - 0,68) = \mathbf{0,30} \sim \frac{n_3}{n} = \mathbf{0,37}$$

$$p_4 = \int_{3,5}^{4,5} \rho(x) dx = \int_{0,31}^{1,08} \rho(u) du = F(1,08) - F(0,31) = 0,86 - 0,62 = \mathbf{0,24} \sim \frac{n_4}{n} = \mathbf{0,18}$$

$$p_5 = \int_{4,5}^{+\infty} \rho(x) dx = \int_{1,08}^{\infty} \rho(u) du = F(\infty) - F(1,08) = 1 - 0,86 = \mathbf{0,14} \sim \frac{n_5}{n} = \mathbf{0,15}$$

*Tabulka 14 Přehled vypočítaných parametrů pro test dobré shody u CT*

$x_i$	Interval	$n_i$	$u_i$	$F(u_i)$	$p_i$	$np_i$
1	$(-\infty; 1,5)$	7	-1,23	0,11	0,11	6,6
2	$(1,5; 2,5)$	11	-0,46	0,32	0,21	12,6
3	$(2,5; 3,5)$	22	0,31	0,62	0,30	18
4	$(3,5; 4,5)$	11	1,08	0,86	0,24	14,4
5+6	$(4,5; \infty)$	9	$\infty$	1,0	0,14	8,4

*Zdroj: Vlastní výzkum*

Z hlediska robustní analýzy bylo potřeba provést sloučení posledních dvou prvků škály.



## Výpočet $\chi^2$ – test dobré shody

$$\text{Vzorec: } \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$$

$$\frac{(n_1 - np_1)^2}{np_1} = \frac{(7 - 6,6)^2}{6,6} = 0,02$$

$$\frac{(n_2 - np_2)^2}{np_2} = \frac{(11 - 12,6)^2}{12,6} = 0,20$$

$$\frac{(n_3 - np_3)^2}{np_3} = \frac{(22 - 18)^2}{18} = 0,89$$

$$\frac{(n_4 - np_4)^2}{np_4} = \frac{(11 - 14,4)^2}{14,4} = 0,80$$

$$\frac{(n_5 - np_5)^2}{np_5} = \frac{(9 - 8,4)^2}{8,4} = 0,04$$

## Výsledek výpočtu $\chi^2$ – test dobré shody

Tabulka 15 Výsledky použití  $\chi^2$ -testu dobré shody u CT

$x_i$	$n_i$	$np_i$	$\frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$
1	7	6,6	0,02
2	11	12,6	0,20
3	22	18	0,89
4	11	14,4	0,80
5+6	9	8,4	0,04

Zdroj: Vlastní výzkum

$$\chi_{exp}^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i} = 1,95$$

Stupně volnosti  $v = k - r - 1 = 5 - 2 - 1 = 2$ . Pomocí statistických tabulek je kritická teoretická hodnota  $\chi_{teor}^2 = 5,99$  při hladině statistické významnosti  $\alpha = 0,05$ .

$$\chi_{teor}^2 = \chi_{k-r-1}^2 = \chi_v^2 = \chi_2^2(0,05) = 5,99$$

### Výsledek aplikace $\chi^2$ – test dobré shody

$$\chi_{teor}^2 > \chi_{exp}^2 = 5.99 > 1.95$$

Počet CT vyšetření se chová Gaussovsky. Empirické rozdělení četností lze na hladině statistické významnosti 0,05 nahradit teoretickým normálním rozdělením. Na hladině statistické významnosti  $\alpha = 0,05$  lze potvrdit hypotézu č. 1 - Měsíční počty CT vyšetření mají teoretické rozdělení odpovídající normálnímu rozdělení. Zachyceny pouze 3 měsíce z období kovidové pandemie, pandemie normalitu neovlivnila.

#### 4.1.6 Teorie odhadů

##### Bodové odhady u RTG

V rámci zadaného příkladu vyšel test normality, proto bude bodový odhad proveden dosažením hodnot  $O_1 = 2$  a  $S_x = 1$  (přibližná hodnota) do rovnice hustoty pravděpodobnosti normálního rozdělení za teoretické parametry  $\mu$ ,  $\sigma$ :

$$\mu = O_1, \sigma = S_x$$

$$\rho(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-2)^2}{2}\right)$$

Jako příklad aplikace integrálního počtu v rámci provedeného bodového odhadu může sloužit důkaz přibližné 68 % pravděpodobnosti.

$$(\mu - \sigma; \mu + \sigma) = (O_1 - S_x; O_1 + S_x)$$

$$(\mu - \sigma; \mu + \sigma) = (O_1 - S_x; O_1 + S_x) = \mathbf{(1;3)}$$

Po přechodu k normovanému normálnímu rozdělení  $N(0,1)$  spojeného s hustotou pravděpodobnosti

$$\rho(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right)$$

a po výpočtu odpovídajících hodnot normované náhodné veličiny  $u_1 = -1$ ,  $u_2 = 1$  pomocí vztahu

hustota pravděpodobnosti:

$$u_i = \frac{x_i - O_1}{S_x} = -0,5$$

$$u_1 = \frac{O_1 - S_x - O_1}{S_x} = -1$$

$$u_2 = \frac{O_1 + S_x - O_1}{S_x} = 1$$

Plocha  $p$  pod Gaussovou křivkou omezená hodnotami  $u_1 = -1$ ,  $u_2 = 1$  je dána po zaokrouhlení integrálem.

$$p = \int_{-1}^1 \rho(u) du = F(1) - F(-1) = 0,68.$$

U 68 % měsíců byl počet RTG vyšetření od 109-246.

### ***Bodové odhady u CT***

V rámci zadaného příkladu vyšel test normality, proto bude bodový odhad proveden dosažením hodnot  $O_1 = 3,1$  a  $S_x = 1,3$  (přibližná hodnota) do rovnice hustoty pravděpodobnosti normálního rozdělení za teoretické parametry  $\mu$ ,  $\sigma$ :

$$\mu = O_1, \sigma = S_x$$

$$\rho(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-2)^2}{2}\right)$$

Jako příklad aplikace integrálního počtu v rámci provedeného bodového odhadu může sloužit důkaz přibližné 68 % pravděpodobnosti.

$$(\mu - \sigma; \mu + \sigma) = (O_1 - S_x; O_1 + S_x)$$

$$(\mu - \sigma; \mu + \sigma) = (O_1 - S_x; O_1 + S_x) = \mathbf{(1,8;4,4)}$$

Po přechodu k normovanému normálnímu rozdělení  $\mathbf{N(0,1)}$  spojeného s hustotou pravděpodobnosti

$$\rho(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right)$$

a po výpočtu odpovídajících hodnot normované náhodné veličiny  $u_1 = -1$ ,  $u_2 = 1$  pomocí vztahu

hustota pravděpodobnosti:

$$u_i = \frac{x_i - O_1}{S_x} = -1,23$$

$$u_1 = \frac{O_1 - S_x - O_1}{S_x} = -1$$

$$u_2 = \frac{O_1 + S_x - O_1}{S_x} = 1$$

Plocha  $p$  pod Gaussovou křivkou omezená hodnotami  $u_1 = -1$ ,  $u_2 = 1$  je dána po zaokrouhlení integrálem.

$$p = \int_{-1}^1 \rho(u) du = F(1) - F(-1) = 0,68.$$

U 68 % měsíců byl počet CT vyšetření od 31-70.

#### 4.1.7 Měření statistických závislostí

##### Přeformulování statistického šetření

Tabulka 16 Přeformulování statistického šetření pro lineární regresní analýzu

$n_i/n$	$x_i$ -RTG	$s_i$ - CT	
1/6	19	7	měření
1/6	25	11	měření
1/6	12	22	měření
1/6	2	11	měření
1/6	1	7	měření
1/6	1	2	měření

Zdroj: Vlastní výzkum

$$y = b_0 + b_1x$$

$$\sum s_i = kb_0 + b_1 \sum x_i$$

$$\sum s_i x_i = b_0 \sum x_i + b_1 \sum x_i^2$$

$$\sum_{i=1}^{k=6} s_i = 60 \quad \sum_{i=1}^{k=6} x_i = 60$$

$$\sum_{i=1}^{k=5} s_i x_i = 703$$

$$\sum_{i=1}^{k=5} x_i^2 = 1136$$

---

$$60 = 6b_0 + 60b_1 \quad /*(-10)$$

---

$$703 = 60b_0 + 1136b_1$$

$$-600 = -60b_0 - 600b_1$$

---

$$103 = 0b_0 + 536b_1$$

$$103 = 536b_1$$

$$b_1 = 103/536$$

$$\mathbf{b_1 = 0,19}$$

$$60 = 6b_0 + 60 \cdot 0,19$$

$$60 = 6b_0 + 11,4$$

$$6b_0 = 48,6$$

$$\mathbf{b_0 = 8,1}$$

Po dosazení hodnot  $b_1$  a  $b_0$  do obecné rovnice pro lineární regresi  $y = b_1x + b_0$  získáme rovnici regresní přímky ve tvaru  $y = 0,19x + 8,1$ . Přímka svírá s osou  $x$  úhel  $\alpha$ , který je vyjádřen jako  $tg$  regresního parametru  $b_1$ .

$$tg(\alpha) = b_1$$

$$tg(\alpha) = 0,19$$

$$tg(\alpha) = 10^\circ 75'$$

## Sdružená regrese

Tabulka 17 Přeformulování statistického šetření pro sdruženou regresní analýzu

$n_i/n$	$s_i$ -RTG	$x_i$ - CT	
1/6	19	7	měření
1/6	25	11	měření
1/6	12	22	měření
1/6	2	11	měření
1/6	1	7	měření
1/6	1	2	měření

Zdroj: Vlastní výzkum

$$y = b_0 + b_1x$$

$$\sum s_i = kb_0 + b_1 \sum x_i$$

$$\sum s_i x_i = b_0 \sum x_i + b_1 \sum x_i^2$$

$$\sum_{i=1}^{k=6} s_i = 60 \quad \sum_{i=1}^{k=6} x_i = 60$$

$$\sum_{i=1}^{k=5} s_i x_i = 703$$

$$\sum_{i=1}^{k=5} x_i^2 = 828$$

---

$$60 = 6B_0 + 60B_1 \quad /*(-10)$$

---

$$703 = 60B_0 + 828B_1$$



$$-600 = -60B_0 - 600B_1$$

---

$$103 = 0B_0 + 228B_1$$

$$103 = 228B_1$$

$$B_1 = 103/228$$

$$\mathbf{B_1 = 0,45}$$

$$60 = 6B_0 + 60 \cdot 0,45$$

$$60 = 6B_0 + 27$$

$$6B_0 = 33$$

$$\mathbf{B_0 = 5,5}$$

Po dosazení hodnot  $b_1$  a  $b_0$  do obecné rovnice pro lineární regresi  $y = b_1x + b_0$  získáme rovnici regresní přímky ve tvaru  $y = 0,45x + 5,5$ . Přímka svírá s osou  $x$  úhel  $\alpha$ , který je vyjádřen jako  $tg$  regresního parametru  $b_1$ .

$$tg(\alpha) = B_1$$

$$tg(\alpha) = 0,45$$

$$tg(\alpha) = \mathbf{24^\circ 22'}$$

**Nález přibližného koeficientu korelace – regrese a sdružená regrese**

$$k_{xs}^2 = b_1B_1$$

$$k_{xs}^2 = 0,19 \cdot 0,45$$

$$k_{xs}^2 = 0,08$$

$$k_{xs} = \sqrt{0,08}$$

$$\mathbf{k_{xs} = 0,28}$$

Měsíční počty RTG a CT nekorelují.

## Lineární korelační analýza - exaktní

$O_x$  = aritmetický průměr pro 1. SZ

$$O_1 = \sum \frac{n_i}{n} x_i$$

$$O_{1x} = 1/6 * (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6) = 10$$

$O_s$  = aritmetický průměr pro 2. SZ

$$O_{1s} = 1/6 * (s_1 + s_2 + s_3 + s_4 + s_5 + s_6) = 10$$

Směrodatná odchylka ( $S_x$ )

$$S_x = \sqrt{C_x^2} = \sqrt{\sum \frac{n_i}{n} (x_i - O_{1x})^2}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{6} (536)} = \sqrt{89,3} = 9,4$$

Směrodatná odchylka ( $S_s$ )

$$S_s = \sqrt{C_s^2} = \sqrt{\sum \frac{n_i}{n} (s_i - O_{1s})^2}$$

$$S_s = \sqrt{\frac{1}{6} (228)} = \sqrt{38} = 6,16$$

Variační koeficient

$$V = \frac{S_x}{O_1}$$

$$\text{RTG } V = \frac{S_x}{O_1} = 0,94 \sim 94\%$$

$$\text{CT } V = \frac{S_s}{O_1} = 0,616 \sim 62\%$$

### **Kovariační koeficient ( $S_{xs}$ )**

$$S_{xs} = \sum \frac{n_i}{n} (x_i - O^1_x)(S^1 - O^1_s)$$

$$S_{xs} = \frac{1}{6}(103)$$

$$S_{xs} = 17,16$$

### **Pearsonův koeficient pro lineární korelaci**

$$k_{xs} = \frac{S_{xs}}{S_x S_s}$$

$$k_{xs} = \frac{17,16}{9,4 * 6,16}$$

$$k_{xs} = 0,29$$

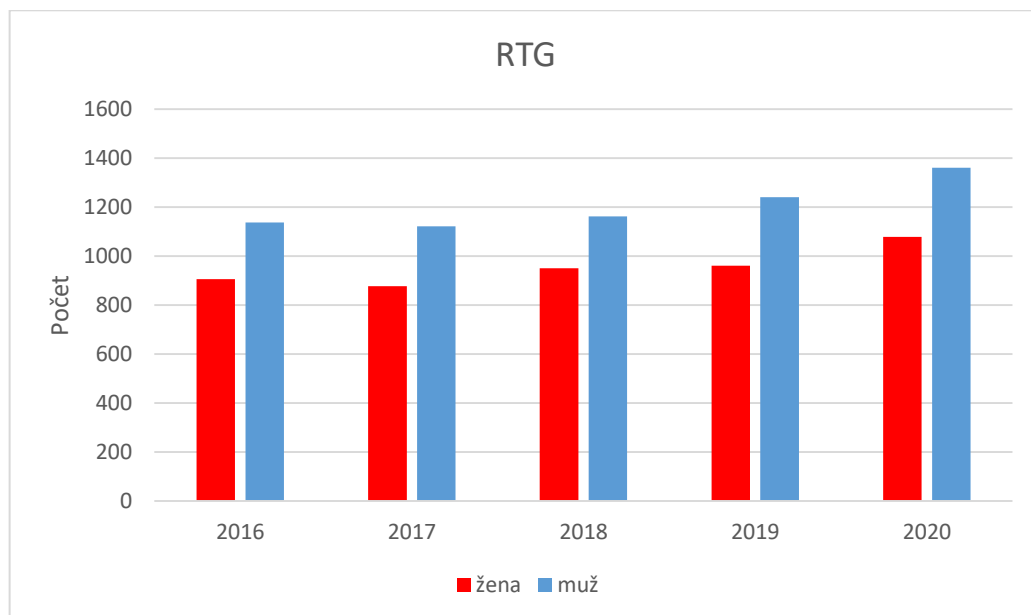
Stejná interpretace jako při použití regrese a sdružené regrese  
- měsíční počty RTG a CT nekorelují, jsou bližší spíše slabé pozitivní korelaci

## 5 Diskuze

Ve výzkumné části bakalářské práce bylo zpracované statistické šetření, zda SARS-CoV-2 významně ovlivnil počet RTG a CT vyšetření plic. Mezi cíle patřilo statistické zpracování dat vyšetření RTG plic a CT plic na RTG oddělení Nemocnice České Budějovice, a.s. a analýza vyšetřovacích a zobrazovacích metod v pneumologii.

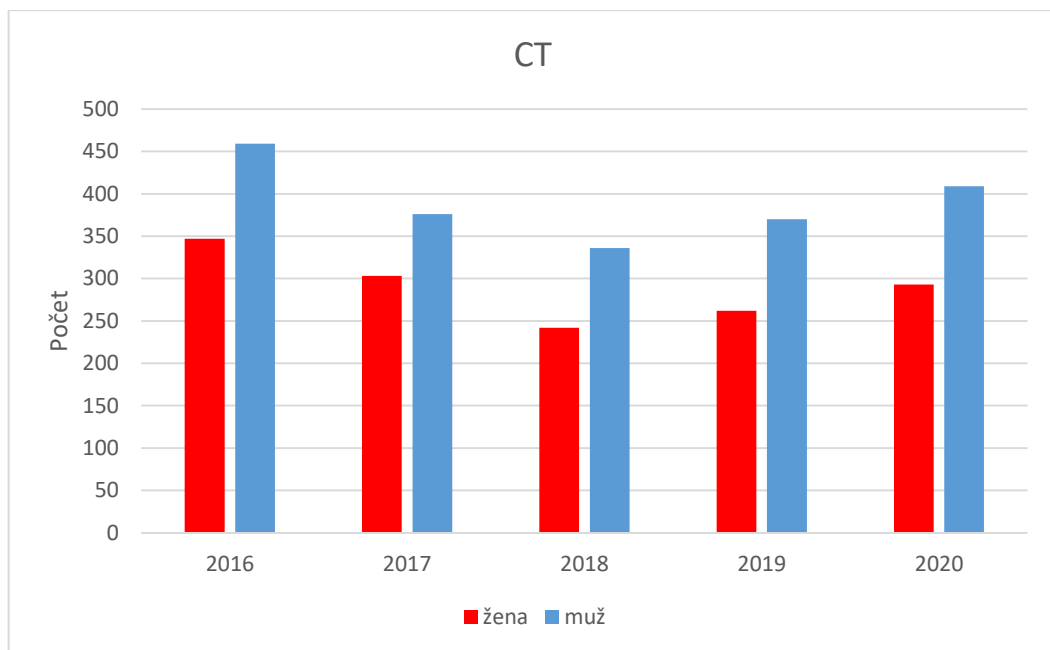
Na konci roku 2019 byla v Číně popsána řada zápalů plic nejasného původu. Došlo k výskytu pneumonii, ale nebyl znám přesný původce onemocnění ani způsob přenosu. Ve Wu-chanu se onemocnění začalo rychle šířit, ovlivnilo to i další země a až v roce 2020 WHO prohlásilo šíření koronaviru. Původce onemocnění covid-19 je nový koronavirus SARS-CoV-2. Rizikové faktory u SARS-CoV-2 je věk, mužské pohlaví a již přítomná onemocnění např. cukrovka, obezita, hypertenze, chronická obstrukční plicní nemoc, chronické respirační onemocnění atd.

K doplnění výzkumu byly zpracovány grafy u RTG i u CT pouze s diagnostikou plic. Doplnkový výzkum ukázal, že po dobu 5 let byly plíce na RTG a CT vyšetřeny více u mužů a pacientů ve věku 56-77 let.



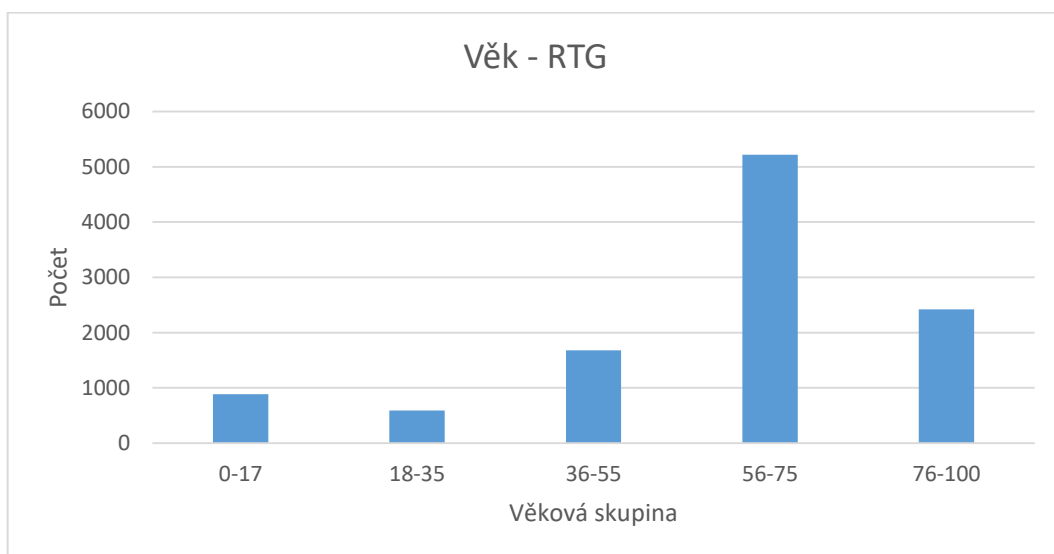
*Obrázek 14 Pohlaví RTG*

*Zdroj: Vlastní výzkum*



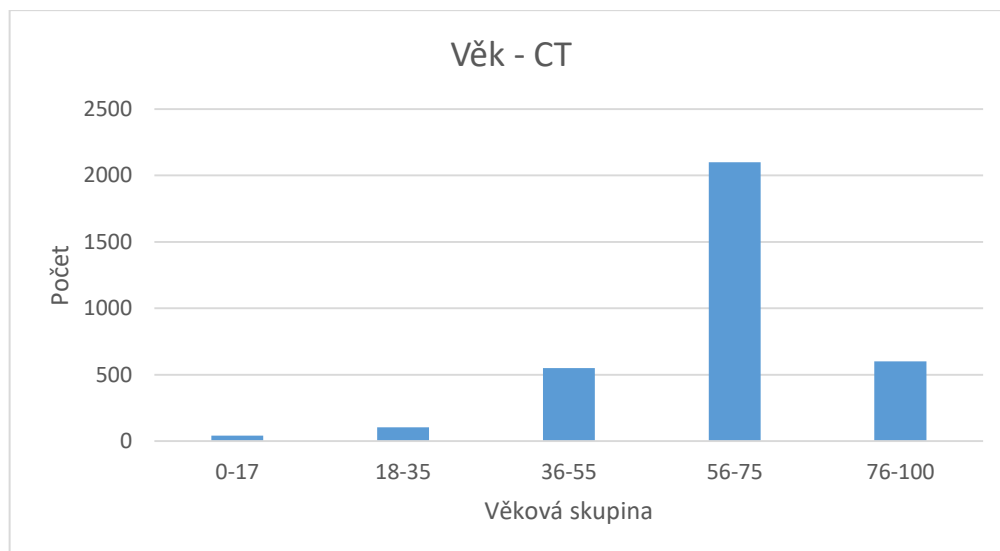
*Obrázek 15 Pohlaví CT*

*Zdroj: Vlastní výzkum*



*Obrázek 16 Věk RTG*

*Zdroj: Vlastní výzkum*



*Obrázek 17 Věk CT*

*Zdroj: Vlastní výzkum*

Obrázek č. 15 a č. 16 prokázaly, že se RTG i CT vyšetření plic provádí více u pacientů ve věku 56-77 let.

### *Výzkumné hypotézy*

**H1: Měsíční počty RTG vyšetření budou mít teoretické rozdělení blízké normálnímu rozdělení.**

Hypotézu H1 bylo možno přijmout nebo vyvrátit dvojí cestou. První cesta v deskriptivní statistice vychází z hodnoty aritmetického průměru (2,06) a z grafu empirického rozdělení četností. Hodnota aritmetického průměru ukazuje přibližně 160,46 RTG vyšetření a graf empirického rozdělení četností je svým tvarem blízký Gaussově křivce. Hypotézu H1 lze potvrdit.

Druhá cesta byla cestou matematické statistiky vycházející z Pearsonova testu dobré shody. Experimentální hodnota kritéria číslo 0,58 je nižší než teoretická hodnota kritéria číslo 3,84. Empirické rozdělení četností u měsíčních počtů RTG vyšetření lze na hladině statistické významnosti 0,05 nahradit normálním rozdělením.

**H2: Měsíční počty CT vyšetření budou mít teoretické rozdělení blízké k normálnímu rozdělení.**

Hypotézu H2 bylo opět možno přijmout nebo vyvrátit dvojí cestou. První cesta v deskriptivní statistice vychází z hodnoty aritmetického průměru (3,1) a z grafu empirického rozdělení četnosti. Hodnota aritmetického průměru ukazuje přibližně 32,14 CT vyšetření a graf empirického rozdělení četností je svým tvarem blízký Gaussově křivce. Hypotézu H2 lze potvrdit.

Druhá cesta byla cestou matematické statistiky vycházející z Pearsonova testu dobré shody. Experimentální hodnota kritéria číslo 1,95 je nižší než teoretická hodnota kritéria číslo 5,99. Empirické rozdělení četností u měsíčních počtů CT vyšetření lze na hladině statistické významnosti 0,05 nahradit normálním rozdělením.

**H3: Měsíční počty RTG a CT vyšetření pozitivně korelují**

Pro ověření hypotézy H3 bylo nutné přeformulovat statistické šetření - jednotlivé statistické znaky pro RTG a CT byly ohodnoceny číselnými řadami absolutních četností.

Pro ověření korelace obou parametrů z hlediska jejich těsnosti byl vypočítán Pearsonův korelační koeficient. Hodnota Pearsonova korelačního koeficientu 0,29 odpovídá slabé pozitivní korelaci mezi oběma statistickými znaky nebo relaci nekorelovanosti. Výsledky ukazují, že hypotézu H3 lze s určitou mírou tolerance vůči hodnotám slabé pozitivní korelace považovat za částečně potvrzenou.

## 6 Závěr

Bakalářská práce „Vyšetřovací a zobrazovací postupy v pneumologii z pohledu radiologického asistenta“ byla členěna na dvě části.

V teoretické části byl uveden přehled anatomie dýchacího systému. Dále byl popsán SARS-CoV-2 a jeho vliv na plíce. V závěru byly vysvětleny vyšetřovací a zobrazovací postupy v pneumologii. Provedenou komparací anatomie a vyšetřovacích a zobrazovacích postupů lze považovat cíl č. 2 za splněný.

Ve výzkumné části práce bylo provedeno statistické šetření pomocí základních metod deskriptivní a matematické statistiky. Výzkum byl zaměřen na analýzu vyšetřovacích a zobrazovacích metod plic po dobu 5 let, včetně vlivu SARS-CoV-2. Byly stanoveny tři hypotézy, hypotézy H1 a H2 byly potvrzeny, u hypotézy H3 lze o potvrzení hovořit s určitým odstupem – koeficient korelace se pohyboval na hranici slabé pozitivní korelace a nekorelovanosti. Na základě těchto závěrů lze považovat cíl č. 1 za splněný.

Mezi další výsledky provedeného aplikovaného kvantitativního výzkumu patří rovněž analýza četností vyšetření RTG a CT ve vazbě na pohlaví a věkové struktury.

Dalším výsledkem bakalářské práce bylo zjištění, že ještě v roce 2020 SARS-CoV-2 významně neovlivnil zobrazovací a vyšetřovací metody plic – byla prokázána normalita měsíčních počtů vyšetření RTG a CT za 5 let (posledním zkoumaným rokem byl rok 2020). Tato práce by mohla být využita v navazujících pracích. Předmětem dalších prací by mohlo být zkoumání SARS-CoV-2 a jeho vliv na vyšetřovací a zobrazovací metody plic v roce 2021 a 2022. Lze předpokládat, že v těchto letech by se normalita u RTG a CT vyšetření plic neprokázala.



## 7 Zdroje

AKÇAY, Ş., ÖZLÜ, T., YILMAZ, A., 2020. Radiological approaches to COVID-19 pneumonia [online]. *Turkish journal of medical sciences*. 50(SI-1), 604-610. ISSN 13036165. Dostupné také z: <http://journals.tubitak.gov.tr/medical/issues/sag-20-50-si-1/sag-50-si-1-17-2004-160.pdf>

ALARCÓN-RODRÍGUEZ, J. et al., 2021. Manejo y seguimiento radiológico del paciente post-COVID-19 [online]. *Radiología*. 63(3), 258-269. ISSN 00338338. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0033833821000643>

ARONSON, K.I. et al., 2021. Lungs after COVID-19: Evolving Knowledge of Post-COVID-19 Interstitial Lung Disease [online]. *Annals of the American Thoracic Society*. 18(5), 773-774. ISSN 2329-6933. Dostupné také z: <https://www.atsjournals.org/doi/10.1513/AnnalsATS.202102-223ED>

ASSELAH, T. et al., 2021. COVID-19: Discovery, diagnostics and drug development [online]. *Journal of Hepatology*. 74(1), 168-184. ISSN 01688278. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168827820336758>

CORNE, J., 2004. *RTG hrudníku, srdce a plic pro praxi*. Praha: Grada. ISBN 80-247-0776-4.

ČIHÁK, R., 2016. *Anatomie*. Třetí, upravené a doplněné vydání. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-5636-3.

DYLEVSKÝ, I., 2009. *Funkční anatomie*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3240-4.

FERDA, J., MÍRKA, H., BAXA, J., MALÁN, A., [2015]. *Základy zobrazovacích metod*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7492-164-3.

FLICK, H. et al., 2020. Management of patients with SARS-CoV-2 infections and of patients with chronic lung diseases during the COVID-19 pandemic (as of 9 May 2020) [online]. *Wiener klinische Wochenschrift*. 132(13-14), 365-386. ISSN 0043-5325. Dostupné také z: <https://link.springer.com/10.1007/s00508-020-01691-0>

HANZLOVÁ, J., HEMZA, J., *Základy anatomie* [online]. Brno, 2013 [cit. 2022-3-10]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/do/fsps/e-learning/zaklady\\_anatomie/zakl\\_anatomieIII/index.html](https://is.muni.cz/do/fsps/e-learning/zaklady_anatomie/zakl_anatomieIII/index.html)

HAUSEN, T., 2020. *Pneumologie v každodenní praxi*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-2469-5.

HEŘMAN, M., 2014. *Základy radiologie*. V Olomouci: Univerzita Palackého. ISBN 978-80-244-2901-4.

CHAN, J.C.X., KWOK, K.Y., MA, J.K.F., WONG, Y.C., 2020. Radiology and COVID-19 [online]. *Hong Kong Medical Journal*. 26(4), 286-288. DOI: 10.12809/hkmj205102. Dostupné také z: <https://www.hkmj.org/abstracts/v26n4/286.htm>

KOVÁCS, A. et al., 2021. The sensitivity and specificity of chest CT in the diagnosis of COVID-19 [online]. *European Radiology*. 31(5), 2819-2824. ISSN 0938-7994. Dostupné také z: <https://link.springer.com/10.1007/s00330-020-07347-x>

MALÍKOVÁ, H., 2019. *Základy radiologie a zobrazovacích metod*. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum. ISBN 978-80-246-4036-5.

MUSIL, J., PETŘÍK, F., TREFNÝ, M., 2005. *Pneumologie: (učebnice pro studenty lékařství)*. Praha: Karolinum. ISBN 978-80-246-0993-5.

NALBANDIAN, A. et al., 2021. Post-acute COVID-19 syndrome [online]. *Nature Medicine*. 27(4), 601-615 [cit. 2022-4-7]. ISSN 1078-8956. Dostupné z: <http://www.nature.com/articles/s41591-021-01283-z>

NAŇKA, Ondřej a Miloslava ELIŠKOVÁ, 2015. *Přehled anatomie*. Třetí, doplněné a přepracované vydání. Praha: Galén. ISBN 978-80-7492-206-0.

OREL, M., 2019. *Anatomie a fyziologie lidského těla: pro humanitní obory*. Praha: Grada. Psyché (Grada). ISBN 978-80-271-0531-1.

PETROVICKÝ, P., c2001. *Anatomie s topografií a klinickými aplikacemi*. Martin: Osveta. ISBN 80-806-3045-3.

*Postcovidový syndrom a péče v pneumologických ambulancích*, [online]. Ministerstvo zdravotnictví České republiky. 2021 [cit. 2022-4-7]. Dostupné z: <https://koronavirus.mzcr.cz/>

SALEM, A.M. et al., 2021. The Long-Term Impact of COVID-19 Pneumonia on the Pulmonary Function of Survivors [online]. *International Journal of General Medicine*.

14(25), 3271-3280. ISSN 1178-7074. Dostupné také z: <https://www.dovepress.com/the-long-term-impact-of-covid-19-pneumonia-on-the-pulmonary-function-o-peer-reviewed-fulltext-article-IJGM>

SEIDL, Z. *Radiologie pro studium i praxi*. 1.vyd. Praha: Grada Publishing, 2012. 368 s. ISBN 978-80-247-4108-6

SOLOMON, C.G. et al, 2020. Severe Covid-19 [online]. *New England Journal of Medicine*. 383(25), 2451-2460. ISSN 0028-4793. Dostupné také z: <http://www.nejm.org/doi/10.1056/NEJMcp2009575>

ŠPINAR, J., 2008. *Propedeutika a vyšetřovací metody vnitřních nemocí*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-1749-4.

VOMÁČKA, J. et al., 2012. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. V Olomouci: Univerzita Palackého. ISBN 978-80-244-3126-0.

YONG, S.J., 2021. Long COVID or post-COVID-19 syndrome: putative pathophysiology, risk factors, and treatments [online]. *Infectious Diseases*. 53(10), 737-754 [cit. 2022-4-7]. ISSN 2374-4235. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23744235.2021.1924397>

*Základní informace o onemocnění novým koronavirem – covid-19*, [online]. Státní zdravotní ústav. 2021 [cit. 2022-4-7]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/>

ZÁŠKODNÝ, P. et al., 2011. *Základy statistiky (s aplikací na zdravotnictví)*. 2. vydání. Praha: CURRICULUM. 256 s. ISBN 978-80-904948-2-4

ZÁŠKODNÝ, P. et al., 2016. *Základy statistiky (s aplikací na zdravotnictví)*. 3. vydání. Praha: Curriculum. 256 s. ISBN 978-80-87894-12-5.

## **8. Seznam obrázků a tabulek**

### ***Obrázky***

Obrázek 1 Dýchací systém

Obrázek 2 Stavba plic

Obrázek 3 RTG snímek plic s nálezem oboustranného plicního infiltrátu

Obrázek 4 CT plic s pozitivním PCR

Obrázek 5 CT plic s negativním PCR

Obrázek 6 Primární škálování RTG

Obrázek 7 Primární škálování CT

Obrázek 8 Graf empirického rozdělení absolutní četnosti – RTG

Obrázek 9 Graf empirického rozdělení relativní četnosti – RTG

Obrázek 10 Graf empirického rozdělení kumulativní četnosti – RTG

Obrázek 11 Graf empirického rozdělení absolutní četnosti – CT

Obrázek 12 Graf empirického rozdělení relativní četnosti – CT

Obrázek 13 Graf empirického rozdělení kumulativní četnosti – CT

Obrázek 14 Pohlaví RTG

Obrázek 15 Pohlaví CT

Obrázek 16 Věk RTG

Obrázek 17 Věk CT

### ***Tabulky***

Tabulka 1 Výsledná tabulka s daty pro statistické zkoumání – rok 2016

Tabulka 2 Výsledná tabulka s daty pro statistické zkoumání – rok 2017

Tabulka 3 Výsledná tabulka s daty pro statistické zkoumání – rok 2018

- Tabulka 4 Výsledná tabulka s daty pro statistické zkoumání – rok 2019
- Tabulka 5 Výsledná tabulka s daty pro statistické zkoumání – rok 2020
- Tabulka 6 Škálování výsledků šetření
- Tabulka 7 Výsledky měření – RTG 60 měsíců
- Tabulka 8 Výsledky měření – CT 60 měsíců
- Tabulka 9 Vypočítané empirické parametry
- Tabulka 10 Intervalové rozdělení u RTG
- Tabulka 11 Přehled vypočítaných parametrů pro test dobré shody u RTG
- Tabulka 12 Výsledky použití  $\chi^2$ - testu dobré shody u RTG
- Tabulka 13 Intervalové rozdělení u CT
- Tabulka 14 Přehled vypočítaných parametrů pro test dobré shody u CT
- Tabulka 15 Výsledky použití  $\chi^2$ - testu dobré shody u CT
- Tabulka 16 Přeformulování statistického šetření pro lineární regresní analýzu
- Tabulka 17 Přeformulování statistického šetření pro sdruženou regresní analýzu