

·论 著·

利用 MSCT 估算正常人群肺体积

杨玉洁¹,尚敏²,李彦伟²,罗谢添¹,李健¹,马书玲¹,李凡¹

(1. 河南科技大学法学院,河南 洛阳 471023; 2. 中国空空导弹研究院洛阳二〇二医院放射科,河南 洛阳 471003)

摘要:目的 多层螺旋 CT 与 Pulmo 软件联合使用估算正常人群肺体积。方法 使用 Emotion 16 层螺旋 CT 和 Pulmo 软件对 45 例正常人群胸部进行扫描,使用工作站中的测量工具测量左右肺的上下径、肺尖下 1 cm 层面、主动脉弓层面、隆突下层面、膈顶层面的最大前后径、最大左右径及肺体积。采用 SPSS 20.0 对正常肺体积与各测量参数进行回归分析,并选取最佳模型。结果 左、右侧正常肺体积之间的最佳曲线方程拟合优度是 0.981,正常左、右肺体积与肺上下径和肺膈顶层面最大左右径的乘积之间的最佳曲线方程拟合优度分别是 0.977、0.972。另外选取 15 例对以上 3 个模型进行回代检验,推算的肺体积与 Pulmo 软件测量的肺体积之间差异无统计意义。结论 通过研究所得曲线方程可估算出创伤前的正常肺体积,并结合压缩后肺体积计算出肺压缩百分比,为肺压缩程度的鉴定提供参考。

关键词: 法医学;体层摄影术,螺旋计算机;肺;模型

中图分类号: DF795.1 文献标志码: A doi: 10.12116/j.issn.1004-5619.2018.05.013

文章编号: 1004-5619(2018)05-0504-04

Estimation of Lung Volume in Normal Population Using MSCTYANG Yu-jie¹, SHANG Min², LI Yan-wei², LUO Xie-tian¹, LI Jian¹, MA Shu-ling¹, LI Fan¹

(1. School of Forensic Medicine, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471023, Henan Province, China; 2. Radiology Department of Luoyang 202 Hospital, China Air-borne Missile Academy, Luoyang 471003, Henan Province, China)

Abstract: **Objective** To estimate lung volume in normal population by a combination of multi-slice spiral CT and Pulmo software. **Methods** Scans of the lung were performed on 45 normal individuals using Emotion 16-slice spiral CT and Pulmo software. A measurement instrument of work station was used to measure the vertical diameter of left and right lungs, the maximum anteroposterior and transverse diameters at the layers of apex pulmonis 1 cm below, arcus aortae, subcarinal and diaphragmatic dome, and the lung volume. Regression analysis was performed on normal lung volume and each measured parameter by SPSS 20.0 and an optimal model was selected. **Results** The goodness of fit between the best curvilinear equations of the normal bilateral lung volumes was 0.981. The goodness of fit between the curvilinear equations of the normal bilateral lung volume and the product of the vertical diameter and the maximum transverse diameter of diaphragmatic dome were 0.977 and 0.972, respectively. Fifteen cases were selected to make a retrospective test on the 3 models. No significant difference was found between the estimated and measured with Pulmo software lung volumes. **Conclusion** The normal lung volume before injury can be estimated by the curvilinear equations established in this study. The percentage of lung compression can be measured based on the volume of compressed lung, which can provide a reference for the identification of lung compression degree.

Keywords: forensic medicine; tomography, spiral computed; lung; models

交通事故、故意伤害、意外损伤等导致的胸部创伤病例数量不断增加^[1],胸部创伤致气胸、血气胸等的肺压缩程度鉴定已成为法医临床学鉴定的关键。对于肺压缩程度的鉴定,首先要了解创伤前的肺体积。传统的肺体积估算方法有 X 线^[2]和超声法^[3],但清晰度、边界识别度等并不高,现已不能满足鉴定需求。随着

多层螺旋 CT(multi-slice spiral CT,MSCT)的普及,用 MSCT 软件测量肺体积已有报道^[4-5],但逐层计算肺体积的方法相对繁琐、耗时长,仍未被普及。本研究使用 MSCT 对正常人群肺体积进行精确测量,寻找与正常肺体积存在密切相关性的参数,并建立简单、可行的曲线方程,为肺压缩程度的鉴定提供参考。

作者简介:杨玉洁(1990—),女,硕士研究生,主要从事法医临床学研究和司法鉴定;E-mail:1248190244@qq.com

通信作者:李凡,男,博士,教授,主要从事法医病理学和法医临床学研究;E-mail:fanlfy@haust.edu.cn

1 材料与方 法

1.1 材 料

收集 2016 年 7 月至 11 月在中国空空导弹研究院洛阳二〇二医院接受胸部 CT 检查且影像学资料肺部未见明显异常者 45 例,其中男性 23 例,女性 22 例,年龄 18~80 岁,中位年龄 48 岁。所有个体排除肺部异常,纵隔病变,血、气胸等胸部疾病,胸廓畸形,胸膜增厚,肺炎,支气管扩张,肺癌,慢性阻塞性肺疾病,心力衰竭等严重影响数据提取的疾病。所有受检者均自愿签署知情同意书。

CT 检查:受检者取仰卧位,身体位于床中间,双臂抱头,在深吸气末屏气下采用 Emotion 16 层螺旋 CT (德国 SIEMENS 公司)进行扫描。扫描范围:自肺尖上 1 cm 至膈下 3 cm。扫描参数:使用 CARE Dose 4D 功能,根据定位像的衰减数据自动计算优化扫描参数,管电压 110 kV, standard 模式,扫描层厚 5.0 mm,以 1.5 mm 层厚、1.2 mm 间隔重建图像。图像肺窗:窗宽 1 200 HU、窗位-600 HU。纵隔窗:窗宽 400 HU、窗位 40 HU。

1.2 研究方 法

利用多产品工作站(共享)(MultiModality Workplace, MMWP)中的 Pulmo 软件,自动勾画出 CT 平扫图像中每一层肺组织的轮廓(图 1),并由经验丰富的影像学医师协助手动调整局部区域。逐层勾画完成后,Pulmo 软件即可自动计算出正常肺体积(V)。结合每层肺组织 CT 图像和其对应的“Pulmo-评估结果”数据表中高度一栏的数值确定左、右肺的上下径数值、肺尖下 1 cm 层面(图 2),其中肺组织恰好消失层面的 CT 图像对应数据表中的高度值为肺的上下径数值。高度值为 1 cm 的数据表对应的肺组织 CT 图像为肺尖下 1 cm 层面。通过肺窗与纵隔窗的对照,依据主动脉弓出现到消失所有层面的中间层面、气管恰好分叉的层面、膈顶刚出现的层面分别确定主动脉弓层

面、隆突下层面、膈顶层面(图 3)。使用工作站的测量工具绘制出经过肺组织内、外侧边缘最突出点与图像中心轴线相平行或经过肺组织前、后侧边缘最突出点与图像中心轴线相垂直的直线(图 3),并测量左、右肺的上下径(CT 图像中肺组织出现至消失所有层面厚度)、肺尖下 1 cm 层面、主动脉弓层面、隆突下层面、膈顶层面的最大前后径、最大左右径。以上测量数据在专业影像学医师的指导下进行操作。

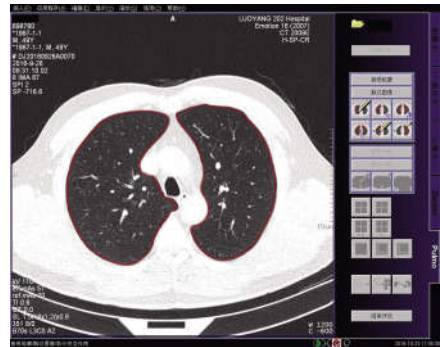


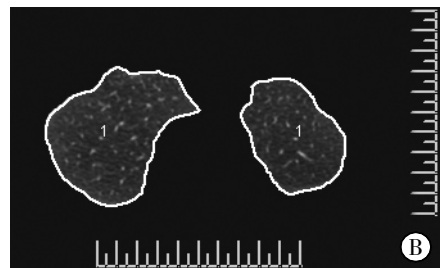
图 1 使用 Pulmo 软件逐层勾画出肺组织轮廓

Pulmo-评估结果

700800 女性, 58 岁
6 IMA 13,2,30-Dec-2016,08:09:44

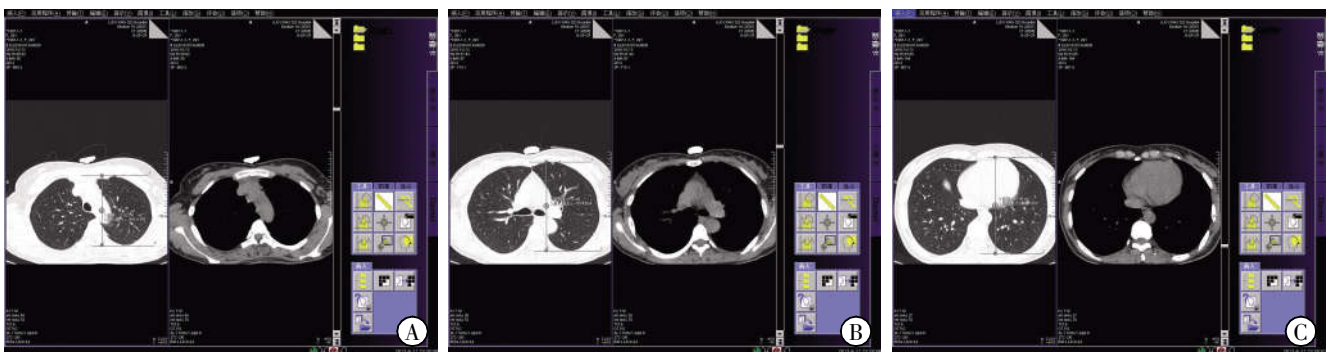
评估范围 (*) : -1024 HU - 3071 HU (*) = FWHM 在全HU范围内

统计表		左	右	总计
平均	[HU]	-799.2	-798.4	-798.7
标准差	[HU]	79.3	69.8	73.4
面积	[cm ²]	10.5	18.4	28.9
FWHM	[HU]	92	94	101
容积	[cm ³]	5.0	9.5	14.5
高度	[cm]	1.0	1.0	1.0



A: Pulmo 评估结果,表中高度一栏代表该层肺层面高度为肺尖下 1 cm; B: 肺尖下 1 cm 层面

图 2 肺尖下 1 cm 层面的确定



A: 主动脉弓层面; B: 隆突下层面; C: 膈顶层面

图 3 各层面最大前后径的测量方法

1.3 统计学分析

使用 SPSS 20.0 统计软件,分别对肺体积(V)、肺上下径(d)和肺尖下 1 cm 层面、主动脉弓层面、隆突下层面、膈顶层面的最大前后径(用 a, b, c, e 表示)和 4 个层面的最大左右径(用 f, g, h, r 表示)进行单因素和多因素回归分析,并进行线性、二次、复合、增长、对数、立方、系统、指数分布、逆模型、幂、Logistic 等分析。测量参数中左、右肺分别用下标 1、2 标识。

所得方程的拟合优度(R^2)越大,代表回归曲线对观测值的拟合程度越好。将 R^2 大于 0.75 的测量参数的所有曲线函数中 R^2 最大的方程确定为正常肺体积与该测量参数之间的最佳方程。

1.4 回代检验

另选择 15 例符合上述研究条件的对象,对回归模型进行回代检验。方程估算的肺体积与 Pulmo 软件测量的肺体积之间进行 t 检验。检验水准 $\alpha=0.001$ 。

2 结果

2.1 单因素分析

左肺体积(V_1)与右肺体积(V_2)之间存在密切相关性(图 4),其回归方程为:

$$V_1=360.799+0.228 V_2-(6.433 \times 10^8) V_2^3(R^2=0.981, P<0.001)。(1)$$

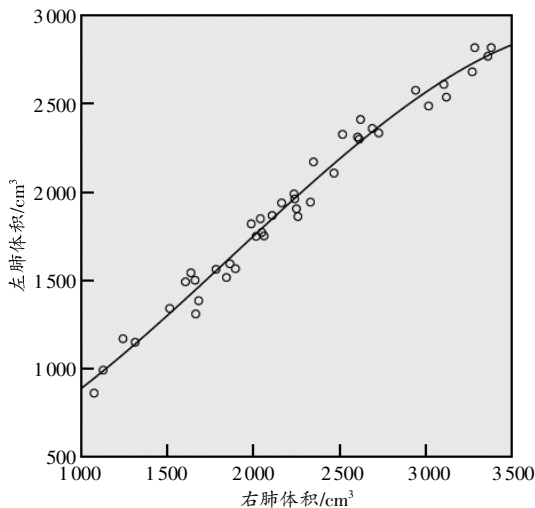


图 4 左肺体积与右肺体积之间的最佳回归曲线图

左肺体积与测量参数之间的曲线回归结果显示,左肺体积(V_1)与左肺上下径(d_1)、左肺膈顶层面的最大左右径(r_1)之间存在明显相关性,其回归方程分别为:

$$V_1=\exp(10.008-64.067/d_1)(R^2=0.877, P<0.001), (2)$$

$$V_1=\exp(9.729-23.581/r_1)(R^2=0.849, P<0.001)。(3)$$

右肺体积与测量参数之间的曲线回归结果显示,

右肺体积(V_2)与右肺上下径(d_2)、左肺膈顶层面的最大左右径(r_2)之间存在明显相关性,其回归方程分别为:

$$V_2=\exp(9.882-57.670/d_2)(R^2=0.907, P<0.001), (4)$$

$$V_2=-896.326+85.344 r_2+12.675 r_2^2(R^2=0.768, P<0.001)。(5)$$

2.2 多因素分析

左、右肺体积与相关性明显的肺上下径(d)、膈顶层面的最大左右径(r)之间以多种运算形式相互结合,再次进行回归分析发现,肺体积(V)与(dr)拟合最优(图 5~6)。左、右侧肺体积的回归方程分别为:

$$V_1=-196.679+1.570(d_1r_1)+0.037(d_1r_1)^2-(5.5 \times 10^5) \times (d_1r_1)^3(R^2=0.977, P<0.001), (6)$$

$$V_2=-1064.19+10.429(d_2r_2)-(5.208 \times 10^6) \times (d_2r_2)^3(R^2=0.972, P<0.001)。(7)$$

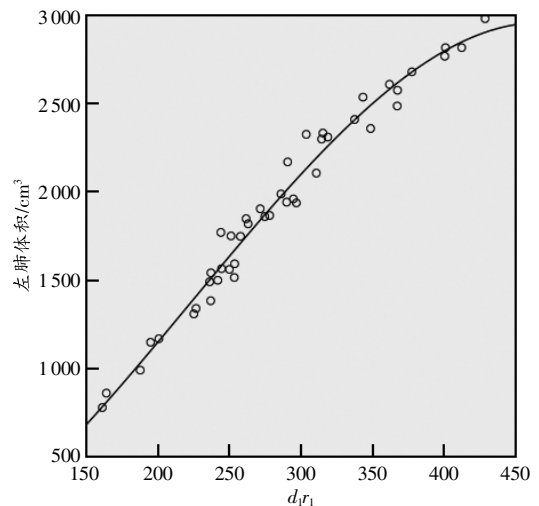


图 5 左肺体积与 d_1r_1 之间的最佳回归曲线图

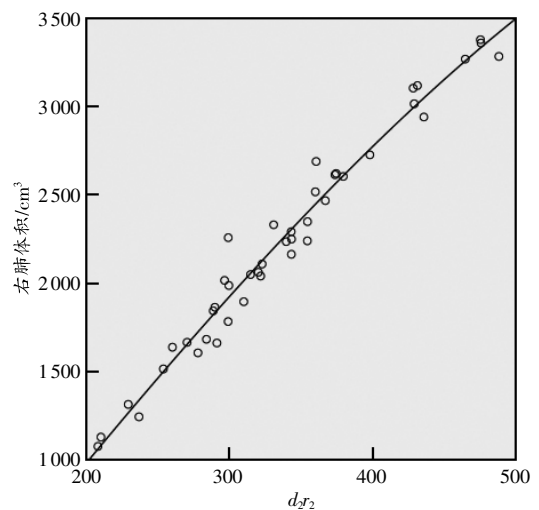


图 6 右肺体积与 d_2r_2 之间的最佳回归曲线图

2.3 回代检验

为了进一步验证所得方程的准确性,另选取 15 例符合条件的受检者,对方程(1)(6)(7)进行回代检验。

将方程推算的肺体积与 Pulmo 软件所得的肺体积采用 t 检验进行分析,两种方法所得肺体积的差异无统计学意义($P>0.001$),详见表 1。

表 1 方程推算的肺体积与 Pulmo 软件所测结果的比较
($n=15, \bar{x} \pm s, \text{cm}^3$)

肺	方程	Pulmo 软件所得	方程推算	P 值
左肺	(1)	1917.247±487.871	1894.186±478.050	0.958
左肺	(6)	1917.247±487.871	1920.157±447.485	0.953
右肺	(7)	2212.007±560.133	2223.200±516.289	0.965

3 讨论

准确测量正常人群肺体积的意义在于:(1)根据左、右肺体积之间及与不同 CT 测量参数之间的曲线方程,可获得被鉴定人患侧创伤前的正常肺体积;(2)结合压缩后肺体积计算出肺压缩程度,为法医临床关于肺压缩量的鉴定提供可靠依据;(3)丰富和完善法医临床伤残鉴定操作的理论;(4)为临床上对胸腔积液定量、气胸、血气胸治疗方案的合理选择提供参考。

目前,关于肺压缩程度的研究主要是针对气胸。传统是通过 X 线片进行估算^[6-7],主要依据是当胸廓内气带宽度相当于患侧胸廓宽度 1/4 时,肺被压缩约 35%;当胸廓内气带宽度相当于患侧胸廓宽度的 1/3 时,肺被压缩约 50%;当胸廓内气带宽度相当于患侧胸廓宽度的 1/2 时,肺被压缩约 75%。这种方法缺乏量化指标,是一种粗略的估计方法,并不太准确。近年来,使用 MSCT 测量肺压缩程度已成为常用的技术方法,研究相关参数之间的定量关系是法医临床影像学诊断的研究方向之一。

采用 MSCT 测量肺体积,多在呼气相或吸气相对全肺进行连续扫描,再利用 CT 图像后处理软件勾画出肺组织轮廓,进而计算肺体积。由于呼气状态下肺组织密度增大,边界不清,受呼吸作用的影响,不能准确描绘肺边界,因此本研究采用深吸气末屏气时进行常规 CT 扫描。深吸气末时的肺体积能反映肺组织的充气状态,如果受检者不能良好地配合屏气,两次屏气出现明显的呼吸幅度变化,所得的图像出现尾影,则会降低肺体积测量的准确性。故扫描前对受检者进行呼吸指令训练,使其在平静吸气末保持闭气状态,以最大程度减小呼吸相对测量结果的影响。SMITH 等^[8-9]利用 MSCT 和 Pulmo 软件对不同呼吸相的肺容积进行定量研究,证实 Pulmo 软件测量评估肺容积具有客观性、可靠性。因此本研究使用 Pulmo 软件对肺组织进行体积测量,能获得准确、科学的测量结果。

本研究拟利用 MSCT 寻找一种快速且准确的肺体积计算方法,以辅助法医临床对肺压缩程度的鉴定和临床对气胸、血气胸治疗方案的选择。本研究中,首

先使用 16 层螺旋 CT 对正常受检者胸部进行扫描,然后将图像传至 MMWP 工作站,使用 Pulmo 软件对获得的正常肺图像进行分析,手动修整局部肺影区域,并自动计算出正常肺体积。分别测量肺尖下 1 cm、主动脉弓、隆突下及膈顶 4 个层面的最大前后径和最大左右径,选取的这 4 个层面在 CT 图像上容易定位,鉴定人和临床医师在阅片时易于确定。本研究结果显示:线性函数不能很好地描述肺体积,曲线函数及多因素分析,可以提高方程的拟合优度:左、右侧肺体积之间存在曲线回归关系,所得曲线方程满足计算要求,可利用一侧正常肺体积计算对侧肺体积;肺体积与 d 、 r 、 dr 之间存在曲线回归关系,所得曲线方程均符合要求,且多因素方程的拟合优度最好,可计算该侧肺体积。回代检验显示,这 3 个方程的推算结果与 Pulmo 软件直接测量所得结果之间差异无统计学意义。综上所述,左、右侧正常肺体积之间,正常肺体积与肺上下径、膈顶层面的肺最大左右径、肺上下径和膈顶层面最大左右径乘积之间的回归方程拟合优度高,可用于估算正常肺体积。

由于样本量有限,利用研究建立的曲线回归方程估算正常肺体积存在一定的误差,可通过后期扩大样本量来进一步提高方程准确性,并可利用本实验建立的研究方法对压缩后肺体积进行定量研究,进而估算肺压缩程度,为法医学鉴定提供参考。

参考文献:

- [1] 宋莉,罗红娥,杨宝惠,等. 严重胸部创伤合并血气胸的观察及护理体会[J]. 医药前沿, 2016, 6(25): 342-343.
- [2] 翟志坚. DR 与 CT 检查在闭合性胸部创伤中的应用评价[J]. 中国伤残医学, 2013, 21(12): 232-233.
- [3] KOEGELENBERG C F, CALLIGARO G, HOESS C, et al. Transthoracic ultrasonography in respiratory medicine[J]. Panminerva Med, 2013, 55(2): 131-143.
- [4] 张利华,王云华,孙建林,等. 64 层螺旋 CT 低剂量双相扫描测定肺体积评价慢性阻塞性肺疾病患者肺功能[J]. 中国介入影像与治疗学, 2013, 10(1): 49-53.
- [5] MATSUMOTO M M, UDUPA J K, TONG Y, et al. Quantitative normal thoracic anatomy at CT[J]. Comput Med Imaging Graph, 2016, 51: 1-10.
- [6] 魏仁国. 肺压缩容积影像学测量方法[J]. 医学综述, 2011, 17(23): 3639-3641.
- [7] 薛城敬. 气胸患者肺压缩率的评估方法及应用此方法的体会[J]. 求医问药(学术版), 2011, 9(9): 68.
- [8] SMITH B M, BARR R G. Establishing normal reference values in quantitative computed tomography of emphysema[J]. J Thorac Imaging, 2013, 28(5): 280-283.
- [9] 霍丙胜,赵希智,姬国敏. 呼吸双相 CT 扫描对肺气肿的定量研究[J]. 医学影像学杂志, 2008, 18(9): 998-1001.

(收稿日期:2016-11-21)

(本文编辑:高 东)