

Zobrazovací metody v diagnostice a stratifikaci rizika akutní plicní embolie

Vladimír Kincl^{1,4}, Adéla Drozdová^{1,4}, Roman Panovský^{1,4}, Igor Suškevič^{2,4}, Milan Kamínek^{3,4}

¹I. interní kardioangiologická klinika, FN u sv. Anny, Brno

²Klinika zobrazovacích metod, FN u sv. Anny, Brno

³Klinika nukleární medicíny, FN a LF UP, Olomouc

⁴ICRC – Mezinárodní centrum klinického výzkumu, FN u sv. Anny, Brno

Akutní plicní embolie patří mezi časté život ohrožující onemocnění kardiovaskulárního systému. Její závažnost kolísá od nízkého rizika s dobrou prognózou až po vysoce závažné šokové stavy s vysokou mortalitou. Co nejpřesnější diagnostika a stratifikace rizika u pacientů s plicní embolií je tedy základním předpokladem úspěšné terapie. Článek přináší přehled zobrazovacích metod, které tvoří nedílnou součást diagnostického algoritmu u akutní plicní embolie.

Klíčová slova: plicní embolie, zobrazovací metody, stratifikace rizika.

The imaging methods in diagnostics and risk stratification of acute pulmonary embolism

Acute pulmonary embolism is one of frequent life-threatening cardiovascular diseases. Its severity varies from low risk cases with good prognosis to severe shock states with high mortality. The most exact diagnostics and risk stratification is basic requirement for successful therapy. This paper provides review of imaging methods which are fundamental part of diagnostic process in acute pulmonary embolism.

Key words: pulmonary embolism, imaging methods, risk stratification.

Interv Akut Kardiol 2014; 13(1): 17–22

Plicní embolie (PE) je jedním z častých potenciálně život ohrožujících kardiovaskulárních onemocnění. Epidemiologická data o incidenci plicní embolie se pohybují od 50 do 100 případů na 100 tisíc osob ročně (2, 3, 4). Uzávěr určité části plicního řečiště, ať už většinou tromboembolickými hmotami, vzácněji tukovým embolem, plodovou vodou či vzduchem, může vést k akutnímu selhání pravé komory a smrti. Podle klinického stavu pacienta je volena buď trombolytická terapie, nebo u stabilních pacientů s nižším rizikem antikoagulační terapie. Pokud plicní embolie není řádně diagnostikována a léčena, vykazuje až 30% mortalitu, při včasné diagnostice a adekvátní léčbě je mortalita výrazně nižší, kolem 8% (4).

Z patofyziologického hlediska jsou důležité hemodynamické důsledky plicní embolie, které se projevují při tromboembolickém uzávěru 30–50% plicního řečiště (5). Vzestup tlaku v plicním oběhu vede k nárůstu afterloadu pravé komory (PK), k jejímu selhávání a v těžkých případech k náhlé smrti, většinou zapříčiněnou elektromechanickou disociací (3, 6). Dalšími důsledky mohou být hypotenze, progredující někdy do šokového stavu a smrt následkem selhání PK (7). Z tohoto důvodu je určení správné diagnózy a stanovení rizika u plicní embolie důležitým krokem v rozhodování o další terapii (1).

Na prvním místě ve včasné diagnostice je samozřejmě zhodnocení pacienta a rizikových faktorů, jako jsou zejména stavy po větších chirurgických výkonech (hlavně ortopedické, břišní), zlomeniny kostí dolních končetin, traumata většího rozsahu, malignity, hormonální terapie včetně antikoncepce, trombofilní stavy apod. (3, 4). Symptomy plicní embolie jsou zejména: dušnost, bolest na hrudi – spíše pleurálního charakteru, tachykardie a tachypnoe; méně často kašel, hemoptýza a synkopa (3). Laboratorní metody zahrnují jednak stanovení D-dimerů, které má vysokou senzitivitu, ale nízkou specifitu, proto jsou při pozitivě nutná další potvrzující vyšetření (4). Pro posouzení rizika slouží především stanovení natriuretických peptidů, neboť jsou markerem dysfunkce pravé komory (8). Rovněž stanovení troponinu je důležitým pomocným vyšetřením k odlišení pacientů s vysokou a ní-

kou mortalitou (4, 9, 10). Vyšetření krevních plynů také může napomoci při diagnostice, častým, avšak nespecifickým nálezem, je hypoxie, hypokapnie, respirační alkalóza a hyposaturace (4). Z pomocných vyšetřovacích metod může poskytnout určitou diagnostickou informaci EKG, mezi relativně časté známky plicní embolie patří: negativní T ve V1–3, SI, QIII, negativní TIII, blokáda pravého Tawarova raménka, P 2,3 pulmonale (4).

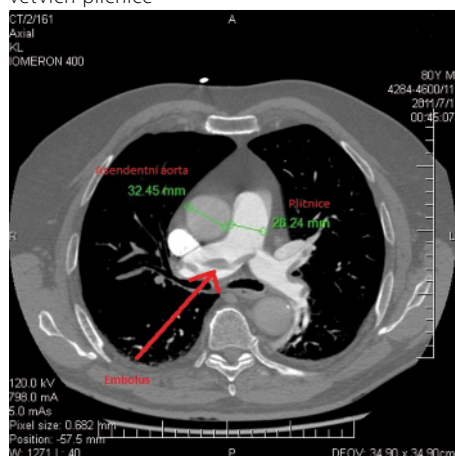
Zobrazovací metody

Rentgenový snímek hrudníku

Rentgenový snímek hrudníku (rtg) nepatří sice mezi metody, které přímo slouží k diagnostice plicní embolie, ale je často jedním z prvních vyšetření, které pacient s anamnézou dušnosti a podobných příznaků vyskytujících se u plicní embolie podstoupí. U plicní embolie se na rtg snímku může vyskytnout atelektáza, elevace

Tabulka 1. Diagnostická hodnota různých echokardiografických známek plicní embolie u pacientů bez a s existujícím kardiorespiračním onem (Kurzyna et al., 2002)

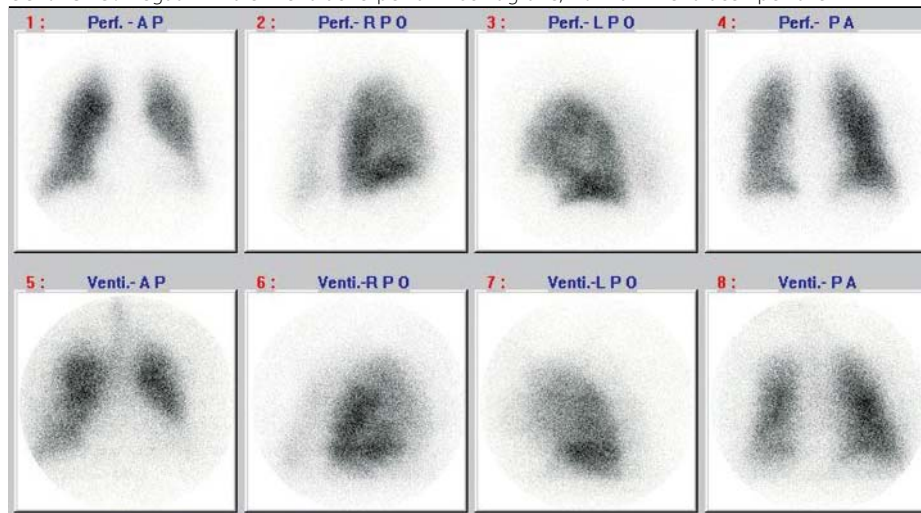
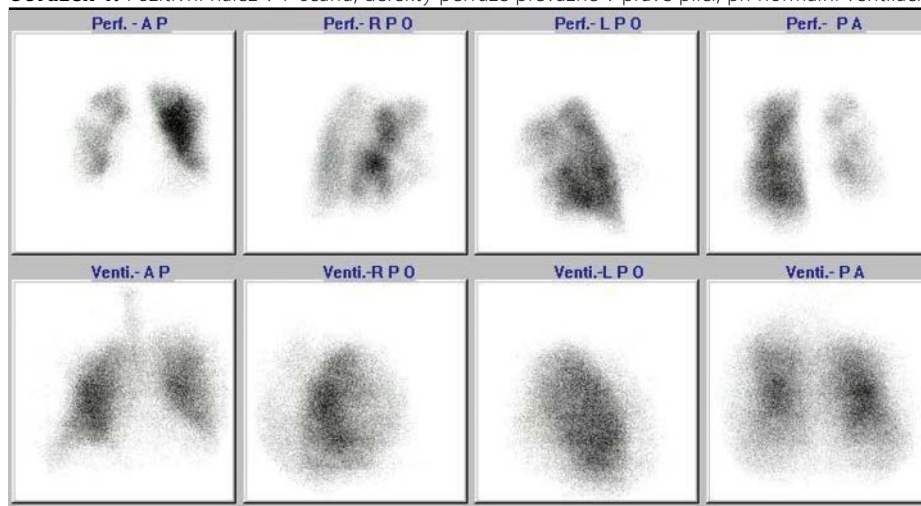
	Pacienti bez přítomného kardiorespiračního onemocnění (n = 46)			Pacienti s kardiorespiračním onemocněním (n = 54)		
	přetížení PK	znamení 60/60	McConnellovo znamení	přetížení PK	znamení 60/60	McConnellovo znamení
Specifita (%)	78	100	100	21	89	100
Senzitivita (%)	81	25	19	80	26	20
PPV (%)	90	100	100	65	82	100
NPV (%)	64	37	35	36	40	40

Obrázek 1. Měření rozměrů PK a LK na CT**Obrázek 2.** Měření ascendentní aorty a plicnice, šipka ukazuje na embolus v bifurkaci a obou větvích plicnice

bránice na postižené straně, zvětšený hilus či prominenci plicnice. Nejčastěji, dle českých guidelines (4) až ve 46 % případů, lze u akutní plicní embolie nalézt sníženou cévní kresbu v určitém okruhu plic. Diagnostický přínos se zvyšuje při přítomnosti dalších známek jako kardiomegalie nebo prominenci plicnice. Normální rtg snímek ale nevylučuje diagnózu PE, jeho přínos je spíše v kombinaci s dalšími metodami, hlavně s ventilačně perfuzním scanem, kde při normálním rtg snímku plic je nález perfuzních defektů známkou potvrzující diagnózu embolizace. Ani v této kombinaci ale nedosahuje diagnostické validity, jakou poskytuje např. kombinace perfuzního a ventilačního scanu, zejména metodou jednofotonové emisní počítačové tomografie (SPECT), či perfuzního SPECT a nativního CT (viz níže).

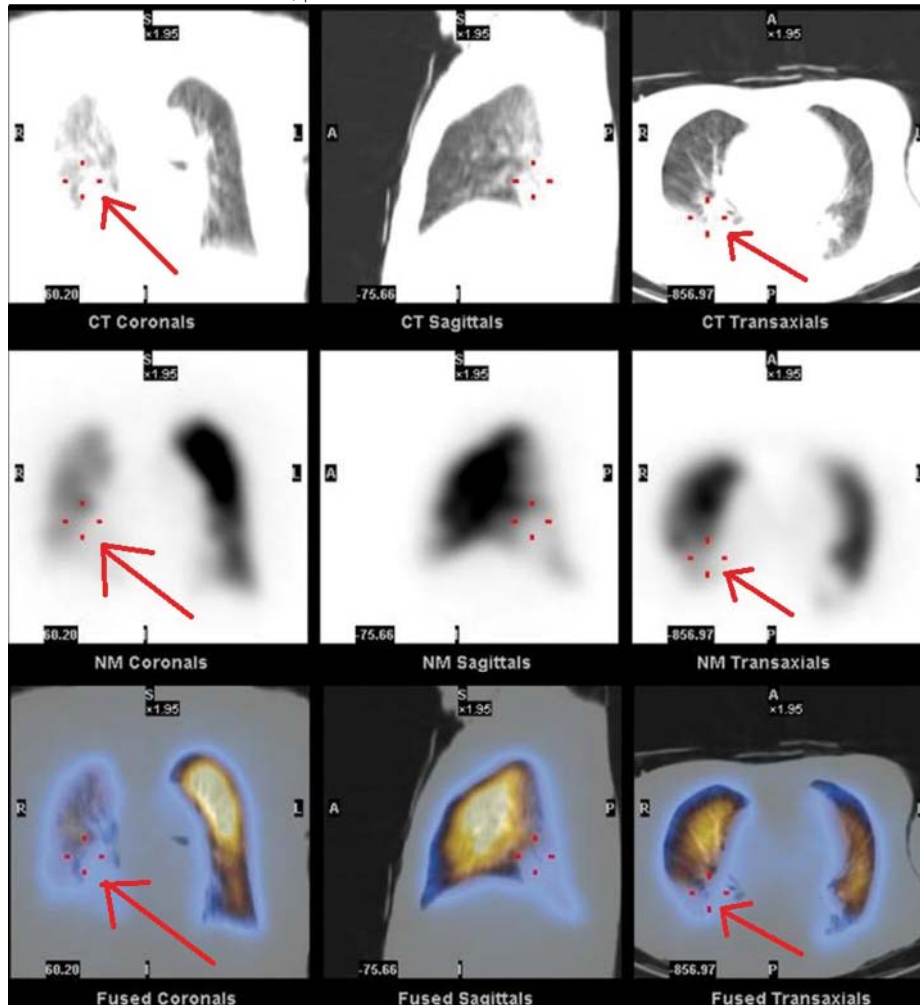
Echokardiografie

Echo srdce patří k základním vyšetřením u pacientů s podezřením na plicní embolizaci, a to jak v diagnostice, tak při stanovení rizika. Podle českých i evropských guidelines patří mezi hlavní echokardiografické známky plicní embolie dilatace pravé komory, hypokineza volné

Obrázek 3. Negativní nález ventilačně-perfuzní scintigrafie, normální ventilace i perfuze**Obrázek 4.** Pozitivní nález V-P scanu, defekty perfuze převážně v pravé plicí, při normální ventilaci

stěny PK a zvýšení poměru enddiastolického diametru pravá komora/levá komora (PK/LK). Dilatace pravé komory se vyskytuje asi u 25 % pacientů s akutní plicní embolií. Z dalších nálezů můžeme vidět oploštění mezikomorového septa nebo až jeho vyklenování do levé komory, dilataci pravé síně či dilataci dolní duté žíly s omezením jejího kolabování v závislosti na dýchání (4). Vzácně při centrální lokalizaci trombembolu v kmeni plicnice se podaří jeho přímé zobrazení, ať už transtorakálním či spíše transezofageálním vyšetřením. Senzitivita transtorakálního vyšetření se udává kolem 67 %, specifita 94 % (11). Pokud jsou na echo vyšetření přítomny zároveň známky plicní hypertenze (definované jako rychlost trikuspidálního regurgitačního toku nad 2,5 m/sec) a dilatace PK (enddiastolický poměr PK/LK nad 0,5), je senzitivita až 93 %, specifita 81 % a negativní prediktivní hodnota 94 % (12). V přítomnosti existujícího kardiorepiračního onemocnění je ovšem specifita nižší. Další možností je stanovení enddiastolických ploch PK a LK z apikální 4dutinové projekce, kde hodnota

poměru PK/LK nad 0,6 ukazuje na dilataci PK (13). Kurzyna, et al. (14) na souboru 100 konsekutivních pacientů s podezřením na plicní embolii zkoumali diagnostickou přesnost echokardiografických parametrů, jako jsou známky přetížení pravé komory, znamenají 60/60 a McConnellovo znamení. Mezi přetížení PK zařadili přítomnost ≥ 1 ze 4 následujících znaků: 1) viditelný trombus v pravostranných oddílech, 2) diastolický rozměr PK z parasternální projekce větší než 30 mm, nebo poměr PK/LK > 1 , 3) systolické zplošťování mezikomorového septa a 4) akcelerační čas PK pod 90 msec nebo trikuspidální regurgitační gradient > 30 mmHg v nepřítomnosti hypertrofie PK. Znamení 60/60 je akcelerační čas PK pod 60 msec současně s trikuspidálním regurgitačním gradientem ≤ 60 mmHg. McConnellovo znamení je normo- a/nebo hyperkineze apikálního segmentu při současně hypo- až akineze ostatních segmentů volné stěny PK. Výsledky jejich práce shrnuje tabulka 1. Ve stratifikaci rizika je echokardiografie přínosnější vzhledem k možnosti posouzení funkce PK, avšak metody

Obrázek 5. Perfuzní SPECT/CT, perfuzní defekt v místě fluidothoraxu

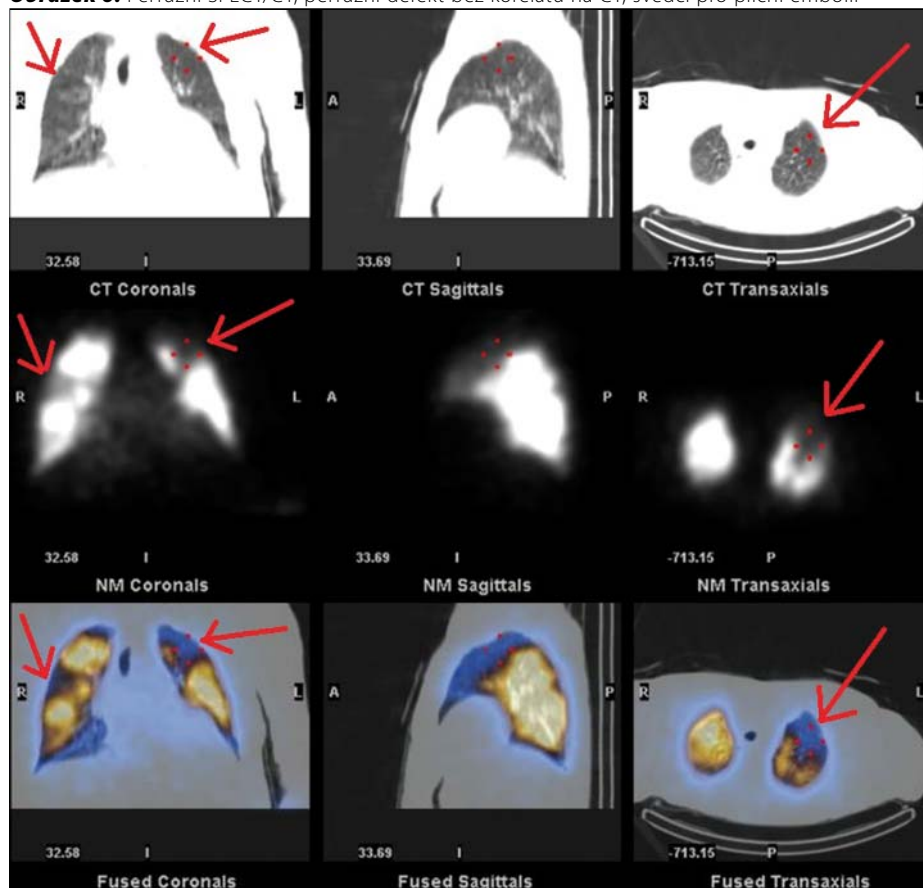
hodnocení dysfunkce PK se v různých studiích liší. Byly použity parametry jako dilatace PK, hypokineza volné stěny PK, zvětšení poměru PK/LK a vyšší trikuspidální regurgitační gradient (15, 16). Pacienti s echokardiograficky prokázanou dysfunkcí PK mají zhruba dvojnásobnou mortalitu na plicní embolii proti pacientům bez dysfunkce (17). Chow, et al. (18) prokázali význam poměru endsystolických ploch pravé a levé síně (PA/LA ratio) stanovených z apikální 4dutinové projekce. U pacientů, kteří měli PA/LA ratio > 1 při přijetí pro akutní plicní embolii, měli při dlouhodobém sledování (průměrná doba $4,3 \pm 1,9$ roku) trojnásobně vyšší mortalitu. Využití akceleračního času plicnice (AT) popisují Kjaergaard, et al. (19) u 41 pacientů s potvrzenou první submasivní plicní embolií na ventilačně perfuzním scanu, kteří podstoupili echokardiografické vyšetření na počátku studie a po 1 roce. Došlo k prodloužení akceleračního času z 89 ± 23 ms na 116 ± 31 ms, $p < 0,0001$ a multivariátní analýza ukázala vztah AT a přežití bez kardiální smrti či hospitalizace pro srdeční selhání (HR pro 10 ms 0,84 (0,70–1,02), $p = 0,04$). Tkáňové dopplerovské zobrazení (TDI) rovněž poskytuje doplňkovou informaci

k ostatním echo parametrům; Rodrigues, et al. (20) na souboru 100 pacientů zkoumali vztah mezi TDI parametry a hladinou BNP u akutní plicní embolizace. U pacientů s hladinou BNP > 50 pg/mL byla zjištěna signifikantně častější dysfunkce PK (13 vs 59 %) $p < 0,001$, vyšší odhad systolického TK v plicnici (48 ± 11 vs. 35 ± 11 mmHg), $p = 0,002$ a nižší systolická rychlost trikuspidálního anulu s' ($10,5 \pm 3,5$ vs. $13,2 \pm 3,1$ cm/s), $p < 0,001$, proti pacientům s hladinou BNP < 50 pg/mL. ROC analýza pro s' vlnu ukázala cut-off hodnotu 10,8 cm/s se 85% specifitou a 54% senzitivitou. Další možností je hodnocení funkce PK pomocí měření systolického pohybu trikuspidálního anulu (TAPSE) nebo frakčního zkrácení pravé komory (RV FAC). Pacienti, kteří mají dysfunkci pravé komory ve smyslu hypo- až akinezy volné stěny PK či mají dilataci PK (poměr PK/LK > 1) spojenou s plicní hypertenzí, mají rovněž signifikantně nižší TAPSE, i RV FAC. Hodnoty TAPSE i RV FAC vykazovaly i významnou korelaci s biomarkery dysfunkce PK jako troponin T a NT-proBNP (21). Práce korejských autorů (22) rovněž potvrdila užitečnost hodnocení TAPSE (hraniční hodnota 1,75 cm se senzitivitou 87 % a speci-

fitou 91 %) i systolické rychlosti trikuspidálního anulu – zde použili vyšší cut-off hodnotu 13,8 cm/s a dosáhli senzitivity a specifity 86 resp 78 %. Echokardiografie tedy poskytuje mnoho možností k posouzení diagnózy plicní embolizace i ke stratifikaci rizika, je rychlá, dostupná a bez zátěže ionizujícím zářením, mezi nevýhodami patří absence jednotných kritérií dysfunkce pravé komory a nižší diagnostická přesnost – až 20 % pacientů s plicní embolií má normální nález na echokardiografii (4).

CT angiografie plicnice

Se zavedením multidetektorového CT (MDCT) se CT angiografie plicnice (CTAG) stala jednou z hlavních vyšetřovacích metod v diagnostice akutní plicní embolie. Jednoznačnou výhodou je široká dostupnost CT vyšetření i v menších nemocnicích a nepřetržitý provoz CT pracovišť. MDCT umožňuje vizualizaci plicních arterií až do úrovně segmentárních tepen (3, 23, 25). Senzitivita a specifita MDCT v diagnostice plicní embolie se podle studie PLOPED II udává 83 resp. 96 %, pozitivní prediktivní hodnota (PPV) se pohybuje mezi 92–96 % (26). Podle ESC guidelines je tedy negativní MDCT u pacientů s menší než vysokou klinickou pravděpodobností dostatečné k vyloučení plicní embolie. U pacientů, kteří mají negativní MDCT a vysokou klinickou pravděpodobnost, je doporučeno použití dalších metod, jako je ultrazvukové vyšetření žil dolních končetin a/nebo ventilačně-perfuzní scintigrafie (3). MDCT kromě přímého zobrazení embolu v plicních arteriích umožňuje i posouzení plicního parenchymu, posouzení přítomnosti případného fluidothoraxu a nezhádka může napomoci k odhalení sekundární příčiny plicní embolizace, zejména onkologických onemocnění. Co se týká stratifikace rizika, CT vyšetření s použitím EKG gatingu umožňuje srovnání rozměrů pravé a levé komory, neumožňuje však přímé posouzení funkce PK. Studie s použitím jednodetektorového CT (SDCT) prokázala negativní prediktivní hodnotu (NPV) 100 % pro 3měsíční mortalitu u pacientů s poměrem PK/LK > 1 (27). Další autoři (28) zkoumali použití MDCT bez použití EKG gatovaných snímků. Měření rozměrů PK/LK prováděli z reformátované 4dutinové projekce. Na souboru 431 pacientů byla pro 30denní mortalitu pro PK/LK poměr $> 0,9$ stanovena PPV 15,6 % a NPV 92,3 %. Park, et al. (29) hodnotili z EKG negatovaných CT scanů poměr PK/LK, vyklenování mezikomorového septa do LK a přítomnost proximální lokalizace embolu. Poměr PK/LK byl hodnocen v rovině maximálního zobrazení obou komor, měření

Obrázek 6. Perfuzní SPECT/CT, perfuzní defekt bez korelátu na CT, svědčí pro plicní embolii

bylo prováděno na úrovni trikuspidální resp. mitrální chlopně. Výsledky CT měření srovnávali s přítomností či nepřítomností hypokineze PK na echokardiografii. U pacientů s hypokinezou PK byl nalézán významně častěji proximální lokalizovaný embolus, přítomnost vyklenování mezikomorového septa a vyšší poměr PK/LK ($1,58 \pm 0,47$ vs. $0,99 \pm 0,30$, $p < 0,001$). V predikci klinických příhod (smrt v souvislosti s plicní embolií do 30 dnů od diagnózy, kardiopulmonální resuscitace, použití inotropik, mechanická ventilace, trombolýza nebo chirurgická embolektomie) byly zjištěny pro hypokinezu PK senzitivita 78,6 %, specifická 78,6 %, PPV 55,0 % NPV 91,7 %. Z CT parametrů měli největší senzitivitu poměr PK/LK >1 a proximální lokalizace embolu – obojí 92,9 %, specifická byla nejvyšší u vyklenování septa – 64,3 %. Kombinace všech tří CT parametrů pak ukázala senzitivitu 85,7 %, specifickou 76,2 %, PPV 54,4 % a NPV 94,1 %. Použití dalších CT parametrů, jako je průměr horní či dolní duté žíly, veny azygos, nebo poměr plicnice/aorta, poskytlo zatím jen rozporné výsledky (30–33). Na obrázcích 1 a 2 je příklad měření některých CT parametrů. Multidetektorová CT angiografie plicnice je v současnosti v našich podmínkách vedoucí diagnostickou metodou u akutní plicní embolie, je dostupnější než ventilačně-perfuzní scan. Nevýhodou je vyšší radiační zátěž, nutnost

aplikace kontrastní látky a z toho vyplývající rizika (alergie, nefropatie). Použití MDCT ve stratifikaci rizika je nyní v začátcích, některé výše zmíněné parametry, zejména poměr diametru PK/LK, se ve studiích prokázaly jako přínosné.

Ventilačně-perfuzní scintigrafie

Ventilačně-perfuzní scintigrafie (V-P scan) je dlouhodobě užívanou metodou v diagnostice plicní embolie. Provádí se v 6 základních projekcích (přední, zadní, levá a pravá přední šikmá, levá a pravá zadní šikmá) a její validita byla potvrzena několika studiemi (34, 35). Negativní a pozitivní nález na V-P scanu je prezentován na obrázek 3 a 4. Pacienti s normálním V-P scanem mají velmi nízkou pravděpodobnost plicní embolie, Anderson, a kol. (36) u 247 pacientů s normálním nálezem na V-P scanu zjistili pouze u 2 pacientů hlubokou žilní trombózu pomocí duplexní ultrasonografie. Ze zbývajících 245 pacientů neměl žádný trombembolickou příhodu během 3měsíčního sledování. Pozitivní prediktivní hodnota V-P scanu při průkazu alespoň jednoho segmentárního defektu perfuze je kolem 88 % (37–44). Podle ESC guidelines (3) je normální V-P scan spolehlivý ve vyloučení akutní plicní embolie, při sporném nálezů a nízké klinické pravděpodobnosti je rovněž, i když s nižší validitou, možno plicní embolizaci vyloučit. Použití V-P scanu

ve stratifikaci rizika není příliš rozšířeno, Kiely, a kol. (45) na souboru 114 pacientů zkoumali závislost hodnot natriuretických peptidů (BNP, ANP a N-ANP) na výsledku V-P scanu hodnoceného dle kritérií PIOPED (normální nález, nízká/střední pravděpodobnost, vysoká pravděpodobnost), hodnoty všech tří natriuretických peptidů statisticky významně rostly se zvyšující se pravděpodobností plicní embolie na scintigrafii. V další studii (46) byla sice prokázána souvislost mezi hladinou NT-proBNP a procentem obstrukce plicního řečiště stanoveným na V-P scintigrafii, ale v souboru se rovněž vyskytli pacienti s velkou obstrukcí a nízkými hodnotami NT-proBNP, tedy je zřejmé, že procento obstrukce nemusí vždy jednoznačně korelovat s markery myokardiální dysfunkce. V současnosti je preferováno vyšetření plicní perfuze metodou SPECT, které přináší větší senzitivitu a specifitu než planární zobrazení (47). Výhodná je i kombinace perfuzního SPECT s nízkodávkovým CT vyšetřením plic. CT vyšetření zde nahrazuje provedení ventilačního scanu. Obrázek 5 ukazuje perfuzní defekt v místě pravostranného fluidotoraxu, nejedná se tedy o plicní embolizaci, na obrázku 6 jsou patrné perfuzní defekty na scintigrafii bez odpovídajícího korelátu na CT, nález proto svědčí pro diagnózu plicní embolie.

Magnetická rezonance

Magnetická rezonance (MR) v současnosti nepatří vzhledem ke své omezené dostupnosti a vyšší časové náročnosti mezi primární metody v diagnostice plicní embolie. U některých pacientů např. u těhotných žen nebo pacientů s těžkou alergickou reakcí na kontrastní látku v anamnéze je ovšem použití MDCT problematické. Bylo provedeno několik studií s MR u plicní embolie. Použití klasické MR angiografie se ukázalo jako nevhodné k validní diagnostice PE pro velký počet technicky neadekvátních vyšetření (48). Jednou z prací hodnotících použití MR u PE byla studie IRM-EP (49). V této studii byla použita kombinace několika MR sekvencí (steady-state free precision bez kontrastu, kontrastní spoiled gradient echo a angiografické sekvence), studie zahrnula finálně 274 pacientů, kterým bylo provedeno MDCT i MR vyšetření. Práce prokázala vysokou specifitu blížící se 100 %, avšak senzitivita klesala od vysoké (97,1–100 %) u proximálních embolií, přes 68,0–91,7 % u segmentárních a pouze 21,4–33,3 % u subsegmentárních embolií. Navíc přibližně 30 % vyšetření bylo nehodnotitelných pro artefakty a autoři tedy nepovažují MR za metodu, která je samostatně použitelná k vyloučení plicní embolizace.

Duplexní sonografie žilního systému

Duplexní sonografie (DUS) sice neslouží přímo k potvrzení diagnózy PE, ale stala se hlavní metodou v diagnostice žilní trombózy a tedy slouží jako významný diagnostický prvek ve vyšetřovacím algoritmu trombembolické nemoci jako celku. Známky trombózy můžeme pozorovat jednak ve dvourozměrném zobrazení – nekompresibilita žíly tlakem vyšetřovací sondy a její dilatace nebo i přímo viditelný trombus v lumen. Při použití dopplerovského barevného zobrazení se vyskytuje intraluminální defekt, chybějící spontánní tok či chybějící respirační variace toků v žíle (4). Studie z poslední doby (50) opět potvrdily přínos této metody. Autoři zahrnuli 321 pacientů s klinickým podezřením na PE, kteří měli vysoké Wells skóre, nebo pozitivní D-dimery, u nichž provedli DUS vyšetření dolních končetin. U 43 pacientů bylo DUS pozitivní a diagnóza PE byla považována za potvrzenou, u zbylých 278 byl proveden V-P scan, případně u nejasných výsledků ještě MDCT, které bylo nutné u 35 pacientů. Finálně zůstalo 189 pacientů, kteří měli vyloučenu PE některou z metod a nebyla jim nasazena antikoagulační terapie a z těchto pacientů pouze 1 byl hospitalizován pro PE během 3měsíčního sledování. Diagnostickou strategií založenou na kombinaci klinické pravděpodobnosti, pozitivitě D-dimerů, DUS a převážně V-P scanu je tedy dle autorů možné u stabilních pacientů považovat za bezpečnou alternativu paušálního použití MDCT.

Závěr

Lze konstatovat, že neexistuje univerzální zobrazovací metoda ve stratifikaci rizika u akutní plicní embolizace, MDCT a V-P scan mají prvořadou úlohu v potvrzení diagnózy, z prognostického hlediska se lépe daří využívat echokardiografii, která umožňuje detailněji posoudit dysfunkci pravé komory a nepřímé známky plicní hypertenze, přínosnější je pochopitelně kombinace více metod a posouzení klinického stavu pacienta.

Práce byla podpořena: Evropským fondem regionálního rozvoje – Projekt FNUSA-ICRC (No. CZ.1.05/1.1.00/02.0123).

Literatura

1. Roy PM, Meyer G, Vielle B, Le Gall C, Verschuren F, Carpentier F, et al. Appropriateness of diagnostic management and outcomes of suspected pulmonary embolism. *Ann Intern Med* 2006; 144: 157–164.
2. White RH. The epidemiology of venous thromboembolism. *Circulation* 2003; 107(23 Suppl. 1): 14–18.
3. Torbicki A, Perrier A, Konstantinides S, Agnelli G, Galiè N, Pruszczyk P, Bengel F, Brady AJ, Ferreira D, Janssens U, Klepetko W, Mayer E, Remy-Jardin M, Bassand JP. Guidelines on the diagnosis and management of acute pulmonary embolism. *Eur Heart J* 2008; 29: 2276–2315.
4. Widimský J, et al. Doporučení diagnostiky a léčby akutní plicní embolie verze 2007. *CorVasa* 2008; 50(Suppl): 1525–1572.

5. McIntyre KM, Sasahara AA. The hemodynamic response to pulmonary embolism in patients without prior cardiopulmonary disease. *Am J Cardiol* 1971; 28: 288–294.
6. Morpurgo M, Marzagalli M. Death in pulmonary embolism. In: Morpurgo M, ed. *Pulmonary Embolism*. New York: Marcel Dekker, 1994: p107–114.
7. Jardin F, Dubourg O, Bourdarias JP. Echocardiographic pattern of acute cor pulmonale. *Chest* 1997; 111: 209–217.
8. Kruger S, Graf J, Marx MW, et al. Brain natriuretic peptide predicts right heart failure in patients with acute pulmonary embolism: cohort study. *Br Med J* 2004; 147: 60–65.
9. Giannitsis E, Müller-Bardorff M, Kurowski V, et al. Independent prognostic value of cardiac troponin in patients with confirmed pulmonary embolism. *Circulation* 2000; 102(3): 211–217.
10. Janata K, Holzer M, Laggner AN, Müllner M. Cardiac troponin T in the severity assessment of patients with pulmonary embolism: cohort study. *Br Med J* 2003; 326: 312–313.
11. Perrier A, Tamm C, Unger P, et al. Diagnostic accuracy of Doppler-echocardiography in unselected patients with suspected pulmonary embolism. *Int J Cardiol* 1998; 65: 101–109.
12. Nazeyrollas P, Metz D. Use of transthoracic doppler echocardiography combined with clinical and electrocardiographic data to predict acute pulmonary embolism. *Eur Heart J* 1996; 17: 779–786.
13. Nass N, McConnell MV, Goldhaber S, et al. Recovery of regional right ventricular function after thrombolysis for pulmonary embolism. *Am J Cardiol* 1999; 83: 804–806.
14. Kurzyna M, Torbicki A, Pruszczyk P, Burakowska B, Fijalkowska A, Kober J, et al. Disturbed right ventricular ejection pattern as a new Doppler echocardiographic sign of acute pulmonary embolism. *Am J Cardiol* 2002; 90: 507–511.
15. Kreit JW. The impact of right ventricular dysfunction on the prognosis and therapy of normotensive patients with pulmonary embolism. *Chest* 2004; 125: 1539–1545.
16. Kucher N, Rossi E, De Rosa M, Goldhaber SZ. Prognostic role of echocardiography among patients with acute pulmonary embolism and a systolic arterial pressure of 90 mm Hg or higher. *Arch Intern Med* 2005; 165: 1777–1781.
17. Ten Wolde M, Sohne M, Quak E, Mac Gillavry MR, Buller HR. Prognostic value of echocardiographically assessed right ventricular dysfunction in patients with pulmonary embolism. *Arch Intern Med* 2004; 164: 1685–1689.
18. Chow V, Ng AC, Chung T, Thomas L, Kritharides L. Right atrial to left atrial area ratio on early echocardiography predicts long-term survival after acute pulmonary embolism. *Cardiovasc Ultrasound*. 2013 May 31; 11: 17.
19. Kjaergaard J, Schaadt BK, Lund JO, Hassager C. Prognostic importance of quantitative echocardiographic evaluation in patients suspected of first non-massive pulmonary embolism. *Eur J Echocardiogr*. 2009 Jan; 10(1): 89–95.
20. Rodrigues ACT, Cordovil A, Monaco C, Guimarães L, Cury A, Naccarato GAF, Lira-Filho E, Fischer CH, Vieira ML, Morhy S. Right ventricular assessment by tissue-Doppler echocardiography in acute pulmonary embolism. *Arq. Bras. Cardiol.*, ahead of print Epub May 10, 2013.
21. Choi HS, Kim KH, Yoon HJ, Hong YJ, Kim JH, Ahn Y, Yeong MH, Cho JG, Park JC, Kang JC. Usefulness of cardiac biomarkers in the prediction of right ventricular dysfunction before echocardiography in acute pulmonary embolism. *J Cardiol* 2012; 60: 508–513.
22. Park JH, Kim JH, Lee JH, Choi SW, Jeong JO, Seong IW. Evaluation of right ventricular systolic function by the analysis of tricuspid annular motion in patients with acute pulmonary embolism. *J Cardiovasc Ultrasound* 2012; 20(4): 181–188.
23. Ghaye B, Szapiro D, Mastora I, Delannoy V, Duhamel A, Remy J, et al. Peripheral pulmonary arteries: how far in the lung does multi-detector row spiral CT allow analysis? *Radiology* 2001; 219: 629–636.
24. Remy-Jardin M, Remy J, Wattinne L, Giraud F. Central pulmonary thrombo embolism: diagnosis with spiral volumetric CT with the single-breath-hold technique—comparison with pulmonary angiography. *Radiology* 1992; 185: 381–387.
25. Patel S, Kazerooni EA, Cascade PN. Pulmonary embolism: optimization of small pulmonary artery visualization at multi-detector row CT. *Radiology* 2003; 227: 455–460.
26. Stein PD, Fowler SE, Goodman LR, Gottschalk A, Hales CA, Hull RD, et al. Multidetector computed tomography for acute pulmonary embolism. *N Engl J Med* 2006; 354: 2317–2327.
27. van der Meer RW, Pattynama PM, van Strijen MJ, van den Berg-Huijsmans AA, Hartmann IJ, Putter H, et al. Right ventricular dysfunction and pulmonary obstruction index at helical CT: prediction of clinical outcome during 3-month follow-up in patients with acute pulmonary embolism. *Radiology* 2005; 235: 798–803.
28. Schoepf UJ, Kucher N, Kipfmüller F, Quiroz R, Costello P, Goldhaber SZ. Right ventricular enlargement on chest computed tomography: a predictor of early death in acute pulmonary embolism. *Circulation* 2004; 110: 3276–3280.
29. Park JR, Chang SA, Jang SY, No HJ, Park SJ, Choi SH, Park SW, Kim H, Choe YH, Lee KS, Oh JK, Kim DK. Evaluation of right ventricular dysfunction and prediction of clinical outcomes in acute pulmonary embolism by chest computed tomography: comparisons with echocardiography. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2012 Apr; 28(4): 979–987.
30. Ghaye B, et al. Severe pulmonary embolism: pulmonary artery clot load scores and cardiovascular parameters as predictors of mortality. *Radiology* 2006; 239(3): 884–891.
31. Ghuysen A, et al. Computed tomographic pulmonary angiography and prognostic significance in patients with acute pulmonary embolism. *Thorax* 2005; 60(11): 956–961.
32. Zhao D-J, et al. Cardiovascular parameters to assess the severity of acute pulmonary embolism with computed tomography. *Acta Radiol*. 2010; 51(4): 413–419.
33. Meer RW, et al. Right ventricular dysfunction and pulmonary obstruction index at helical CT: prediction of clinical outcome during 3-month follow-up in patients with acute pulmonary embolism. *Radiology*. 2005; 235(3): 798–803.
34. Kruip MJ, Leclercq MG, van der HC, Prins MH, Buller HR. Diagnostic strategies for excluding pulmonary embolism in clinical outcome studies. A systematic review. *Ann Intern Med* 2003; 138: 941–951.
35. Ten Wolde M, Hagen PJ, MacGillavry MR, Pollen IJ, Mairuhu AT, Koopman M M et al. Non-invasive diagnostic work-up of patients with clinically suspected pulmonary embolism: results of a management study. *J Thromb Haemost* 2004; 2: 1110–1117.
36. Anderson DR, Kahn SR, Rodger MA, Kovacs MJ, Morris T, Hirsch A, et al. Computed tomographic pulmonary angiography vs ventilation-perfusion lung scanning in patients with suspected pulmonary embolism: a randomized controlled trial. *JAMA* 2007; 298: 2743–2753.
37. Value of the ventilation/perfusion scan in acute pulmonary embolism. Results of the Prospective Investigation of Pulmonary Embolism Diagnosis (PIOPED). The PIOPED Investigators. *JAMA* 1990; 263: 2753–2759.
38. Gray HW, McKillop JH, Bessent RG, Fogelman I, Smith ML, Moran F. Lung scanning for pulmonary embolism: clinical and pulmonary angiographic correlations. *Q J Med* 1990; 77: 1135–1150.
39. Hull RD, Hirsh J, Carter CJ, Raskob GE, Gill GJ, Jay RM, et al. Diagnostic value of ventilation-perfusion lung scanning in patients with suspected pulmonary embolism. *Chest* 1985; 88: 819–828.
40. Hull RD, Raskob GE, Carter CJ, Coates G, Gill GJ, Sackett DL, et al. Pulmonary embolism in outpatients with pleuritic chest pain. *Arch Intern Med* 1988; 148: 838–844.
41. McBride K, La Morte WW, Menzoian JO. Can ventilation-perfusion scans accurately diagnose acute pulmonary embolism? *Arch Surg* 1986; 121: 754–757.
42. Spies WG, Burstein SP, Dillehay GL, Vogelzang RL, Spies SM. Ventilation-perfusion scintigraphy in suspected pulmonary embolism: correlation with pulmonary angiography and refinement of criteria for interpretation. *Radiology* 1986; 159: 383–390.

43. Alderson PO, Biello DR, Sachariah KG, Siegel BA. Scintigraphic detection of pulmonary embolism in patients with obstructive pulmonary disease. *Radiology* 1981; 138: 661–666.

44. Cheely R, McCartney WH, Perry JR, Delany DJ, Bustad L, Wynia VH et al. The role of non invasive tests versus pulmonary angiography in the diagnosis of pulmonary embolism. *Am J Med* 1981; 70: 17–22.

45. Kiely DG, Kennedy NS, Pirzada O, Batchelor SA, Struthers AD, Lipworth BJ. Elevated levels of natriuretic peptides in patients with pulmonary thromboembolism. *Respir Med*. 2005 Oct; 99(10): 1286–1291.

46. Agterof MJ, Schutgens RE, Verzijlbergen JF, van Buul MM, Tromp EA, Eijkemans MJ, van der Griend R, Biesma DH. No firm association between N-terminal pro-brain natriuretic peptide and percentage of pulmonary vascular obstruction in patients with acute pulmonary embolism. *Thromb Res*. 2011 Jun; 127(6): 547–550.

47. Bajc M, Neilly JB, Miniati M, Schuemichen C, Meignan M, Jonson B. EANM guidelines for ventilation/perfusion scintigraphy Part 1. Pulmonary imaging with ventilation/perfusion single photon emission tomography *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2009; 36: 1356–1370.

48. Davidson BL, Lacrampe MJ. Why can't magnetic resonance imaging reliably diagnose pulmonary embolism? *Ann Intern Med* 2010; 152: 467–468.

49. Revel MP, Sanchez O, Couchon S, Planquette B, Hernigou A, Niarra R, Meyer G, Chatellier G. Diagnostic accuracy of magnetic resonance imaging for an acute pulmonary embolism: results of the _IRM-EP_ study. *J Thromb Haemost* 2012; 10: 743–750.

50. Salaun PY, Couturaud F, Le Duc-Pennec A, Lacut K, Le Roux PY, Guillo P, Pennec PY, Cornily JC, Leroyer C, Le Gal G. Noninvasive diagnosis of pulmonary embolism *Chest*. 2011 Jun; 139(6): 1294–1298.

Článek přijat redakcí: 30. 8. 2013

Článek přijat po přepracování: 16. 10. 2013

Článek přijat k publikaci: 28. 10. 2013

MUDr. Vladimír Kincl

I. interní kardiologická klinika, FN u sv. Anny, Brno
Pekařská 53, 656 91 Brno
vladimir.kincl@fnusa.cz
