

椎弓根钉道参数 CT 三维测量方法的准确性分析

谢瑞刚, 葛英辉, 史大鹏, 张涛, 朱绍成, 文泽军

【摘要】 目的:评价椎弓根钉道参数 CT 三维测量方法在不同旋转程度椎体中应用的准确性。方法:1 个椎体标本,在 10 个不同三维旋转角度下($10^{\circ}\sim 90^{\circ}$)分别进行 CT 扫描,由 3 人采用双盲法分别对上述 10 组数据进行 CT 三维重组及重复测量 4 次。依次找出椎体的冠、轴、矢状面,椎弓根钉道的矢状面、轴状面并进行校正。在椎体的冠、轴、矢状面上分别测得椎体在冠状面、轴状面、矢状面上的旋转角度(c, a, s),在椎弓根钉道的矢状面、轴状面上分别测得椎弓根钉道在椎体自身矢状面(ss)、轴状面上的倾斜角度(aa)及椎弓根钉道的长度(Len)、宽度(Wid)等。对测量参数结果用 SPSS 12.0 进行统计学分析。结果:本研究 10 组中,测量者组内或组间的参数 c, a, s 来自于同一总体($P>0.05$),测量者组内或组间的参数 aa, Len, Wid 来自于同一总体($P>0.05$),10 组间的参数 aa, Len, Wid 来自于同一总体($P>0.05$)(对于参数 Len, Wid, 需除外其协变量因素的影响)。结论:椎弓根钉道参数 CT 三维测量方法可准确测得椎弓根钉道的参数值。

【关键词】 体层摄影术, X 线计算机; 测量方法; 椎弓根; 放射摄影术

【中图分类号】 R814.42; R814.3 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2010)12-1392-04

Evaluation of accuracy of CT measuring method of vertebral pedicle screw parameters XIE Rui-gang, GE Ying-hui, SHI Da-peng, et al. Department of Radiology, the People's Hospital of Henan Province, Zhengzhou 450003, P. R. China

【Abstract】 Objective: To evaluate the accuracy of CT 3D measurements of the vertebral pedicle screw parameters under different vertebral rotational angles. **Methods:** A thoracic vertebral specimen was scanned 10 times with spiral CT under different rotational angles from 10° to 90° , and the data were reformatted and measured four times by three observers separately with double blind method. The following parameters of each scan with multi-planar reformation (MPR) technique were obtained: the angles (c, s, a) of vertebral rotation on the coronal, sagittal and axial planes of the vertebra body, the angles (ss, aa) of pedicle screw's rotation and the pedicle screw's length (Len) and width (Wid) on the sagittal and axial planes of the vertebra itself. The measuring results of the parameters were analyzed with SPSS 12.0 (One-Way ANOVA, General linear model-repeated measures). **Results:** The measuring data of c, s, a from intraobservers or interobservers of each of the 10 groups were not significantly different ($P>0.05$). The measuring data of aa, Len and Wid from intraobservers or interobservers of the 10 groups were not significantly different ($P>0.05$). The measuring data of aa, Len, Wid from intergroups of the 10 groups were not significantly different ($P>0.05$) (the covariate variables had been considered into the statistical analysis of the data of Len and Wid). **Conclusion:** The parameters of the vertebral pedicle screw can be measured accurately with CT 3D method.

【Key words】 Computed tomography; Measurement; Pedicle screw; Radiography

对经椎弓根行脊柱后路手术者,术前获知椎弓根钉道参数,有助于准确置钉,顺利手术,减少置钉失败率,术前或术中 CT 测量此参数已广泛用于临床^[1]。椎弓根钉道参数包括椎弓根钉道长径、椎弓根宽径、椎体在冠、轴、矢状面的旋转角度及椎弓根钉道在椎体自身矢状面、轴状面的倾斜角度等^[2]。关于其测量方法,文献中曾有报道^[1-5],方法不一。但目前尚无一种广为接受的 CT 测量方法,尤其对青少年特发性脊柱侧凸(adolescent idiopathic scoliosis, AIS)等椎体旋转角度大者,并且国内外文献中未见有对全部 CT 参数的准确性进行基础试验验证者。笔者通过对 AIS 患者术前 CT 测量,总结出一种 CT 测量方法,为了评价其在

不同旋转程度椎体中应用的准确性,笔者测量同一椎体标本在不同旋转角度下的椎弓根钉道参数,并分析各次 CT 测量结果的一致性。

材料与方法

1. 试验对象及仪器

1 个干燥的人体胸椎标本。采用 GE light speed plus CT, ADW4.3 工作站。

2. 扫描条件

80 kV, 10 mA, 视野 50 cm, 层厚 5 mm, 螺距 1.5, 床进速度 15 mm/r, 螺旋时间 1.0 s/r, 层间距 5 mm, 标准重建。

3. 试验方法

椎体旋转角度设计:共 10 组不同的三维旋转角度,递增范围分别由 0° 向 90° 增加。①第 1 次 CT 扫描时,椎体标本位置摆放为标准体位,即椎体标本在三维

作者单位:450003 郑州,河南省人民医院放射科(谢瑞刚、葛英辉、史大鹏、朱绍成、文泽军);300192 天津,天津市第一中心医院(张涛)

作者简介:谢瑞刚(1973-),男,河南南阳人,硕士,副主任医师,主要从事脊柱影像诊断工作。

通讯作者:葛英辉, E-mail: cjr. geyinghui@vip. 163. com

空间冠、轴、矢状面上均为 0° ;②第2~10次CT扫描时,椎体标本位置摆放在三维空间冠、轴、矢状面上分别为 $10^\circ\sim 90^\circ$ 。

扫描后重建原始数据:以椎管为中心进行位置重建,记录重建坐标为A(或P)值、R(或L)值(mm),显示视野为15 cm,标准重建,重建层厚2.5 mm,重建层间隔1.25 mm。A、P、R、L分别表示椎管中心在CT扫描野中的方位。

将10组数据传至ADW4.3工作站,采用双盲法,由3人分别对10组数据行多平面重组并在2D模式下测量各参数,每人测量4次,并记录测量结果。

CT测量方法:以原始冠状面图像上双侧椎弓根为测量的起点,运用多平面重组技术,依次找出椎体的冠、轴、矢状面,椎弓根钉道的矢状面、轴状面,并进行校正。在椎体的冠、轴、矢状面上分别测得椎体在冠、轴、矢状面上的旋转角度(c、a、s),在椎弓根钉道的矢状面、轴状面上分别测得椎弓根钉道在椎体自身矢状面、轴状面上的倾斜角度(ss、aa)及椎弓根钉道的长度(Len)、宽度(Wid)等,如右侧椎弓根钉道参数为aaR、LenR、WidR。

本文中参数ss未予测量,因为尽管椎弓根在椎体自身矢状面上有一定的倾斜角度(ss),但临床常采用与椎体上缘终板平行的角度(即 $ss=0^\circ$)进行置钉,所以本文未测该参数。

3名测量者组内(4次/名 \times 10组)、组间(3名 \times 10组)c、a、s的测量结果,3名测量者组内(4次/名 \times 10组)、组间(3名 \times 10组)aa、Len、Wid的测量结果,以及10组组间的aa、Len、Wid的测量结果一致性用SPSS 12.0统计学软件单因素方差分析方法及重复测量数据的方差分析方法进行统计分析。

结果

1. 椎弓根钉道参数的CT测量

表格中的每个数据表示3名测量者4次测量值的均值 \pm 标准差(表1)。D为椎管中心与CT扫描野

(SFOV)中心的距离, $D^2 = A^2$ (或 P^2) $+ R^2$ (或 L^2);c正值表示椎体在冠状面沿顺时针方向旋转的角度,负值相反;a正值表示椎体在轴状面沿顺时针方向旋转的角度,负值相反;s正值表示椎体在矢状面沿顺时针方向旋转的角度,负值相反。10组中WidR的最小值为4.20 mm,最大值为5.70 mm,均值及标准差为(4.84 \pm 0.27) mm;LenR的最小值为42.70 mm,最大值为47.60 mm,均值及标准差为(45.05 \pm 0.96) mm。

2. 统计学分析

3名测量者组内(4次/名 \times 10组)、组间(3名 \times 10组)c、a、s的测量:10组中,3名测量者组内和组间所测得的椎弓根钉道参数c、a、s无统计学差异(单因素方差分析, $P>0.05$;重复测量数据的方差分析, $P>0.05$)。

3名测量者组内(4次/名 \times 10组)、组间(3名 \times 10组)aa、Len、Wid的测量:10组中,3名测量者组内和组间所测得的椎弓根钉道参数aaR、LenR和WidR无统计学差异(重复测量数据的方差分析, $P>0.05$)。

10组组间的aa、Len、Wid的测量:10组间的椎弓根钉道参数aaR、LenR和WidR无统计学差异。对于参数LenR、WidR,需除外其协变量因素的影响,其具体统计学分析(重复测量数据的方差分析)结果如下(\bar{x} 为变量x的均数, $|x|$ 为x的绝对值, $va=90^\circ-a$)。

①10组组间的椎弓根钉道参数aaR,协变量为D、 $|c-\bar{c}|$ 、 $|va-\bar{va}|$ 、 $|s-\bar{s}|$ 时, $P=0.741$;无协变量时, $P=0.404$;②10组组间的椎弓根钉道参数LenR,协变量为D、 $|c-\bar{c}|$ 、 $|va-\bar{va}|$ 、 $|s-\bar{s}|$ 、 $|aaR-\bar{aaR}|$ 时, $P=0.260$;无协变量时, $P=0.001$,提示组间差异具有统计学意义;③10组组间的椎弓根钉道参数WidR,协变量为D、 $|c-\bar{c}|$ 、 $|va-\bar{va}|$ 、 $|s-\bar{s}|$ 、 $|aaR-\bar{aaR}|$ 时, $P=0.008$;协变量为D、 $|c-\bar{c}|$ 、 $|va-\bar{va}|$ 、 $|s-\bar{s}|$ 、 $|aaR-\bar{aaR}|$ 、 \bar{c} 时, $P=0.182$;无协变量时, $P=0.000$,提示组间差异具有统计学意义。后两项结果说明,测量角度(c、a、s、aa)的误差会引起测量长度和宽度(LenR、WidR)的误差。

表1 椎弓根钉道参数的CT测量结果

组别	D	c	a	s	LenR	WidR	aaR
1	4.47	4.17 \pm 2.17	4.42 \pm 1.24	0.00 \pm 0.00	43.93 \pm 0.75	4.49 \pm 0.18	13.00 \pm 2.22
2	11.15	13.42 \pm 1.24	11.75 \pm 1.42	8.08 \pm 0.51	44.21 \pm 0.68	4.73 \pm 0.18	13.42 \pm 1.73
3	17.01	23.08 \pm 2.43	27.33 \pm 1.15	28.75 \pm 1.60	44.92 \pm 0.64	4.84 \pm 0.19	13.83 \pm 2.25
4	23.35	34.83 \pm 1.80	33.33 \pm 1.72	46.58 \pm 1.24	44.72 \pm 0.92	5.29 \pm 0.22	12.75 \pm 2.34
5	30.61	-55.42 \pm 3.09	35.33 \pm 1.44	59.75 \pm 1.76	45.10 \pm 0.77	4.90 \pm 0.18	12.08 \pm 2.23
6	43.18	-62.67 \pm 1.92	24.25 \pm 1.60	-83.75 \pm 1.06	45.28 \pm 0.74	4.86 \pm 0.14	12.25 \pm 1.06
7	59.07	-65.83 \pm 1.59	22.58 \pm 1.56	-66.33 \pm 1.07	45.70 \pm 0.47	4.98 \pm 0.12	13.50 \pm 2.54
8	74.87	-19.17 \pm 3.18	-85.75 \pm 1.36	-39.92 \pm 1.16	45.93 \pm 0.95	4.96 \pm 0.16	12.17 \pm 2.62
9	20.31	-6.25 \pm 2.53	-85.25 \pm 1.60	-20.33 \pm 1.07	45.80 \pm 0.77	4.78 \pm 0.14	14.75 \pm 2.83
10	20.69	6.50 \pm 1.51	-84.75 \pm 1.29	-2.00 \pm 0.85	44.90 \pm 0.73	4.61 \pm 0.17	14.58 \pm 2.07

注:长度单位:mm,角度单位: $^\circ$ 。

讨 论

1. 本 CT 测量方法的准确性分析

在文献报道中,关于椎弓根钉道参数的 CT 测量方法有多种,曾有著者对单一参数(椎体在轴状面上的旋转角度)的准确性进行试验验证^[5-7]。其中,Gocen 等^[6]及 Rogers 等^[7]对正常人椎体标本在不同轴状面旋转角度下 CT 测量值的准确性进行了分析,其试验中的椎体在冠状面或矢状面上均无旋转。Aaro 等^[5]报道,对于不仅仅在轴状面上有旋转,而且在三维空间冠状面、矢状面上也有一定旋转角度的椎体,如果椎体单独在冠状面或矢状面上旋转 20°,则该椎体在轴状面上旋转角度的实际测量值与 CT 测量值的平均误差约为 0.3°,如果椎体在冠状面及矢状面上同时分别旋转 20°,则该椎体在轴状面上旋转角度的 CT 测量值即不再准确。Skalli 等^[8]报道,若使脊椎侧倾 10°,CT 测量约有 2°的误差,当椎体旋转角度增大,不只是发生在水平方向上时,则不精确性更高。Hecquet 等^[9]详细分析了当椎体在三维空间冠、矢状面上同时旋转时,椎体在冠状面、矢状面上不同的旋转角度对其轴状面旋转角度测量值的影响程度。上述报道均仅对椎体在轴状面上的旋转角度进行了分析或测量,尽管 Kuklo 和 Dang 等^[10,11]对椎体的 X 线参数的准确性进行了分析,Adam 等^[12]对 CT 测量 Cobb 氏角的准确性的进行了报道,但文献中未见有对全部 CT 参数的准确性进行基础试验验证者。

文献中所述的测量方法在理论上都是依据椎体椎弓根钉道的轴面进行测量^[3-5],但如何准确找到椎体椎弓根轴面,却少有报道,尤其对于椎体旋转角度大者,如 AIS 等。沈军等^[3]报道在三维模式下,将椎体旋转至合适位置,并采用经椎体椎弓根轴线切割的方法,可找到椎体椎弓根轴面,该方法较为复杂,且其准确性及可重复性仍需要验证。丁立祥^[4]报道可经 CT 多平面重组测得各参数,分别从冠状面、轴状面、矢状面调整图像,准确找到椎体的中心和椎体的冠、轴、矢状面图像,其椎弓根矢状面和轴面图像用于校正椎弓根高度和宽度测量的准确性。在预试验时,对影像相同的参数进行了多次测量,可信度和可重复性一致性检验示良好,但作者并未对其 CT 测量准确性的试验研究进行详细报道^[4]。

在本方法中,以原始冠状面图像上双侧椎弓根为起点,通过依次找出椎体的冠、轴、矢状面、椎弓根钉道的矢状面、轴状面以及重复上述测量,进行校正,可确保测量平面的准确性及相应平面上所测参数值的准确性。

笔者认为,只有对全部椎弓根钉道参数的准确性

进行验证,包括椎体在冠、轴、矢状面上的旋转角度(c、a、s),在椎体自身矢状面、轴状面上的倾斜角度(ss、aa)及椎弓根钉道的长度(Len)、宽度(Wid)等,才能评价 CT 测量方法的准确程度。本文通过对椎弓根钉道参数的分析,认为相同测量者用此 CT 方法多次测量、不同测量者用此 CT 方法测量、或用此 CT 方法测量不同旋转角度的椎体时,所测得的参数结果均较准确,表明本测量方法具有准确性。

2. 椎弓根钉道参数 CT 三维测量方法的临床意义

目前,椎弓根置钉术中尚有一定的失败率,当临床发现置钉失败时,并不能判定是由术前 CT 测量失误引起,还是由术中医师错误操作所致。在三维导航置钉或机器人置钉术中,对测量精确性的要求则会更高。所以,只有对 CT 测量的准确性进行判定,对 CT 测量的误差进行分析,才可能找出置钉失败的真正原因,从而真正改进置钉技术,达到精确置钉,避免各种可能的并发症。

尽管大多数椎体的形态变化有一定的规律,临床中可采用徒手置钉术,但并非所有椎体的形态变化具有相同的规律,由于椎体的形态存在个体差异,越来越多的术者采用个体化置钉术,大多依据 X 线片、CT 或其他手段预先获得椎弓根钉道参数。目前,徒手置钉尚未能达到 100%的置钉准确率^[13],但理论上讲,真正精确的 CT 三维测量可为术者提供 100%置钉准确率的机会。

本文未对测量中的偶然误差、CT 仪器自身误差^[14]等进一步分析,也未对参数 Len、Wid 等与其相关协变量因素之间的相关关系进一步分析,这些因素均与测量结果的准确性有关,因此仍需进一步探讨测量方法的误差问题。

参考文献:

- [1] 杨维权,刘大雄,孙荣华,等. 青少年脊柱侧凸矫正术中胸椎椎弓根螺钉植入技术[J]. 中国矫形外科杂志,2005,13(17):1292-1294.
- [2] 张永刚,王岩,刘郑生,等. 数字化三维重建技术定量评估青少年特发性脊柱侧弯胸椎椎弓根的形态变化[J]. 中国临床康复,2005,9(22):13-15.
- [3] 沈军,李力,王东来,等. 下颈椎椎弓根三维 CT 测量及个体化置钉术的实验研究[J]. 中国骨与关节损伤杂志,2005,20(6):398-400.
- [4] 丁立祥. 多层螺旋 CT 在青少年特发性脊柱侧凸中的应用研究[D]. 北京:中国协和医科大学临床医学院北京协和医院骨科,2006. 15-27.
- [5] Aaro S, Dahlborn M. Estimation of vertebral rotation and the spinal and rib cage deformity in scoliosis by computer tomography [J]. Spine, 1981, 6(5):460-467.
- [6] Gocen S, Havitcioglu H, Alici E. A new method to measure vertebral rotation from CT scans[J]. Eur Spine J, 1999, 8(4):261-265.
- [7] Rogers B, Wiese S, Blankenbaker D, et al. Accuracy of an automa-

ted method to measure rotations of vertebrae from computerized tomography data[J]. Spine, 2005, 30(6):694-696.

- [8] Skalli W, Lavaste F, Describes JL. Quantification of three dimensional vertebral rotations in scoliosis; what are the true values[J]. Spine, 1995, 20(5):546-553.
- [9] Hecquet J, Legaye J, Duval-Beaupere G. Access to a three-dimensional measure of vertebral axial rotation[J]. Eur Spine J, 1998, 7(3):206-211.
- [10] Kuklo TR, Potter BK, Schroeder TM, et al. Comparison of manual and digital measurements in adolescent idiopathic scoliosis[J]. Spine, 2006, 31(11):1240-1246.
- [11] Dang NR, Moreau MJ, Hill DL, et al. Intra-observer reproduc-

ibility and interobserver reliability of the radiographic parameters in the spinal deformity study group's AIS radiographic measurement manual[J]. Spine, 2005, 30(9):1064-1069.

- [12] Adam CJ, Izatt MT, Harvey JR, et al. Variability in Cobb angle measurements using reformatted computerized tomography scans[J]. Spine, 2005, 30(14):1664-1669.
- [13] 许明, 李明. 徒手胸椎椎弓根螺钉置入技术的应用研究[J]. 中国矫形外科杂志, 2006, 14(10):781-783.
- [14] 谢瑞刚, 史大鹏, 郭漆, 等. 螺旋 CT 测量误差的原因分析[J]. 实用放射学杂志, 2007, 23(8):1114-1115.

(收稿日期:2010-03-23 修回日期:2010-06-09)

先天性肺内与纵隔内支气管囊肿一例

· 病例报道 ·

李胜, 石思李

【中图分类号】R814.42 【文献标识码】D 【文章编号】1000-0313(2010)12-1395-01

病例资料 女, 35 岁, 胸闷、咳嗽 20 余天。患者 20 余天前无明显诱因出现胸闷、咳嗽, 偶有心慌、胸痛、恶心不适, 未予特殊处理, 近来上述不适加重。

门诊增强 CT: ①右上中纵隔占位, 以支气管源性囊肿首先考虑; ②右上肺肺囊肿或肺大泡形成(图 1)。门诊查体及实验室检查未见异常。遂以纵隔并肺内占位性病收住院, 抗生素对症治疗待患者咳嗽好转后在全麻下行纵隔及右上肺病灶切除术。

手术所见: 右上纵隔于奇静脉左上方、气管右侧方可见一约 7.0 cm×9.0 cm×7.0 cm 囊性包块, 边界清楚, 与右上肺、气管、上腔静脉均有粘连。仔细分离右上肺与胸壁粘连, 剪开纵隔胸膜, 切开纵隔囊肿包膜, 完整剥离切除囊肿, 囊腔内含绿褐色粘稠液体, 见囊肿起源于主气管。右肺上叶可见一约 7.0 cm×7.0 cm 含气肺囊肿, 内壁光滑, 壁厚约 1~2 mm, 与细支气管相通。术后标本送病检, 病检提示支气管源性囊肿并感染, 部分支气管上皮单纯性增生。出院诊断: ①气管囊肿; ②右肺上叶肺囊肿。

讨论 先天性支气管囊肿是一种由胚胎发育障碍引起的先天性疾病, 在临床实际工作中较为少见, 同时发生于肺内及纵隔内支气管囊肿更为少见。支气管囊肿发生在肺内者又称肺囊肿, 其发生机制为: 支气管的发育是从索状组织演变成中空的管状结构, 由于胚胎发育停滞, 不能使索状结构成为贯通的管状结构, 其远侧支气管分泌的粘液不能排出, 即逐渐积聚膨胀, 形成囊肿^[1]。囊肿发生于纵隔内系胚胎时期支气管胚芽移入纵隔伴发育异常所致。临床症状与囊肿部位、大小、是否与支气管相通及是否恶变有关。临床上多无表现, 常在体检时发现, 如果与气道相通, 常伴继发感染, 可出现咳嗽、胸闷、胸痛等症状。

依据囊肿内成分不同可分为含液、含气及含液含气混合性囊肿。位于肺内或纵隔内的支气管囊肿其 X 线或 CT 表现主

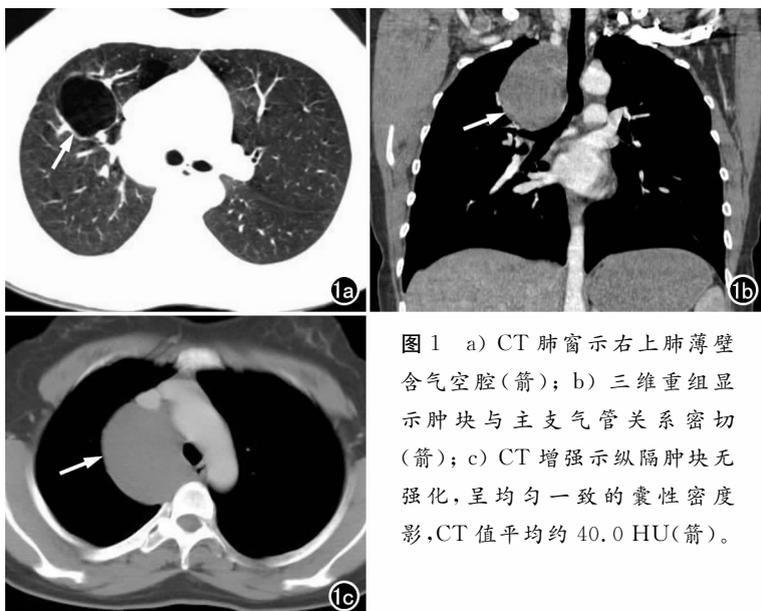


图 1 a) CT 肺窗示右上肺薄壁含气空腔(箭); b) 三维重组显示肿块与主支气管关系密切(箭); c) CT 增强示纵隔肿块无强化, 呈均匀一致的囊性密度影, CT 值平均约 40.0 HU(箭)。

要取决于囊肿是否与气道相通及合并感染。囊肿内支气管分泌的粘液不能排除则表现为含液囊肿, 呈圆形或类圆形边界清楚锐利的高密度影; 含气囊肿在 CT 肺窗上表现为边界清楚的圆形低密度无肺纹理区, 纵隔窗上能显示其薄壁, 此类囊肿与支气管相通, 本例右上肺在术中可见囊肿与肺内细支气管相通, 仅表现为薄壁含气囊肿; 含液气囊肿在肺窗及纵隔窗上均可见液气平面影像。若合并感染则在肺窗上表现为囊肿周围淡薄高密度渗出性改变。CT 增强检查囊肿无强化。

单发肺内含气支气管囊肿需与肺大泡鉴别, 后者年龄多较大且多合并由慢性支气管炎、肺气肿病史, 而前者年龄多较轻, 病程长, 临床上无临床症状。纵隔支气管囊肿主要与食管囊肿鉴别, 主要鉴别点是观察气管与支气管有无局限性压迹, 该点可认为是支气管囊肿较典型的表现^[1]。

参考文献:

- [1] 吴恩惠. 医学影像诊断学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2001. 454-456, 549.

(收稿日期:2010-02-04)

作者单位: 442000 湖北, 鄖阳医学院附属人民医院放射科

作者简介: 李胜(1981—), 男, 山东青岛人, 住院医师, 主要从事影像诊断工作。