

PŘÍNOS VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE PŘI HODNOCENÍ PLICNÍHO EMFYZÉMU U PACIENTŮ S CHRONICKOU OBSTRUKČNÍ PLICNÍ NEMOCÍ

THE CONTRIBUTION OF COMPUTED TOMOGRAPHY IN ASSESSMENT OF PULMONARY EMPHYSEMA IN PATIENTS WITH CHRONIC OBSTRUCTIVE LUNG DISEASE

prehledový článek

Jiří Beneš Jr.^{1,2}
Jiří Votruba³

¹Radiodiagnostická klinika 1. LF UK a VFN, Praha

²Anatomický ústav 1. LF UK, Praha

³I. klinika tuberkulózy a respiračních nemocí 1. LF UK a VFN, Praha

Přijato: 9. 9. 2014.

Korespondenční adresa:

MUDr. Jiří Beneš, Ph.D.
Radiodiagnostická klinika
1. LF UK a VFN
U Nemocnice 2, 128 00 Praha 2
e-mail: jirben@seznam.cz

Konflikt zájmů: žádný.

SOUHRN

Beneš J, Votruba J. Přínos výpočetní tomografie při hodnocení plicního emfyzému u pacientů s chronickou obstrukční plicní nemocí

Chronická obstrukční plicní nemoc je velmi závažným onemocněním se vzrůstající incidencí. CT vyšetření plic umožňuje zhodnotit plicní parenchym a posoudit jeho změny. Při posuzování změn u plicního emfyzému je třeba hodnotit oblasti snížené denzity plicní a destrukce plicní tkáně, přičemž obraz má často relativně typický charakter v závislosti na nejvíce postižené anatomické části plic. Vhodnou metodou pro posouzení závažnosti emfyzému je plicní denzitometrie, při níž se hodnotí zastoupení oblastí se sníženou denzitou a tato hodnota sama o sobě má často větší výpovědní hodnotu než funkční plicní testy. Druhou metodou pro zhodnocení emfyzému plicního je plicní volumetrie, zejména pro potřeby eventuální volumredukční terapie. V tomto směru má velký přínos zejména vyšetření plicních objemů na skenech v nádechu a výdechu.

Klíčová slova: chronická obstrukční plicní nemoc, plicní emfyzém, CT, plicní denzitometrie, plicní volumetrie.

SUMMARY

Beneš J, Votruba J. The contribution of computed tomography in assessment of pulmonary emphysema in patients with chronic obstructive lung disease

Chronic obstructive pulmonary disease is a severe condition with increasing frequency in population. CT examination is able to assess morphological characteristics of pulmonary tissue and its changes. The main pathologies visible on CT scans are decreased tissue attenuation and lung tissue destruction. Apart from conventional CT description, two new methods can contribute to CT evaluation. First is lung tissue densitometry that measures percentage of low attenuation areas (LAA%) in lungs. This parameter often seems to be more sensitive than functional pulmonary tests. Second is lung volumetry. This method is very important especially for volume reduction therapies (either surgical or endoscopic).

Key words: chronic obstructive lung disease, pulmonary emphysema, computed tomography, lung densitometry, lung volumetry.

ÚVOD

Chronická obstrukční plicní nemoc (CHOPN) je závažným onemocněním se vzrůstající incidencí v populaci. Podle před-

pokladů bude v roce 2020 na třetím místě v příčinách mortality a na pátém místě v příčinách morbidit ve světě (1). Podle



▲ Obr. 1

Obr. 1. **Různé druhy plicního emfyzému dle CT morfologie.** 1 – obraz centrilobulárního emfyzému, různě vyjádřeného, od mírnějšího postižení místy až do obrazu mizející plíce; 2 – panlobulární emfyzém – parenchym má celkově nižší densitu; 3 – bulózní emfyzém
 Fig. 1. **Types of pulmonary emphysema according to CT morphology.** 1 – centrilobular emphysema, different degrees from mild emphysema to vanishing lung; 2 – panlobular emphysema - the parenchyma has overall decreased density; 3 – bullous emphysema

zprávy WHO jen v roce 2002 byla příčinou 2,75 milionů úmrtí (2). Plicní změny při CHOPN jsou hodnoceny funkčními spirometrickými testy a jsou výsledkem zúžení dolních cest dýchacích (3), které vzniká kombinací chronických změn bronchiální stěny (a jejím následným zúžením) a změn tlaků a sil vlivem emfyzematózní plicní destrukce (4).

Plicní emfyzém je pak definován jako stálé, abnormální zvětšení plicních prostorů distálně od terminálních bronchiolů doprovázené destrukcí alveolárních sept (5). Obecně rozlišujeme emfyzém centrilobulární, panlobulární a paraseptální (6).

Na přesnější zhodnocení morfologických a mikroskopických změn při CHOPN je nutné mít vzorek plicní tkáně, nicméně plicní biopsie je často u řady těchto pacientů pro četné komorbidity kontraindikována. Díky pokrokům v technologii výpočetní tomografie spolu se zlepšováním softwarového vybavení (zejména díky algoritmům schopným kvantitativního a objemového zhodnocení) můžeme řadu morfologických změn zhodnotit relativně neinvazivně právě pomocí CT (7). Toto hodnocení má velký význam pro správnou indikaci objem redukujících plicních výkonů, které jsou prováděny chirurgickou, či dnes již častěji endoskopickou cestou.

ZÁKLADNÍ ZHODNOCENÍ CHARAKTERU EMFYZÉMU

Plicní emfyzém se na CT manifestuje jako oblast snížené denzity plicní tkáně (obvykle okrskově), která zcela jasně kontrastuje oproti více denzní normální plíci (8). V porovnání s jinými příčinami snížené denzity (hypoperfuze, mozaikovitá perfuze, air-trapping) nacházíme u emfyzému známky destrukce plicní tkáně. V rámci diferenciální diagnostiky může někdy působit obtíže odlišení plicních cyst či voštinovitě plíce.

Obecně se emfyzém prezentuje jednou ze tří forem (obr. 1).

Může se prezentovat jako drobná mnohočetná centrilobulární projasnění bez stěny. Později pak progreduje do rozsáhlejší plicní destrukce. Tento druh vidáme u centrilobulárního či paraseptálního emfyzému.

Nebo se může projevit jako celkové snížení plicní denzity s redukcí šíře pulmonálních cév, což bývá často vidět u panlobulárních emfyzémů. Zpočátku nemusí být plicní destrukce zřejmá a může být obtížné odlišit tento emfyzém od hypoperfuze.

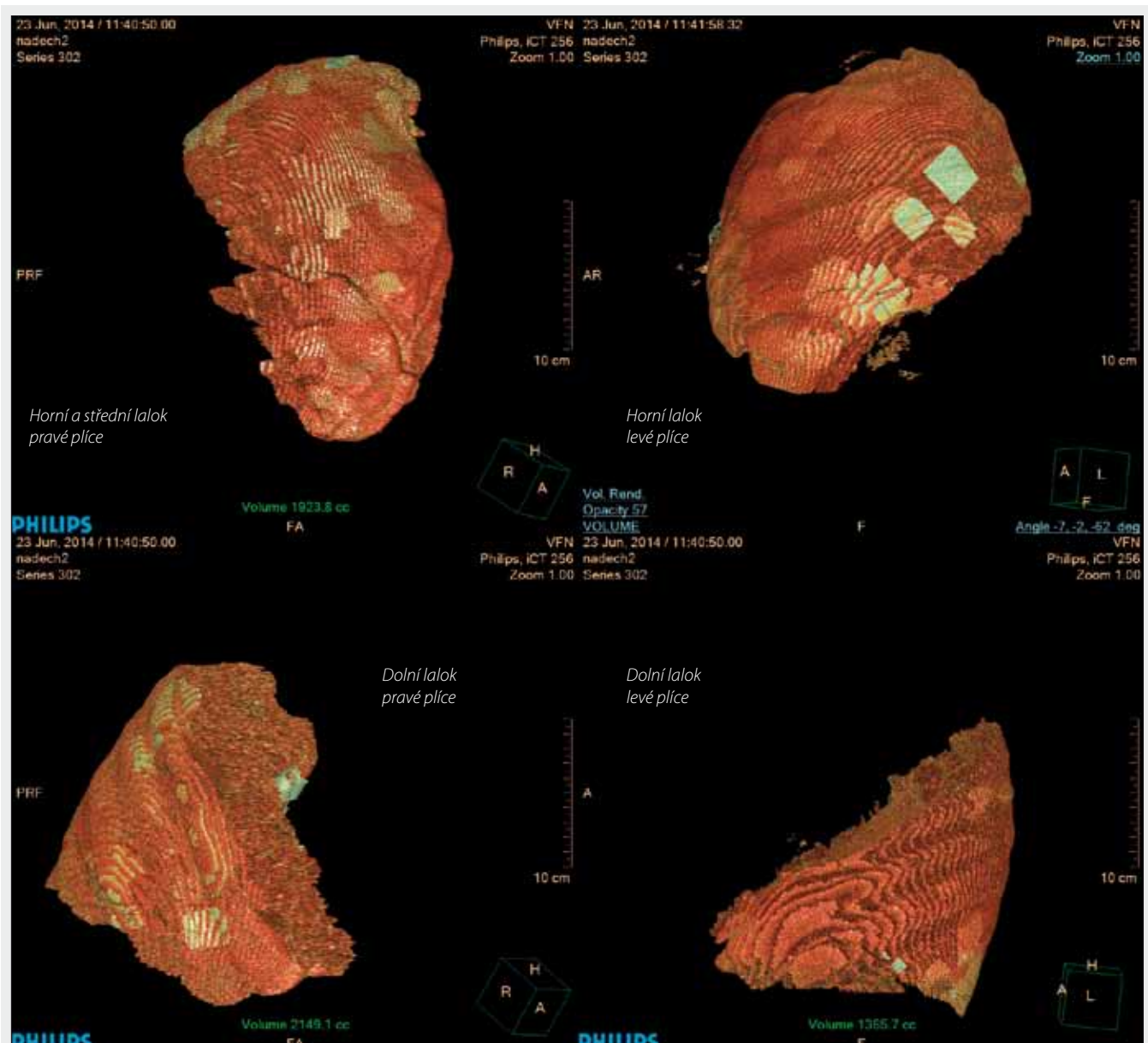
A konečně se také může manifestovat tvorbou bul, což jsou rozsáhlé oblasti vyplněné vzduchem v průměru větší než 1 cm, které mají tenkou, hladkou stěnu, která nemá šířku více než 1 mm. Buly jsou často spojené s centrilobulárním či paraseptálním emfyzémem a pak se stav nazývá bulózním emfyzémem (9).

PLICNÍ DENZITOMETRIE

Jak bylo zmíněno, hlavním znakem emfyzému v CT obrazu je snížená denzita parenchymu, dávající vznik oblastem s nízkou denzitou (angl. zkratka LAA – low attenuation areas) (10). Nejlepším způsobem, jak zhodnotit závažnost emfyzému, se ukazuje procentuální vyjádření přítomnosti těchto oblastí (LAA%) (11). Posuzování takovýchto hodnot za použití klasického prohlížečského softwaru je relativně časově náročné a je zatížené značnou individuální chybou v měření (12). Proto byla vyvinuta řada programů, které počítají plicní denzitu na CT řezech, nejčastěji využívající metodu „density mask“ (13). To zahrnuje definování přesného množství pixelů či voxelů (dle charakteru zobrazení), které mají v daném objemu denzitu nižší než určený práh (14). Hodnota tohoto prahu se pohybuje mezi –856 HU do –960 HU, v závislosti na plicním objemu, šíři řezu a na rekonstrukčním algoritmu (13).

Bylo prokázáno, že pro zhodnocení závažnosti emfyzému je výhodnější provádět tato měření na CT ve výdechu, kdy lze vedle emfyzému změřit i podíl „air-trappingu“ (16). Nicméně vzhledem k tomu, že rutinní CT vyšetření hrudníku jsou prováděna obvykle v plném nádechu, je většina dostupných studií prováděna v inspiriu.

Hodnota LAA% koreluje se stupněm dušnosti (17, 18), stoupá s věkem a počtem vykouřených cigaret (19). Jde



▲ Obr. 2

Obr. 2. **Plicní volumetrie.** Postup závisí na použitém softwaru. Buď automaticky, nebo manuálně označíme rozsah daného laloku a program dopočítá jeho objem. Vidíme obrázek zrekonstruovaných plicních laloků (vpravo je hodnocen horní a střední lalok společně) s hodnotami změřených objemů u pacienta s emfyzémem (použit software Phillips IntelliSpace Portal v4.0.3.10012).

Fig. 2. **Lung volumetry.** Borders of each lobe are determined (either manually or automatically, according to used software) and the program calculates the volume. 3D reconstruction of lung lobes (right upper and middle lobe are counted together) with measured volumes can be seen on the pictures above (in patient with lung emphysema).

navíc o značně senzitivní ukazatel. Ve studii Tenabe et al. (2011) bylo prospektivně sledováno 60 pacientů s CHOPN. Vzestup hodnoty LAA% byl signifikantně vyšší u pacientů s exacerbací, u kterých však nebyly změny v hodnotách FEV1 (20).

Stolk et al. v roce 2007 provedli studii na 144 pacientech s CHOPN, kdy u nich sledovali 30 měsíců progresi emfyzému. Zjistili, že hodnota LAA% je 2,5krát citlivější než FEV1 (21).

Také bylo prokázáno, že kvantitativní CT zhodnocení plicní denzity může být dobrým prediktorem mortality pacientů s CHOPN, neboť vyšší hodnoty LAA% jsou spojeny s vyšší úmrtností na respirační nemoci (22).

PLICNÍ VOLUMETRIE

Funkční vyšetření plic je jistě zlatým standardem při vyšetření funkčních parametrů u pacientů s CHOPN. Nicméně nelze z něj spolehlivě zjistit menší objemy. Z CT vyšetření hrudníku se dá relativně bez obtíží zjistit, jaký je objem obou plic a dokonce i jednotlivých laloků (obr. 2). Bylo prokázáno, že tyto hodnoty korelují s hodnotami z funkčního vyšetření plic (23). Hodnoty objemů plicních laloků mají význam zejména pro zhodnocení eventuálních chirurgických či endoskopických volumredukčních zákroků, a to jak pro indikaci k operaci, tak pro zhodnocení efektu (zejména u endoskopických volumredukce) (24).

Na hodnoty objemů je třeba nahlížet v souvislosti s klinickým, funkčním a morfologickým CT nálezem na plicích. Velikost plic je totiž závislá na tělesných proporcích a fyzickém zdraví. Bylo například prokázáno, že vysoké BMI výrazně ovlivňuje funkční vyšetření plic (25). Haas et al. (2014) prokázali u relativně heterogenní skupiny pacientů (bez známek CHOPN) značné individuální rozdíly (26). Pokud však posuzujeme objemy jednotlivých laloků mezi sebou navzájem a hodnoty pacienta v čase, má toto vyšetření jistě výpovědní hodnotu.

Kromě absolutních hodnot objemů má pro zhodnocení emfyzému význam též poměr objemu daného laloku v inspiriu k objemu v expiriu (E/I poměr) (27). Morimura et al. ve své kazuistice pacienta s rozsáhlým emfyzémem horního laloku ukázali význam tohoto měření při průkazu air-trappingu (E/I poměr horních laloků byl kolem 95 %, tedy lalok

při expiriu téměř neměnil objem). Po operaci ukázala měření zlepšení těchto parametrů ve zbývající plíci (27).

SHRNUTÍ

Vedle funkčních testů může být CT vyšetření velmi přínosné ke zhodnocení rozsahu postižení plicní tkáně při emfyzému a to jak morfologicky, pomocí denzitometrie, tak funkčně, pomocí volumetrie v inspiriu a expiriu. Denzitometrie vyžaduje software, který nemusí být vždy dostupný, nicméně řada dodávaných CT prohlížečů umožňuje volumetrii. Zhodnocení objemů laloků při nádechu a výdechu by se mohlo tedy stát v budoucnu rutinním CT vyšetřením pacientů s plicním emfyzémem.

LITERATURA

- Murray CJ, Lopez AD. Global mortality, disability, and the contribution of risk factors: Global Burden of Disease Study. *Lancet* 1997; 349(9063): 1436–1442.
- World Health Organization. The World health report 2004 – changing history. Geneva.
- Hogg JC, Macklem PT, Thurlbeck WM. Site and nature of airway obstruction in chronic obstructive lung disease. *N Engl J Med* 1968; 278: 1355–1360.
- Hogg JC. Pathophysiology of airflow limitation in chronic obstructive pulmonary disease. *Lancet* 2004; 364: 709–721.
- Thurlbeck WM, Muller NL. Emphysema: definition, imaging, and quantification. *AJR Am J Roentgenol* 1994; 163: 1017–1025.
- Bergin CJ, Muller NL, Miller RR. CT in the qualitative assessment of emphysema. *J Thoracic Imaging* 1986; 1: 94–103.
- Coxson HO, Rogers RM. Quantitative computed tomography of chronic obstructive pulmonary disease. *Acad Radiol* 2005; 12: 1457–1463.
- Hruban RH, Meziane MA, Zerhouni EA, et al. High resolution computed tomography of inflation fixed lungs: pathologic-radiologic correlation of centrilobular emphysema. *Am Rev Respir* 1987; 136: 935–940.
- Austin JH, Müller NL, Friedman PJ, et al. Glossary of terms for CT of the lungs: recommendations of the Nomenclature Committee of the Fleischner Society. *Radiology* 1996; 200: 327–331.
- Bergin C, Muller N, Nichols DM, et al. The diagnosis of emphysema. A computed tomographic-pathologic correlations. *Am Rev Respir Dis* 1986; 133: 541–546.
- Sakai N, Mishima M, Nishimura K, et al. An automated method to assess the distribution of low attenuation areas on chest CT scans in chronic pulmonary emphysema patients. *Chest* 1994; 106: 1319–1325.
- Bankier AA, De Maertelaer V, Keyzer C, et al. Pulmonary emphysema: subjective visual grading versus objective quantification with macroscopic morphometry and thin-section CT densitometry. *Radiology* 1999; 211: 851–858.
- Gevenois PA, de Maertelaer V, De Vuyst P, et al. Comparison of computed density and macroscopic morphometry in pulmonary emphysema. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 152: 653–657.
- Muller NL, Staples CA, Miller RR, et al. Density mask. An objective method to quantitate emphysema using computed tomography. *Chest* 1988; 94: 782–787.
- Eda S, Kubo K, Fujimoto K, et al. The relations between expiratory chest CT using helical CT and pulmonary function tests in emphysema. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 155: 1290–1294.
- Kauczor HU, Hast J, Heussel CP, et al. CT attenuation of paired HRCT scans obtained at full inspiratory/expiratory position: comparison with pulmonary function tests. *Eur Radiol* 2002; 12: 2575–2563.
- Camiciottoli G, Bartolucci M, Maluccio NM, et al. Spirometrically gated high-resolution CT findings in COPD: lung attenuation vs lung function and dyspnea severity. *Chest* 2006; 129: 558–564.
- Grydeland TB, Dirksen A, Coxson HO, et al. Quantitative computed tomography measures of emphysema and airway wall thickness are related to respiratory symptoms. *Am J Respir Crit Care Med* 2010; 181: 353–359.
- Grydeland TB, Dirksen A, Coxson HO, et al. Quantitative computed tomography: emphysema and airway wall thickness by sex, age and smoking. *Eur Respir J* 2009; 34: 858–865.
- Tanabe N, Muro S, Hirai T, et al. Impact of exacerbations on emphysema progression in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2011; 183: 1653–1659.
- Stolk J, Putter H, Bakker EM, et al. Progression parameters for emphysema: a clinical investigation. *Respir Med* 2007; 101: 1924–1930.
- Mohamed Hoesein FA, de Hoop B, Zanen P, et al. CT-quantified emphysema in male heavy smokers: association with lung function decline. *Thorax* 2011; 66: 782–787.
- Matsuo K, Iwano S, Okada T, Koike W, Naganawa S. 3D-CT lung volumetry using multidetector row computed tomography: pulmonary function of each anatomic lobe. *J Thorac Imaging* 2012; 27(3): 164–170.
- Nakano Y, Coxson HO, Bosan S, et al. Core to rim distribution of severe emphysema predicts outcome of volume reduction surgery. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 164: 2195–2199.
- Jones RL, Nzekwu MU. The effects of body mass index on lung volumes. *Chest* 2006; 130(3): 827–833.
- Haas M, Hamm B, Niehues M. Automated lung volumetry from routine thoracic CT scans: how reliable is the result? *Acad Radiol* 2014; 21(5): 633–638.
- Morimura Y, Chen F, Sonobe M., Date H. Inspiratory and expiratory computed tomographic volumetry for lung volume reduction surgery. *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery* 2013; 16: 926–928.