

# HODNOCENÍ PLICNÍ HYPERTENZE NA SKIAGRAMU HRUDNÍKU A HRCT PLIC U NEMOCNÝCH S CHRONICKÝM PLICNÍM ONEMOCNĚNÍM

PULMONARY HYPERTENSION EVALUATION ON CHEST RADIOGRAPH AND HRCT OF THE LUNGS IN PATIENTS WITH CHRONIC PULMONARY DISEASE

původní práce

Jan Brožík<sup>1,2</sup>  
Vladimír Bartoš<sup>3</sup>  
Eva Kočová<sup>1</sup>  
Leo Steinhart<sup>1</sup>  
Martin Slanina<sup>1</sup>  
Pavel Eliáš<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Radiologická klinika Lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice, Hradec Králové

<sup>2</sup>Radiology Department, Glenfield Hospital, University Hospitals of Leicester, Groby Rd, Leicester LE3 9QP, Velká Británie

<sup>3</sup>Plicní klinika Lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice, Hradec Králové

Přijato: 15. 9. 2014.

## Korespondenční adresa:

MUDr. Jan Brožík  
Radiologická klinika LF UK a FN  
Sokolská 581,  
500 05 Hradec Králové  
e-mail: janbrozik@email.cz

Konflikt zájmů: žádný.

## SOUHRN

**Brožík J, Bartoš V, Kočová E, Steinhart L, Slanina M, Eliáš P.** Hodnocení plicní hypertenze na skiagramu hrudníku a HRCT plic u nemocných s chronickým plicním onemocněním

**Cíl:** Určení vztahu vybraných ukazatelů ke střednímu tlaku v plicnici (mPAP). Posouzení přítomnosti plicní hypertenze (PH) na základě RTG a HRCT obrazů.

**Metodika:** 53 nemocných s chronickým plicním onemocněním podstoupilo pravostrannou srdeční katetrizaci, RTG hrudníku a HRCT plic. U 30 nemocných byla PH potvrzena. Skiagramy i HRCT byly hodnoceny třemi radiology, kteří se kromě jednotlivých nálezů vyjadřovali k přítomnosti PH. Byl vyhodnocen vztah relevantních parametrů k mPAP a shoda radiologů s objektivní přítomností PH.

**Výsledky:** Nejsilnější vazba k mPAP byla na RTG hrudníku nalezena u poměru TI/LHB ( $r = 0,256650$ ,  $p = 0,02048$ ) a šíře truncus intermedius ( $r = 0,188897$ ,  $p = 0,023362$ ). U HRCT vyšetření jsme našli významnou vazbu mezi hodnotou mPAP a průměrem kmene plicnice ( $r = 0,396894$ ,  $p = 0,000001$ ) a indexem PA/AA ( $r = 0,382652$ ,  $p = 0,000002$ ). Hodnota rozhodovací meze pro PH u průměru kmene plicnice byla 31,2 mm se specifivitou 80,769 % a senzitivitou 68,182 %. Shoda radiologů s mPAP při hodnocení RTG byla 58,49 %, 54,72 % a 64,15 %, při hodnocení HRCT byla 70,83 %, 60,42 % a 62,50 %.

**Závěr:** Existuje vztah mezi šíří centrálních úseků plicních tepen a mPAP. Při pozitivě několika specifických nálezů lze vyjád-

## SUMMARY

**Brožík J, Bartoš V, Kočová E, Steinhart L, Slanina M, Eliáš P.** Pulmonary hypertension evaluation on chest radiograph and HRCT of the lungs in patients with chronic pulmonary disease

**Aim:** To evaluate relationship between selected parameters and mean pulmonary artery pressure (mPAP). To assess prediction of pulmonary hypertension (PH) on chest radiographs (CXR) and High-resolution CT (HRCT) of lungs.

**Methods:** 53 individuals with chronic lung disease underwent right heart catheterisation, CXR and HRCT. 30 patients had PH confirmed. CXRs and HRCTs were reviewed by three radiologist who besides evaluation of findings stated whether PH is present. Relation between relevant parameters and mPAP and agreement between radiologists and real presence of PH were assessed.

**Results:** The strongest correlation on CXR was found between mPAP and ratio of right descending pulmonary artery width and the left main bronchus ( $r = 0.256650$ ,  $p = 0.02048$ ) and right descending branch of pulmonary artery width ( $r = 0.188897$ ,  $p = 0.023362$ ). The strongest correlation on CXR was found between mPAP and pulmonary artery diameter ( $r = 0.396894$ ,  $p = 0.000001$ ) and PA/AA ratio ( $r = 0.382652$ ,  $p = 0.000002$ ). The cut-off value for PH for PA width was 31,2 mm with specificity 80.769% and sensitivity 68,182%. Agreement between radiologists and value of mPAP was in CXRS 58.49%, 54.72% and 64.15%, in HRCT of the lungs 70.83%, 60.42% and 62.50%.

řit podezření na PH, při jejich absenci lze PH vyloučit s velkou pravděpodobností.

**Klíčová slova:** RTG hrudníku, CT s vysokým rozlišením, observační shoda, plicní hypertenze, plicní onemocnění.

**Conclusion:** Width of pulmonary arteries and mPAP are related. If specific imaging findings are present, PH can be suspected, if absent the PH can be ruled out with high likelihood.

**Key words:** chest X-ray, High-resolution CT, lung disease, interobserver agreement, pulmonary hypertension.

## ÚVOD

Plicní hypertenze (PH) je stav, kdy střední tlak krve v plicnici (mPAP) v klidu je roven 25 mm Hg nebo vyšší (1). Současná klasifikace Světové zdravotnické organizace dělí PH do pěti skupin (2). Plicní hypertenze při chronickém onemocnění plicního parenchymu (3. skupina klasifikace PH) je častá a obvykle bývá lehká i při rozsáhlém postižení plic, představuje však nepříznivý prognostický ukazatel (3). Nemocní mívají obtíže související s plicním onemocněním a příznaky PH mohou být považovány za jeho projevy (4). Diagnóza PH se stanovuje invazivně pravostrannou srdeční katetrizací (5). Transtorakální echokardiografie (TTE) je neinvazivní test běžně používaný v diagnostice PH. U pokročilého plicního emfyzému nebo plicní fibrózy je však TTE v detekci PH nepřesná (6). U chronických plicních onemocnění je skiagram (RTG) hrudníku nejčastěji prováděným zobrazovacím vyšetřením a CT plic s vysokým rozlišením (HRCT) je indikováno k bližšímu posouzení plicního procesu, v případě zhoršení stavu pacienta nebo při významných změnách na RTG. PH se bez ohledu na etiologii projevuje zvětšením pravého srdce, dilatací centrálních úseků plicních tepen a redukcí jejich kalibru v periférii. Jako indikátor plicní hypertenze na skiagramu hrudníku v zadopřední (PA) projekci se používá rozšíření truncus intermedius (TI) nad 16 mm u mužů a 15 mm u žen (7) a zvýšení arterio-bronchiálního indexu (ABI) nad 1,2. Vyklenutí obloučku plicnice je další ukazatel svědčící pro PH. Zvětšený srdeční stín má při PH nespecifický tvar, někdy můžeme pozorovat elevaci srdečního hrotu. Selhávání pravého srdce se na skiagramu hrudníku projevuje dilatací horní duté žíly (HDŽ) a v. azygos. Zvýšení tlaku v plicnici nemusí být vždy primární a může být důsledkem selhávání levého srdce, při kterém pozorujeme známky plicní venózní hypertenze a fluidotorax.

Nejčastěji používaným CT ukazatelem PH průměr plicní arterie (PA) rovný nebo vyšší než 29 mm (8). Z PPA lze stanovit index PA/AA (poměr šíře plicnice a ascendentní aorty) zohledňující konstituci pacienta a pokles srdečního výdeje při těžké PH (9). Spolehlivou známkou pro PH je dle Tanové a spol. (10) kombinace PPA 29 mm nebo více a zvýšení poměru průměru segmentální tepny a bronchu měřených na axiálních skenech nad 1,0 zjištěné alespoň ve třech ze čtyř plicních laloků. U PH jsou dále na nektrastním CT hrudníku popisovány další pomocné nálezy, jako jsou výpotek v předním

perikardiálním recesu, mozaiková perfuze a centrilobulární denzity mléčného skla (9).

V našem výzkumu jsme ověřovali vztah kvantitativních a kvalitativních RTG a HRCT nálezů k mPAP u nemocných s chronickým plicním onemocněním. Zajímalo nás, zda radiolog může pomocí baterie měření a vybraných nálezů na nativním skiagramu hrudníku a HRCT plic spolehlivě určit přítomnost PH. Dále jsme se pokusili ověřit vztah námi nově definovaných indexů k plicní hypertenzi: TI/BI, TI/LHB a AZ/cost.

## METODIKA

### Soubor nemocných

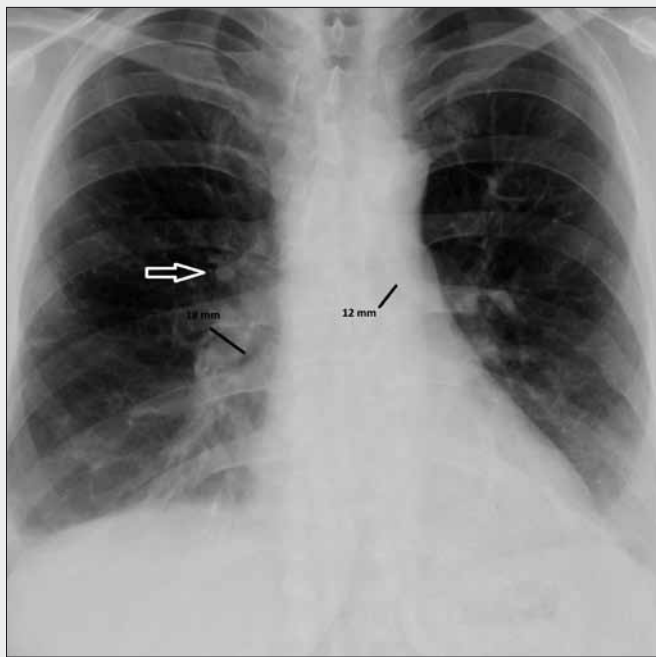
Retrospektivně jsme hodnotili vyšetření u souboru 53 nemocných s chronickým plicním onemocněním. Z toho bylo 26 mužů (průměrný věk 61,1 let; medián věku 61,7 let; variační rozpětí věku 32,1–79,5 let) a 27 žen (průměrný věk 62,1 let; medián věku 62,2 let; variační rozpětí věku 42,7–77,0 let). Zastoupení jednotlivých plicních onemocnění stanovených na podkladě HRCT nálezů a klinických projevů ukazuje tabulka 1.

Tab. 1. Zastoupení jednotlivých plicních onemocnění v souboru  
Table 1. Diagnoses in patients

| Onemocnění   | Počet | %    |
|--|-------|------|
| idiopatická plicní fibróza                                   | 23    | 43,3 |
| chronický intersticiální plicní proces blíže nespecifikovaný | 10    | 19,0 |
| nespecifická intersticiální pneumonie                        | 6     | 11,3 |
| intersticiální plicní proces při sklerodermii                | 2     | 3,8  |
| chronická exogenní alergická alveolitida                     | 8     | 15,0 |
| kombinovaná plicní fibróza a emfyzém                         | 2     | 3,8  |
| chronická obstruktivní plicní nemoc                          | 2     | 3,8  |

### Pravostranná srdeční katetrizace

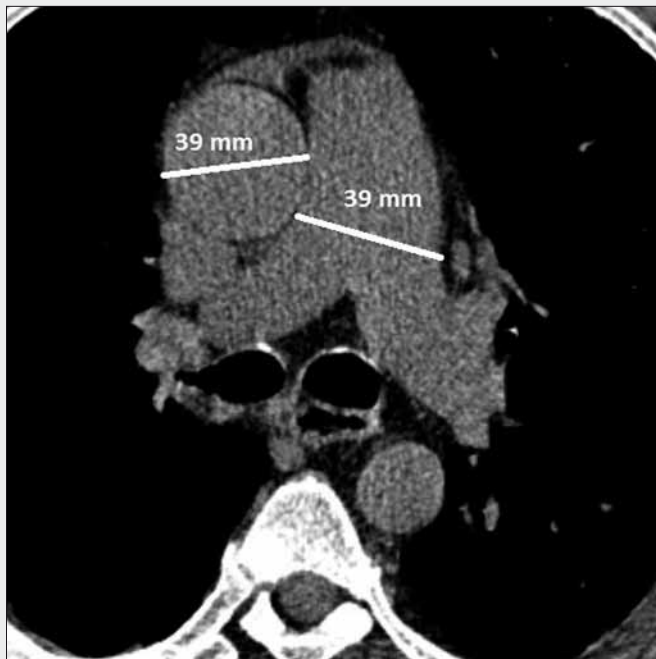
V období mezi 24. říjnem 2008 a 7. prosincem 2010 byla u všech nemocných provedena pravostranná srdeční katetrizace. Plicní hypertenze byla prokázána u 30 nemocných.



▲ Obr. 1A



▲ Obr. 1B



▲ Obr. 2

Obr. 1. **Skiagram hrudníku v PA projekci.** Měření šíře truncus intermedius a levého hlavního bronchu; A – šipka ukazuje ortográdně zobrazené parahilární tepnu a bronchus; B – detail ortográdně zobrazené tepny a bronchu  
 Fig. 1. **Chest radiograph in a PA projection.** Measurement of the right descending pulmonary artery and left main bronchus; A – an arrow shows perihilar pulmonary artery and bronchus; B – detail of the subsegmental artery and bronchus

Obr. 2. **Nativní CT hrudníku v mediastinální okně.** Měření šíře kmene plicnice a ascendentní aorty. Kmen plicnice je rozšířen na 39 mm. Stejnou měrou je dilatovaná i ascendentní aorta, takže PA/AA poměr je zachován. U nemocného byla potvrzena plicní hypertenze. V předním perikardiálním recesu je přítomno malé množství volné tekutiny (bikini bottom sign).  
 Fig. 2. **Non contrast chest CT in a mediastinal window.** Measurement of the main pulmonary artery diameter and ascending aorta diameter. Main pulmonary artery is dilated to 39 mm. The ascending aorta has same diameter and PA/AA ratio is not raised. Pulmonary hypertension was confirmed in this patient. Small amount of effusion is seen in the anterior pericardial recess (bikini bottom sign).

## Hodnocení RTG a CT

Hodnocení RTG a CT vyšetření provádělo nezávisle na sobě celkem pět radiologů. Hlavní autor práce posuzoval obě sady vyšetření. Skiagramy hodnotili dále dva radiologové s mnoholetou zkušeností v hodnocení RTG hrudníku. HRCT posuzovali další dva radiologové s dostatečnou zkušeností s touto diagnostickou metodou. Hodnotitelé před posouzením neznali klinické, echokardiografické, katetrizační ani spirometrické nálezy u nemocných.

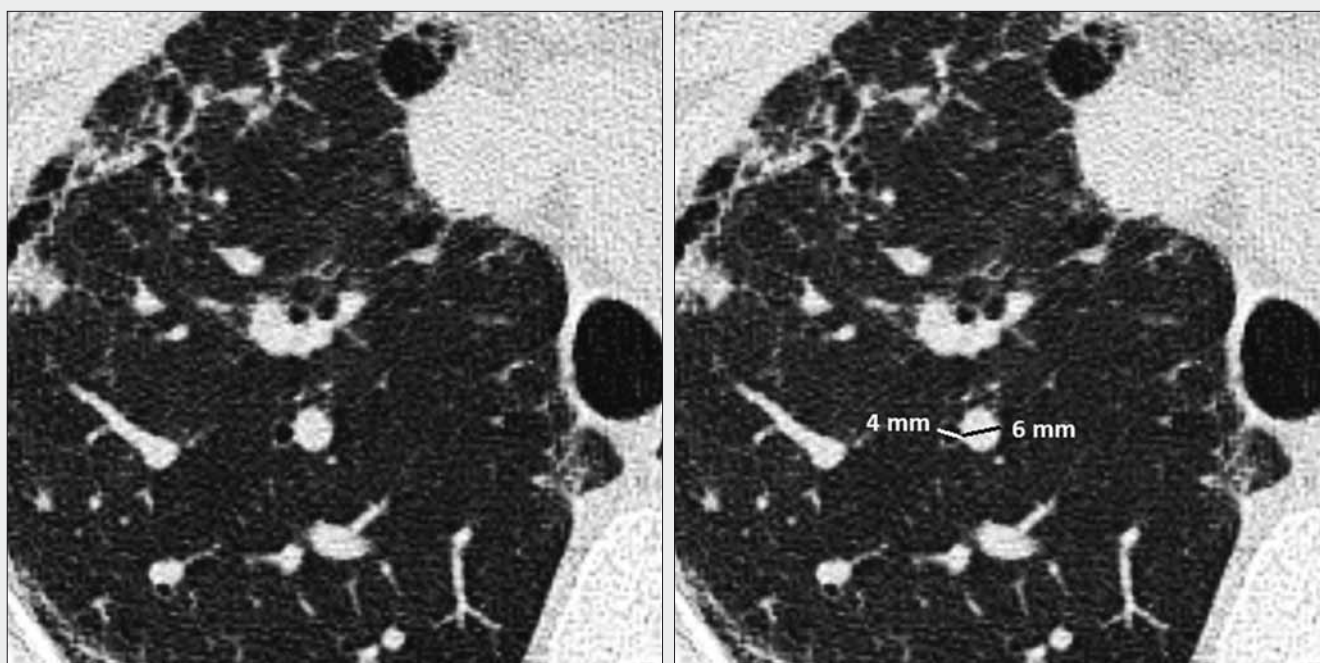
## RTG hrudníku

U všech 53 nemocných byl v období od 27. června 2008 do 15. června 2012 proveden skiagram hrudníku v nádechu

v PA projekci, vzdálenost nemocného od rentgenky byla 180 cm, napětí na rentgence bylo fixní 115 kV a proud byl určen expoziční automatikou.

Rentgenové snímky byly hodnoceny na diagnostických pracovních stanicích s použitím programu eFilm Workstation (Merge Healthcare, USA). Na RTG hrudníku jsme posuzovali celkem dvanáct ukazatelů se vztahem k PH nebo ze kterých lze vypočítat indexy se vztahem k PH. Z toho bylo sedm kvantitativních: šíře truncus intermedius (TI), šíře bronchus intermedius (BI), šíře levého hlavního bronchu (LHB), průměr paramediastinální ortográdně zobrazené větve plicnice (A), průměr odpovídajícího ortográdně zobrazeného bronchu (B), průměr věny azygos (AZ) a šíře přilehlého dorzálního průběhu žebra (cost). Tyto parametry byly hodnotitelem zapisová-





▲ Obr. 3A

▲ Obr. 3B

Obr. 3A, B. HRCT plic v plicním okně – způsob měření poměru subsegmentální tepny a bronchu v pravém horním laloku  
 Fig. 3A, B. HRCT of the lungs – measurement of subsegmental artery and bronchus in the right upper lung lobe

ny do tabulky programu v aplikaci Microsoft®Excel, která automaticky vypočítala čtyři indexy: TI/BI, TI/LHB, A/B a AZ/cost. Způsob měření TI, LHB, A a B ukazuje obrázek 1. Potom jsme se zaměřili na přítomnost pěti kvalitativních parametrů: vyklenutí kmene plicnice, známky redistribuce plicní perfuze, dilatace horní duté žíly (HDŽ), dilatace věny azygos nad 10 mm a fluidotoraxu. Na podkladě získaných nálezů jsme se vyjadřovali k přítomnosti plicní hypertenze stanovením hodnoty 1–4, kde 1 znamenalo jistě ne, 2 asi ne, 3 asi ano a 4 jistě ano podle následujícího klíče. Jistá diagnóza plicní hypertenze byla stanovena, když šíře TI překročila 16 mm, ABI byl zvýšen nad 1,2 a bylo přítomno vyklenutí obloučku plicnice. Při pozitivních pouze dvou těchto ukazatelích jsme odpověděli PH je asi přítomna. Při pozitivitě jednoho ze tří parametrů jsme odpovídali PH je spíše nepřítomná. Pokud žádný z těchto tří nálezů nebyl pozitivní, odpověď zněla: PH jistě přítomná není.

## HRCT plic

U 48 nemocných z výše uvedených 53 bylo v období od 20. listopadu 2006 do 14. března 2012 provedeno HRCT plic na CT přístrojích Emotion 6 a Balance (Siemens, SRN) sekvenční technikou s kolimací 1 mm, odstupem jednotlivých skenů 10 mm, napětím na rentgence 130 kV a proudem 70–95 mA. Skeny byly rekonstruovány HRCT algoritmem a algoritmem pro měkké tkáně.

HRCT plic byly posuzovány na diagnostických pracovních stanicích s použitím programu eFilm Workstation (Merge Healthcare, USA). Na HRCT plic jsme ve standardním plicním (W 1500, C 500) a mediastinálním okně (W 330, C 40) hodnotili celkem deset ukazatelů se vztahem k PH, nebo ze kterých lze vypočítat indexy se vztahem k PH. Z toho bylo šest kvantitativních parametrů: průměr PA měřený v nejšir-

ším místě do 30 mm od bifurkace, průměr ascendentní aorty (AA) měřený na stejné úrovni jako průměr PA, ortográdně zobrazené větve plicní tepny odpovídajícího bronchu v axiální rovině v obou horních a dolních plicních lalocích. Hodnoty byly zapisovány do tabulky v aplikaci Microsoft®Excel, která automaticky vypočítala pět indexů: PA/AA a A/B indexy pro čtyři plicní laloky. Způsob měření PA a AA ukazuje obrázek 2A. Měření tepny a bronchu v pravém horním laloku ukazuje obrázek 3. Dále jsme se na CT vyjadřovali k přítomnosti sedmi příznaků: lemu tekutiny v předním perikardiálním recesu o šíři alespoň 10 mm (bikini botom sign), kalcifikaci mitrální nebo aortální chlopně, mozaikové perfuze a centrilobulárním denzitám mléčného skla.

Nakonec jsme se vyjadřovali k přítomnosti plicní hypertenze zapsáním hodnoty 1–4 do tabulky podle následujícího klíče. Jistá diagnóza PH byla při PPA 29 mm a více při současném zvýšení PA/AA indexu nad 1. Odpověď PH je asi přítomná jsme vybrali v případě, že PA/AA index nebyl zvýšený při dilatovaném kmene plicnice a poměry ortográdně zobrazených tepen a bronchů byly vyšší než jedna alespoň ve třech ze čtyř plicních laloků. U hraničních nebo nejasných nálezů jsme se rozhodovali podle pomocných ukazatelů, jako jsou bikini botom sign, mozaiková perfuze, kalcifikace v srdečních chlopních nebo PA a centrilobulární denzity mléčného skla. Pátrali jsme také po jiné možné příčině PH jako je CTPEH (mozaiková perfuze, staré plicní infarkty) nebo onemocnění levého srdce (kalcifikace aortální a mitrální chlopně) nebo dilatace levé síně.

## Statistická analýza

Pro statistická vyhodnocení jsme použili systém programů NCSS®2007 ve spolupráci s programem Microsoft®Excel ze sady kancelářských aplikací Microsoft®Office ve kterém byla

Tab. 2. Frekvence výskytu vybraných parametrů na RTG hrudníku podle hodnocení jednotlivých radiologů ve skupině nemocných s plicní hypertenzí (n = 30) a ve skupině bez plicní hypertenze (n = 23)

Table 2. Frequency of selected CXR findings assessed by three radiologists in a group with pulmonary hypertension (n = 30) and in a group without pulmonary hypertension (n = 23)

| Hodnotitel RTG >                 | PH (% z n = 30) |       |       | bez PH (% z n = 23) |       |       |
|----------------------------------|-----------------|-------|-------|---------------------|-------|-------|
|                                  | A               | B     | C     | A                   | B     | C     |
| šíře truncus intermedius > 16 mm | 40,00           | 26,67 | 30,00 | 39,13               | 13,04 | 4,35  |
| A/B index > 1,2                  | 23,33           | 23,33 | 16,67 | 34,78               | 13,04 | 0,00  |
| vyklenutí obloučku plicnice      | 43,33           | 36,67 | 43,33 | 13,04               | 4,35  | 13,04 |
| redistribuce plicních žil        | 13,33           | 16,67 | 6,67  | 0,00                | 0,00  | 4,35  |
| dilatace HDŽ                     | 16,67           | 6,67  | 0,00  | 8,70                | 4,35  | 0,00  |
| dilatace v. azygos               | 23,33           | 16,67 | 3,33  | 8,70                | 0,00  | 0,00  |
| fluidotorax                      | 30,00           | 13,33 | 10,00 | 8,70                | 4,35  | 4,35  |
| shoda radiologů s realitou       | 30,00           | 33,33 | 40,00 | 95,65               | 82,61 | 86,96 |

vlastní data a jejich potřebné transformace poríženy. Využity byly různé části NCSS®2007, především části základní statistické údaje, t-testy, kontingenční tabulky a ROC analýza. Dále byly využity grafické výstupy tohoto rozsáhlého systému.

## VÝSLEDKY

### RTG hrudníku

Frekvenci výskytu vybraných parametrů na RTG hrudníku podle hodnocení jednotlivých radiologů ve skupině nemocných s PH (n = 30) a ve skupině bez PH (n = 23) ukazuje v procentech tabulka 2. Poslední řádek tabulky udává shodu radiologů s realitou, tedy s přítomností nebo absencí plicní hypertenze ověřenou pravostrannou srdeční katetrizací.

U RTG hrudníku jsme našli významnou vazbu mezi veličinou mPAP a indexem TI/LHB, podobně jako mezi mPAP a šíří truncus intermedius. Grafické znázornění je v grafech 1 a 2. V tabulce 3 jsou uvedeny korelační koeficienty mezi

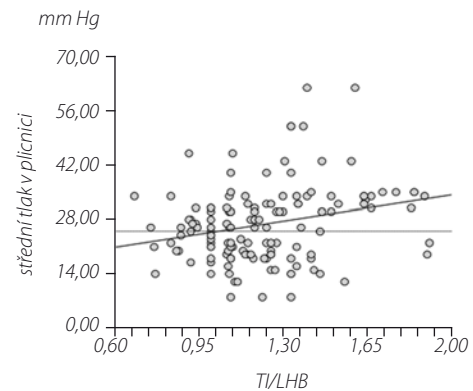
Tab. 3. Korelační koeficienty mezi středním tlakem v plicnici a relevantními kvantitativními hodnotami naměřenými na RTG hrudníku

Table 3. Correlation coefficients between mean pulmonary artery pressure and relevant quantitative findings measured on CXR

|                               | TI/LHB   | Truncus intermedius | A/B      | AZ/cost  | TI/BI    |
|-------------------------------|----------|---------------------|----------|----------|----------|
| korelační koeficient <i>r</i> | 0,256650 | 0,188897            | 0,165410 | 0,156702 | 0,071500 |
| hladina významnosti <i>p</i>  | 0,002048 | 0,023362            | 0,047559 | 0,082203 | 0,402914 |

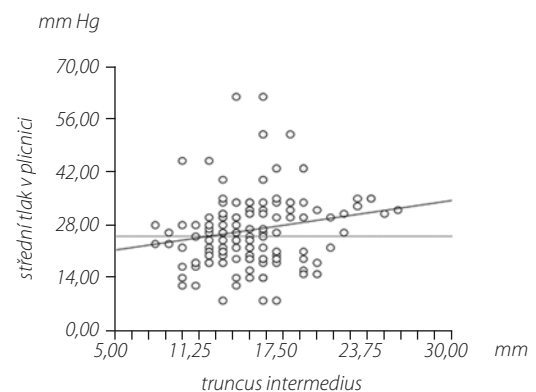
středním tlakem v plicnici a sledovanými veličinami. Kromě hodnoty korelačního koeficientu *r* je v tabulce také uvedena hladina významnosti *p* pro test nulovosti korelačního koeficientu, na které byla případně zamítna nulová hypotéza tohoto testu ( $H_0: r = 0$ ).

Shodu jednotlivých radiologů popisujících RTG se skutečným naměřeným středním tlakem v plicnici ukazuje tabulka 4. Ta je konstruována následujícím způsobem: Pokud byl mPAP 25 mm Hg nebo vyšší (tedy podle naší definice je skutečně přítomna PH) a hodnotitel svůj odhad výskytu existence PH u pacienta označil kódem 3 nebo 4 (tj. PH je asi



Graf 1. Vztah mPAP a indexu TI/LHB (poměru šíře truncus intermedius a levého hlavního bronchu) měřeného na RTG hrudníku. Horizontální linie označuje hodnotu mPAP 25 mm Hg.

Graph 1. Scatter plot shows relationship between mPAP and TI/LMB index (ratio between diameter of the right descending pulmonary artery and left main bronchus) measured on CXR. Horizontal line shows level of mPAP at 25 mm Hg.



Graf 2. Vztah mPAP a šíře truncus intermedius měřeného na RTG hrudníku. Horizontální linie označuje hodnotu mPAP 25 mm Hg.

Graph 2. Scatter plot shows relationship between mPAP and diameter of the right descending pulmonary artery measured on CXR. Horizontal line shows level of mPAP at 25 mm Hg.

nebo určitě přítomna), započítali jsme mu shodu odhadu se skutečností. Stejně tak jsme započítali shodu se skutečností v případě, že tlak v plicnici byl u pacienta nižší než 25 mm Hg a hodnotitel tomuto pacientovi přisoudil kód 1 nebo 2 (tj. PH je určitě nebo pravděpodobně nepřítomna).

## HRCT

Frekvenci výskytu vybraných parametrů na CT hrudníku podle hodnocení jednotlivých radiologů ve skupině nemocných s plicní hypertenzí ( $n = 26$ ) a ve skupině bez plicní hypertenze ( $n = 22$ ) ukazuje tabulka 5. Poslední řádek tabulky uvádí shodu radiologů s realitou, tedy s přítomností nebo absencí plicní hypertenze ověřenou pravostrannou srdeční katetrizací.

Také u vyšetření HRCT jsme našli významnou vazbu, tentokrát mezi hodnotou mPAP a jednak průměrem kmene

plicnice a také indexem PA/AA měřeným na HRCT skenech v mediastinálním okně. Grafické znázornění je v grafu 3 a 4. V tabulce 6 jsou uvedeny korelační koeficienty mezi středním tlakem v plicnici a dalšími sledovanými veličinami z HRCT vyšetření. Opět je uvedena hladina významnosti  $p$  pro test nulovosti korelačního koeficientu, na které byla zamítna nulová hypotéza tohoto testu ( $H_0: r = 0$ ).

Shodu jednotlivých radiologů popisujících CT se skutečností danou naměřeným tlakem v plicnici ukazuje tabulka 7. Ta je konstruována naprosto shodně jako tabulka 4.

Tab. 4. Shoda jednotlivých radiologů popisujících RTG se skutečným naměřeným středním tlakem v plicnici ve skupině s PH ( $n = 30$ ), ve skupině bez PH ( $n = 23$ ) a v celém souboru ( $n = 53$ )

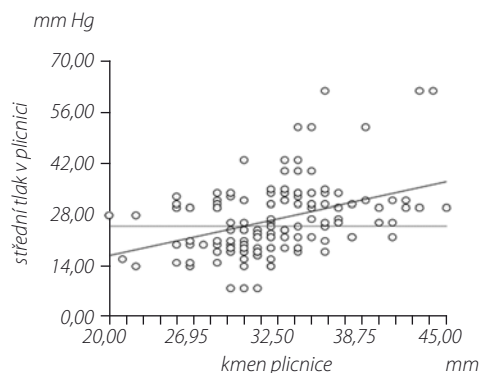
Table 4. Agreement between radiologists reporting CXRs and real mean pulmonary artery pressure in the group with PH ( $n = 30$ ), in the group without PH ( $n = 23$ ) and in the whole cohort ( $n = 53$ )

|                              | Shoda se skutečností   |       |                        |       |                        |       |
|------------------------------|------------------------|-------|------------------------|-------|------------------------|-------|
|                              | pozitivní ( $n = 30$ ) |       | negativní ( $n = 23$ ) |       | obou typů ( $n = 53$ ) |       |
|                              | n                      | %     | n                      | %     | n                      | %     |
| skutečnost versus radiolog A | 9                      | 30,00 | 22                     | 95,65 | 31                     | 58,49 |
| skutečnost versus radiolog B | 10                     | 33,33 | 19                     | 82,61 | 29                     | 54,72 |
| skutečnost versus radiolog C | 14                     | 46,67 | 20                     | 86,96 | 34                     | 64,15 |

Tab. 5. Frekvence výskytu vybraných parametrů na HRCT podle hodnocení jednotlivých radiologů ve skupině nemocných s plicní hypertenzí ( $n = 26$ ) a ve skupině bez plicní hypertenze ( $n = 22$ )

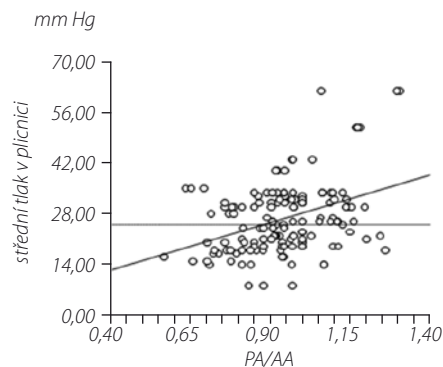
Table 5. Frequency of selected HRCT findings assessed by three radiologists in a group with pulmonary hypertension ( $n = 26$ ) and in a group without pulmonary hypertension ( $n = 22$ )

| Hodnotitel HRCT >                       | PH (% z $n = 26$ ) |       |       | bez PH (% z $n = 22$ ) |       |       |
|---|--------------------|-------|-------|------------------------|-------|-------|
|   | A                  | B     | C     | A                      | B     | C     |
| šíře kmene plicnice > 28 mm             | 88,46              | 88,46 | 80,77 | 77,27                  | 77,27 | 77,27 |
| PA/AA > 1                               | 53,84              | 30,77 | 19,23 | 22,73                  | 4,54  | 13,67 |
| A/B index > 1 alespoň ve třech lalocích | 42,31              | 53,84 | 30,77 | 27,27                  | 45,45 | 13,64 |
| bikini bottom sign                      | 84,61              | 50,00 | 42,31 | 68,18                  | 27,27 | 22,73 |
| mozaiková perfuze                       | 53,85              | 11,54 | 61,54 | 31,82                  | 9,09  | 77,27 |
| centrilobulární denzity mléčného skla   | 9,09               | 69,23 | 69,23 | 9,09                   | 36,36 | 54,55 |
| kalcifikace v srdečních chlopních       | 3,85               | 0,00  | 3,85  | 0,00                   | 0,00  | 0,00  |
| shoda radiologů s realitou              | 61,54              | 53,85 | 57,69 | 81,82                  | 68,18 | 68,18 |



Graf 3. Vztah mPAP a šíře kmene plicnice měřeného na HRCT plic. Horizontální linie označuje hodnotu mPAP 25 mm Hg.

Graph 3. Scatter plot shows relationship between mPAP and diameter of the main pulmonary artery measured on HRCT of the lungs. Horizontal line shows level of mPAP at 25 mm Hg.



Graf 4. Vztah mPAP a PA/AA indexu (poměru šíře kmene plicnice a ascendentní aorty) na HRCT plic. Horizontální linie označuje hodnotu mPAP 25 mm Hg.

Graph 4. Scatter plot shows relationship between mPAP and PA/AA index (ratio between diameter of the main pulmonary artery and diameter the ascending aorta) measured on HRCT of the lungs. Horizontal line shows level of mPAP at 25 mm Hg.

Tab. 6. Korelační koeficienty mezi středním tlakem v plicnici a relevantními kvantitativními hodnotami naměřenými na HRCT plic

Table 6. Correlation coefficients between mean pulmonary artery pressure and relevant quantitative findings measured on HRCT of the lungs

|                               | Kmen plicnice | PA/AA    | Ahp/Bhp  | Adp/Bdp  | Ahl/Bhl  |
|-------------------------------|---------------|----------|----------|----------|----------|
| korelační koeficient <i>r</i> | 0,396894      | 0,382652 | 0,289321 | 0,222878 | 0,192219 |
| hladina významnosti <i>p</i>  | 0,000001      | 0,000002 | 0,000457 | 0,008359 | 0,021452 |

Tab. 7. Shoda jednotlivých radiologů popisujících HRCT plic se skutečným naměřeným středním tlakem v plicnici ve skupinách s PH (n = 26), bez PH (n = 22) a v celém souboru (n = 48)

Table 7. Agreement between radiologists reporting HRCT of the lungs and real mean pulmonary artery pressure in the group with PH (n = 26), without PH (n = 22) and the whole cohort (n = 48)

|                              | Shoda se skutečností |       |                    |       |                    |       |
|------------------------------|----------------------|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|
|                              | pozitivní (n = 26)   |       | negativní (n = 22) |       | obou typů (n = 48) |       |
|                              | n                    | %     | n                  | %     | n                  | %     |
| skutečnost versus radiolog A | 16                   | 61,54 | 18                 | 81,82 | 34                 | 70,83 |
| skutečnost versus radiolog B | 14                   | 53,85 | 15                 | 68,18 | 29                 | 60,42 |
| skutečnost versus radiolog C | 15                   | 57,69 | 15                 | 68,18 | 30                 | 62,50 |

## Predikce PH pro PA, PA/AA a TI

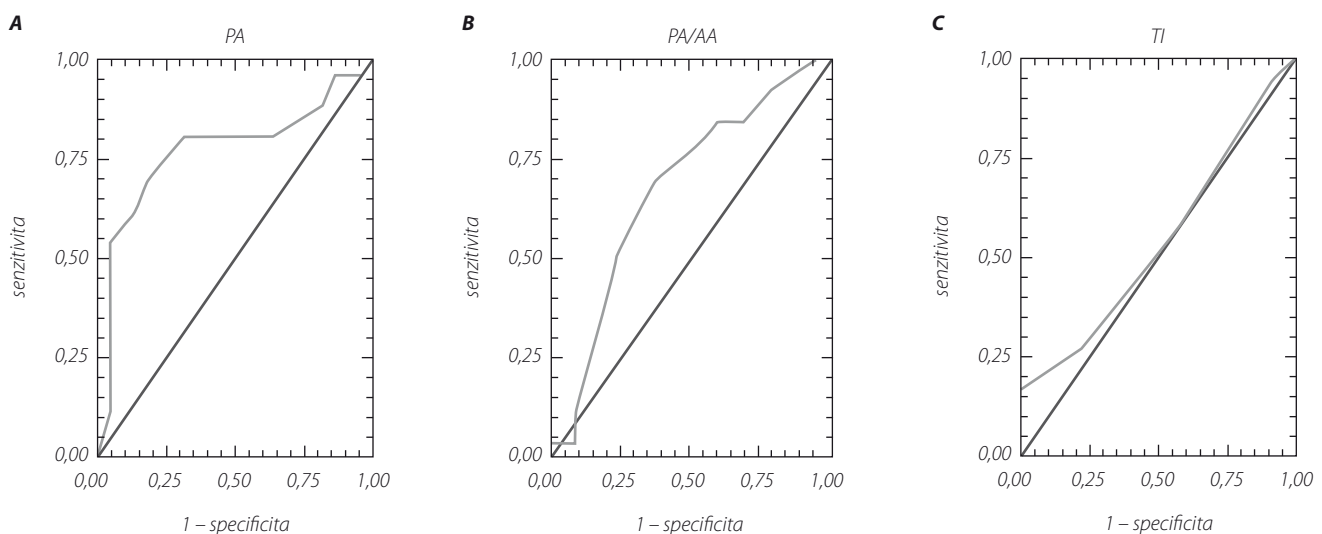
ROC analýza – pomocí ROC (receiver operating characteristic) analýzy, tj. pomocí logistické regrese, jsme hodnotili predikci PH u tří sledovaných parametrů PA, PA/AA a TI. K tomuto jsme použili data získaná z hodnocení pouze od prvního autora, protože jako jediný hodnotil RTG i CT nálezy. Mírou kvality predikce je tzv. AUC (area under curve – plocha pod ROC křivkou). Čím větší je AUC (tj. čím více se blíží 1), tím lepší je prediktor. Jako nejvhodnější prediktor se při hodnocení HRCT ukázala šíře PA s AUC

rovnou 0,7719 (graf 5A). Mezní hodnota (cut-off) pro plicní hypertenzi v našem souboru je u PA 31,2 mm se senzitivitou 80,769 % a specificitou 68,182 %. V případě indexu PA/AA byly výsledky horší. AUC byla 0,6757 (graf 5B). Mezní hodnota pro PH byla 0,931 se senzitivitou 76,923 % a specificitou 50,00 %. U vyšetření RTG jsme očekávali, že vůdčí veličinou pro odhad pozitivního nebo negativního výskytu PH bude šíře truncus intermedius. Graf 5C ale ukazuje, že toto se vůbec nepotvrdilo.

## DISKUSE

Plicní hypertenze u jedinců s chronickým plicním onemocněním zhoršuje prognózu (3) a spolehlivý neinvazivní test k detekci PH u idiopatické plicní fibrózy (12) ani dalších difuzních plicních onemocnění není zatím k dispozici.

V radiologii hrudníku se běžně používá řada nálezů s ověřeným vztahem k mPAP. Nejlépe je popsán vztah průměru plicní tepny nebo jejich větví. Naše výsledky ukazují, že existuje významná vazba mezi mPAP a absolutními i relativními hodnotami PPA na nativním CT a TI na skiagramu hrudníku. Průměr kmene plicnice můžeme považovat za dobrý parametr pro predikci PH. Rozhodovací mez (cut-off) pro PA bylo 31,2 mm což je více, než udává například Ng et al. (8), kteří používali jako kritérium pro PH nižší hodnotu mPAP, a to 20 mm Hg. U nemocných s intersticiálním plicním procesem má poměr PA/AA měřený na CT nejlépe korelovat s mPAP (13, 14). V našem případě však s mPAP nejlépe korelovala absolutní hodnota PA. Je to zřejmě podmíněno větším nemocných a systémovou arteriální hypertenzí, tedy faktorů s vlivem na šíři ascendentní aorty. Z nově navrhovaných indexů na RTG jsme nenalezli závislost mezi mPAP a TI/BI a AZ/cost. Naopak, námi nově zavedený TI/LHB index koreloval s mPAP dokonce silněji než absolutní šíře TI. Šíře truncus intermedius se však neprokázala jako dobrý prediktor PH. Poměry A/B na RTG stejně jako poměry šíře segmentálních nebo subsegmentálních větví plicnice a bronchů na CT vyka-



Graf 5. ROC (receiver operating characteristic) křivky pro predikci plicní hypertenze u těchto ukazatelů: A – šíře plicní tepny; B – poměr šíře PA/AA; C – šíře truncus intermedius

Graph 5. ROC (receiver operating characteristic) curves for prediction of pulmonary hypertension using following parameters: A – width of the main pulmonary artery; B – PA/AA width ratio; C – width of the right descending branch of pulmonary artery



zovaly slabou vazbu s mPAP. Zřejmě je to podmíněno vazokonstrikcí periferních plicních tepen při PH a destrukcí plicního parenchymu základním onemocněním.

Mezi našimi pacienty s PH se vyskytli i jedinci, jejichž PA ani TI nepřesahovaly námi stanovenou horní mez a ve skupině bez PH byli nemocní s rozšířením PA i TI nad tuto mez. Vedle dlouhého časového odstavu mezi vyšetřeními to lze vysvětlit i přítomností plicní fibrózy, která trakcí může způsobit rozšíření plicních tepen bez ohledu na výši tlaku v plicnici (8, 15). Byly popsány případy nemocných s plicní fibrózou, u kterých navzdory průměru plicní tepny přesahující 40 mm není zvýšený tlak v plicnici (9). Ve skupinách nemocných s PH a bez PH se překrývaly i další dříve stanovené normální a patologické hodnoty. Při zvažování přítomnosti PH na RTG a CT je proto vhodné zohlednit další parametry tak, jak to uvádí například Chan et al. (16) a jak jsme to prováděli i my.

Ve skupině nemocných s PH jsme na RTG i CT pozorovali častěji než u nemocných bez PH i některé kvalitativní nálezy. Jednalo se zejména o vyklenutí obloučku plicnice na skiagramu a příznak bikini bottom na CT. Přesvědčili jsme se, že oba příznaky mohou být také falešně pozitivní. U jinak zdravých mladých jedinců zejména žen, se můžeme setkat s izolovanou prominencí obloučku plicnice (17), dokonce byly popsány případy aneurymatické dilatace kmene plicnice při absenci PH (18). Obdobně i malé množství tekutiny v perikardiálním recessu může mít jinou etiologii než PH.

Z našich výsledků vyplývá, že RTG a CT vyšetření hodnocené zkušenými radiology pomocí dané metodiky jsou k přítomnosti zvýšeného tlaku v plicnici senzitivní. CT v detekci PH převyšuje pochopitelně RTG, protože umožňuje přesné měření kmene plicnice a bližší posouzení dalších parametrů, které ze skiagramu hodnotit nelze. Shoda hodnotících radiologů se skutečnou hodnotou mPAP se v našem souboru u RTG pohybovala do 64 % a na CT do 70 %. To je méně než udávají například Miniati (11) u RTG hrudníku a Alhamad (19) na CT. Jistě to souvisí s jinou metodikou a důvody uvedenými dále v diskusi mezi faktory limitujícími náš výzkum. Predikce přítomnosti PH u obou metod nebyla vysoká. U RTG u všech tří hodnotících nepřevyšovala 50 %. Toto jsme předpokláda-

li vzhledem k omezené výpovědní hodnotě skiagramů a také k charakteru onemocnění. Na CT radiologové byli v určování přítomnosti PH úspěšnější a to až v 66 % případech.

Zajímavým výsledkem je vysoká negativní prediktivní hodnota pro PH u skiagramů, která u všech tří radiologů převýšila 80 % a u hodnotitele A dokonce přesáhla 95 %. CT v tomto ohledu bylo méně úspěšné, nejlepší dosažená predikce nepřítomnosti PH byla 81,82 %. Domníváme se, že skiagram hrudníku u nemocných s chronickým plicním onemocněním s podílem fibrózy může představovat vhodný test k vyloučení PH.

Z tabulek četnosti výskytu jednotlivých ukazatelů ve skupinách s PH a bez PH také vyplývá, že někteří radiologové mají ve srovnání s ostatními tendenci nadhodnocovat nebo naopak podhodnocovat nejen kvantitativní, ale i kvalitativní nálezy.

Náš výzkum byl limitován několika faktory. Jednalo se o nevelký soubor nemocných pouze z jednoho centra, ve kterém byli zastoupeni nemocní s různými plicními onemocněními převážně s podílem fibrózy. RTG a HRCT vyšetření nebyla prováděna ve stejný den jako pravostranná katetrizace, v extrémních případech byl odstup mezi katetrizací od RTG hrudníku až 1128 dnů a od HRCT až 1184 dní, takže naměřené hodnoty mPAP se mohly v době provedení RTG a CT výrazně lišit. RTG snímky jsme posuzovali pouze v PA projekci a CT vyšetření byla provedena bez podání kontrastní látky.

## ZÁVĚR

RTG hrudníku ani HRCT plic u nemocných s difúzním plicním onemocněním nemohou stanovit tlak v plicní tepně tak, jak to lze pomocí TTE nebo pravostranné srdeční katetrizace. Nicméně existuje vazba mezi plicní hypertenzí a některými RTG a CT nálezy. CT pochopitelně převyšuje RTG v detekci PH. Při pozitivitě více příznaků na CT lze vyjádřit silné podezření na PH, které se ověří dalšími vyšetřeními. Naopak pokud CT a RTG nevykazují žádné známky plicní hypertenze, je její přítomnost nepravděpodobná.

## LITERATURA

1. **Hoepfer MM, Bogaard HJ, Condliffe R, et al.** Definitions and diagnosis of pulmonary hypertension. *J Am Coll Cardiol* 2013; 62(25 Suppl): 42–50.
2. **Simonneau G, Gatzoulis MA, Adatia I, et al.** Updated clinical classification of pulmonary hypertension. The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Pulmonary Hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Respiratory Society (ERS), endorsed by the International Society of Heart and Lung Transplantation (ISHLT). *J Am Coll Cardiol* 2013; 62(25): 34–41.
3. **Seeger W, Adir Y, Barberà JA, et al.** Pulmonary hypertension in chronic lung diseases. *J Am Coll Cardiol* 2013; 62(25 Suppl): 109–116.
4. **Hansell DM, Lynch DA, McAdams HP, Bankier, AA.** Imaging of diseases of the chest, 5<sup>th</sup> edition. Edinburgh: Mosby Elsevier 2010.
5. **McCann C, Gopalan D, Sheares K, Screaton N.** Imaging in pulmonary hypertension, part 1: clinical perspectives, classification, imaging techniques and imaging algorithm. *Postgrad Med J* 2012; 88(1039): 271–279.
6. **Arcasoy SM, Christie JD, Ferrari VA, et al.** Echocardiographic assessment of pulmonary hypertension in patients with advanced lung disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2003; 167(5): 735–740.
7. **Chang, CH.** The normal roentgenographic measurement of the right descending pulmonary artery in 1,085 cases. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med* 1962; 87: 929–935.
8. **Ng CS, Wells AU, Padley SP.** A CT sign of chronic pulmonary arterial hypertension: the ratio of main pulmonary artery to aortic diameter. *J Thorac Imaging* 1999; 14(4): 270–278.
9. **Devaraj A, Hansell DM.** Computed tomography signs of pulmonary hypertension: old and new observations. *Clinical Radiology* 2009; 64(8): 751–760.



10. **Tan RT, Kuzo R, Goodman LR, et al.** Utility of CT scan evaluation for predicting pulmonary hypertension in patients with parenchymal lung disease. Medical College of Wisconsin Lung Transplant Group. *Chest* 1998; 113(5): 125–1256.
11. **Miniati M, Monti S, Airò E, et al.** Accuracy of chest radiography in predicting pulmonary hypertension: a case-control study. *Thromb Res* 2014; 133(3): 345–351.
12. **Salajka F, Bartoš V, Novosad J, et al.** Failure of noninvasive prediction of pulmonary hypertension in patients with idiopathic pulmonary fibrosis. *Monaldi Arch Chest Dis* 2011; 75(3): 172–177.
13. **Devaraj A, Wells AU, Meister MG, et al.** Detection of pulmonary hypertension with multidetector CT and echocardiography alone and in combination. *Radiology* 2010; 254(2): 609–616.
14. **Devaraj A, Wells AU, Meister MG, Corte TJ, Hansell DM.** The effect of diffuse pulmonary fibrosis on the reliability of CT signs of pulmonary hypertension. *Radiology* 2008; 249(3): 1042–1049.
15. **Zisman DA, Karlamangla AS, Ross DJ, et al.** High-resolution chest ct findings do not predict the presence of pulmonary hypertension in advanced idiopathic pulmonary fibrosis. *Chest* 2007; 132(3): 773–779.
16. **Chan AL, Juarez MM, Shelton DK, et al.** Novel computed tomographic chest metrics to detect pulmonary hypertension. *BMC Medical Imaging* 2011; 11(1): 7.
17. **Steinhart L, Pudil R, Endryš J.** Úloha prostého snímku hrudníku v kardiologii. 1. vyd. Hradec Králové: Nucleus 2012 (Kniha obsahuje doplňkové CD.)
18. **Ring NJ, Marshall AJ.** Idiopathic dilatation of the pulmonary artery. *Br J Radiol* 2002; 75(894): 532–535.
19. **Alhamad EH, Al-Boukai AA, Al-Kasimi FA, et al.** Prediction of pulmonary hypertension in patients with or without Interstitial Lung Disease: Reliability of CT Findings. *Radiology* 2011; 260(3): 875–883.