

临床论著

成人下腰椎神经根与椎板骨窗之间
CT容积再现技术成像特点与意义李 光¹, 王 冰¹, 吕国华¹, 李亚伟¹, 张年凤², 廖华之³

(1 中南大学湘雅二医院脊柱外科 410011 湖南省长沙市; 2 岳阳职业技术学院 414000 湖南省岳阳市;

3 中南大学湘雅二医院放射科 410011 湖南省长沙市)

【摘要】 目的: 观察正常成人下腰椎神经根与对应椎板骨窗之间 CT 容积再现技术 (volume rendering technique, VRT) 成像的影像学特点, 为完全内窥镜下经椎板间隙入路技术的安全应用提供依据。**方法:** 从 2011 年 9 月~11 月在我院体检人群中选取 60 例正常成人的下腰椎 CT 片, 男 32 例, 女 28 例, 年龄 20~59 岁, 平均 40 岁。将 64 排螺旋 CT 平扫下腰椎的三维重建数据传至工作站, 在多平面重建技术下获得矢状面、冠状面及横断面成像, 确定神经根起始点位置, 在前后位上以神经根起始点为参照, 与对应椎板骨窗之间进行 VRT 成像, 测量以下参数: 椎板骨窗的上下径及左右径, 神经根起始点与相应椎板骨窗的椎板上缘及上下关节突内侧缘 (椎板骨窗的外侧缘) 垂直距离, 神经根起始点与相应椎弓根上缘垂直距离, 神经根与硬膜囊夹角 (根囊角), 以及神经根起始点至相应椎弓根下缘的直线距离和垂直距离, 并进行统计学分析。**结果:** 60 例均获得了下腰椎神经根起始点与椎板骨窗对应的清晰图像。根据神经根起始点与椎板骨窗位置对应关系分为四型: 即上缘内型、上缘外型、下缘内型和下缘外型。各相邻节段神经根测量参数比较均有统计学意义 ($P < 0.05$), 即椎板窗的上下及左右径均逐渐增大, L4~S1 的神经根起始点至椎板上缘的距离逐渐增大, 与上下关节突内侧缘的距离逐渐增大, 根囊角逐渐减小, 神经根在椎管内的直线投影距离逐渐增长, 神经根起始点至椎弓根上、下缘的距离逐渐增长。**结论:** VRT 技术可快速、直观显示下腰椎神经根与对应椎板骨窗之间的空间关系, 能为完全内窥镜下经椎板间隙入路技术应用提供指导。

【关键词】 下腰椎; 神经根; CT 容积再现技术; 完全内窥镜技术; 影像测量

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2013.01.10

中图分类号: R814.4 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2013)-01-0042-05

The characteristic and significance of normal human lower lumbar nerve root and vertebral interlaminar space under CT volume rendering technique/LI Guang, WANG Bing, LÜ Guohua, et al/Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2013, 23(1): 42-46

【Abstract】 Objectives: To investigate the characteristic of the normal human lower lumbar nerve root and interlaminar space under CT volume rendering technique, and to provide the basis for safe practice of the full-endoscopic technique. **Methods:** From September 2011 to November 2011, CT volume rendering technique was performed on lumbar nerve root and interlaminar space of 60 healthy population. There were 32 males and 28 females with a mean age of 40(20-59) years old. Three-dimensional reconstruction data of lower lumbar spine under 64-slice spiral CT were transferred into working station, multi-planar reconstruction (MPR) technique was used to obtain the sagittal, coronal and cross sectional imaging, the starting point of nerve root was determined, then the imaging of lower lumbar nerve root and vertebral interlaminar space was obtained under CT volume rendering technique(VRT). Index included: the vertical diameter(VD) and longitude diameter (LD) of interlaminar space; the vertical distance from nerve root to the superior edge of pedicle (PSRD), the vertical distance from nerve root to the inferior edge of pedicle(PIRD); the vertical distance from nerve root to the superior edge of vertebral lamina (LSRD), the vertical distance from nerve root to medial

基金项目: 湖南省发改委重点项目 (编号: 湘发改高技 2009-1390 号)

第一作者简介: 男 (1983-), 硕士在读, 研究方向: 脊柱外科

电话: (0731) 85295825 E-mail: lg8303@163.com.cn

通讯作者: 王冰 E-mail: bingwang20021972@yahoo.com.cn

edge of the facet(LMRD); the straight distance from nerve root to the inferior edge of pedicle(RSD); the angle between nerve root and dura mater (RA). Each parameter was statistically analyzed. **Results:** All images of lower lumbar nerve root and vertebral interlaminar space from 60 cases were obtained under CT volume rendering technique. Four types were determined according to the position of nerve root and interlaminar space: superior edge and medial, superior edge and outside, inferior edge and medial, inferior edge and outside. However, there was statistical significance with adjacent segment parameters($P<0.05$). The values of VD, LD, PSRD, PIRD, LSRD, LMRD and RSD increased gradually from L4 to S1; on the contrary, the RA decreased gradually from L4 to S1, and the length of nerve root in the spinal canal increased gradually. **Conclusions:** The morphology of the lower lumbar nerve root and interlaminar space can be accurately detected by CT volume rendering technique, which can be used for the surgical treatment of lumbar disc herniation under full-endoscopic technique.

[Key words] Lower lumbar; Nerve root; CT volume rendering technique; Full-endoscopic technique; Image measurement

[Author's address] Department of Spine Surgery, Second Xiangya Hospital of Central South University, Changsha, 410011, China

在治疗腰椎退行性疾患的各种后入路微创手术中,完全内窥镜下小通道技术(full endoscopic, FE)近年来得到了快速发展,其应用中所体现出的疗效好、创伤小等优势已得到认可^[1-5]。然而,小通道技术存在陡峭的学习曲线,成功开展不但需要相关的培训,而且对术前局部影像学检查有着更高的要求^[6]。目前常规开展的 X 线及 CT 检查对骨结构显影清晰,但不能显示神经等周围毗邻组织^[7-9]。常规 MRI 以及近年来出现的磁共振选择性激励技术虽可以定位腰神经根及其在同一冠状面上毗邻的椎弓根,但也只能反映冠状面某个层面的关系,不能显示神经根与周围骨组织等的空间相互位置,对微创手术的指导意义有限^[10]。研究表明,利用所有体素的 CT 值的容积再现技术(volume rendering technique, VRT)通过表面遮盖与旋转相结合,应用假色编码和透明化技术,能使表面与深部结构同时立体地显示。该方法已成功用于支气管、肺、纵隔、肋骨和血管成像,且图像清晰、逼真^[11]。本研究尝试采用容积再现技术,利用 CT 对骨结构及软组织不同显影特点,在下腰椎三维重建基础上,将神经组织窗与骨窗的三维结构进行融合,旨在为后入路 FE 的应用提供影像学指导。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 60 例 2011 年 9 月~2011 年 11 月在我院健康体检的成人下腰椎 CT 片,男 32 例,女 28 例。入选标准:无明显腰椎畸形、退变、肿瘤及手术

和外伤史;无明显腰腿痛症状;年龄 20~59 岁,平均 40 岁。

采用德国西门子 64 排螺旋 CT 仰卧位下行下腰段平扫(双下肢伸直,双上肢放于躯体两侧)。扫描参数为 120kV、220mA,层厚为 1mm,层间距为 1mm。平扫后将三维重建数据传至西门子图像处理工作站。在多平面重建技术下获得矢状面、冠状面及横断面成像,利用坐标轴定位神经根分叉点的位置,再利用容积再现技术(VRT)对定位的神经根分叉点及周围骨结构成像进行立体组合(图 1)。

所有数据通过 CT 仪自带测量工具下测得(角度精确度为 0.1° ,长度精确度 0.1mm)。测量参数依据 FE 技术的临床应用要求自行定义设计,并由 1 位放射科医师和 1 位脊柱外科医师各自测量一次后取均值,以减少误差。具体测量参数及方法见图 2。在各测量值中,神经根起始点在相应椎板骨窗下缘的上方及椎板骨窗外侧缘的内侧的垂直距离为正值,反之,神经根起始点在相应椎板骨窗下缘的下方与椎板骨窗外侧缘的外侧的垂直距离为负值;神经根起始点在椎弓根上缘的上方时,其垂直距离为正值,反之,神经根起始点低于椎弓根上缘,其垂直距离为负值。其余数据都取正值。

1.2 数据处理

应用 SPSS 10.0 软件进行统计学分析,对同一节段的左右侧数据比较采用配对 t 检验,下腰椎各节段间数据比较采用方差分析, $P<0.05$ 为有统计学差异。

2 结果

根据 CT 容积再现成像技术, 本组 60 例均获得了下腰椎神经根起始点与椎板骨窗对应的清晰图像。神经根起始点与相应椎板上缘及关节突内

侧缘位置关系共有四种类型(图 3); 即上缘内型、上缘外型、下缘内型、下缘外型, 各椎板间隙神经根分型的具体分布情况见表 1。60 例正常成人下腰椎神经根左右侧各相关测量参数见表 2, 同一

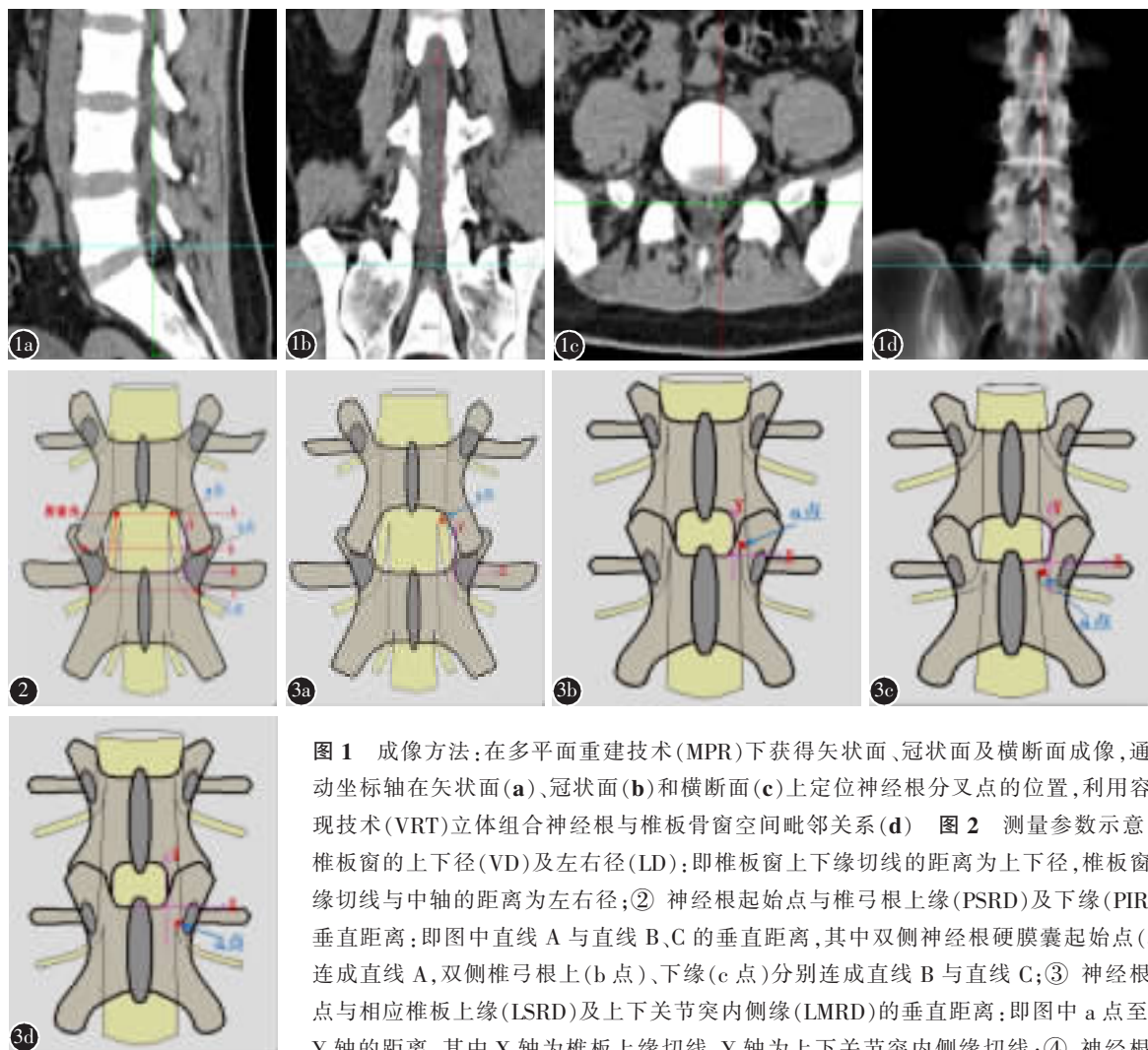


图 1 成像方法: 在多平面重建技术(MPR)下获得矢状面、冠状面及横断面成像, 通过移动坐标轴在矢状面(a)、冠状面(b)和横断面(c)上定位神经根分叉点的位置, 利用容积再现技术(VRT)立体组合神经根与椎板骨窗空间毗邻关系(d) **图 2** 测量参数示意图[①椎板窗的上下径(VD)及左右径(LD): 即椎板窗上下缘切线的距离为上下径, 椎板窗的外缘切线和中轴的距离为左右径; ②神经根起始点与椎弓根上缘(PSRD)及下缘(PIRD)的垂直距离: 即图中直线 A 与直线 B、C 的垂直距离, 其中双侧神经根硬膜囊起始点(a 点)连成直线 A, 双侧椎弓根上(b 点)、下缘(c 点)分别连成直线 B 与直线 C; ③神经根起始点与相应椎板上缘(LSRD)及上下关节突内侧缘(LMRD)的垂直距离: 即图中 a 点至 X 与 Y 轴的距离, 其中 X 轴为椎板上缘切线, Y 轴为上下关节突内侧缘切线; ④神经根起始点至椎弓根下缘的直线距离(RSD); ⑤根囊角(RA): 神经根与硬膜囊中轴所成的夹角(白色箭头所指)] **图 3** 根据容积再现技术成像, 神经根起始点与相应椎板上缘及关节突内侧缘的位置关系分为四型的示意图 a 上缘内型, 即神经根起始点位于相应椎板上缘及关节突内侧缘 b 上缘外型, 即神经根起始点位于相应椎板上缘及关节突外侧缘 c 下缘内型, 即神经根起始点位于相应椎板下缘及关节突内侧缘 d 下缘外型, 即神经根起始点位于相应椎板下缘及关节突外侧缘

Figure 1 Imaging methods: Using multi-planar reconstruction(MPR) technique to obtain the sagittal(a), coronal(b) and cross sectional(c) imaging, locating nerve root, then obtaining the imaging of lower lumbar nerve root and vertebral interlaminar space under CT volume rendering technique(VRT)(d) **Figure 2** Measurement parameters diagram[① the vertical diameter(VD) and longitude diameter(LD) of interlaminar space; ②the vertical distance from nerve root to the superior edge of pedicle(PSRD), the vertical distance from nerve root to the inferior edge of pedicle(PIRD): the distance of line A with B、C; ③the vertical distance from nerve root to the superior edge of vertebral laminae(LSRD), the vertical distance from nerve root to medial edge of the facet (LMRD): the distance of point a with coordinate axes; ④the straight distance from nerve root to the inferior edge of pedicle(RSD); ⑤the angle between nerve root and dura mater(RA) (white arrow)] **Figure 3** Four types of diagrams according to the position of nerve root and interlaminar space under CT VRT a superior edge with medial b superior edge with outside c inferior edge with medial d inferior edge with outside

节段左右侧数据比较均无统计学差异 ($P>0.05$), 相邻节段神经根测量参数方差分析结果显示均有统计学意义 ($P<0.05$)。测量参数中, L4~L1 的椎板窗上下径及左右径均逐渐增大, 即椎板骨窗上下径较大, 而左右径窄小。L4~S1 的根囊角逐渐减小, 神经根在椎管内的直线投影距离逐渐增长, 神经根起始点至椎弓根的上缘、下缘的距离逐渐增加; 神经根起始点至椎板上缘的距离逐渐增大; 与上下关节突内侧缘的距离逐渐增大。

3 讨论

安全显露和辨认硬膜囊、神经根等结构是 FE 下经椎板骨窗入路手术成功开展的前提, 因而有必要术前了解手术节段椎板骨窗与神经根的空间对应关系。如何选择神经结构影像学参照是应用 64 排 CT 容积再现技术立体定位的难点。笔者先

期经验与相关研究显示^[12,13], 神经根在椎管内的走行方向受突出椎间盘和椎管狭窄等病理状况影响较明显, 而对神经根起始点影响较小, 位置相对恒定。因此, 本研究选择神经根起始点作为参照进行测量, 以保证所得数据的客观性与准确性。结果显示, 根据与相应椎板上缘及关节突内侧缘的位置关系, 不同节段神经根起始点的分布有所差别: S1 神经根分布区绝大多数为上缘内型, 占 89%; L5 神经根分布区与 S1 相似, 主要为上缘内型, 占 67%; 而 L4 神经根分布与 L5 和 S1 不同, 主要为上缘外型 (45%) 及下缘外型 (40%), 即神经根偏外侧, 更靠近侧隐窝, 而其余两型分布较少。上述分布特点可以为 FE 下经椎板间隙入路手术安全、有效地显露神经根起始点提供指导。对于上缘内型和下缘内型者, 无需扩大椎板骨窗, 单纯切开黄韧带后即可辨认位于椎管内的硬膜囊与神经根

表 1 60 例成人下腰椎不同节段椎板骨窗神经根分型

Table 1 Type of different segments of lower lumbar nerve root and vertebral interlaminar space

	椎板上缘上型 (Superior edge of vertebral laminae)						椎板上缘下型 (Inferior edge of vertebral laminae)					
	L4		L5		S1		L4		L5		S1	
	左(L)	右(R)	左(L)	右(R)	左(L)	右(R)	左(L)	右(R)	左(L)	右(R)	左(L)	右(R)
关节突内缘外型 Outside edge of the facet	28	26	6	6	1	1	24	24	2	2	1	1
关节突内缘内型 Medial edge of the facet	8	10	46	48	54	54	0	0	6	4	4	4
合计 (例) Total	36	36	52	54	55	55	24	24	8	6	5	5

注: 左, 左侧椎板窗; 右, 右侧椎板窗

Note: L, left vertebral interlaminar space; R, right vertebral interlaminar space

表 2 60 例正常成人下腰椎神经根左右侧各相关测量参数

($\bar{x} \pm s$)

Table 2 The left and right parameters of 60 normal human lower lumbar nerve root and vertebral interlaminar space

	L4		L5		S1	
	左(L)	右(R)	左(L)	右(R)	左(L)	右(R)
椎板窗上下径 (mm) Interlaminar window vertical diameter (VD)	9.78±2.11	9.93±1.55	10.55±0.88	10.33±1.23	12.14±3.17	12.01±3.14
椎板窗左上径 (mm) Interlaminar window longitude diameter (LD)	7.65±1.88	7.69±2.11	9.41±2.31	9.39±1.97	11.58±1.83	11.59±2.44
根囊角 (°) Angle between nerve root and dure mater (RA)	48.88±8.58	50.04±9.27	42.34±8.38	41.88±9.53	29.34±6.64	29.08±7.57
神经根起始点至椎弓根下缘距离 (mm) Distance from nerve root to inferior edge of pedicle (RSD)	13.79±5.57	13.66±7.97	19.22±5.11	20.11±4.77	26.90±5.24	26.55±4.44
神经根起始点至椎弓上缘垂直距离 (mm) Vertical distance from nerve root to superior edge of pedicle (PSRD)	-6.68±7.72	-6.93±8.27	4.82±6.11	4.68±6.35	7.02±5.14	7.34±6.69
神经根起始点至椎弓下缘垂直距离 (mm) Vertical distance from nerve root to superior edge of pedicle (PIRD)	8.75±5.35	8.94±3.15	13.35±3.93	13.04±4.41	20.95±5.21	21.68±3.38
神经根起始点至椎板上缘垂直距离 (mm) Vertical distance from nerve root to superior edge of lamina (LSRD)	1.33±2.88	1.32±3.54	4.36±3.52	4.30±3.69	8.58±4.72	8.63±4.77
神经根起始点至上下关节突内侧缘垂直距离 (mm) Vertical distance from nerve root to medial edge of facet (LSRD)	1.38±1.67	1.37±1.81	9.40±1.79	9.41±1.80	11.58±2.01	11.60±2.09

注: 同一节段左右侧比较均无统计学差异 ($P>0.05$)

Note: No statistical significance between left and right parameters in the same level ($P>0.05$)

起始点。但对上缘外型和下缘外型者,则需要在切开黄韧带之前先应用镜下磨钻磨除上椎板下缘及下关节突内侧或下椎板上缘部分骨质,切开黄韧带后方可充分显露侧隐窝,从而便于分离位于其中的硬膜囊与神经根起始点,以避免神经损伤并发病的发生。

从单纯神经解剖的角度上观察,本研究测得的数据反应出 L4~S1 的根囊角逐渐减小,即神经根倾斜的角度越来越大,与张明等^[14]的解剖数据结论稍有不同,可能与本研究设定的根囊角实质为根囊角在前后位的二维平面投影角有关。L4~S1 的神经根在椎管内走行的长度越来越长,这主要是因为神经根起始点的位置与相应椎弓根上缘的距离越来越远所致,即神经根起始点向心性上移^[13,15]。神经根在椎管内分为盘黄间段和椎弓根间段,随着节段的下移,盘黄间段在椎管内神经根长度的比值越来越大,即 PSRD/SRD 的数值越来越大,在 L4 中几乎全为椎弓根间段,即 PSRD/SRD 为 0,而在 S1 神经根中,盘黄间段占椎管神经根长度比值已接近 1/3(7.1/26.6)。上述结果不但解释了腰椎间盘突出症最容易引起神经根性痛的节段是 L4/5 和 L5/S1,也提示在 FE 小通道下可以进行有效髓核摘除与神经根减压。

在适应证选择上,FE 下经椎板间隙入路进行腰椎间盘突出手术,除要求病程较短、脱出髓核块较小且为软性外,术前判断椎板骨窗的大小亦非常重要。由于 FE 下小通道直径不足 8mm,因此通常要求椎板窗的上下径及左右径均不得少于 8mm^[4],否则视为椎板窗过窄而不适合开展本手术。本研究结果显示,椎板窗的上下径及左右径随节段的下移越来越大,在 L3/4 节段,椎板窗上下径一般在 8mm 以上,而左右径窄小;在 L4/5 和 L5/S1 节段,椎板窗上下径与左右径均在 8mm 以上。因此,开展 FE 时选取 L4/5 或 L5/S1 节段椎间盘突出病例更为合理。

综上,CT 容积再现成像技术能快速、直观、全面地提供下腰椎神经根与对应椎板骨窗结构在前后位上的二维空间关系,可用于 FE 的术前神经根定位及手术方案制定。但本研究样本量较小,只能大致反映下腰椎神经根与周围组织的影像学特征,而且 CT 容积再现成像技术反映的是下腰椎神经根与周围结构在平卧位下的前后位二维平面关系,所测数据受体位影响较大。另外,不同年龄段及不同病理状态等因素下的影像学特点有待进

一步研究。

4 参考文献

1. Ruetten S, Komp M, Godolias G. A new full-endoscopic technique for the interlaminar operation of lumbar disc herniations using 6 mm endoscopes: prospective 2-year results of 331 patients[J]. Minim Invas Neurosurg, 2006, 49(2): 80-87.
2. Ruetten S, Komp M, Merk H, et al. Use of newly developed instruments and endoscopes: full-endoscopic resection of lumbar disc herniations via the interlaminar and lateral transforaminal approach[J]. J Neurosurg Spine, 2007, 6(6): 521-530.
3. Kuonsongtum V, Paiboonsirijit S, Kesornsak W, et al. Result of full endoscopic uniportal lumbar discectomy: preliminary report[J]. Med Assoc Thai, 2009, 92(6): 776-780.
4. 吕国华,王冰,刘伟东,等. 完全内窥镜下经椎板间入路手术治疗腰椎间盘突出症[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2010, 20(6): 448-452.
5. 王冰,吕国华,李晶,等. 完全内镜下经椎板间入路治疗腰椎间盘突出症的对比研究[J]. 中华外科杂志, 2011, 49(1): 74-78.
6. Wang B, LV GH, Patel AA, et al. An evaluation of the learning curve for a complex surgical technique: the full endoscopic interlaminar approach for lumbar disc herniations [J]. Spine J, 2011, 11(2): 122-130.
7. 郑冬,邹德威,吴继功,等. 腰椎间小关节螺旋 CT 三维测量、观察及临床意义[J]. 解剖学杂志, 2009, 32(2): 238-241.
8. 阮狄克,沈根标,杨宏美,等. 100 例国人腰椎弓根的 CT 测量[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 1993, 3(6): 125-128.
9. 夏兆云,施丁一,杨宏美,等. 正常成人腰椎侧隐窝 CT 研究[J]. 中国医学影像学杂志, 2000, 16(11): 1001-1003.
10. 巴兆玉,黄宇峰,沈彬,等. 正常成人下腰椎神经根磁共振选择性激励技术成像的特点[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2011, 21(12): 973-976.
11. 方文春,夏丽天,吴斌. 多层螺旋 CT 容积再现成像技术在肺部疾病中的应用探讨[J]. 临床肺科杂志, 2004, 9(6): 628-630.
12. 王冰,吕国华,刘伟东,等. 完全内窥镜下经椎板间入路手术治疗腰椎间盘突出症术中转为开放手术的原因分析[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2011, 21(3): 185-188.
13. 刘亮,杨礼安,蔡丰. 下腰部神经根的解剖学观察及临床意义[J]. 颈腰痛杂志, 2007, 28(2): 86-89.
14. 张明,郑祖根. 腰椎神经根管狭窄神经根受压的形态学变化及其临床意义[J]. 中国临床解剖学杂志, 2002, 20(2): 109-111.
15. Torun F, Dolgun H, Tuna H, et al. Morphometric analysis of the roots and neural foramina of the lumbar vertebrae [J]. Surg Neurol, 2006, 66(2): 148-151.

(收稿日期:2012-05-03 末次修回日期:2012-10-12)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 卢庆霞)