

Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích

Zdravotně sociální fakulta

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Statistické šetření CTA plic z hlediska vývoje počtu a závislosti na věku a pohlaví
v okrese Kroměříž 2006-2010**

autor : Vladimír Opluštil

vedoucí práce: doc. RNDr. Přemysl Záškodný CSc.

datum odevzdání: 2. května 2012

Abstract

Statistical investigation of CT pulmonary angiography in terms of development and depending on age and sex in District Kroměříž in the years 2006-2010

CT pulmonary angiography is, together with ventilation-perfusion scintigraphy, the main diagnostic methods for recognition as pulmonary embolism. This is a very dangerous disease, which may end up even in death. Its share of deaths in hospitals, including subsequent – complications, is around 4%. Therefore, emphasis is placed on early diagnosis. Clinical and laboratory symptoms are unspecific (including D Dimer).(10)

Pulmonary embolism after ischaemic heart disease and arterial hypertension the frequency of its occurrence, the third most serious cardiovascular diseases. Cause of death in pulmonary embolism is usually the exhaustion of the right heart, seeking to overcome suddenly increased the resistance of the pulmonary circulation. This is the pulmonary artery or its branches is embolism blood clot-trombus, resulting in the venous system or in the heart, a saddle embolus, patched up a significant part of the lung. The most common place of trombs, which embolized to the lungs, are deep veins of lower limbs if they are affected by the flebotrombolitis.(16)

In addition to the acute embolism are frequent and chronic embolism. They are equally dangerous. By gradually and subtly clog small blood vessels, reduces the total cross-sectional area of open pulmonary artery, which have blood flow, and since the volume of blood must be maintained even in the smaller section of the vascular bed, should permanently increase the blood pressure in a small circulation, which is also dangerous.(16)

In my work is the methods of mathematical statistics processed file 1966 CT pulmonary angiography (CTPA), carried out on the CT work in Kroměříž in the years 2006-2010. The work is focused on the statistical survey of the influence of age, sex, and the time evolution of the CTPA during that period.

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval 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 jejích 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 kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů

podpis studenta:.....

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucímu práce doc. RNDr. Přemyslu Záškodnému CSc. za cenné rady a připomínky, odborný dohled a pomoc při zpracování bakalářské práce. Mé poděkování též patří MUDr. Vladimíru Trojkovi, za odborné konzultace a doporučení k vyhledávání odborné literatury.

Použité zkratky:

CPR – rekonstrukce zakřivených ploch

CTA – angiografie pomocí výpočetní tomografie,

CTPA – CTA plic

DTPA -. dietylentriaminopentaoctová kyselina

DUS – duplexní ultrasonografie

HNV – hromadný náhodný jev

HSZ – hodnota statistického znaku

EAP – embolizace arterie pulmonalis

MAA – makroagregát albumin

MIP – maximum density projection

MPR – multiplanární rekonstrukce

ROI -. region of interest. oblast zájmu

SPECT - single foton emission computed tomography

SSD – shaded surface display

SZ – statistický znak

VRT – volume rendering technique

VSS – výběrový statistický soubor

ZSS – základní statistický soubor

OBSAH

Úvod	4
1. SOUČASNÝ STAV	5
1.1. Vyšetřovací metody	5
1.1.1 CTA plic	5
1.1.1.a Patologické nálezy	5
1.1.1.b Vyhodnocení CT obrazů	9
1.1.2 Scintigrafie plic	9
1.1.2.a Perfúzní scintigrafie	10
1.1.2.b Ventilační a perfúzní scintigrafie	11
1.1.3 Katetrizační angiografie	12
1.1.3.a Průběh vyšetření	12
1.1.3b Komplikace	13
1.1.4 Magnetická rezonance	13
1.2 Práce na podobné téma	14
1.3 CTA plic v nemocnici v Kroměříži	15
1.4 Neparametrické metody statistického šetření	16
1.5 Metody regresní analýzy	19

2. CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZY	20
2.1. Cíle práce	21
2.2. Hypotézy	21
3. METODIKA	22
3.1 Sběr dat	22
3.2 Roztřídění dat	22
3.3 Použití metod empirické statistiky	22
3.3.1. Elementární statistické zpracování	22
3.3.2. Tabulka	23
3.3.3 Empirické rozdělení četností	23
3.3.4. Empirické parametry	24
3.4 Použití metod matematické statistiky	27
3.4.1. Regresní analýza	27
3.4.2. Neparametrické testování	28
3.5 Přiřazení metod k ověření jednotlivých hypotéz	28
4. VÝSLEDKY	29
4.1. Výsledky k hypotéze H_1	29
4.2. Výsledky k hypotéze H_{10}	33
4.3. Výsledky k hypotéze H_{11}	37

4.4. Výsledky k hypotéze H_{12}	39
4.5. Výsledky k hypotéze H_2	40
4.6. Výsledky k hypotéze H_{20}	45
4.7. Výsledky k hypotéze H_{21}	47
4.8. Výsledky k hypotéze H_{22}	48
5. DISKUSE	50
5.1. Ověření hypotézy H_1	50
5.2. Ověření hypotézy H_{10}	50
5.3. Ověření hypotézy H_{11}	51
5.4. Ověření hypotézy H_{12}	51
5.5. Ověření hypotézy H_2	51
5.6. Ověření hypotézy H_{20}	52
5.7. Ověření hypotézy H_{21}	52
5.8. Ověření hypotézy H_{22}	52
5.9. Komparace FN Plzeň	53
6. ZÁVĚR	53
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	55
KLÍČOVÁ SLOVA	58
PŘÍLOHY	59

ÚVOD

CTA vyšetření plic patří spolu se scintigrafickým ventilačně-perfúzním vyšetřením plic k hlavním diagnostickým metodám pro rozeznání plicní embolie. Ta patří mezi značně nebezpečné onemocnění, které může skončit i smrtí. Její podíl na úmrtí v nemocnicích, včetně následných pooperačních komplikací, se pohybuje kolem 4%. Proto je kladen důraz na včasnou diagnostiku. Klinické i laboratorní symptomy jsou dosti nespecifické (včetně D dimeru).(10)

Plicní embolie je po ischemické chorobě srdeční a arteriální hypertenzi čtvrtostí svého výskytu třetím nejzávažnějším kardiovaskulárním onemocněním. Příčinou úmrtí při plicní embolii je obvykle vyčerpání pravého srdce, které se snaží překonat náhle zvýšený odpor plicní cirkulace. Ten vzniká tím, že do plicnice nebo jejích hlavních větví je vmetena krevní sraženina- trombus, vzniklý v žilním systému nebo v srdci, embolus, ucpávající významnou část plicního řečiště. Nejčastějším místem vzniku trombů, které embolizují do plic, jsou hluboké žíly dolních končetin, pokud jsou postiženy flebotrombózou.(16)

Kromě akutních embolizací jsou časté i embolizace chronické. Ty jsou neméně nebezpečné. Tím, že postupně a nenápadně ucpávají drobné cévy, zmenšuje se součet průřezu průchodných plicních artérií, jimiž má krev protékat, a protože objem krve musí být zachován i při zmenšeném průřezu cévního řečiště, musí trvale stoupnout krevní tlak v malém oběhu, což je rovněž nebezpečné.(16)

V mé práci je metodami matematické statistiky zpracován soubor 1966 CTA vyšetření plic, provedených na CT pracovišti v Kroměříži v letech 2006-2010. Práce je zaměřena na statistické šetření vlivu věku, pohlaví a časového vývoje CTA plic v daném období.

1. SOUČASNÝ STAV

1.1. Vyšetřovací metody

Základními metodami v diagnostice EAP jsou CTA plic a perfúzní scintigrafie plic kombinovaná s ventilačním vyšetřením. Dříve standardní vyšetření – katetrizační angiografie, je pro svou invazivitu používána v daleko menší míře.

Plicní angiografie je zlatým standardem již jen v diagnostice chronické tromboembolické plicní hypertenze.(29)

Angiografie pomocí magnetické rezonance není pro diagnostiku plicní embolie dostatečně senzitivní a vykazuje vysoký počet technicky neadekvátních záznamů.(30)

1.1.1 CT angiografie (CTA) plic

CTA je neinvazivní způsob zobrazení kardiovaskulární soustavy, vycházející z helikální akvizice dat a intravenózní aplikace kontrastní látky. Podáním kontrastní látky je nutno zvýšit kontrast mezi cévními strukturami a okolními tkáněmi, který je při nativním CT prakticky nulový. Kontrastní látku na rozdíl od katetrizační angiografie podáváme intravenózně, vyšetření je potom neinvazivní nebo správněji řečeno minimálně invazivní.(6)

1.1.1a Patologické nálezy

Helikální výpočetní tomografie metodou CT angiografie se považuje za nejspolehlivější a nejvhodnější metodu k diagnostice plicní embolizace a monitorování výsledků léčby. Embolus se zobrazuje jako hypodenzní defekt v kontrastní náplni. Podle generace postižené větve plicnice rozlišujeme kmenovou-masivní, segmentární a subsegmentární. Zatímco **masivní** embolizaci lze zobrazit na běžném plicním vyšetření, pro diagnostiku segmentární a subsegmentární embolizace je nutné použít kolimaci 2,5- 3 mm.(5)

Plicní embolizace na **segmentární a subsegmentární** úrovni větvení plicní tepny může být mnohočetná i solitární. O závažnosti nálezu rozhoduje podíl uzavřených větví na celkovém průsvitu řečiště příslušného segmentu. Emboly mohou být obtékány

kontrastní látkou, to se však děje především ve větvích dosahující šíře 3-5 mm. Větve šíře pod 3 mm bývají celé hypotenzní, protože jsou většinou emboly uzavřeny zcela. (5)

Jako **masivní embolizací** se označuje plicní embolizace, která postihuje více než jednu polovinu celkového průsvitu plicního arteriálního řečiště. Taková redukce celkového průsvitu tepenného řečiště vyvolává obraz akutní plicní arteriální hypertenze, který může vyústit v přetížení pravého srdce. V případě embolizace dlouhého nefragmentovaného trombu, většinou původem ze stehenní žíly, se embolus ohýbá přes kýl větvení plicní tepny na úrovni bifurkace kmene, či bifurkace hlavní větve. Pripomíná pak jezdce usazeného v sedle a nazývá se **jezdcový embolus** (riding embolus).(6)

U **akutní embolizace** je vmetkem lumen cévy často zcela obturováno, v chronickém stadiu dochází k rekanalizaci vmetků a vytvoření můstků v náplni cévy. Kromě defektů v cévní náplni je přítomna v plicním parenchymu mozaiková perfúze, mohou se vytvořit přechodně hemoragické infiltráty nebo i plicní infarkty. Vždy je přítomna plicní hypertenze. (6)

Chronická embolizace se vyznačuje postupným vmetáním embolů v delším časovém úseku. Ve větvích plicnice jsou přítomny čerstvé emboly společně s vazivovými můstky uvnitř větví plicnice. V plicním parenchymu jsou jak infarkty, tak jizvy. **Septická embolizace** vzniká při bakteriální endokarditidě trojcípé chlopně, kdy jsou vmetány do plicního řečiště infikované emboly. V plicním parenchymu se pak vytvářejí početné mikroabscesy, případně i rozsáhlejší zánětlivé infiltrace. Podobný obraz vyvolá i stafylokoková sepe. **Plicní infarkt** – rozvoj plicního infarktu je podmíněn současným uzávěrem větve plicnice a postkapilární hypertenzí v malém oběhu. Vytváří se klínovité hyperdenzní ložisko, někdy s negativní bronchogramem v povodí postižené cévy, velmi často spojený s pleurálním výpotkem. Vzniká u starších osob a u plicní embolizace se selhávajícím **cor pulmonale acutum**. To se projevuje dilatací pravostranných oddílů s tenkou stěnou a inverzí septa. Cor pulmonale acuta vzniká po objemovém a tlakovém přetížení pravého srdce, následkem **plicní hypertenze**. Zvýšením tlaku v arteriálním

plicním řečišti dochází k dilataci plicnice, především v její centrální části- rozšíření hlavního kmene na 29mm a více má 95% pozitivní prediktivní hodnotu pro detekci plicní hypertenze. Na etiologii plicní hypertenze závisí, zda jsou i distální větve dilatované, nebo zda dochází naopak k redukci průsvitu. Vířivé proudění může vést u primární plicní hypertenze k tvorbě trombotických nástěnných apozií v dilatované plicnici. K výrazné plicní hypertenzi dochází i vlivem levopravých zkratů s přetížením malého oběhu vysokým průtokem krve. K vývoji plicní hypertenze přispívají difuzní a granulomatozní onemocnění plic, u nichž se postupně redukuje periferní plicní řečiště a sekundárně se tak zvyšuje plicní arteriální tlak.(5)

Rekanalizací a organizací vmetků se vytváří nástěnné ploché defekty v náplni plicnice, případně můstky v jejím luminu u 85-90% pacientů. U přibližně 15 % nemocných nedojde k rekanalizaci a úplnému zprůchodnění plicního tepenného řečiště a nejdéle do jednoho roku se objevuje **chronická tromboembolická plicní arteriální hypertenze**. K progresivnímu zmenšení výsledného průsvitu plicního arteriálního řečiště může docházet nejenom opakujícími se embolizacemi, ale především hypertrofií medie, intimální fibrozou a hyperplazií arteriol plicnice. Větve plicnice jsou potom centrálně rozšířené, vlnitého průběhu, v jejich periferii se objevují stenózy. Stenózy jsou kardinálním příznakem postembolické etiologie plicní hypertenze. V plicním parenchymu se objevuje v plicním okénku mozaikovitá perfúze. Součástí obrazu jsou také jizevnaté změny v plicním parenchymu po plicních infarktech a hypertrofie bronchiálních tepen.(5)

Chronické přetížení pravé srdeční komory. Myokard pravé srdeční se rozšiřuje hypertrofií, objem pravé komory značně převyšuje objem levé komory, osa symetrie srdce se stáčí doleva a dostává se do frontální roviny. Vzniká tak cor pulmonale chronica.(5)

1.1.1 b Vyhodnocování CT obrazů

Postprocessing axiálních obrazů

Úpravy v axiální rovině provádíme jen minimální, jde především o nastavení okénka pro správný kontrast a jas náplně v cévě. Optimální nastavení okénka je takové, kdy jsme schopni od sebe diferencovat jasně kalcifikace, stěnu cévy a náplň.(6)

Planární rekonstrukce (2D)

Planární, plošné rekonstrukce slouží k rekonstruování plošných zobrazení, jejichž hlavním úkolem je získat zobrazení, které je vhodné pro správné délkové měření. Rekonstrukce planární zahrnují prosté multiplanární rekonstrukce (MPR), paralelní sady MPR a rekonstrukce zakřivených ploch (curved planar reconstructions-CPR). Rekonstrukce zakřivené plochy (CPR) se používá k zobrazení řezu cévy v ploše, která sleduje její proudnici. Moderní CT přístroje obsahují již speciální prostředí umožňující komplexní cévní analýzu, při které je možno automaticky, či poloautomaticky nalézt proudnici vyšetřované cévy.(6)

Prostorové rekonstrukce (3D)

Jelikož cévní struktury jsou často velmi složitě uloženy v prostoru, mají 3D rekonstrukce značný význam pro demonstraci zobrazených patologických změn. Pro zobrazení cévních struktur v prostoru jsou používány virtuální trojrozměrné rekonstrukce. Používány jsou v současné době tři typy zobrazovacích algoritmů: maximum density projection (MIP), shaded surface display (SSD), a volume rendering technique (VRT). Pro kvalitní MIP rekonstrukci je zapotřebí získat axiální obrazy s dostatečně nízkou úrovní šumu. Rekonstrukce CTA pomocí MIP se nejvíce podobají klasické arteriografii, provedeme-li subtrakci kostních struktur, připomínají výsledné obrazy, digitální subtrakční angiografii (DSA). Podobně jako MIP pracuje VRT s celým objemem dat- vytváří se tak prostorový model reálného objektu, při CTA jde většinou o cévní struktury. Pomocí intervalů denzitních hodnot jsou definovány voxely, které mají být zobrazeny. Interval může být vymezen bodem, potom se zobrazí denzity vyšší či nižší než stanovená hodnota, nebo je interval vymezený dvěma denzitními hodnotami. Jednotlivým intervalům lze přidělit odlišné barvy. Na vzhledu rekonstrukce se také

podílí míra průhlednosti tzv. opacita a virtuální osvětlení. Virtuální osvětlení napomáhá zobrazení povrchu definovaného objektu a vytváří tak dojem prostoru. (6)

1.1.2 Scintigrafie plic

Radionuklidová vyšetření plic poskytují především informace o rozložení plicní perfúze a ventilace. Nejčastější indikací těchto vyšetření plic je embolie do a. pulmonalis. Výhodou scintigrafie oproti CTA plic, je to že ji lze použít u pacientů s alergií na jodové kontrastní látky i u osob s renální insuficiencí. Výhodou scintigrafického vyšetření je i nižší radiační zátěž, což hraje roli například u gravidních pacientek. (21)

Embolizace do a. pulmonalis (EAP) je diagnostikována perfúzní scintigrafií plic nejlépe v kombinaci se scintigrafií ventilační. Je nutno mít na zřeteli, že samotný nález perfúzního defektu není pro embolizaci (uzávěr a.pulmonalis, nebo některé z jejích větví) specifický. Perfúzní defekty mohou vznikat i v důsledku řady různých primárně plicních onemocnění, protože hypoventilovaná část plíce je v důsledku "alveolokapilárního reflexu" také hyperfúndována. Tento jev zabraňuje tomu, aby plicemi protékala krev, aniž by byla okysličená. Například i při asthma bronchiale jsou prokazovány výrazné defekty plicní perfúze, i když struktura cévního řečiště není porušena a jde pouze o funkční záležitost. (22)

Perfúzní defekty v důsledku embolizace do a. pulmonalis, mají segmentární charakter (defect dosahuje ke kontuře plíce) a mohou být velkého (75% až celý segment), středního (25%-75% segment) a malého rozsahu (pod 25 % segment). Za segmentární charakter defektu se považuje nález s defektem perfúze porušujícím konturu plíce. Defekty perfúze vzniklé uzávěrem cévy v důsledku embolizace nejsou provázeny příslušnými defekty ventilace.(22)

Typickým nálezem při embolizaci do a. pulmonalis je tedy perfúzní defekt segmentárního charakteru bez současné poruchy ventilace v oblasti perfúzního defektu. tzv. perfúzně ventilační mismatch. Při primárně plicních onemocněních je zjišťován souhlasný defekt perfúze i ventilace. Na základě studií korelujících scintigrafický

perfúzně-ventilační nález s kontrastní angiografií byla vypracována kritéria pro stanovení pravděpodobnosti plicní embolizace. Při definitivní interpretaci scintigrafického perfúzního nálezu je však třeba zhodnotit i samotný klinický nález u pacienta. Například u pacienta s tromboflebitidou a bez známek chronické obstrukční bronchopulmonální choroby nebo jiného onemocnění plic, je i rozsáhlý perfúzní defekt vysoce suspektní z embolizace. Pokud je ventilační vyšetření neproveditelné, v daném okamžiku napomáhá při interpretaci perfúzního defektu kromě klinického obrazu i zhodnocení Rtg snímku plic. Pokud by v oblasti perfúzního defektu bylo zřejmé zastření na Rtg snímku, pak by pravděpodobnost embolizace do a. pulmonalis byla nízká (na Rtg snímku se při embolizaci do a. pulmonalis mohou zjišťovat ploténkové atelektázy, rozsáhlejší zastření na Rtg snímku odpovídá spíše pneumonii nebo jinému onemocnění plic). (22)

1.1.2a Perfúzní scintigrafie plic

Nejčastěji používaným radiofarmakem jsou makroagregáty albuminu značené ^{99m}Tc (^{99m}Tc -MAA). V preparátu jsou částice velikosti 5-100 μm , většina (60-80%) je velikosti 10-30 μm . Po i.v. injekci do periferní žíly radionuklidem značené částice putují pravou síní a pravou srdeční komorou, po průtoku plicemi jsou částice filtrovány plicním kapilárním řečištěm – oblasti se sníženou perfúzí se proto zobrazují jako fotopenické oblasti. Částice MAA zachycené plicním řečištěm podléhají následně mechanické degradaci a fragmentaci, jejich biologický poločas v plicích je přibližně 4–6 hodin. (24)

Při perfúzní scintigrafii je nutno radiofarmakon aplikovat ležícímu pacientovi, aby nedošlo k ovlivnění perfúze plic v důsledku odlišného hydrostatického tlaku. Ve vzpřímené poloze je dilatováno cévní řečiště bazálních plic, kde je vyšší hydrostatický tlak, a proto jsou apikální části plic relativně hypoperfundovány. Citlivost scintigrafie při detekci perfúzních defektů malého rozsahu se zvyšuje při použití SPECT. (23)

Důležitým faktorem pro úspěšné provedení vyšetření je optimální počet podaných částic. K dosažení kvalitního scintigramu s homogenním rozložením radiofarmaka v

perfundovaném parenchymu je třeba podat minimálně 100 000 částic. Běžně se aplikuje 200 až 300 tisíc částic, což odpovídá obstrukci jen malé frakce plicního řečiště, přibližně 0,1 až 0,3 %. Vyšetření plicní perfúze je bezpečné vyšetření bez výskytu závažných komplikací.(24)

Kontraindikací vyšetření není ani závažnější plicní hypertenze či pravolevý zkrat. (23)

1.1.2b Ventilační a perfúzní scintigrafie

Kombinace ventilační a perfúzní scintigrafie plic lze současně provést, díky fyzikálním vlastnostem obou použitých izotopů pro vyšetření plicní ventilace ^{81m}Kr a plicní perfúze ($^{99m}\text{Tc-MAA}$). Kontraindikace nejsou známy.(25)

Pacienta uložíme na lehátko a aplikujeme i.v. $^{99m}\text{Tc-MAA}$ dle váhy. V počítači vybere příslušnou studii a pacienta posadíme před kameru. Nastavíme projekci AP a nejdříve provedeme perfúzní scintigrafii plic. Po skončení nasadíme pacientovi dýchací masku, zkontrolujeme možný únik kryptonového plynu, spustíme eluci plynu a odstartujeme studii. Po nastřádání dostatečného množství impulsů (200000-350000 pro jednu projekci), vypneme průtok vzduchu generátorem a ukončíme projekci. Tímto způsobem provedeme všechny projekce (zadní, přední, zadní levou šikmou, zadní pravou šikmou a obě bočné). (26)

Nejčastěji používaný radioaktivní plyn ^{81m}Kr (krypton) je vytvářen v generátoru, v němž se mateřský radionuklid ^{81}Rb (rubidium) přeměňuje v ^{81m}Kr , jehož fyzikální poločas přeměny je pouze 13sekund. I tento poločas je však dostatečný k vytvoření kvalitního ventilačního scintigramu. Bohužel poměrně krátký je i poločas mateřského radionuklidu ^{81m}Rb , který je pouze 4,6 hodiny. Tento generátor proto lze používat pouze po dobu jedné pracovní směny na pracovišti nukleární medicíny.(17)

Vzhledem k finanční náročnosti generátoru nelze proto, na rozdíl od tekutinových aerosolů, zajistit trvalou dostupnost vyšetření ventilační scintigrafie pomocí ^{81m}Kr . (19)

Proto se používají kromě radionuklidových plynů k ventilační scintigrafii také aerosoly.

Předpokladem kvalitní ventilační scintigrafie je optimální velikost částic potřebná k tomu, aby aerosoly byly vychytávány v plicních alveolách. Rozsah ideálních rozměrů částic je od 0,1 do 0,5 μ m. Částice větší než 2-3 μ m mají tendenci k sedimentaci ve velkých plicních cestách, což degraduje kvalitu zobrazení plicní ventilace. U částic menších než 0,1 μ m nedochází k vychytávání v alveolech a neúměrně velká část aerosol je opět vydechnuta. Aerosoly používané k ventilačním vyšetřením plic lze rozdělit na aerosoly kapalně a pevně fáze. Kvalitní kapalně aerosoly jsou připravovány z roztoku ^{99m}Tc-DTPA pomocí ultrazvukových nebulizátorů. Nejznámějším, ale v ČR zřídka používaných suchým aerosolem, je Technegas, což jsou částice uhlíku značené ^{99m}Tc. Velmi kvalitní suchý aerosol vznikne také ve speciálním přístroji rychlým odpařením alkoholu z alkoholového roztoku ^{99m}Tc-DTPA.(20)

1.1.3 Katetrizační angiografie

Plicní angiografie se dnes indikuje až při negativním či nejasném nálezu na spirálním CT. Zpravidla se provádí katetrizací seldingerovou metodou, kdy je katétr zaveden přes pánevní žílu do dolní duté žíly až do pravého srdce. Invazivita této metody může způsobit u 5% komplikace a u 1% mortalitu výkonu.(8)

Hlavní indikací v diagnostice akutní plicní embolie jsou diagnostické pochybnosti u nemocného s masivní plicní embolií a relativní kontraindikací k léčbě heparinem nebo k léčbě trombolytické. Plicní angiografie může být vhodná u některých nemocných následována katetrizační a cílenou trombolytickou léčbou. Plicní arteriografie je též nutná před chirurgickou plicní embolektomií. (29)

Jisté známky plicní embolie představují defekty v kontrastní náplni plicních tepen a náhlé amputace některých větví plicnice. Známá alergie na kontrastní látku patří mezi relativní kontraindikace. (29)

1.1.3 a Průběh vyšetření

Při zavádění cévky pánevními žilami a dolní dutou žílou je třeba mít na mysli, že právě z trombů z těchto cév mohla vzniknout embolizace. Při podezření, že je trombóza

v těchto žilách, se volí přístup z loketní jamky přes v. basilica nebo z vnitřní žíly jugulární. Vždy připravíme defibrilátor a pacienta monitorujeme na EKG. Po úspěšném zavedení katétru do truncus pulmonalis změříme ještě před vstříkem kontrastní látky tlak. Normální tlaky v plicnici: systolický 15 až 30 mm Hg, diastolický 3 až 12 mm Hg, střední 9 až 16 mm Hg. Při plicní hypertenzi, když tlak v plicnici dosahoval 75-160/28-40 mm Hg a enddiastolický tlak v pravé komoře nad 20mm Hg, bylo opakovaně popsáno fatální akutní cor pulmonale. (8)

Plicní angiografie se provádí selektivně jednostranně se snímkováním v předozadní a v ipsilaterální zadní šikmé projekci na velký formát nebo na digitální záznam s vysokým rozlišením. Na sondování levé plicnice je snadné a většinou samovolné. Při změně polohy katétru z levé plicnice do pravé je nutné mít na zřeteli anatomické poměry bifurkace kmene plicnice. Proto při sondování pravé větve plicnice katétr z levé větve vytáhneme a pak rotujeme po směru hodinových ručiček, až konec katétru zapadne do pravé plicnice a pak ihned katétr zasuneme hlouběji. Selektivně se vstříkuje 76% neionální kontrastní látka v množství 30 až 45 ml rychlostí 20 až 35 ml/s v závislosti na srdečním výdeji. Snímkování začíná 1 až 1,5 s od začátku vstříku kontrastní látky frekvencí 2 snímky za sekundu po 4 sekundy a pak 1 snímek za sekundu po dobu 5 sekund. Pokud na některé sérii jednoznačně zobrazíme embolus, končíme další vyšetřování. Obdobně programujeme i snímkování na DSA, pouze v arteriální fázi snímujeme rychlostí 3 snímky za sekundu. Subselektivní vstříky a zvětšení obrazu mohou pomoci při nejasném nálezu.(8)

Katétr z plicnice vytahujeme až po změření tlaku v plicnici a komoře a při vytahování přes trojcípé ústí vždy se zavedeným vodičem tak, aby konec Grollmanova katétru nezachytil a neporušil šlašinky.(8)

1.1.3b Komplikace

Nejčastější komplikací při plicní angiografií je **srdeční arytmie**. Pokud je před vyšetření blokáda levého raménka Tawarova, musíme zavést nejprve dočasný kardiostimulátor. Tachykardie indukovaná dotekem katétru s endokardem pravého srdce

se neléčí, pokud není symptomatická. Závaznější komplikace jsou sinusová tachykardie do 180 pulzů za minutu, supraventikulární tachykardie nad 180/min., flutter síní s rychlou odpovědí komor a s těžkou hypotenzí. Při zástavě za současné kardiopulmonální resuscitace zavádíme akutně pacemakerovou elektrodu do pravé síně.(8)

Akutní cor pulmonale může vzniknout po vstřiku kontrastní látky do plicnice při plicní hypertenzi. Může být fatální. Prohloubí se klinické příznaky vlastní embolizace: stoupne tlak v plicnici, pravá komora selhává, plní se krční žíly. Klesá systémový tlak, dochází k síňové nebo komorové arytmií až ke komorové fibrilaci. Těžká oběhová porucha vede k projevům koronární insuficience a k selhávání levé komory s plicním edémem. (8)

Mechanická poškození srdce. Při používání pigtailů jsou perforace pravé komory a hemoperikardu vzácné. Skrytě zranitelným místem jsou však trikuspidální šlašinky. Ty mohou být přetrženy při manipulaci pigtailem ve fázi zavádění a zvláště při vytahování. Vyrovnání pigtailu vodičem při jeho vytahování přes trojcípé ústí je nutné k prevenci poranění šlašinek. (8)

1.2 Podobné práce

V dostupné literatuře jsem našel práci na podobné téma od doc. MUDr. Jiřího Ferdy, PhD, uveřejněnou v časopise Česká radiologie v listopadu 2001. Studie se zabývá hodnocením souboru 44 vyšetření CTA plicnice v období dvou let 1999-2000 na Radiodiagnostické klinice FN v Plzni-Lochotíně a porovnáním se skiagrafií hrudníku, perfúzní scintigrafií plic a duplexní sonografií žil dolních končetin. (10)

V práci je statisticky hodnocen vzájemný vztah symptomů na skiagramu plic a prokázání plicní embolie pomocí CTA plic využitím sensitivity, specificity, prediktivních hodnot a věrohodnostního poměru výsledků testu. Komparována byla i shoda v nálezech perfúzní scintigrafie a DUS žil dolních končetin. (10)

Závěrem bylo konstatováno, že CTA plic našla své místo v diagnostice akutní plicní embolie pro svou flexibilitu, lehkou proveditelnost a vysokou spolehlivost, především v průkazu masivní plicní embolie. Porovnání s nálezy na skiagramu hrudníku prokázalo nejvyšší spolehlivost příznaku dilatované plicnice u prokázané plicní embolizace. Jako velmi spolehlivé se ukázaly také perfúzní scintigrafie plic a duplexní sonografie žil. (10).

Výsledky nejsou zpracovány metodami matematické statistiky.

1.3 Vyšetření CTA plic v Kroměříži

CTA plic se na našem oddělení provádí od roku 2006, kdy bylo u nás instalováno spirální CT. Do té doby jsme na oddělení měli pouze konvenční CT přístroj, který CTA vyšetření plic neumožňoval. Drtivá většina pacientů je na toto vyšetření zasílána z interního oddělení naší nemocnice.

CTA plic provádíme na dvouspirálním CT Hi Speed NX/i, firmy General Electric, za použití vyšetřovacího protokolu s parametry 120kV, 350mA, rotační perioda 0,8s, kolimace 2 mm, rekonstrukční inkrement 1,5 mm, matrix 512x512 pixelů.

Kontrastní látku podáváme intravenosně kubitální žilou, po zavedení kanyly 20 gauge. Nástřik provádíme pomocí automatického přetlakového injektoru Stellant, firmy Medrad. Pro stanovení správného cirkulačního času aplikujeme bolus 20ml kontrastní látky, rychlostí 3ml za sekundu. Nejprve však provedeme lokační sken, kde vyznačíme ROI v oblasti truncus pulmonalis. Podle zjištěné doby maximálního vzestupu denzity v ROI určíme cirkulační čas. Z takto získané informace o nastavení zpoždění akvizice, aplikujeme 60 ml iodové neionální trijodované kontrastní látky s nízkou osmolalitou. Nejčastěji se využívá Xenetix 350, firmy Guerbet.

Vyhodnocení pomocí postprocesingu

Vycházíme z hodnocení axiálních obrazů. Pro posuzování plicnice je nutné prohlížením sady obrazů sledovat vždy jednu cévu a pečlivě odlišovat, zda se jedná o plicní tepnu nebo žílu. Podle konvergence cévy do plicnice nebo hlavní plicní žíly je obě struktury možné odlišit. Důležité je také odlišení intrapulmonálních a hilových uzlin, které jsou hypotenzní a nasedají na větvení plicních cév. Nezbytné je i hodnocení plicního parenchymu v plicním okénku. Pro zobrazení plicních cév je vhodné použití MIP rekonstrukcí, zejména vrstevných sagitální a koronární orientaci, ale také VRT zobrazení s natočením vhodného úhlu pohledu.

1.4 Neparametrické metody statistického šetření

Neparametrické testování je jednou ze základních metod matematické statistiky. Cílem této metody je pravděpodobnostní zkoumání výběrového statistického souboru: výběr odpovídajícího teoretického rozdělení a pravděpodobnostní obraz výběrového statistického souboru - testování neparametrických hypotéz. Přiřazení teoretického rozdělení, rozdělení empirickému je obsahové vystižení statistické metody, která nese název „neparametrické testování“ nebo také „testování neparametrických hypotéz“. Neparametrická hypotéza je domněnka, které teoretické rozdělení lze přiřadit rozdělení empirickému. (4)

V rámci této statistické metody bude potřebné zabývat se intervalovým rozdělením četností, pojmem „teoretické rozdělení“, aparát neparametrického testování a zadaným příkladem. Význam testování neparametrických hypotéz spočívá především v tom, že je vždy výhodné nahradit empirické rozdělení rozdělením teoretickým – s teoretickým rozdělením je spojen jednoduchý matematický aparát, který umožňuje získat informace jinak nedostupné.(4)

Základem testování neparametrických (ale i parametrických) hypotéz je používání aparátu nulových hypotéz H_0 a alternativních hypotéz H_a .(4)

V případě neparametrických hypotéz nulová hypotéza předpokládá, že empirické rozdělení lze nahradit zamýšleným teoretickým rozdělením (jde-li o nahrazení normálním rozdělením, je hovořeno o testu normality). Alternativní hypotéza pak předpokládá, že tato domněnka není správná. Podstatou testování neparametrických hypotéz je pak srovnávání teoretických a empirických četností. Empirické četnosti jsou vypočítávány prostřednictvím elementárního statistického zpracování ve vazbě na empirické rozdělení. Teoretické četnosti jsou vypočítávány prostřednictvím pravděpodobnostní funkce nebo hustoty pravděpodobnosti ve vazbě na zamýšlené teoretické rozdělení. (4)

Parametrické hypotézy se týkají srovnávání empirických a teoretických parametrů a nulové a alternativní hypotézy zde hrají obdobnou roli. K ověřování neparametrických i parametrických hypotéz byla vyvinuta speciální skupina teoretických rozdělení – tato rozdělení neslouží k nahrazování empirických rozdělení, nýbrž fungují jako testová kritéria. Jedinou výjimkou je normální rozdělení – ve své normované podobě může hrát roli testového kritéria, ve své nenormované podobě může nahrazovat empirická rozdělení. (4)

Mezi nejpoužívanější testová kritéria patří normované normální rozdělení (u-test), Studentovo rozdělení (t-test), Pearsonovo χ^2 rozdělení (χ^2 -test dobré shody) a Fisherovo- Snedecorovo rozdělení (F-test). Pro všechna uvedená testová kritéria jsou vypracovány podrobné statistické tabulky. (13)

Pro ověřování neparametrické hypotézy se nejčastěji používá χ^2 -test. Je-li podmínkou pro jeho použití vytvoření intervalového rozdělení četností, pak je potřebné, aby každý dílčí interval byl spojen s absolutní četností rovnou alespoň 5. Není-li tato podmínka splněna, je nutno přistoupit ke spojování dílčích intervalů. Obdobně je zapotřebí postupovat při bodovém rozdělení četností.(4)

Podstatou testu normality je srovnávání 5 relativních četností n/n_i s 5 plochami pod Gaussovou křivkou. Budou-li rozdíly příliš velké, bude nutné přijmout alternativní hypotézu H_a , budou-li rozdíly dostatečně malé, bude možné přijmout nulovou hypotézu

H_0 . Zjišťování příliš velkého nebo dostatečně malého rozdílu umožňuje kritická teoretická hodnota

$$\chi_{\text{teor}}^2 = \chi_{k-r-1}^2$$

Nezbytným prvkem testování neparametrických i parametrických hypotéz je stanovení hladiny statistické významnosti α . Tato hladina významnosti udává pravděpodobnost chybného zamítnutí testované hypotézy (tj. pravděpodobnost tzv. chyby I. druhu). Nejčastějšími hladinami významnosti jsou hodnoty $\alpha = 0,05$ a $\alpha=0,01$. Např. hladina významnosti 0,05 umožňuje při příznivém testu normality (tj. je přijata hypotéza H_0 o možnosti nahradit empirické rozdělení rozdělením normálním a zamítnuta hypotéza H_a) učinit závěr, že bude-li 100 krát vybrán výběrový statistický soubor VSS ze základního statistického souboru ZSS, v 95 případech se ukáže, že empirické rozdělení lze nahradit rozdělením normálním.(4)

Základem pro zjišťování ploch jsou plochy pod Gaussovou křivkou hledaného normálního rozdělení, pomůckou jsou plochy pod Gaussovou křivkou odpovídajícího normovaného normálního rozdělení – tyto plochy lze nalézt s použitím statistických tabulek. Oba typy ploch úzce souvisejí s distribuční funkcí normálního rozdělení a s distribuční funkcí normovaného normálního rozdělení (tj. s Laplaceovou funkcí).(4)

Řecké písmeno Φ (někdy také písmeno F) označuje Laplaceovu funkci závisící na normované náhodné veličině u_i (u_i je normovaná hodnota odrážející horní mez x_i příslušného intervalu intervalového rozdělení četností). Pravděpodobnosti p_i jsou rozdílem příslušných hodnot Laplaceovy funkce, součiny $n \cdot p_i$ pak vyjadřují teoretické absolutní četnosti, hodnoty n_i označují empirické absolutní četnosti.(4)

Potřebné vztahy pro χ_{exp}^2 , p_i a u_i jsou uvedeny s použitím operátoru pro konjunkci dílčích výroků v následujícím tvaru:

$$\chi_{\text{exp}}^2 = \sum \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i} \wedge p_i = \Phi(u_i) - \Phi(u_{i-1}) \wedge u_i = \frac{x_i - \mu}{\sigma}$$

1.5 Metody regresní analýzy

Základní úkoly regresní analýzy spočívají v nalezení vhodné teoretické regresní funkce k vystižení charakteru sledované závislosti, v bodových a intervalových odhadech regresních parametrů regresní funkce a hodnot teoretické regresní funkce a v ověřování souladu regresní funkce s experimentálními údaji. Podle typu hledané vhodné teoretické regresní funkce lze hovořit také o typech regresní analýzy – např. o polynomické regresi, exponenciální regresi, logaritmické regresi, hyperbolické regresi apod. (13)

Regresní analýza patří mezi základní metody matematické statistiky nazvané „Měření statistických závislostí“. Měření statistických závislostí je spojeno s vícerozměrným výběrovým souborem VSS, u statistických jednotek bude souběžně zkoumáno více statistických znaků. Statistická závislost mezi znaky SZ-x, SZ-s je dána předpisem, který naměřeným nebo zadaným hodnotám znaku SZ-x (hodnoty znaku SZ-x nemusí mít charakter náhodné veličiny) přiřazuje právě jedno empirické rozdělení četností statistického znaku SZ-s (hodnoty znaku SZ-s naopak musí vykazovat charakter náhodné veličiny). (13)

Jednoduchou (párovou) regresní závislostí se pak obecně rozumí jednostranná závislost dané náhodné veličiny SZ-s na jiné veličině SZ-x (nikoliv nutně náhodné) – jde o zkoumání dvojrozměrného výběrového statistického souboru VSS. Vícenásobnou (mnohonásobnou) regresní závislostí je závislost dané náhodné veličiny SZ-s na větším počtu jiných veličin SZ-x₁, SZ-x₂, ..., SZ-x_n, (nikoliv nutně náhodných) – jde o zkoumání vícerozměrného výběrového statistického souboru VSS. Užším pojmem než „regresní závislost“ je pojem „korelační závislost“. Jednoduchou (párovou) korelací lze chápat jako vzájemnou závislost dvou náhodných veličin (dvou statistických znaků SZ-x, SZ-s), která je spojena při změně hodnot jednoho statistického znaku (buď SZ-x nebo SZ-s) se změnou aritmetického průměru vyplývajícího ze šetření druhého statistického znaku (buď SZ-s nebo SZ-x). Ve vazbě na závislost většího počtu náhodných veličin (statistických znaků) by bylo možné obdobně definovat vícenásobnou (mnohonásobnou) korelaci. (13)

Při redukci počtu zkoumaných statistických znaků na dva lze problém měření regresních závislostí popsat ve zjednodušené podobě. Dvojrozměrný výběrový statistický soubor VSS je spojen se šetřením dvou statistických znaků SZ-x a SZ-s. Se znakem SZ-x je spojena metrická škála s prvky x_1, x_2, \dots, x_n (prvky škály byly měřeny a výsledky těchto měření jsou dány absolutními četnostmi jednotlivých prvků). Se znakem SZ-s jsou pak spojeny výsledky měření s_1, s_2, \dots, s_n (v těchto výsledcích jsou již zahrnuty absolutní četnosti naměřené u znaku SZ-x). Tím jsou k dispozici výsledky měření ve formě uspořádaných dvojic $[x_i, s_i]$. Popsaná zjednodušená podoba je založena na možnosti identifikovat v naměřených absolutních četnostech jednotlivé statistické jednotky. (13)

Při popsaném zjednodušení lze při měření závislostí mezi znaky SZ-x a SZ-s použít metodu nejmenších čtverců. Podmínkou je, aby chyby měření znaku SZ-s, jehož hodnoty vykazují charakter speciální náhodné veličiny, měly nulovou střední hodnotu a stejný, sice neznámý, ale konečný rozptyl. Bude-li v rámci jednoduché regrese popsána teoretická regresní funkce obecně výrokovou formou $y=f(x)$, pak lze součet nejmenších čtverců vyjádřit vztahem

$$S = \sum_{i=1}^k (s_i - y_i)^2$$

V tomto vztahu k vyjadřuje v rámci zvoleného zjednodušení společný počet prvků škály u obou statistických znaků SZ-x a SZ-s. Symboly y_i označují ty hodnoty regresní funkce $y=f(x)$, které odpovídají hodnotám $x=x_i$. Metoda nejmenších čtverců pak spočívá v hledání regresní funkce $y=f(x)$ prostřednictvím minimální hodnoty součtu S . (13)

2. CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZY

Formulace cílů a hypotéz vychází z provedeného popisu současného stavu. Ukazuje se, že z hlediska již dosažených výsledků je zapotřebí formulovat následující cíle práce a hypotézy práce:

2.1. Cíle práce:

C_1 : Vývoj počtu pozitivních výsledků CTA plic v okrese Kroměříž

C_{11} : Závislost počtu pozitivních výsledků na věku a pohlaví

C_2 : Vývoj počtu negativních výsledků CTA plic v okrese Kroměříž

C_{22} : Závislost počtu negativních výsledků na věku a pohlaví

Další šetření vyplývající z ověřování základních hypotéz

2.2 Hypotézy

Hypotéza H_1 : Počty pozitivních výsledků CTA plic v období 2006-10 v okrese Kroměříž se s časem nemění.

Hypotéza H_{10} navazující na hypotézu H_1 : Rozdělení počtu pozitivních nálezů má v rámci jednotlivých měsíců normální rozdělení

Hypotéza H_{11} navazující na hypotézu H_1 :: Počty pozitivních výsledků CTA plic stoupají s věkem.

Hypotéza H_{12} navazující na hypotézu H_1 :: Počty pozitivních výsledků CTA plic nejsou závislé na pohlaví.

Hypotéza H_2 : Počty negativních výsledků CTA plic s časem v období 2006-10 v okrese Kroměříž rostou.

Hypotéza H_{20} navazující na hypotézu H_2 : Rozdělení počtu negativních nálezů má v rámci jednotlivých měsíců normální rozdělení.

Hypotéza H_{21} navazující na hypotézu H_2 : Počty negativních výsledků CTA plic stoupají s věkem.

Hypotéza H_{22} navazující na hypotézu H_2 : Počty negativních výsledků CTA plic jsou závislé na pohlaví.

3. METODIKA

Použitá metodika pro kvantifikaci výsledků CTA plic pomocí statistických metod, se skládala ze sběru dat, z rozřídění dat podle později formulovaných hypotéz a z aplikace samotných statistických metod.

3.1 Sběr dat

Pro statistické šetření jsem shromáždil všechna dostupná data o CTA plic v letech 2006 až 2010 na našem pracovišti. Vyřadil jsem vyšetření, která se ve skutečnosti neprovedla a to buď pro technickou závadu či fragilitu žil pacienta. Ze sledovaného souboru jsem také vyřadil nehodnotitelné vyšetření, buď pro nespolupráci pacienta či velkou obezitu. Sledovaný soubor tak čítá 1966 vyšetření. Prošel jsem nálezy všech těchto pacientů a do příslušných tabulek zapsal počty negativních či pozitivních nálezů, věk a pohlaví pacienta. Za pozitivní nálezy jsou považovány všechny embolizace, tedy masivní, segmentární i subsegmentární. Není rozlišována závažnost patologického nálezu. V souboru nejsou brány do úvahy vedlejší nálezy jako plicní hypertenze, fluidothorax, dilatace srdce, atelektáza, emfyzém, tumory, metastázy či zvětšené lymfatické uzliny.

3.2 Rozřídění dat

K rozřídění dat jsem použil zmiňované tabulky, které následně sloužili jako podklady pro samotné statistické šetření.

3.3 Použití metod empirické statistiky

Výsledky měření je potřebné uspořádat, graficky vyjádřit a parametrizovat vhodnými empirickými parametry. Tyto úkoly lze splnit pomocí elementárního statistického zpracování. (4)

3.3.1 Elementární statistické zpracování

Výsledkem elementárního statistického zpracování je empirický obraz zkoumaného výběrového statistického souboru VSS. Elementárním statistickým zpracováním je

rovněž završena ta skupina hlavních statistických metod, kterou lze nazvat empirickou nebo deskriptivní statistikou.(4)

Dílčí úkoly „uspořádání“, „grafického vyjádření“ a „parametrizace“ lze vystihnout třemi základními výsledky elementárního statistického zpracování – „tabulkou“, „empirickými rozděleními (nejlépe v podobě polygonu)“ a „empirickými parametry“.(4)

3.3.2 Tabulka

Tabulka představuje formu uspořádání výsledků měření. Tabulka obsahuje osm sloupců. První čtyři sloupce jsou potřebné jednak pro zpřehlednění výsledků měření (splnění úkolu „uspořádání“), jednak pro znázornění empirických rozdělení (splnění úkolu „grafického vyjádření“). Zbývající čtyři sloupce mají pomocný význam a slouží k snadnému a rychlému výpočtu empirických parametrů (splnění úkolu „parametrizace“).

První čtyři sloupce obsahují:

sloupec označený x_i - prvky škály,

sloupec označený n_i - absolutní četnosti prvků škály,

sloupec označený n_i / n - relativní četnosti prvků škály,

sloupec označený $\sum (n_i / n)$ - kumulativní četnosti.

Tabulka je uzavřena součty údajů v jednotlivých sloupcích. V prvních čtyřech sloupcích mají tyto součty význam kontrolní, v dalších čtyřech sloupcích jsou potřebné pro výpočet empirických parametrů.(4)

3.3.3 Empirické rozdělení četností

Empirická rozdělení četností lze členit na dva základní druhy. První druh přiřazuje prvkům škály x_i odpovídající absolutní četnosti n_i nebo relativní četnosti n_i/n . Druhý druh přiřazuje prvkům škály x_i odpovídající kumulativní četnosti $\sum (n_i/n)$.(4)

Grafické vyjádření empirického rozdělení jednorozměrného statistického souboru je spojeno s používáním souřadnicového systému v rovině. V tomto souřadnicovém systému jsou vždy na vodorovnou osu nanášeny prvky škály x_i , na svislou osu odpovídající četnosti. Grafické vyjádření těchto funkčních závislostí je dáno množinou bodů, jejichž první souřadnicí je vždy prvek škály x_i , druhou souřadnicí je odpovídající četnost. Spojením sousedních bodů této množiny úsečkami lze obdržet lomenou čáru, která je nazývána „polygon“. Lze rozeznávat „polygon absolutních četností“, „polygon relativních četností“, „polygon kumulativních četností“. (4)

Vedle grafického vyjádření empirických rozdělení polygonem je používána řada pomocných grafických znázornění, jejichž „předností“ je odklon od matematicky exaktního aparátu a určitá rychlá orientace, nedostatkem pak nemožnost navázat prohloubeným aparátem matematické statistiky, především z hlediska zkoumání závislostí u vícerozměrných statistických souborů. Mezi tato pomocná grafická vyjádření patří sloupcové diagramy (histogramy), sloupkové grafy, výsečové grafy apod. Všeobecně lze doporučit jednoznačný příklon k exaktnímu grafickému vyjadřování. (13)

Význam grafického vyjádření empirického rozdělení je značný. Grafické vyjádření umožňuje okamžité zkoumání, kterému teoretickému rozdělení (z hlediska teorie pravděpodobnosti) se přibližuje empirické rozdělení, získané jako výsledek empirické statistiky. Další význam spočívá v okamžitém orientačním vyhodnocení parametrů polohy, variability, šikmosti a špičatosti empirického rozdělení a tím i zkoumaného statistického souboru. (4)

3.3.4 Empirické parametry

Empirické parametry stručně a jednoduše vystihují povahu zkoumaného statistického souboru. Většinou jsou empirické parametry vztahovány k výběrovému statistickému souboru, proto často nesou pojmenování „výběrové parametry“. Jako výběrové parametry mají samy statisticko-pravděpodobnostní charakter a z tohoto důvodu se chovají jako zvláštní skupina „statistických znaků“. Empirické parametry lze dělit podle

toho, který rys zkoumaného statistického souboru (zkoumaného statistického znaku) vystihují: parametry polohy, parametry proměnlivosti (variability), parametry šikmosti, parametry špičatosti.(4)

Druhým dělením je dělení empirických parametrů podle způsobu jejich výpočtu: momentové parametry (vystupují jako funkce všech hodnot statistického znaku), kvantilové parametry (reprezentují jen určité hodnoty statistického znaku).(4)

Kvantilové parametry úzce souvisejí s momentovými parametry, jsou však konstruovány odlišným způsobem. Empirickým kvantilem je vždy určitá hodnota statistického znaku (jenž lze vyjádřit kvantitativní metrickou nebo absolutní metrickou škálou), která dělí počet menších a větších hodnot statistického znaku v určitém poměru. Např. kvantil dělící hodnoty statistického znaku na dvě stejné části (tj. padesátiprocentní kvantil) je nazýván „medián“. Mezi další známé kvantily patří kvartily, decily a percentily.(4)

Momentové parametry jsou děleny na obecné momenty, centrální momenty a normované momenty. Pomocí obecného momentu 1. řádu lze výstižně charakterizovat parametr polohy (aritmetický průměr), pomocí centrálního momentu 2. řádu lze charakterizovat parametr proměnlivosti (empirický rozptyl), pomocí normovaného momentu 3. a 4. řádu pak parametry šikmosti a špičatosti. (4)

Uvedení obecných vztahů pro obecné a centrální momenty

Vyjádření potřebných centrálních momentů pomocí momentů obecných a potřebných normovaných momentů pomocí momentů centrálních

a) Obecné vztahy pro obecné a centrální parametry

Obecný moment r-tého řádu: $O_r(x) = \frac{1}{n} \sum n_i \cdot (x_i)^r$

Obecný moment 1. řádu: $O_1(x) = \bar{x}$ (aritmetický průměr)

Centrální moment r-tého řádu: $C_r(x) = \frac{1}{n} \sum n_i \cdot (x_i - \bar{x})^r$

Centrální moment 2. řádu: $C_2(x) = S_x^2$ (empirický rozptyl)

Směrodatná odchylka: $S_x = \sqrt{C_2(x)}$

b) Vyjádření potřebných centrálních momentů pomocí momentů obecných

$$C_2(x) = O_2(x) - [O_1(x)]^2$$

$$C_3(x) = O_3(x) - 3 \cdot O_2(x) \cdot O_1(x) + 2 \cdot [O_1(x)]^3$$

$$C_4(x) = O_4(x) - 4 \cdot O_3(x) \cdot O_1(x) + 6 \cdot O_2(x) \cdot [O_1(x)]^2 - 3 \cdot [O_1(x)]^4$$

c) Vyjádření potřebných normovaných momentů pomocí momentů centrálních

$$N_3(x) = \frac{C_3(x)}{C_2(x) \sqrt{C_2(x)}}$$

$$N_4(x) = \frac{C_4(x)}{[C_2(x)]^2}$$

Postup pro výpočet obecných, centrálních a normovaných momentů byl uskutečněn pomocí kroků ad a), ad b) a ad c). Jelikož lze pomocí tohoto postupu určit všechny potřebné momentové parametry, lze nyní popsat parametr polohy, proměnlivosti, šikmosti a špičatosti. (4)

Parametr polohy je určen obecným momentem 1. řádu $O_1(x)$ a nese název „aritmetický průměr“. Polohou empirického rozdělení četností je myšleno jeho umístění na vodorovné ose souřadnicového systému. (4)

Parametr proměnlivosti je určen centrálním momentem 2. řádu $C_2(x)$ a nese název „empirický rozptyl“ (odmocnina rozptylu pak nese název „směrodatná odchylka“). Směrodatná odchylka ukazuje, jakou výpovědní hodnotu má aritmetický průměr. Je-li

směrodatná odchylka velká, výpovědní hodnota aritmetického průměru je malá a opačně.(4)

Parametr šikmosti je nejčastěji určován pomocí normovaného momentu 3. řádu $N_3(x)$ a nese pak název „koeficient šikmosti“. Je-li koeficient šikmosti kladný, pak prvky škály ležící vlevo od aritmetického průměru mají vyšší četnosti (kladně zešikmené rozdělení četností – větší koncentrace menších prvků škály, menších hodnot statistického znaku) a opačně.(4)

Parametr špičatosti je nejčastěji určován pomocí normovaného momentu 4. řádu $N_4(x)$ a nese pak název „koeficient špičatosti“. Špičatějšímu rozdělení četností při daném rozptylu odpovídá vyšší hodnota koeficientu špičatosti než rozdělení ploššímu. Používá se rovněž veličina „exces“, definovaná vztahem $E_x = N_4(x) - 3$. Exces srovnává špičatost empirického rozdělení se špičatostí známého normovaného normálního rozdělení. Je-li exces kladný, je empirické rozdělení špičatější než toto rozdělení.(4)

3.4 Použití metod matematické statistiky

V této práci bude využito z metod matematické statistiky především regresní analýza a neparametrické testování.

3.4.1 Regresní analýza

Z možných druhů regresní analýzy zvolím **jednoduchou lineární regresní analýzu** (účinnou volbu je potřebné spojit s provedenou analýzou reziduí pro daný konkrétní příklad). Pomocí grafického znázornění představující „pravděpodobnostní oblak“ bodů, proložím přímkou. Statistická závislost mezi znaky SZ-x a SZ-s je pak proloženou přímkou popsána. Analytické vyjádření přímky $y = f(x)$ je dáno obvyklým tvarem pro polynomickeou funkci 1. řádu $y = b_0 + b_1x$. Parametry b_0 a b_1 jsou regresními parametry. (11)

Získaná soustava rovnic se nazývá soustava normálních rovnic pro jednoduchou lineární regresi a po provedení derivací nabývá známého tvaru (k je v popsaném zjednodušení počet prvků škály u statistických znaků SZ-x a SZ-s, sčítací index i nabývá obecně hodnot $i = 1, 2, \dots, k$).

$$\sum_{s_i=k} b_0 + b_1 \sum x_i$$

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

Vyřešením soustavy normálních rovnic lze získat hodnoty parametrů b_0 , b_1 , zapsat rovnici přímky $y = b_0 + b_1 x$ a prostřednictvím získané regresní funkce činit předpovědi hodnot s_i odpovídající příslušným hodnotám x_i .

$$\sum_{s_i=k} b_0 + b_1 \sum x_i \quad (11)$$

3.4.2. *Neparametrické testování*

V práci bude použito testování neparametrických hypotéz. Bude k tomu potřeba aparátu nulových hypotéz H_0 a alternativních hypotéz H_a .

V případě neparametrických hypotéz nulová hypotéza předpokládá, že empirické rozdělení lze nahradit zamýšleným teoretickým rozdělením (jde-li o nahrazení normálním rozdělením, je hovořeno o testu normality). Alternativní hypotéza pak předpokládá, že tato domněnka není správná. Srovnáním teoretických a empirických absolutních četností, které budou vypočítávány prostřednictvím elementárního statistického zpracování ve vazbě na empirické rozdělení a prostřednictvím pravděpodobnostní funkce nebo hustoty pravděpodobnosti ve vazbě na zamýšlené teoretické rozdělení, je pak podstatou neparametrického testování. (14)

Pro ověřování neparametrické hypotézy bude použito Pearsonovo χ^2 rozdělení (χ^2 -test) s pomocí podrobných statistických tabulek. Nezbytné bude také stanovit hladinu významnosti α . Tato hladina významnosti udává pravděpodobnost chybného zamítnutí testované hypotézy (tj. pravděpodobnost tzv. chyby I. druhu). Bude použita jedna z nejčastějších hodnot $\alpha = 0,05$.

3.5 **Přiřazení metod k ověřování jednotlivých hypotéz**

Nejprve provedu u hypotéz H_1 a H_2 , elementární statistické zpracování

Pro ověření platnosti hypotéz H_1 a H_2 , H_{11} a H_{21} použiji regresní analýzu.

Pro ověření platnosti hypotéz H_{10} a H_{20} , použiji neparametrické testování s pomocí Pearsonova χ^2 rozdělení.

Pro ověření platnosti hypotéz H_{12} a H_{22} použiji grafické znázornění a procentuální zastoupení v jednoduchém grafu.

4. VÝSLEDKY

4.1. Výsledky k hypotéze H_1

Nejprve provedu elementární statistické zpracování, jehož prvním krokem bude formulace statistického šetření.

Hromadným náhodným jevem HNJ je v tomto případě počet CTA vyšetření ve zkoumaném období. Statistickým znakem je počet pozitivních nálezů, statistickou jednotkou SJ je měsíc. Hodnoty statistického znaku HSZ jsou rozříděny pomocí prvků škály.

Výsledky provedeného měření jsou zapsány do Tab.1.

Počet pozitivních nálezů CTA plíc 2006													
měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	celkem
počet výskytů	0	0	6	6	2	2	2	5	1	2	2	3	31
Počet pozitivních nálezů CTA plíc 2007													
měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	celkem
počet výskytů	6	2	1	2	3	9	2	3	2	4	6	3	43
Počet pozitivních nálezů CTA plíc 2008													
měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	celkem
počet výskytů	7	5	8	6	5	3	5	0	5	8	1	2	55
Počet pozitivních nálezů CTA plíc 2009													
měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	celkem
počet výskytů	6	4	9	4	7	2	7	7	6	5	3	5	65
Počet pozitivních nálezů CTA plíc 2010													
měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	celkem
počet výskytů	6	5	6	6	9	5	11	5	2	4	4	4	67

Tab. 1 Počet pozitivních nálezů CTA plíc 2006-2010

60 zkoumaných měsíců jsem rozdělil dle prvků škály a výsledky jsem zapsal do Tab. 2. Rozsah četností pozitivních nálezů se pohybuje od 0 až po 11.

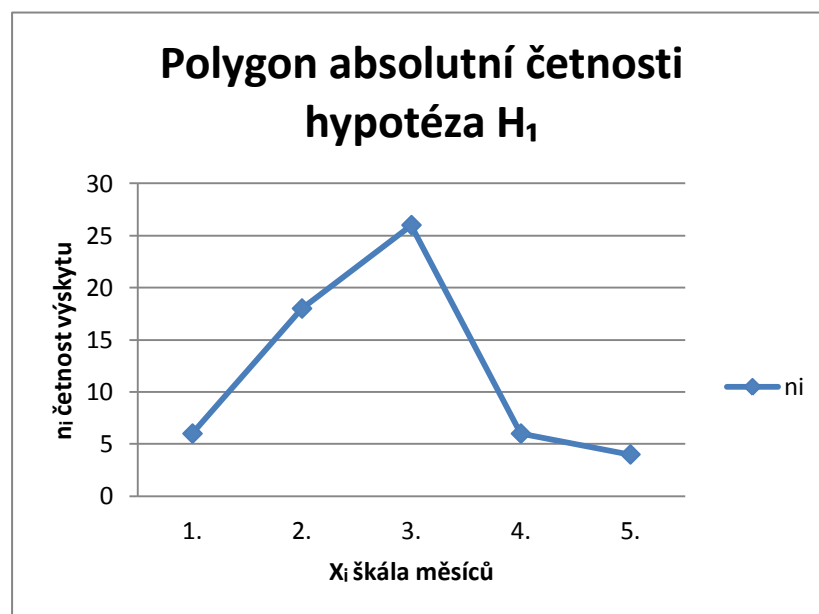
X_i		n_i
1.	0-1	6
2.	2-3	18
3.	4-6	26
4.	7-8	6
5.	9 a víc	4

Tab. 2 Rozdělení četností pozitivních nálezů dle prvků škály, hypotéza H_1

Výsledky elementárního statistického zpracování jsou zapsány v Tab. 3. Na základě této tabulky jsem mohl sestavit polygon absolutní četnosti (Graf 1).

X_i	n_i	n_i/n	$\sum n_i/n$	$X_i n_i$	$X_i^2 n_i$
1.	6	0,1	0,1	6	6
2.	18	0,3	0,4	36	72
3.	26	0,43	0,83	78	234
4.	6	0,1	0,93	24	96
5.	4	0,07	1	20	100

Tab. 3 Elementární statistické zpracování, hypotéza H_1



Graf 1. Polygon absolutních četností pozitivních nálezů, hypotéza H_1

Následoval výpočet empirických parametrů (O_1 , O_2 , C_2) potřebných pro další statistické postupy. Jako první empirický parametr vypočítáme obecný moment prvního řádu dle vzorce:

$$O_r(x) = 1/n \sum n_i \cdot (x_i)^r$$

Dosazením do vzorce získáme tzv. aritmetický průměr:

$$O_1(x) = 1/n \sum n_i \cdot (x_i)^1 \quad O_1(x) = 164/60 = 2,73$$

Aritmetický průměr pozitivních nálezů je v prvcích škály 2,73. V hodnotách statistického znaku tomu odpovídá 5 (5,005) pozitivních nálezů za měsíc.

Ze stejného vzorce vypočítáme obecný moment 2. řádu O_2 :

$$O_2(x) = 1/n \sum n_i \cdot (x_i)^2 \quad O_2(x) = 508/60 = 8,4666$$

Dále vypočítáme centrální moment druhého řádu C_2 ze vzorce:

$$C_2(x) = O_2(x) - [O_1(x)]^2$$

$$C_2(x) = 8,466 - 7,4529 = 1,0137 \quad \text{parametr variability}$$

Z parametru variability odvodíme směrodatnou odchylku:

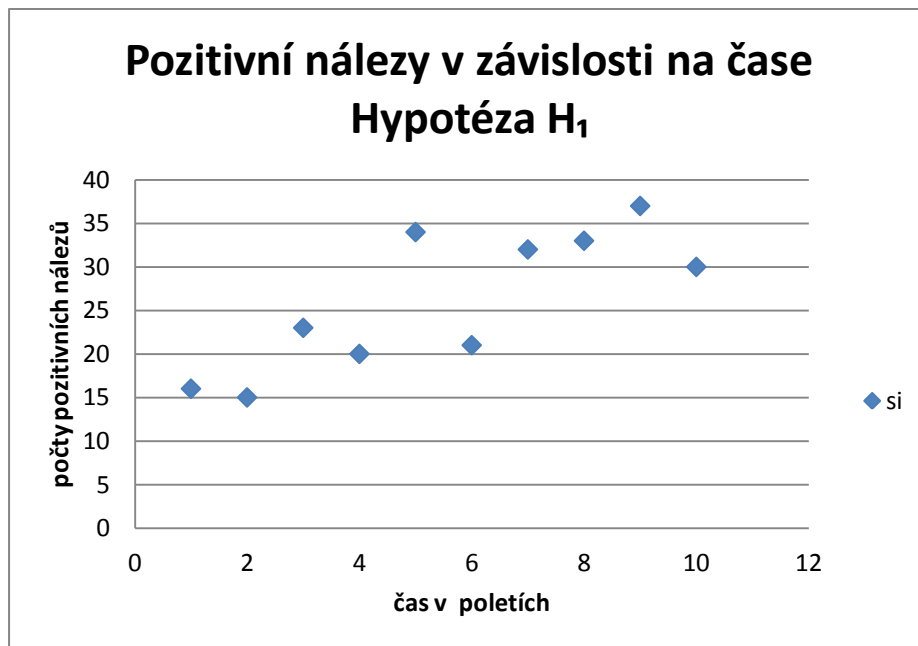
$$S_x = \sqrt{C_2(x)} = 1,0068$$

Po tomto elementárním empirickém zpracování bude následovat jednoduchá lineární regresní analýza.

Nejprve vytvoříme Tab. 4, kde bude značením SZ-x (x_i) pololetí a SZ-s (s_i) počty pozitivních vyšetření. Z této tabulky vznikne Graf 2.

X_i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
s_i	16	15	23	20	34	21	32	33	37	30

Tab. 4 Rozdělení pozitivních nálezů v závislosti na pololetích.



Graf 2 Pozitivní nálezy v závislosti na čase, hypotéza H₁

Těchto 10 bodů graficky představuje „pravděpodobnostní oblak“ bodů, kterým je zapotřebí v rámci jednoduché lineární regresní analýzy proložit přímkou. Statistická závislost mezi znaky $SZ-x$ a $SZ-s$ je pak proloženou přímkou popsána. Analytické vyjádření přímky $y = f(x)$ je dáno obvyklým tvarem pro polynomickou funkci 1. řádu $y = b_0 + b_1x$. Parametry b_0 a b_1 jsou regresními parametry.

$$\sum_{i=1}^k b_0 + b_1 \sum x_i \qquad \sum s_i x_i = b_0 \sum x_i + b_1 \sum x_i^2$$

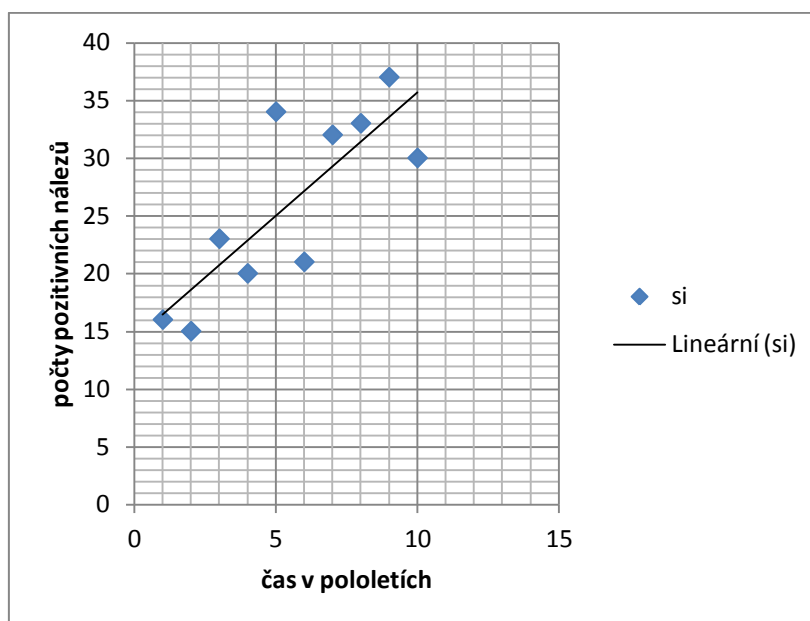
Vyřešením soustavy normálních rovnic lze získat hodnoty parametrů b_0 , b_1 , zapsat rovnici přímky $y = b_0 + b_1x$

$$\sum_{i=1}^k b_0 + b_1 \sum x_i \qquad b_0 = 261 - 55b_1/10$$

$$\sum s_i x_i = b_0 \sum x_i + b_1 \sum x_i^2 \qquad 1622 = 55b_0 + 362 b_1$$

$$b_1 = 3,13 \qquad b_0 = 8,86$$

$$y = b_0 + b_1x \qquad y = \mathbf{8,86 + 3,13x}$$



Graf 3 Lineární regresní analýza, hypotéza H_1

Prostřednictvím získané regresní funkce lze činit předpovědi hodnot s_i odpovídající příslušným hodnotám x_i .

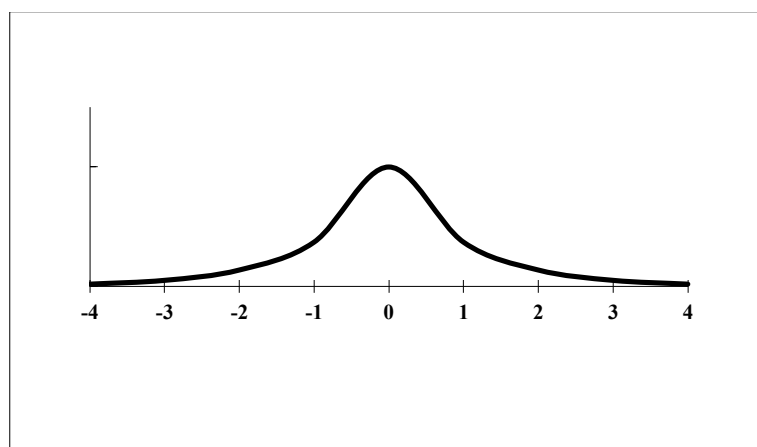
Prognóza pozitivních nálezů na 2. pololetí 2012 (y_{14}) a 1. pololetí 2013 (y_{15})

$$y_{14} = y = b_0 + b_1 x_{14} = 52,68$$

$$y_{15} = y = b_0 + b_1 x_{15} = 55,81$$

4.2 Výsledky k hypotéze H_{10}

K ověření hypotéz H_{10} a H_0, H_a využijí Pearsonovo χ^2 rozdělení (χ^2 -test) Nahradíme empirické rozdělení rozdělením teoretickým. Graf empirického rozdělení absolutní četnosti nahradíme grafem normálního rozdělení (Gaussovou křivkou).



Graf 4 Gaussova křivka (zdroj (12))

K tomu využijeme intervalového rozdělení četností, jejímž znázorněním bude Tab. 5.

X_i	interval	n_i	n_i/n	$\sum n_i/n$	$X_i n_i$	$X_i^2 n_i$
1.	$(-\infty; 1,5)$	6	0,1	0,1	6	6
2.	$(1,5; 2,5)$	18	0,3	0,4	36	72
3.	$(2,5; 3,5)$	26	0,43	0,83	78	234
4.	$(3,5; 4,5)$	6	0,1	0,93	24	96
5.	$(4,5; \infty)$	4	0,07	1	20	100
		$\sum 60$	$\sum 1$		$\sum 164$	$\sum 508$

Tab. 5 Intervalové rozdělení četností, ověření hypotézy H_{10}

Dalším krokem bude tzv. **teoretické rozdělení**. Důležitou formou popisu teoretického rozdělení je distribuční funkce F (Laplaceova funkce F). Distribuční funkce F udává v případě diskrétní náhodné veličiny pravděpodobnost, že náhodná veličina nabude hodnoty menší nebo rovné než právě zvolená hodnota x_i a tato kumulativní pravděpodobnost bude vyjádřena součtem dílčích pravděpodobností. Dílčí výpočty jsou zapsány v Tab. 6.

x_i	Interval	n_i	u_i	$\Phi(u_i)$	p_i	np_i
1	$\} -\infty; 1,5$	6	-1,24	0,1	0,1	6
2	$\} 1,5; 2,5$	18	-0,25	0,40129	0,3	18
3	$\} 2,5; 3,5$	26	0,74	0,77035	0,37	22,2
4	$\} 3,5; 4,5$	6	1,74	0,95907	0,19	11,4
5	$(4,5; \infty$ $)$	4	∞	1	0,04	2,4

Tab. 6 výpočty u_i , $\Phi(u_i)$, p_i , np_i .

Hledané plochy pod Gaussovou křivkou jsou pravděpodobnostmi p_i a představují teoretické relativní četnosti. Po vynásobení p_i rozsahem n výběrového statistického souboru VSS lze pak získat teoretické absolutní četnosti np_i . Hledané plochy p_i jsou pod Gaussovou křivkou omezeny horní mezí předcházejícího intervalu četnosti (tj. dolní mezí zkoumaného intervalu četnosti) a horní mezí zkoumaného intervalu četnosti – tyto meze představují dolní a horní mez příslušného integrálu. K výpočtu normovaných hodnot u_i ($u_1, u_2, u_3, u_4, u_5 = \infty$) bude v souladu s elementárním statistickým zpracováním zadaného příkladu dosazováno do vztahu:

$$u_i = (x_i - O_1) / S_x$$

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

$$u_1 = -1,24$$

$$p_1 = F(-1,24) = 0,10$$

$$u_2 = -0,25$$

$$p_2 = F(-0,25) - F(-1,24) = 0,30$$

$$u_3 = 0,74$$

$$p_3 = F(0,74) - F(-0,25) = 0,37$$

$$u_4 = 1,74$$

$$p_4 = F(1,74) - F(0,74) = 0,19$$

$$u_5 = \infty$$

$$p_5 = F(\infty) - F(1,74) = 0,04$$

Výsledky nesplňují podmínku nejméně 5 výsledků měření v každém intervalu. Proto je nutné sdružit sousední intervaly a současně vypočítáme experimentální hodnotu testového kritéria. (viz Tab. 7)

x_i	n_i	np_i	$(n_i - np_i)^2 / np_i$
1	6	6	0
2	18	18	0
3	26	22,2	0,65
4+5	10	13,8	1,046

Tab. 7 Úprava počtu intervalů

$$\chi_{\text{exp}}^2 = \sum \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i} \wedge p_i = F(u_i) - F(u_{i-1}) \wedge u_i = \frac{x_i - \mu}{\sigma}$$

$$\chi_{\text{exp}}^2 = 1,696$$

V poslední části neparametrického testování bylo potřebné určit prostřednictvím určeného počtu stupňů volnosti $\nu = k - r - 1 = 4 - 2 - 1 = 2$ a pomocí statistických tabulek kritickou teoretickou hodnotu $\chi_{\text{teor}}^2 = \chi_{\nu}^2 = \chi_{k-r-1}^2 = \chi_{4-2-1}^2 = \chi_2^2 = 3,84$ při hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Prostřednictvím kritické teoretické hodnoty již bylo možno zapsat pravostranný kritický obor

$$\mathbf{W} = \langle \chi_{\nu}^2(\alpha); +\infty \rangle = \langle \mathbf{3,84}; +\infty \rangle$$

Jelikož experimentální hodnota statistického kritéria $\chi_{\text{exp}}^2 = 1,696$ (tj. $\chi_{\text{exp}}^2 \notin \mathbf{W}$) lze učinit průkazný závěr týkající se testu neparametrické hypotézy:

Experimentální hodnota χ_{exp}^2 nepatří do kritického oboru, **lze proto přijmout nulovou hypotézu H_0 a lze empirické rozdělení (empirický polygon) nahradit** na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ **teoretickým normálním rozdělením.**

4.3 Výsledky k hypotéze H_{11}

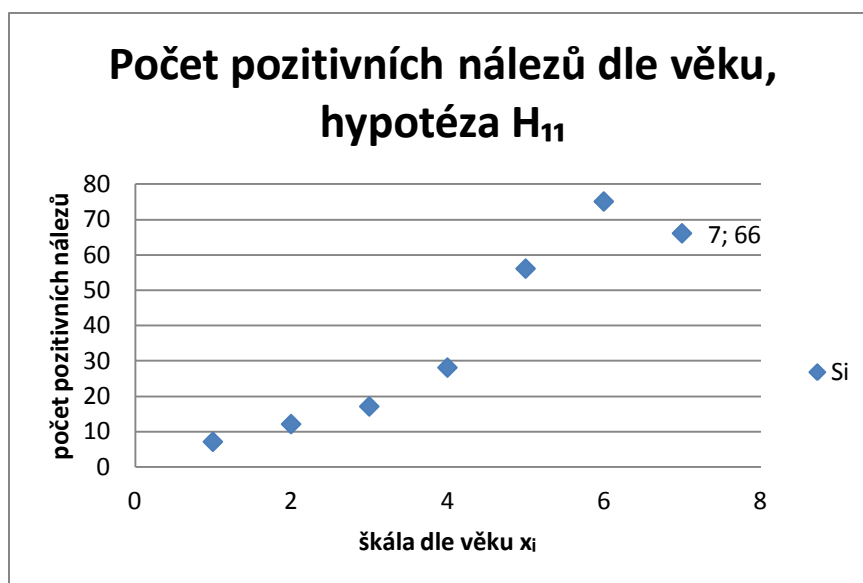
Formulace statistického šetření:

Hromadným náhodným jevem HNJ je v tomto případě počet CTA vyšetření ve zkoumané věkové kategorii. Statistickým znakem je jednak počet pozitivních nálezů, jednak věková kategorie, statistickou jednotkou SJ je pacient. Statistické znaky budou označeny SZ-x věk pacientů, SZ-s počet pozitivních nálezů.

Pacienty jsem rozdělil podle věku na sedm prvků škály a zapsal je do Tab. 8. Na základě této tabulky jsem mohl sestavit graf četnosti (Graf 5).

x_i		S_i
1	18 až 30 let	7
2	31 až 40 let	12
3	41 až 50 let	17
4	51 až 60 let	28
5	61 až 70 let	56
6	71 až 80 let	75
7	81 až 96 let	66
Σ		261

Tab. 8 Rozdělení počtu pozitivních nálezů dle věku, hypotéza H_{11}



Graf 5 Počet pozitivních nálezů dle věku, hypotéza H_{11}

Tento graf představuje „pravděpodobnostní oblak“ bodů, kterým je zapotřebí v rámci jednoduché lineární regresní analýzy proložit přímkou. Volba lineární regresní analýzy je opět podložena provedenou analýzou reziduí.

Postupujeme obdobně jako v kapitole 4.1. Z tabulky Tab. 8 vyplývají potřebné hodnoty, jejichž dosazením do normálních rovnic lineární regresní analýzy

$$\sum s_i = k \quad b_0 + b_1 \sum x_i \qquad \sum s_i x_i = b_0 \sum x_i + b_1 \sum x_i^2$$

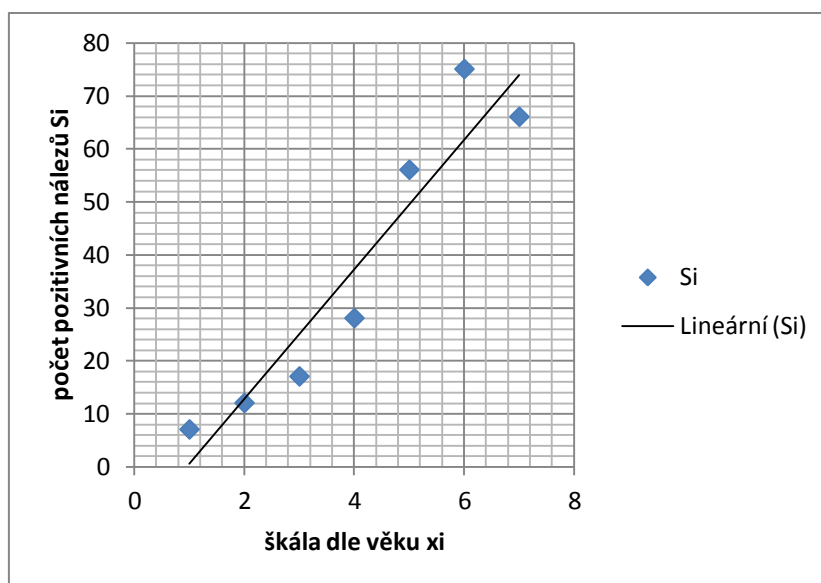
lze získat směrnici regresní přímky a její posun po ose y

$$b_0 = -11,57 \qquad b_1 = 12,21$$

Regresní přímka bude mít tvar

$$y = b_0 + b_1 x \qquad y = -11,57 + 12,21x.$$

Velká hodnota směrnice $b_1 = 12,21$ vyplývá z odlišných jednotkových úseček a hodnot na souřadnicových osách x a y.



Graf 6, Lineární regresní analýza, H_{11}

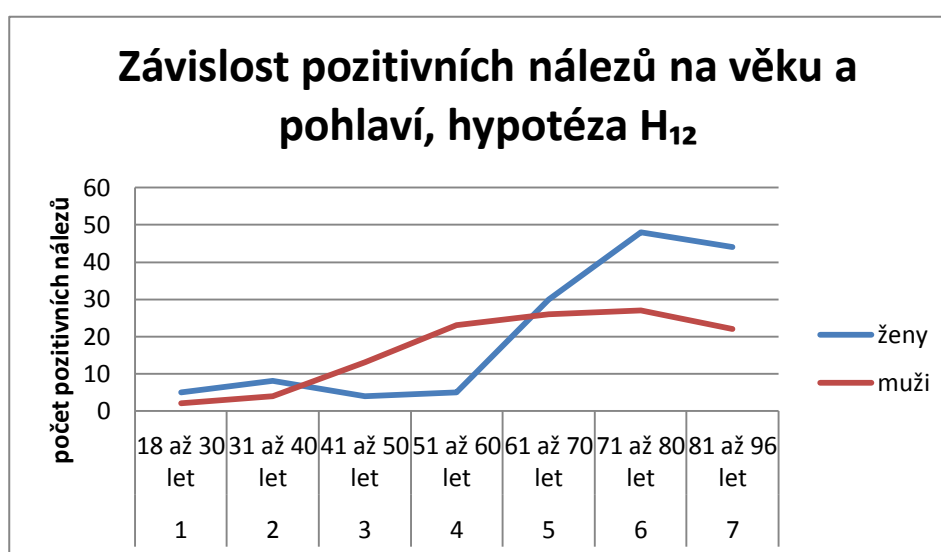
4.4 Výsledky k hypotéze H_{12}

Formulace statistického šetření:

Hromadným náhodným jevem HNJ je v tomto případě počet CTA vyšetření ve zkoumaném období ve vazbě na pohlaví pacienta. Statistickým znakem je jednak počet pozitivních nálezů, jednak pohlaví pacienta, statistickou jednotkou SJ je pacient. Statistické znaky budou označeny SZ-x pohlaví pacientů, SZ-s počet pozitivních nálezů. Pro ověření hypotézy H_{12} jsem prostřednictvím tabulky Tab. 9 sestrojil graf Graf 7. Z tabulky Tab.8 jsem vypočítal procentuální zastoupení pozitivních nálezů dle pohlaví. Ženy byly zastoupeny 55,17 % a muži 44,83%. Ženy jsou nejčastěji zastoupeny (64%) ve věkové skupině nad 70 let. U mužů jsou nejčastější zastoupeny (65%) věkové skupiny od 51 let do 80 let.

Xi	věk	muži	%	ženy	%
1.	18-30	2	2	5	3
2.	31-40	4	3	8	6
3.	41-50	13	11	4	3
4.	51-60	23	20	5	3
5.	61-70	26	22	30	21
6.	71-80	27	23	48	33
7.	81 a víc	22	19	44	31
Σ		117	100	144	100

Tab 9 Rozdělení počtu pozitivních nálezů v závislosti na věku a pohlaví.



Graf 7 Závislost pozitivních nálezů na věku a pohlaví.

4.5. Výsledky k hypotéze H₂

Nejprve provedu elementární statistické zpracování, jehož prvním krokem bude formulace statistického šetření.

Hypotéza H₂ zkoumala časovou závislost počtu negativních nálezů. Odtud vyplývá výběr hromadného náhodného jevu - hromadným náhodným jevem HNJ je v tomto případě počet CTA vyšetření ve zkoumaném období. Statistickým znakem je počet negativních nálezů, statistickou jednotkou SJ je měsíc. Hodnoty statistického znaku HSZ jsou rozříděny pomocí prvků škály. Nejprve jsem výsledky měření zapsal do Tab. 10.

Počet negativních nálezů CTA plic 2006													
měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	celkem
počet výskytů	1	1	20	16	25	14	19	13	16	20	17	22	184
Počet negativních nálezů CTA plic 2007													
měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	celkem
počet výskytů	33	9	20	16	29	17	27	15	14	19	20	15	234
Počet negativních nálezů CTA plic 2008													
měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	celkem
počet výskytů	32	31	39	37	34	33	45	7	32	48	21	35	394
Počet negativních nálezů CTA plic 2009													
měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	celkem
počet výskytů	26	35	34	14	17	36	30	30	39	31	46	47	385
Počet negativních nálezů CTA plic 2010													
měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	celkem
počet výskytů	56	48	49	33	39	46	30	47	33	43	40	44	508

Tab. 10 Počty negativních nálezů v letech 2006-2010

60 zkoumaných měsíců jsem rozdělil dle prvků škály a výsledky jsem zapsal do Tab. 11. Rozsah četností negativních výsledků byl od 1 do 56.

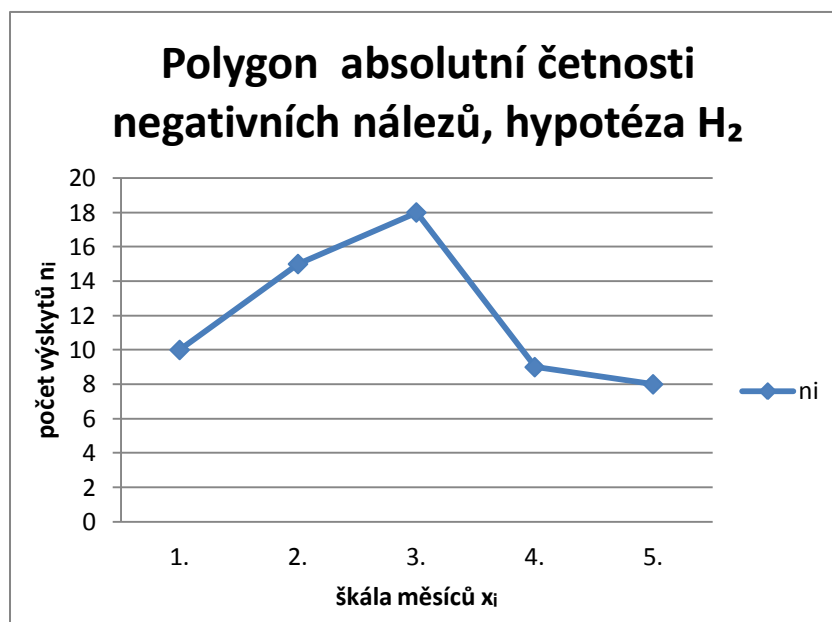
X_i		n_i
1.	1-15	10
2.	16-25	15
3.	26-35	18
4.	36-45	9
5.	46 a víc	8

Tab. 11 Rozdělení četností negativních nálezů dle škály prvků, ověření hypotézy H_2 .

Výsledky elementárního statistického zpracování jsou zapsány v Tab. 12. Na základě této tabulky jsem mohl sestavit polygon absolutní četnosti (Graf 8).

X_i	n_i	n_i/n	$\sum n_i/n$	$X_i n_i$	$X_i^2 n_i$
1.	10	0,17	0,17	10	10
2.	15	0,25	0,42	30	60
3.	18	0,3	0,72	54	162
4.	9	0,15	0,87	36	144
5.	8	0,13	1	40	200
	$\sum 60$	$\sum 1$		$\sum 170$	$\sum 576$

Tab. 12 Elementární statistické zpracování, hypotéza H_2



Graf 8 Polygon absolutní četnosti negativních nálezů, hypotéza H_2

Následoval výpočet empirických parametrů (O_1 , O_2 , C_2) potřebných pro další statistické postupy. Jako první empirický parametr vypočítáme obecný moment prvního řádu dle vzorce:

$$O_r(x) = 1/n \sum n_i \cdot (x_i)^r$$

Dosazením do vzorce získáme tzv. aritmetický průměr:

$$O_1(x) = 1/n \sum n_i \cdot (x_i)^1 \quad O_1(x) = 170/60 = 2,83$$

Aritmetický průměr negativních nálezů je v prvcích škály 2,83. V hodnotách statistického znaku tomu odpovídá 26 (26,41) negativních nálezů za měsíc.

Ze stejného vzorce vypočítáme obecný moment 2. řádu O_2 :

$$O_2(x) = 1/n \sum n_i \cdot (x_i)^2 \quad O_2(x) = 576/60 = 9,6$$

Dále vypočítáme centrální moment druhého řádu C_2 ze vzorce:

$$C_2(x) = O_2(x) - [O_1(x)]^2$$

$$C_2(x) = 9,6 - 8,0089 = 1,5911 \text{ centrální parametr variability}$$

Z centrálního parametru variability odvodíme směrodatnou odchylku:

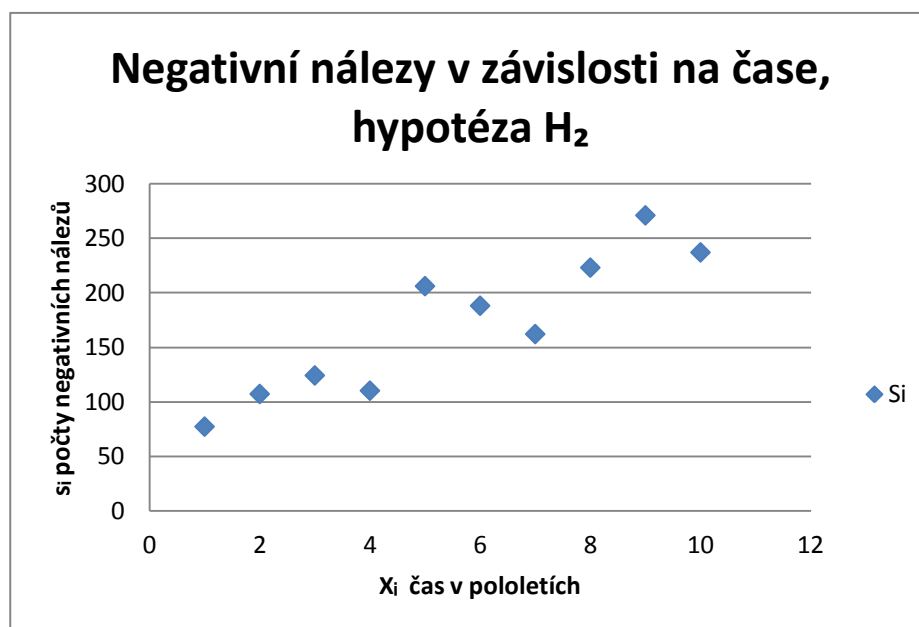
$$S_x = \sqrt{C_2(x)} = 1,2613$$

Po tomto elementárním empirickém zpracování bude následovat jednoduchá lineární regresní analýza.

Nejprve jsem vytvořil Tab. 13, kde bude značením SZ-x (x_i) pololetí a SZ-s (s_i) počty negativních vyšetření. Z této tabulky vznikne Graf 9.

X_i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S_i	77	107	124	110	206	188	162	223	271	237

Tab. 13 Rozdělení počtu negativních nálezů v závislosti na pololetích.



Graf 9 Závislost negativních nálezů na čase.

Další postup je stejný jako v kapitole 4.1. Provedu jednoduchou lineární regresní analýzu proložením přímky $y = f(x)$

Vyřešením soustavy normálních rovnic lze získat hodnoty parametrů b_0 , b_1 , zapsat rovnici přímky $y = b_0 + b_1x$

$$\sum s_i = k \quad b_0 + b_1 \sum x_i \quad b_0 = 1705 - 55b_1 / 10$$

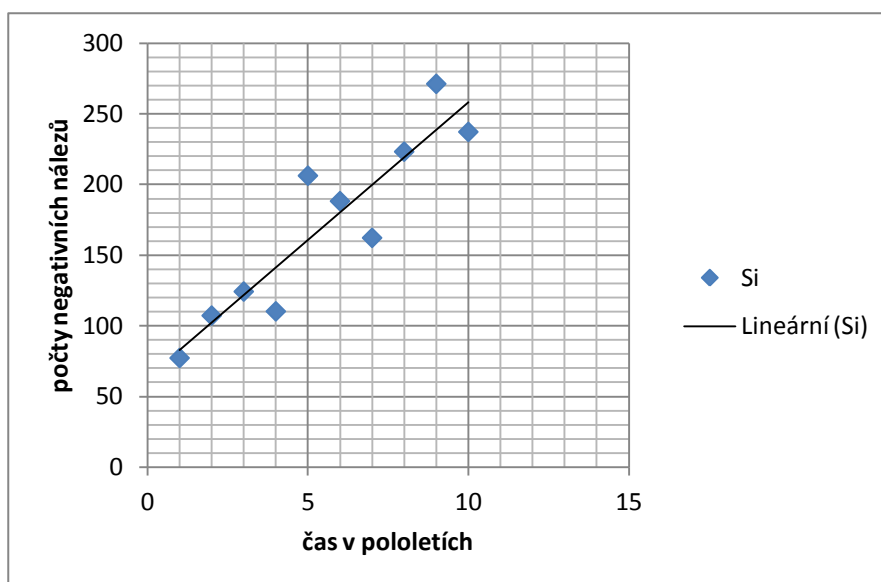
$$\sum s_i x_i = b_0 \sum x_i + b_1 \sum x_i^2 \quad 10988 = 55b_0 + 362 b_1$$

$$b_1 = 27,06$$

$$b_0 = 21,63$$

$$y = b_0 + b_1x$$

$$y = 21,63 + 27,06x$$



Graf 10, Lineární regresní analýza negativních nálezů, H_2

Prostřednictvím získané regresní funkce lze činit předpovědi hodnot s_i odpovídající příslušným hodnotám x_i .

Prognóza počtu negativních nálezů na 2.pololetí 2012 (y_{14}) a 1. pololetí 2013 (y_{15})

$$y_{14} = y = b_0 + b_1x_{14} = 400,47$$

$$y_{15} = y = b_0 + b_1x_{15} = 427,53$$

4.6. Výsledky k hypotéze H_{20}

K ověření hypotéz H_{20} a H_0 , H_a stejně jako v bodě 4.2 využijí Pearsonovo χ^2 rozdělení (χ^2 -test) Nahradím empirické rozdělení, rozdělením teoretickým. Graf empirického rozdělení absolutní četnosti nahradím grafem normálního rozdělení (Gaussovou křivkou, Graf 4). K tomu využijeme intervalového rozdělení četností, jejímž znázorněním bude Tab. 14.

X_i	interval	n_i	n_i/n	$\sum n_i/n$	$X_i n_i$	$X_i^2 n_i$
1.	($-\infty$; 1,5)	10	0,17	0,17	10	10
2.	(1,5; 2,5)	15	0,25	0,42	30	60
3.	(2,5; 3,5)	18	0,3	0,72	54	162
4.	(3,5; 4,5)	9	0,15	0,87	36	144
5.	(4,5; ∞)	8	0,13	1	40	200
		$\sum 60$	$\sum 1$		$\sum 170$	$\sum 576$

Tab. 14 Intervalové rozdělení absolutních četností, hypotéza H_{20}

Dalším krokem bude tzv. **teoretické rozdělení**. K výpočtu normovaných hodnot u_i ($u_1, u_2, u_3, u_4, u_5 = \infty$) bude v souladu s elementárním statistickým zpracováním zadaného příkladu dosazováno do vztahu:

$$u_i = \frac{x_i - O_1}{S_x} \quad p_i = F(u_i) - F(u_{i-1})$$

Výpočty jsou zapsány v Tab. 15

x_i	Interval	n_i	u_i	$\Phi(u_i)$	p_i	np_i
1	($-\infty$; 1,5)	10	-1,05	0,14686	0,15	9
2	(1,5; 2,5)	15	-0,26	0,39743	0,25	15
3	(2,5; 3,5)	18	0,53	0,70194	0,3	18
4	(3,5; 4,5)	9	1,32	0,90658	0,21	12,6
5	(4,5; ∞)	8	∞	1	0,09	5,4

Tab.15 výpočty $u_i, \Phi(u_i), p_i, np_i$.

Dále vypočítám experimentální hodnotu testového kritéria χ_{exp}^2 . (viz Tab. 16).

x_i	n_i	np_i	$(n_i - np_i)^2 / np_i$
1	10	9	0,11
2	15	15	0
3	18	18	0
4	9	12,6	1,03
5	8	5,4	1,25
Σ			2,39

Tab. 16 výpočet χ_{exp}^2

$$\chi_{\text{exp}}^2 = \sum \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i} \wedge p_i = F(u_i) - F(u_{i-1}) \wedge u_i = \frac{x_i - \mu}{\sigma}$$

$$\chi_{\text{exp}}^2 = 2,39$$

Pomocí statistických tabulek vypočítám kritickou teoretickou hodnotu $\chi_{\text{teor}}^2 = \chi_v^2 = \chi_{k-r-1}^2$

$\chi_{\text{teor}}^2 = 5,99$ při hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Prostřednictvím kritické teoretické hodnoty již bylo možno zapsat pravostranný kritický obor

$$W = \langle \chi_v^2(\alpha); +\infty \rangle = \langle 5,99; +\infty \rangle$$

Jelikož experimentální hodnota statistického kritéria $\chi_{\text{exp}}^2 = 2,39$ (tj. $\chi_{\text{exp}}^2 \notin W$) lze učinit průkazný závěr týkající se testu neparametrické hypotézy:

Experimentální hodnota χ_{exp}^2 nepatří do kritického oboru, **lze proto přijmout nulovou hypotézu H_0** a **lze empirické rozdělení** (empirický polygon) **nahradit** na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ **teoretickým normálním rozdělením**.

4.7. Výsledky k hypotéze H_{21}

Formulace statistického šetření:

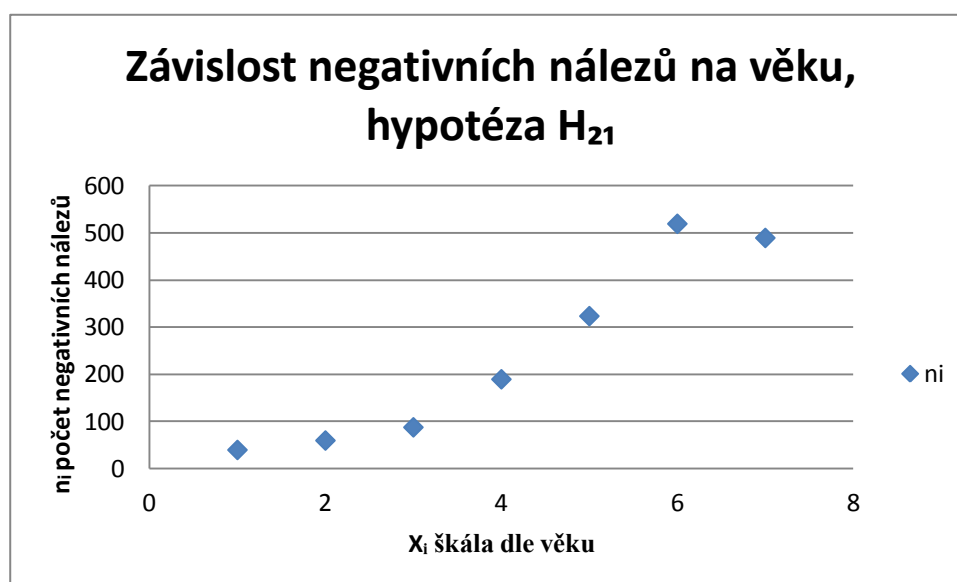
Hromadným náhodným jevem HNJ je v tomto případě počet CTA vyšetření ve vazbě na věk pacienta. Statistickým znakem je jednak počet negativních nálezů, jednak věk pacienta, statistickou jednotkou SJ je pacient. Statistické znaky jsou označeny SZ-x věk pacientů, SZ-s počet negativních nálezů.

Pacienty jsem rozdělil podle věku na sedm prvků škály a zapsal je do Tab. 17.

X_i	věk	n_i
1.	18-30	39
2.	31-40	59
3.	41-50	87
4.	51-60	189
5.	61-70	323
6.	71-80	519
7.	81 a víc	489

Tab. 17 Rozdělení počtu negativních výsledků dle věku, hypotéza H_{21}

Na základě této tabulky jsem mohl sestavit graf četnosti (Graf 11).



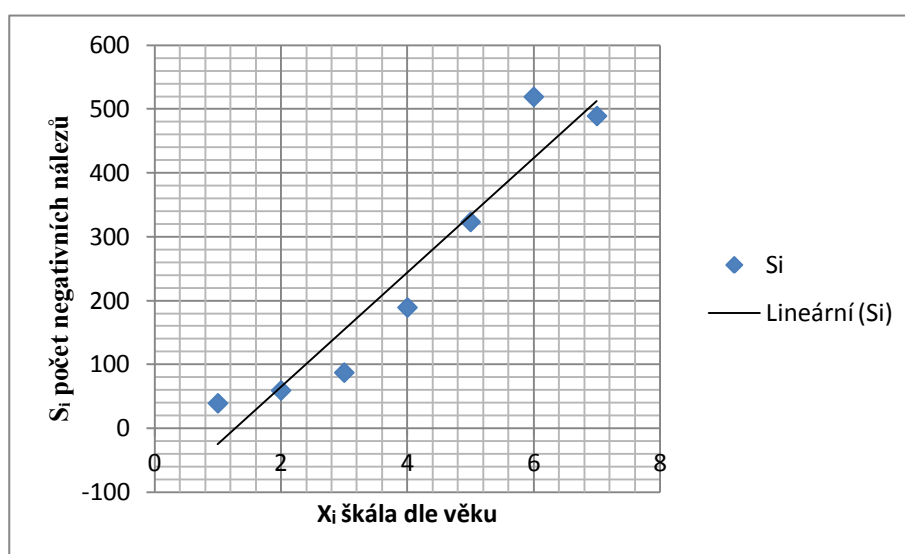
Graf 11 Závislost negativních nálezů na věku.

Tento graf představuje „pravděpodobnostní oblak“ bodů, kterým je zapotřebí v rámci jednoduché lineární regresní analýzy proložit přímkou. Postupujeme obdobně jako v kapitole 4.3.

$$\sum_{i=1}^k b_0 + b_1 \sum x_i \qquad \sum s_i x_i = b_0 \sum x_i + b_1 \sum x_i^2$$

$$b_0 = -114,4 \qquad b_1 = 89,5$$

$$y = b_0 + b_1 x \qquad y = -114,4 + 89,5x$$



Graf 12 Lineární regresní analýza, hypotéza H₂₁

4.8. Výsledky k hypotéze H₂₂

Formulace statistického šetření:

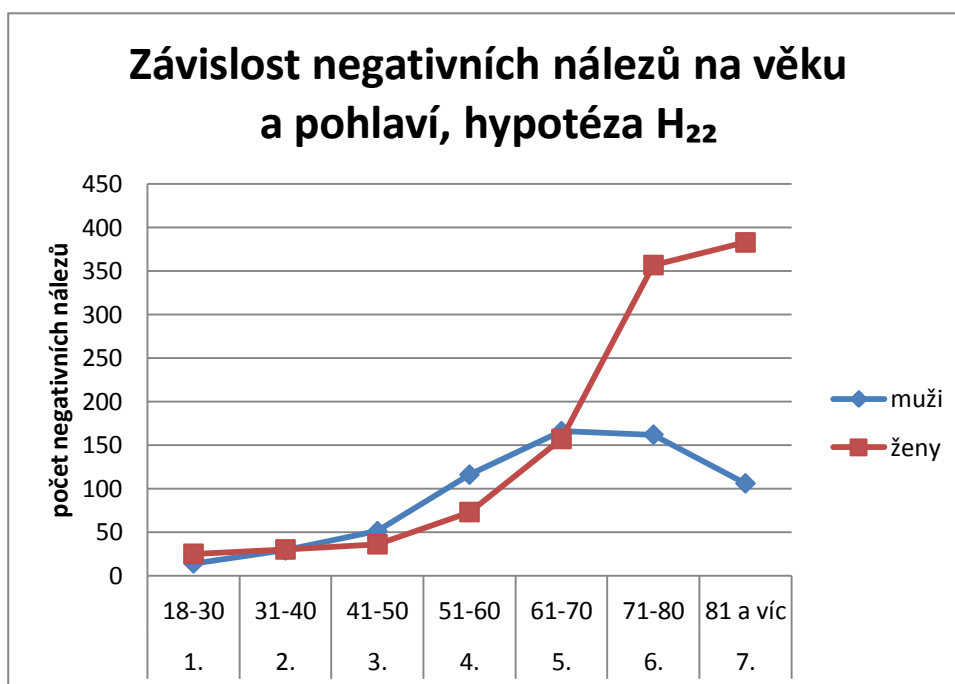
Hromadným náhodným jevem HNJ, je v tomto případě počet CTA vyšetření ve vazbě na pohlaví pacienta. Statistickým znakem je jednak počet negativních nálezů, jednak pohlaví pacienta, statistickou jednotkou SJ je pacient. Statistické znaky jsou označeny SZ-x pohlaví pacientů, SZ-s věk pacientů.

Pro ověření hypotézy H₂₂ jsem prostřednictvím tabulky Tab. 18 sestrojil Graf 13.

X_i	věk	muži	%	ženy	%
1.	18-30	14	2	25	2
2.	31-40	29	5	30	3
3.	41-50	51	8	36	4
4.	51-60	116	18	73	7
5.	61-70	166	26	157	15
6.	71-80	162	25	357	33
7.	81 a víc	106	16	383	36
Σ		644	100	1061	100

Tab.18 Rozdělení negativních výsledků dle věku a pohlaví, hypotéza H_{22}

Z Tab.18 jsem vypočítal procentuální zastoupení negativních nálezů dle pohlaví. Ženy byly zastoupeny 62,23 % a muži 37,77%. Mezi ženami byla nejpočetněji (84%) zastoupena skupina žen starších 60 let. U mužů byla nejpočetněji zastoupena věková skupina (69%) od 51 do 80 let.



Graf 13, Závislost negativních nálezů na věku a pohlaví, hypotéza H_{22}

5. DISKUSE

5.1. Ověření hypotézy H_1

Výsledky statistického šetření prokázaly, že počty pozitivních výsledků CTA plic v období 2006-2010 v okrese Kroměříž, s časem rostou. Hypotéza H_1 tedy nebyla potvrzena. Na základě regresní rovnice $y = 8,86 + 3,13x$ lze učinit prognózu počtu pozitivních nálezů na 2. pololetí 2012 (y_{14}) a 1. pololetí 2013 (y_{15}). Po dosazení do rovnice nám vychází tyto prognózy:

Ve druhém pololetí 2012 lze očekávat výskyt pozitivních nálezů CTA plic v Nemocnici v Kroměříži v počtu 53 (52,68) vyšetření. V prvním pololetí 2013 lze očekávat výskyt 56 (55,81) pozitivních vyšetření CTA plic v Nemocnici v Kroměříži. Nárůst počtu pozitivních nálezů o 3,13 za půl roku není příliš velký zvláště v poměru k celkovému nárůstu negativních vyšetření.

5.2. Ověření hypotézy H_{10}

Použitím neparametrického testování, **byla potvrzena** hypotéza, že rozdělení počtu pozitivních nálezů má na hladině statistické významnosti $\alpha = 0,05$ v rámci jednotlivých měsíců normální rozdělení.

Existuje jistá průměrná měsíční hodnota, která má nejvyšší pravděpodobnost, nižší a vyšší měsíční hodnoty mají gaussovsky pravděpodobnosti nižší. Porovnání experimentální a teoretické hodnoty neparametrického testu $\chi_{\text{exp}}^2 = 1,696$ a $\chi_{\text{teor}}^2 = 3,84$ ukazuje, že lze přijmout nulovou hypotézu H_0 o existenci normálního rozdělení.

Průměrná hodnota pozitivních nálezů v jednom měsíci úzce souvisí s obecným momentem 1. řádu normálního rozdělení O_1 a byla zjištěna v rámci ověřování hypotézy H_1 . Průměrná hodnota pozitivních nálezů v jednom měsíci vychází v hodnotách statistického znaku 5.

5.3. Ověření hypotézy H_{11}

Pomocí lineární regresní analýzy **byla potvrzena** hypotéza H_{11} , že počty pozitivních výsledků CTA plic **s věkem stoupají**. Mezi jednotlivými prvky škály, tj. mezi jednotlivými věkovými kategoriemi, je nárůst na regresní přímce 12,21 pozitivních nálezů. To znamená, že při přechodu do věkové kategorie o 10 let vyšší vzroste v okrese Kroměříž počet pozitivních nálezů průměrně o 12.

5.4. Ověření hypotézy H_{12}

Pomocí jednoduchého grafu a procentuálního výpočtu **nebyla potvrzena** hypotéza H_{12} , že počty pozitivních výsledků CTA plic nejsou v okrese Kroměříž závislé na pohlaví. Výpočet ukázal, že ženy byly zastoupeny 55,17 % a muži 44,83%. Větší počet pozitivních nálezů u žen (64%) byl pozorovatelný zejména ve věku nad 70 let. U mužů byla nejpočetněji zastoupena věková skupina od 51 do 80 let (65%).

Tento závěr o možné statistické významnosti rozdílu v počtu pozitivních nálezů mezi ženami a muži by bylo dobré ověřit v budoucnosti parametrickým testováním.

5.5. Ověření hypotézy H_2

Výsledky statistického šetření prokázaly, že počty negativních výsledků CTA plic v období 2006-2010 v okrese Kroměříž, s časem rostou. Hypotéza H_2 tedy **byla potvrzena**. Na základě regresní rovnice $y = 21,63 + 27,06x$ lze učinit prognózu počtu negativních nálezů na 2. pololetí 2012 (y_{14}) a 1. pololetí 2013 (y_{15}). Po dosažení do rovnice nám vychází tyto prognózy:

Ve druhém pololetí 2012 lze očekávat výskyt negativních nálezů CTA plic v Nemocnici v Kroměříži v počtu 400 (400,47) vyšetření. V prvním pololetí 2013 lze očekávat výskyt 428 (427,53) negativních vyšetření CTA plic v Nemocnici v Kroměříži. Nárůst počtu negativních nálezů o 27,06 vyšetření za půl roku je dost významný. V porovnání s nárůstem počtu pozitivních nálezů je 9x větší. Zjištěné závislosti svědčí o nadměrném nárůstu negativních vyšetření ve sledovaném souboru. Je zapotřebí uvést, že

v Nemocnici v Kroměříži není oddělení Nukleární medicíny, nelze tedy CTA plic nahradit perfúzní scintigrafií plic. Jen malé procento pacientů lze poslat na scintigrafií do Nemocnice v Uherském Hradišti.

5.6. Ověření hypotézy H_{20}

Použitím neparametrického testování, **byla potvrzena** hypotéza, že na hladině statistické významnosti $\alpha = 0,05$ má rozdělení počtu negativních nálezů v rámci jednotlivých měsíců normální rozdělení.

Existuje jistá průměrná měsíční hodnota, která má nejvyšší pravděpodobnost, nižší a vyšší měsíční hodnoty mají gaussovsky pravděpodobnosti nižší. Porovnání experimentální a teoretické hodnoty neparametrického testu $\chi^2_{\text{exp}} = 2,39$ a $\chi^2_{\text{teor}} = 5,99$ ukazuje, že lze přijmout nulovou hypotézu H_0 o existenci normálního rozdělení.

Průměrná hodnota pozitivních nálezů v jednom měsíci úzce souvisí s obecným momentem 1. řádu O_1 a byla zjištěna v rámci ověřování hypotézy H_2 . Průměrná hodnota pozitivních nálezů v jednom měsíci vychází v hodnotách statistického znaku 26.

5.7. Ověření hypotézy H_{21}

Pomocí lineární regresní analýzy **byla potvrzena** hypotéza H_{21} , že počty negativních výsledků CTA plic **s věkem stoupají**. Mezi jednotlivými prvky škály, tj. mezi jednotlivými věkovými kategoriemi, je nárůst na regresní přímce 89,5 negativních nálezů. To znamená, že při přechodu do věkové kategorie o 10 let vyšší vzroste v okrese Kroměříž počet negativních nálezů průměrně o 90.

5.8. Ověření hypotézy H_{22}

Pomocí jednoduchého grafu a procentuálního výpočtu **byla potvrzena** hypotéza H_{22} , že počty negativních výsledků CTA plic jsou závislé na pohlaví. Výpočet ukázal, že ženy byly zastoupeny 62,23 % a muži jen 37,77%. Zatímco muži mají největší počet negativních nálezů (69%) ve věku od 51 do 80 let, ženy jsou nejvíce vyšetřovány ve věku nad 60 let (84%).

Rozdíl je markantní, v tomto případě není nutné získaný závěr ověřovat parametrickým testováním.

5.9 Komparace z FN Plzeň

Stoupající počet vyšetření (pozitivních i negativních) v komparaci z počtem vyšetření ve FN Plzeň (v roce 2003: 56 vyšetření, 2004: 78 vyšetření, 2005: 126 vyšetření; 2006: 212 vyšetření; 2007: 342) (28) podporuje doporučení mezinárodní prospektivní multicentrické studie zabývající se diagnostikou plicní embolizace (PIOPED II). Ta označila angiografii pomocí multidetektorové výpočetní tomografie (CTA plic) za metodu první volby u většiny pacientů, s výjimkou těhotných žen, pacientů s poškozenou funkcí ledvin a těžkou alergií na jodové kontrastní látky. Na základě doporučení této studie dochází postupně k růstu počtu vyšetření CTA plic. (28)

6. ZÁVĚR

Ve sledovaném souboru 1966 CTA plic v období let 2006 až 2010 v Nemocnici v Kroměříži, bylo 1705 vyšetření negativních a 261 vyšetření pozitivních. Za pozitivní nálezy jsou považovány všechny embolizace, tedy masivní, segmentární i subsegmentární. Není rozlišována závažnost patologického nálezu. V souboru nejsou brány do úvahy vedlejší nálezy jako plicní hypertenze, fluidothorax, dilatace srdce, atelektáza, emfyzém, tumory, metastázy či zvětšené lymfatické uzliny.

Ověřované hypotézy umožňují stručnou kvantifikaci dosažených výsledků. Ukázaly, že počet pozitivních i negativních nálezů s časem roste. Počet negativních vyšetření 9x rychleji než počet vyšetření pozitivních. Dále tyto hypotézy při ověřování prokázaly, že mezi ženami a muži je statisticky významnější rozdíl u negativních vyšetření než u vyšetření pozitivních. Dalším výsledkem ověřování hypotéz je celkem očekávané zjištění, že s věkem roste jak počet pozitivních, tak i negativních vyšetření – s přechodem do vyšší věkové kategorie (s rozpětím 10 let) je ovšem počet negativních vyšetření téměř 7,5x vyšší než u vyšetření pozitivních. Konečně posledním

kvantifikovatelným výsledkem je zjištění, že počet vyšetření v jednom měsíci mělo v letech 2006-2010 normální rozdělení. Průměrný počet negativních vyšetření byl ovšem zhruba 5x vyšší než počet vyšetření pozitivních.

Cílem této práce bylo zhodnotit závislosti na vývoji, věku a pohlaví sledovaného souboru. Pomocí stanovených hypotéz bylo prokázáno, že počty negativních nálezů na CTA plic v daném období rostou (H_2) a rozdělení počtu negativních (H_{20}) i pozitivních (H_{10}) nálezů má v rámci měsíce normální rozdělení. Dále byly potvrzeny hypotézy, že počty negativních (H_{21}) i pozitivních (H_{11}) nálezů rostou s věkem pacienta. Potvrzena byla i hypotéza, že počet negativních nálezů je závislý na pohlaví (H_{22}).

Naopak vyvrácena byla hypotéza H_1 , že počet pozitivních nálezů se v čase nemění. Počet pozitivních nálezů naopak roste, i když jen o 3,13 vyšetření za půl roku. Také hypotéza H_{12} , že počet pozitivních nálezů není závislý na pohlaví, byla vyvrácena. Stejně jak u počtu negativních nálezů, tak i u počtu pozitivních nálezů, jsou více zastoupeny ženy. Přičemž u pozitivních nálezů je to 55,17 % a u negativních nálezů dokonce 62,23 %. Tato část práce nebyla podrobena metodám matematické statistiky.

Na základě provedeného výčtu potvrzených a nepotvrzených hypotéz a na základě krátké kvantifikace dosažených výsledků lze považovat cíle práce za splněné.

Za teoretický přínos práce lze považovat včlenění metod matematické statistiky do zkoumání parametrů CTA plic. Mezi praktické přínosy lze považovat konkrétní zjištění hodnot a vývoje parametrů CTA plic.

Lze se domnívat, že předložená práce generuje další výzkumné možnosti, zvláště v prohloubení aplikace metod matematické statistiky a v provedení širší komparace dosažených výsledků jak v rámci České republiky, tak na poli mezinárodním.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ:

- 1) BUDÍNSKÝ P., ZÁŠKODNÝ P. a kol.: Základy ekonomické statistiky, Praha 2006
ISBN: 80-86754-00-6
- 2) TARÁBEK P., ZÁŠKODNÝ P.: Educational and Didactic Comunication 2010
ISBN: 978-80-89160-78-5
- 3) CYHELSKÝ, SOUČEK,: Základy statistiky, Praha 2009 ISBN: 978-80-7408-013-5
- 4) ZÁŠKODNÝ P. a kol.: Základy zdravotnické statistiky, České Budějovice 2004
ISBN 80-740-663-1
- 5) FERDA J., NOVÁK M., KREUZBERG B., Výpočetní tomografie, (Galén), Praha 2002 ISBN: 80-7262-172-6 str. 316-320
- 6) FERDA J.,: CT angiografie,(Galén), Praha 2004 ISBN: 807-26-2281-1 str.123-152
- 7) PROKOP M., GALANSKI M.: Computed Tomography of the body, spiral and multislice, New York 2003, ISBN: 3-13-116481-6 str. 825-839, str. 851-865
- 8) KRAJINA A., HLAVA A., Angiografie, Hradec Králové 1999, ISBN: 80-901753-6-8 s 211-220
- 9) MÍKOVÁ V. a kol.: Nukleární medicína. Průřez vyšetřovacími metodami v oboru nukleární medicína. Galén Praha 2008, ISBN 978-80-7262-533-8.
- 10) FERDA J., ZÁHLAVA J.: CT angigrafie plicnice v diagnostic plicní embolizace, zveřejněno v časopise Česká radiologie, listopad 2001, číslo 6, str.383-390
- 11) ZASKODNY,P. (2011). Data Mining Tools in Science Education. In: Proceedings of The 2nd International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics. Orlando,U.S.A.. ISBN 978-1-936338-20-7

- 12) ZÁŠKODNÝ, P. (2001). Statistical Dimension of Scientific Research. KONTAKT, 2,5, 2001 ISSN 1212-4117
- 13) ZÁŠKODNÝ, P. , HAVLÍČEK, I., BUDINSKÝ, P.(2011). Partial Data Mining Tools in Applied Statistics-in Greeks and Option Hedging. In: Educational and Didactic Communication 2010. Bratislava, Slovak Republic: Didaktis, www.didaktis.sk <http://sites.google.com/site/csrggroup/> ISBN 978-80-89160-78-5
- 14) KUPKA, Karel – KUBINYI, Jozef – ŠÁMAL, Martin, et al. Nukleární medicína. 1. vydání. P3K, 2007. 185 s. ISBN 978-80-903584-9-2.
- 15) HUŠÁK V., MYSLIVEČEK M., KORANDA P. a kol: Fyzikální základy planárního a tomografického zobrazování v nukleární medicíně. Posgraduální výukový referát. Česká Radiologie roč. 55, únor 2001, č. 1, str. 47-58.
- 16) SPITZER D.: CT plicní angiografie v diagnostice plicní embolie, zveřejněno v časopise Praktická radiologie, prosinec 2001, číslo 4, str. 16-19
- 17) KAŇKOVÁ L., MIŘATSKÁ L., LANG O.:Scintigrafie plicní perfúze a ventilace a radionuklidová flebografie dolních končetin, zveřejněno v časopise Praktická radiologie, březen 2009, číslo 1, str. 20-23
- 18) ROČEK M.: Rekanalizace žilní trombozy dolních a horních končetin. In : Krajina A., Peregrin J.H.: Intervenční radiologie, Hradec Králové 2005, 211-223
- 19) <http://vyuka.fnol.cz/main.jsp?id=34> (23.3.2012)
- 20) <http://vyuka.fnol.cz/main.jsp?id=33> (23.3.2012)
- 21) <http://vyuka.fnol.cz/main.jsp?id=28> (23.3.2012)

- 22) <http://vyuka.fnol.cz/main.jsp?id=40> (23.3.2012)
- 23) <http://vyuka.fnol.cz/main.jsp?id=37> (24.3.2012)
- 24) <http://vyuka.fnol.cz/main.jsp?id=31> (24.3.2012)
- 25) <http://unm.lf1.cuni.cz/vysetreni/12.html> (24.3.2012)
- 26) http://www.kcsolid.cz/zdravotnictvi/klinicka_kapitola/pne/pne-33/pne-33.htm
(24.3.2012)
- 27) <http://www.zdn.cz/clanek/zdravotnicke-noviny/pragueangio-2010-449325>
(5.4.2012)
- 28) http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad_0803_270_276.pdf (6.4.2012)
- 29) http://www.kardio-cz.cz/resources/upload/data/128_22-plicni_embolie2008.pdf
(6.4.2012)
- 30) <http://www.tribune.cz/clanek/20100-akutni-plicni-embolie-soucasny-pohled>
(6.4.2012)

KLÍČOVÁ SLOVA:

CTA plic

CTPA- CT pulmonary angiography

plicní embolizace

pulmonary embolism

elementární statistické zpracování

Elementary statistical processing

neparametrické testování

non-parametric testing

regresní analýza

regression analysis

scintigrafie plic

pulmonary scintigraphy

PŘÍLOHY:



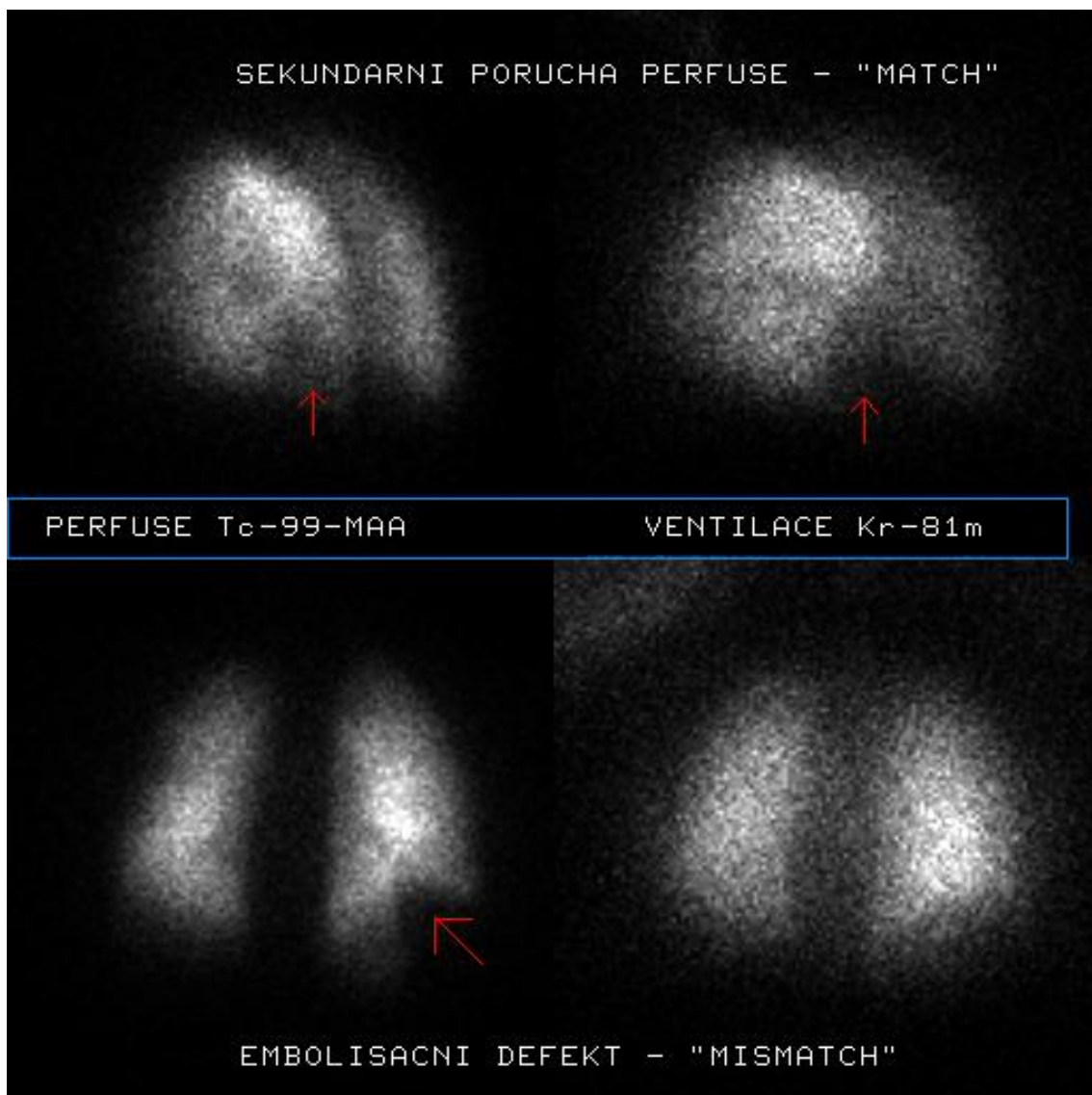
Obr. 1 CTA plicnice: plicní embolie vpravo.

zdroj: Fakultní Nemocnice Plzeň - Lochotín



Obr. 2 CTA plicnice: plicní embolie vlevo

zdroj: Fakultní Nemocnice Plzeň - Lochotín



Obr. 3 *Ventilačně-perfúzní scan: sekundární versus primární defekt.*
zdroj : Nemocnice České Budějovice, oddělení Nukleární medicíny.