

# STANOVENÍ OBJEMU PLEURÁLNÍ TEKUTINY NA CT JEDNODUCHÝM MĚŘENÍM

## ASSESSMENT OF PLEURAL EFFUSION VOLUME ON CT BY SIMPLE MEASUREMENT

původní práce

Martin Hazlinger  
Filip Čtvrtlík  
Miroslav Heřman

Radiologická klinika LF UP a FN,  
Olomouc

Přijato: 15. 6. 2010.

### Korespondenční adresa:

prof. MUDr. Miroslav Heřman, Ph.D.  
Radiologická klinika LF UP a FN  
I. P. Pavlova 6, 775 20 Olomouc  
e-mail: herman@fnol.cz

První autor je studentem 5. ročníku  
všeobecného lékařství na LF UP  
v Olomouci. Tato práce vznikla  
v rámci Studentské vědecké  
odborné činnosti.

### SOUHRN

**Hazlinger M, Čtvrtlík F, Heřman M. Stanovení objemu pleurální tekutiny na CT jednoduchým měřením**

**Cíl.** Nalézt nejjednodušší způsob stanovení objemu pleurální tekutiny z CT skenů.

**Metoda.** U 33 pleurálních výpotků zjištěných při CT vyšetřeních hrudníku u 24 pacientů byl na trojdimenzionální rekonstrukci CT skenů změřen jejich objem. Dále byla na CT skenech a jejich základních rekonstrukcích provedena planární měření – v sagitální rovině a ve třech úrovních na transversálních skenech. Statisticky jsme srovnali jednotlivá planární měření se zjištěným objemem. Pro všechna měření a jejich kombinace byly nalezeny regresní rovnice, průměrné absolutní odchylky a určen koeficient determinace. Porovnáním těchto koeficientů byl vybrán nejpřesnější a nejjednodušší způsob stanovení objemu pleurální tekutiny.

**Výsledky.** Nejpřesnější korelace mezi objemem a jediným planárním měřením byla zjištěna u největší výšky výpotku [*b*] měřené ventro-dorzálně z nejnižšího místa výpotku na transversálním skenu. Přepočet tohoto rozměru na odpovídající objem je možný podle regresní rovnice: objem =  $182,601 \cdot b - 139,216$ .

**Závěr.** Nalezli jsme jednoduchý způsob převodu jednoho planárního měření na CT skenu na objem pleurální tekutiny.

**Klíčová slova:** CT, objem, pleura, výpotek.

### SUMMARY

**Hazlinger M, Čtvrtlík F, Heřman M. Assessment of pleural effusion volume on CT by simple measurement**

**Aim.** To find the simplest method of assessment of pleural effusion volume from CT scans.

**Methods.** The volume of pleural effusion was calculated from three-dimensional reconstruction of CT scans in 33 pleural effusions found on chest CT examination in 24 patients. Planar measurements were made on CT scans and their two-dimensional reconstructions in sagittal plane and at three levels on transversal scans. Individual planar measurements were statistically compared with found volume of pleural effusion. Regression equations, averaged absolute aberrations and determination coefficient were found for all measurements and their combination. The simplest and most accurate method of assessment of pleural effusion volume was chosen by comparison of these coefficients.

**Results.** The most accurate correlation between volume and single planar measurement was found in the greatest depth of effusion [*b*] measured in ventrodorsal direction from the lowest spot of effusion on the transversal scan. Conversion of this measurement on appropriate volume is possible by regression equation: Volume =  $182,601 \cdot b - 139,216$ .

**Conclusion.** We found out a simple conversion method of single planar measurement on CT scan on volume of pleural effusion.

**Key words:** CT, effusion, pleura, volume.

## ÚVOD

V pleurální dutině na jedné straně je fyziologicky  $8,4 \pm 4,3$  ml tekutiny (1). S jejím hromaděním stoupá plicní kapilární tlak a snižuje se poddajnost (compliance) plic, což vede k namáhavému dýchání a dušnosti pacienta (2). Punkce výpotku ulevuje od dušnosti, proto je znalost množství pleurálního výpotku důležitá pro klinickou praxi a další terapeutický postup.

Na CT skenech lze jednoduchým způsobem změřit rozměry tekutiny, její objem jen velice zdoluhavě. Existují sice programy, které umožňují stanovení objemu automaticky (3), ty však zatím nejsou široce dostupné.

Cílem naší práce bylo najít co nejjednodušší způsob stanovení objemu pleurální tekutiny z CT skenů.

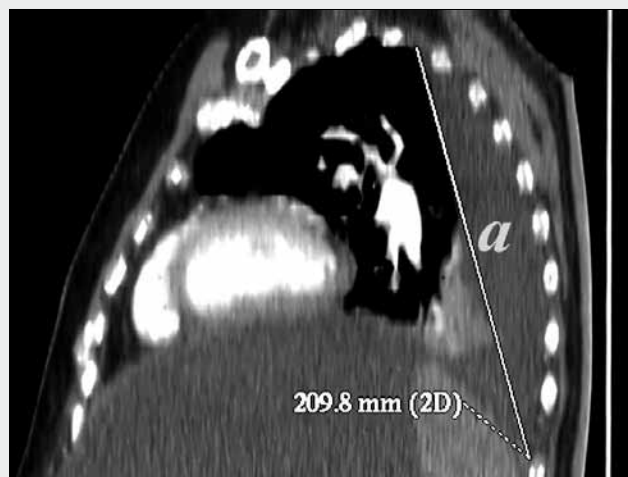
## MATERIÁL A METODA

### Soubor pacientů

Vstupní kritéria: Do studie byly zařazeni všichni pacienti starší 18 let, u nichž byla při CT vyšetření s intravenózní aplikací kontrastní látky zjištěna přítomnost volné pleurální tekutiny. Uvedená věková hranice byla stanovena pro předpoklad větší shody v anatomickém utváření hrudníku, vyšetření s intravenózní aplikací kontrastní látky pro lepší rozlišení hranice mezi výpotkem a ostatními strukturami, zejména parenchymem plic.

Vylučující kritéria: Pacienti se zřetelnými pleurálními srůsty, emphyémem, krvácením do pleurální dutiny, zavedený hrudní drén.

V období listopad 2009 až leden 2010 bylo zjištěno 33 pleurálních výpotků splňujících uvedená kritéria u 24 pacientů, 13 mužů a 11 žen průměrného věku 64 let (v rozmezí od 27 do 87 roků). Patnáct výpotků bylo jednostranných (11 vpravo, 4 vlevo), devět oboustranných.



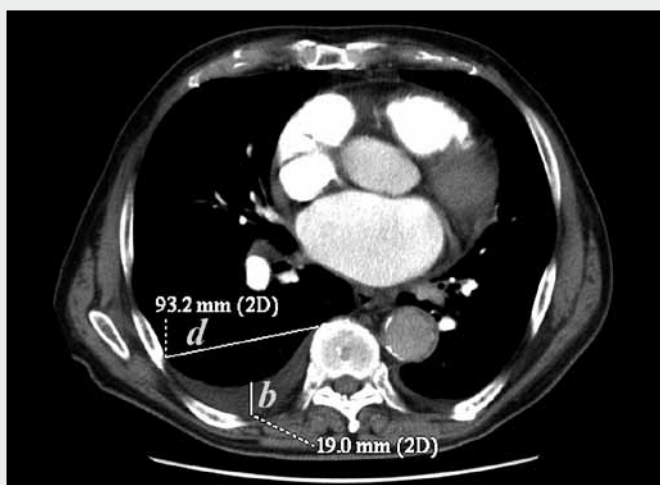
▲ Obr. 1

Obr. 1. Způsob měření rozměru *a* na sagitální rekonstrukci CT skenů  
Fig. 1. The measurement technique of dimension *a* on the sagittal CT scans reconstruction

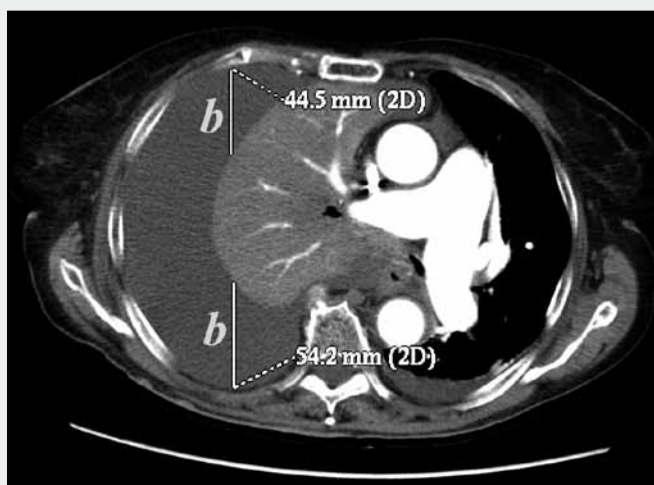
### Metoda měření

CT vyšetření byla provedena spirální technikou na přístroji LightSpeed VCT XT (General Electric, Milwaukee, USA) se 64 řadami detektorů. Vyšetření byla provedena s primárně různou šířkou vrstvy, ale pro další zpracování byly ve všech případech zrekonstruovány na sebe navazující 5mm skeny.

Objem výpotku byl stanoven na vyhodnocovací konzole Advantage Windows 4.4 (General Electric, Milwaukee, USA). K měření byla použita aplikace Quick paint, pomocí které se na každém jednotlivém skenu označila plocha odpovídající pleurálnímu výpotku. Po zpracování všech skenů byla získána trojrozměrná rekonstrukce výpotku, která sloužila k ověření správnosti označeného objemu. Ze zhotovené rekonstrukce software vypočítal objem výpotku v mililitrech. K tomuto údaji jsme srovnávali následující měření. Zjištěný objem výpotku se pohyboval v rozmezí od 36 ml do 2990 ml.



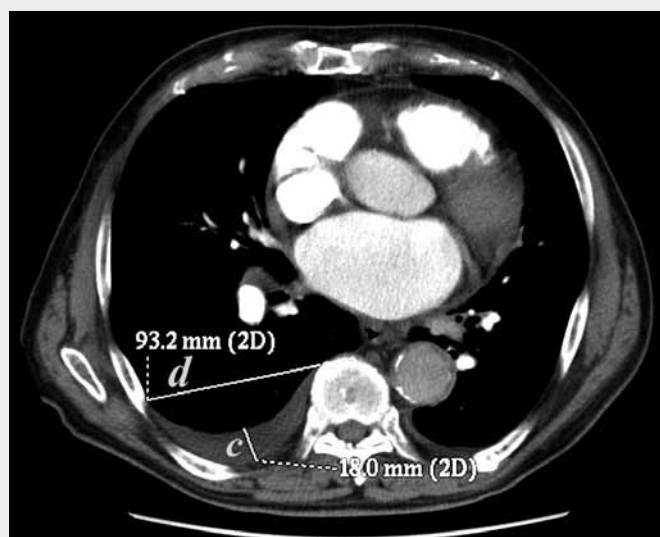
▲ Obr. 2A



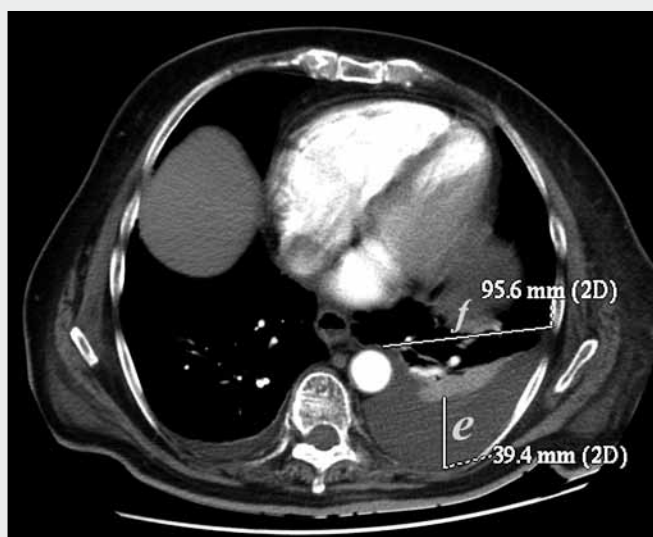
▲ Obr. 2B

Obr. 2. Způsob měření rozměrů *b* a *d*. Měření rozměru *b* při menším množství tekutiny (A), při větším množství, kdy je linie měření přerušena na skenu bránicí nebo plicí (B)

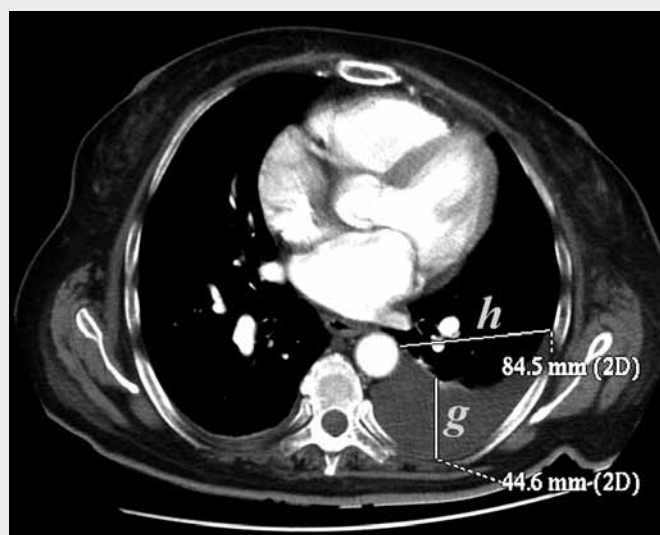
Fig. 2. The measurement technique of dimensions *b* and *d*. The measurement of dimension *b* in smaller volume of effusion (A) and in bigger volume of effusion, when diaphragm or lung interrupt measurement line on CT scan (B)



▲ Obr. 3



▲ Obr. 4



▲ Obr. 5

Obr. 3. Způsob měření rozměrů *c* a *d*  
 Fig. 3. The measurement technique of dimensions *c* and *d*

Obr. 4. Způsob měření rozměrů *g* a *h*  
 Fig. 4. The measurement technique of dimensions *e* and *f*

Obr. 5. Způsob měření rozměrů *e* a *f*  
 Fig. 5. The measurement technique of dimensions *g* and *h*

Následně byly rozměry výpotku změřeny na sagitální rekonstrukci a ve třech úrovních na transverzálních skenech. V sagitální rovině byl změřen největší rozměr výpotku kraniokaudálně – rozměr *a* (obr. 1). Rozměr *b* byl měřen ventro-dorzálně z nejnižšího místa výpotku na transverzálním skenu, na kterém byla jeho výška největší (obr. 2A). Jestliže se do linie měření promítla plíce nebo bránice, byla výška tekutiny měřena „s vynecháním“ těchto struktur (obr. 2B). Dále byla na transverzálních skenech provedena následující měření: V místě největší výšky výpotku byl kolmo na parietální pleuru změřen rozměr *c* a jeho šířka *d* (obr. 3). Stejná měření byla provedena v místě vrcholu bránice – rozměry *e*, *f* (obr. 4) a 3 cm nad vrcholem bránice – rozměry *g*, *h* (obr. 5).

### Statistická analýza

Posouzení závislosti jednotlivých měření nebo jejich kombinace na objemu bylo provedeno pomocí koeficientu determinace  $R^2$ . Pro všechna měření byly nalezeny regresní rovnice. Pro nejvýhodnější způsob měření byly výsledky zpracovány

do přehledné tabulky. K analýze dat byl použit statistický software SPSS verze 15 (SPSS Inc., Chicago, USA).

### VÝSLEDKY

Srovnání závislosti jednotlivých měření nebo jejich kombinace na objemu pleurální tekutiny ukazují tabulky 1 a 2. Regresní rovnice závislosti pro výpočet objemu na základě zjištěných rozměrů a průměrné absolutní odchylky jsou uvedeny v tabulce 3.

Nejlepší korelace byla zjištěna u kombinace rozměrů  $a \cdot c \cdot d$ , kde byl koeficient determinace  $R^2$  roven 0,984. Nejlepší korelaci pro jedno měření měl rozměr *b* s koeficientem determinace 0,963. Všechny výsledky byly vysoce signifikantní.

Rovnice pro výpočet objemu z rozměru *b* je lineární závislost:  $\text{objem} = 182,601 \cdot b - 139,216$ . Její grafické znázornění je na obrázku 6. Tuto rovnici je možné také vyjádřit tabelárně (tab. 4). Průměrná odchylka při použití uvedeného vzorce je  $\pm 93,9$  ml.

Tab. 1. Koeficienty determinace pro závislost objem – kombinace rozměrů

Table 1. Determination coefficients for functionality volume – combination of measurements

| Kombinace rozměrů      | $a*b*b$  | $a*b*d$  | $a*c*c$  | $a*c*d$      | $a*e*f$  | $a*g*h$  |
|------------------------|----------|----------|----------|--------------|----------|----------|
| Koeficient determinace | 0,978    | 0,980    | 0,973    | <b>0,984</b> | 0,975    | 0,889    |
| Signifikance           | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001     | < 0,0001 | < 0,0001 |

Závislost je statisticky významnější, čím více se číslo blíží hodnotě 1,0. Tučným písmem je zvýrazněna nejlepší korelace.  
Relation is statistically more significant when number approaches 1.0. The best correlation is marked bold.

Tab. 2. Koeficienty determinace pro závislost objem – jeden rozměr

Table 2. Determination coefficients for functionality: volume – single measurement

| Rozměr                 | $a$      | $b$          | $c$      | $e$      | $g$      |
|------------------------|----------|--------------|----------|----------|----------|
| Koeficient determinace | 0,684    | <b>0,963</b> | 0,959    | 0,900    | 0,722    |
| Signifikance           | < 0,0001 | < 0,0001     | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 |

Závislost je statisticky významnější, čím více se číslo blíží hodnotě 1,0. Tučným písmem je zvýrazněna nejlepší korelace.  
Relation is statistically more significant when number approaches 1.0. The best correlation is marked bold.

Tab. 3. Regresní rovnice pro výpočet objemu na základě zjištěných rozměrů a průměrné absolutní odchylky

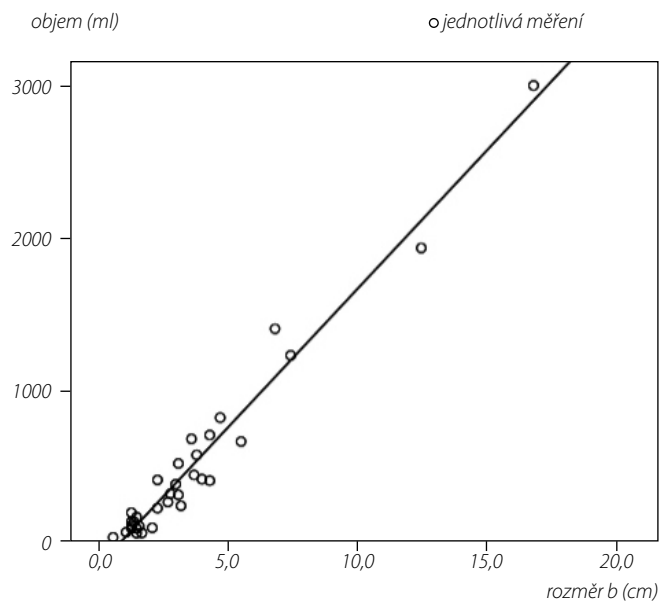
Table 3. Regression equation for volume calculation based on performed measurements and calculated average absolute variations

| Rozměr/kombinace rozměrů | Regresní rovnice                                                                                      | Průměrná odchylka |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| $a$                      | Objem = $8,877 \cdot e^{0,17 \cdot a}$                                                                | 238,5 ml          |
| $b$                      | Objem = $182,601 \cdot b - 139,216$                                                                   | 93,9 ml           |
| $c$                      | Objem = $176,564 \cdot c - 169,613$                                                                   | 89,1 ml           |
| $e$                      | Objem = $0,376 \cdot e^3 - 2,757 \cdot e^2 + 122,498 \cdot e + 38,953$                                | 119,0 ml          |
| $g$                      | Objem = $-6,546 \cdot g^2 + 302,4 \cdot g - 212,713$                                                  | 192,1 ml          |
| $a*b*b$                  | Objem = $0,00000003 \cdot (a*b*b)^3 - 0,0003 \cdot (a*b*b)^2 + 1,33 \cdot (a*b*b) + 93,785$           | 157,8 ml          |
| $a*b*d$                  | Objem = $0,462 \cdot (a*b*d) - 45,079$                                                                | 95,7 ml           |
| $a*c*c$                  | Objem = $1,52 \cdot 10^{-8} \cdot (a*c*c)^3 - 0,0002 \cdot (a*c*c)^2 + 0,985 \cdot (a*c*c) + 112,574$ | 86,1 ml           |
| $a*c*d$                  | Objem = $8,78 \cdot 10^{-6} \cdot (a*c*d)^2 + 0,402 \cdot (a*c*d) - 47,77$                            | 54,2 ml           |
| $a*e*f$                  | Objem = $0,446 \cdot (a*e*f) + 61,222$                                                                | 66,0 ml           |
| $a*g*h$                  | Objem = $6,45 \cdot 10^{-5} \cdot (a*g*h)^2 + 0,530 \cdot (a*g*h) + 65,382$                           | 125,4 ml          |

Tab. 4. Přepočítání měření na objem pleurální tekutiny pro rozměr b zjištěný podle nalezené rovnice

Table 4. Conversion of single planar measurement b to pleural effusion volume

| Rozměr b (cm) | Objem pleurální tekutiny (ml) |
|---------------|-------------------------------|
| 1             | 43                            |
| 1,5           | 135                           |
| 2             | 226                           |
| 2,5           | 317                           |
| 3             | 409                           |
| 3,5           | 500                           |
| 4             | 591                           |
| 4,5           | 682                           |
| 5             | 774                           |
| 5,5           | 865                           |
| 6             | 956                           |
| 6,5           | 1048                          |
| 7             | 1139                          |
| 7,5           | 1230                          |
| 8             | 1322                          |
| 8,5           | 1413                          |
| 9             | 1504                          |
| 9,5           | 1595                          |
| 10            | 1687                          |



Obr. 6. Graf závislosti objemu pleurální tekutiny na rozměru b  
Fig. 6. The functionality graph of pleural effusion volume and a dimension b

## DISKUSE

Nejlepší korelaci mezi měřením a zjištěným objemem jsme zjistili pro kombinaci rozměrů  $a \cdot c \cdot d$ . Ta se mírně liší od kombinace rozměrů  $a \cdot b \cdot d$ , kterou publikovali Kalokairinos et al. (3). Pro výpočet objemu doporučují prosté vynásobení rozměrů výpotku: největší kraniokaudální rozměr výpotku ( $a$ ), největší hloubka ( $b$ ) a odpovídající šíře výpotku ( $d$ ). Použití našich měření s touto jednoduchou rovnicí bez dalších koeficientů nám však vůbec nevychází ani pro kombinaci rozměrů  $a \cdot b \cdot d$  ani  $a \cdot c \cdot d$ . Jestliže ale použijeme tyto rozměry v příslušných rovnicích, získáváme nejpřesnější výsledky.

Jinou variantu stanovení objemu pleurální tekutiny uvádí Mergo et al. (4). Doporučují vzorec  $a \cdot b \cdot b$ . Při použití tohoto vzorce a námi naměřených údajů jsme zjistili velmi dobrou korelaci pro menší objemy tekutiny. Pro objemy nad 800 ml je pro zachování dobré korelace nutné použít kubickou rovnici uvedenou v tabulce 3.

V obou případech je ale nutností provedení dvou nebo tří měření, z nich jednoho na multiplanární rekonstrukci. Naším cílem však bylo najít co nejjednodušší způsob stanove-

ní objemu pleurální tekutiny. Nejlepší koeficient determinace mezi jednotlivými měřeními měl rozměr  $b$ . Všechna měření a jejich kombinace, které jsme provedli, vykazují vysokou signifikanci. Zjištěný koeficient determinace pro rozměr  $b$  ukazuje velmi pěknou závislost mezi měřením a zjištěným objemem. Také průměrná odchylka  $\pm 93,85$  ml je dobrá. Při klinicky významných velkých výpotcích, které vyžadují terapeutický zásah, je tato odchylka akceptovatelná.

Nalezená rovnice pro rozměr  $b$  nedává smysl pro rozměry  $< 0,77$  cm. Pro takové hodnoty vychází objem v záporných číslech. Je to zřejmě dáno jiným utvářením malých výpotků a výslednou větší odchylkou a nepřesností měření. Proto nedoporučujeme použití tohoto způsobu stanovení objemu pro výpotky s výškou pod 1 cm.

## ZÁVĚR

Na základě uvedených výsledků můžeme říct, že se nám podařilo najít jednoduchý způsob stanovení objemu pleurálního výpotku z CT vyšetření.

## LITERATURA

1. Noppen M, De Gaele M, Li R, et al. Volume and cellular content of normal pleural fluid in humans examined by pleural lavage. *Am J Respir Care Med* 2000; 162 (3 Pt 1): 1023–1026.
2. Anděl M, et al. *Pneumologie*. Praha: Galén 2001; 184–192.
3. Kalokairinos MI, Vassiliadis SG, Vossou CG, Ciurea AI, Ciortea CA. Estimation of the volume of the pleural effusion by computed tomography. ESR Electronic Poster Presentation Online System. [http://postereng.netkey.at/esr/online\\_viewing/index.php?module=view\\_postercoverpage&task=viewcoverpage&start=0&ls=search&searchKey=3a1ff099c29814ce47332a25276fb9b6&pi=100899&rn=1](http://postereng.netkey.at/esr/online_viewing/index.php?module=view_postercoverpage&task=viewcoverpage&start=0&ls=search&searchKey=3a1ff099c29814ce47332a25276fb9b6&pi=100899&rn=1)
4. Mergo PJ, Helmberger T, Didovic J, et al. New formula for quantification of pleural effusions from computed tomography. *J Thorac Imaging* 1999; 14: 122–125.