

# 腰椎椎基静脉孔的 CT 多平面重组观测

康小燕 薛咏春 王星 刘路 张少杰 李志军

**【摘要】** 目的 探讨 CT 影像观测下腰椎椎基静脉孔(BF)形态及不同椎体间 BF 的差异。方法 选择 2011 年 9 月—2012 年 9 月内蒙古医科大学附属医院和第二附属医院行腰椎 MSCT 检查的 18 ~ 55 岁健康成人的 30 例 CT 扫描数据,观察腰椎 BF 的形态,运用 Mimics 16.0 在各节段多平面重组图像上测量 BF 宽(BFW)、深(BFD)、高(BFH)的绝对值。结果 在观察的 30 例 150 个 L<sub>1</sub> ~ L<sub>5</sub> 椎体中, BF 近似梯形或三角形者占 84.6% (127/150), 矩形占 10.0% (15/150), 不规则形占 5.4% (8/150); 其中 BF 内部出现骨性间隔占 8.0% (12/150)。BFW 值总体随椎序增长呈平缓递增趋势, 最小值位于 L<sub>1</sub>, 最大值位于 L<sub>4</sub>; L<sub>1</sub> 与 L<sub>3</sub> ~ L<sub>5</sub> 间差异均有统计学意义 ( $P$  值均  $< 0.01$ ), 其余椎体间比较差异均无统计学意义 ( $P$  值均  $> 0.05$ )。BFD 值总体走势呈递增趋势, 最小值位于 L<sub>1</sub>, 最大值在 L<sub>4</sub>; L<sub>1</sub> 与 L<sub>2</sub> ~ L<sub>5</sub> 间差异均有统计学意义 ( $P$  值均  $< 0.05$ ), L<sub>2</sub> 与 L<sub>3</sub> 间差异有统计学意义 ( $P$  值均  $< 0.05$ ), 其余椎体间比较差异均无统计学意义 ( $P$  值均  $> 0.05$ )。BFH 值总体走势呈“波浪型”趋势, 最小位于 L<sub>5</sub>, 最大值位于 L<sub>4</sub>; L<sub>1</sub> ~ L<sub>4</sub> 与 L<sub>5</sub> 间比较差异均有统计学意义 ( $P$  值均  $< 0.01$ )。结论 人体腰椎均存在 BF, 主要有三角形、矩形和不规则形 3 种形态, 且腰椎 BFW 总体随椎序增长呈平缓递增趋势, BFD 总体走势呈递增趋势, BFH 总体走势呈“波浪型”趋势。本研究结果为临床手术及影像学检查提供形态学依据。

**【关键词】** 腰椎; 体层摄影术, X 线计算机; 椎基静脉孔; 成像, 三维; 形态特征

**CT imaging observations of the lumbar vertebrate basivertebral foramen** Kang Xiaoyan\*, Xue Yongchun, Wang Xing, Liu Lu, Zhang Shaojie, Li Zhijun. \*Master of Grade 2013, Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010059, China

Corresponding author: Li Zhijun, Department of Anatomy, Inner Mongolia Medical University, Hohhot, 010059, China, Email: lizhijunmail@sina.com

**【Abstract】 Objective** To discuss the basivertebral foramen (BF) of lumbar spine (L<sub>1</sub> - L<sub>5</sub>), including the form and the differences between different vertebral bodies, through the observation of the lumbar vertebrate basivertebral foramen. **Methods** CT scan data of 30 healthy adults (18 to 55 years old) from September 2011 to September 2012 in the Affiliated Hospital of Inner Mongolia Medical University and the Second Affiliated Hospital were measured using Mimics 16.0 software. The following index were observed: BF wide (BFW), deep (BFD), high (BFH) in the absolute value, to do a prospective study of the morphology of lumbar BF. **Results** In BF, there were 84.6% (127/150) for trapezoidal or triangular, 10.0% (15/150) for rectangular, irregular accounting for 5.4% (8/150), however 8.0% (12/150) for bone interval. BFW: L<sub>1</sub> and L<sub>3</sub> - L<sub>5</sub> was statistically significant (all  $P$  values  $< 0.05$ ), the rest was not statistically significant, the overall growth was flat with vertebral increasing trend, minimum located L<sub>1</sub>, maximum located L<sub>4</sub>. BFD: L<sub>1</sub> and L<sub>2</sub> - L<sub>5</sub> statistically significant (all  $P$  values  $< 0.05$ ), L<sub>2</sub> and L<sub>3</sub> was statistically significant (all  $P$  values  $< 0.05$ ), the rest were not statistically significant, the overall trend showed an increasing trend, the minimum located L<sub>1</sub>, maximum at L<sub>4</sub>. BFH: L<sub>1</sub> - L<sub>4</sub> and L<sub>5</sub> was statistically significant (all  $P$  values  $< 0.05$ ), the overall trend was "wavy" tendency, a minimum located L<sub>5</sub>, maximum located L<sub>4</sub>. **Conclusions** There are basivertebral foramen in the lumbar vertebra of the human body: triangular, rectangular and irregular shape. The overall growth of BFW was flat with an increasing trend, the overall trend of BFD showed an increasing trend and the overall trend of BFH was "wavy" trend. Results of this research provide morphological evidence for clinical surgery and imaging studies.

**【Key words】** Lumbar vertebrae; Tomography, X-ray computed; Basivertebral foramen; Imaging, three-dimensional; Morphological characteristics

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-7041.2015.04.005

基金项目: 国家自然科学基金(81260269); 内蒙古自治区自然科学基金(2012MS1149)

作者单位: 010059 呼和浩特, 内蒙古医科大学 2013 级硕士研究生(康小燕、刘路); 呼和浩特市察素齐镇医院 外科(薛咏春); 内蒙古医科大学人体解剖学教研室(王星、张少杰、李志军); 内蒙古医科大学数字医学中心(王星、李志军)

通信作者: 李志军, Email: lizhijunmail@sina.com

椎基静脉孔 (basivertebral foramen, BF) 是椎基静脉 (basivertebral vein, BV) 进出椎体的孔道, 是位于椎体后壁和两个椎弓根之间的皮质缺损区, 也称滋养孔。BF 及 BV 在临床中具有重要意义, 因椎静脉丛内 (vertebral venous plexus, VVP) 的静脉无瓣膜, 对感染的扩散、肿瘤的转移、侧支循环的形成或气体栓塞等方面都具有重要意义。此外, 椎体成形术的严重并发症之一——骨水泥渗漏同样与大口径 BF 这个天然管道有着密切的关系<sup>[1-3]</sup>。骨水泥渗漏时既可经 BF 内的椎基静脉进入椎静脉系统 (vertebral venous system, VVS), 也可经 BF 进入椎管形成脊髓或神经压迫。从力学角度分析, BF 这个天然管道造成椎体后壁局部应力承载缺失, 成为腰椎椎体后缘骨折的潜在风险<sup>[4]</sup>。目前, 国内外对 BF 形态结构观测的相关报道较少<sup>[5-7]</sup>。为进一步了解腰椎 BF 的形态特征及解剖位置, 本文对成人腰椎的 BF 进行了 CT 影像学测量。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究资料

选择 2011 年 9 月—2012 年 9 月内蒙古医科大学附属医院和第二附属医院行腰椎 MSCT 体检的 18~55 岁成人。为排除脊柱疾病 (包括畸形、肿瘤、炎症、结核、骨折、严重骨质疏松等) 的健康体检者共 118 例, 按检查日期顺序编号, 随机抽取其中 30 名 (男 17 名, 女 13 名) 纳入本研究, 对其腰椎 BF 的形态进行 CT 影像学测量。

### 1.2 实验方法

1.2.1 实验设备及软件 美国 GE 16 层螺旋 CT。3D 重建软件 Mimics 16.0。

1.2.2 扫描方法 受试者取中立仰卧位, 头先进, 身体长轴与机床平行, 双臂自然放于身体两侧, 腰椎尽量取水平位, 由 CT 室具有执业资格的医师进行操作。

1.2.3 扫描范围及层厚 扫描范围 T<sub>12</sub>~S<sub>1</sub>, 扫描线与身体中轴线垂直。扫描参数: 层厚 1.25 mm, 间距 1.25 mm, 重建层厚 0.625 mm, 重建间距 0.625 mm, Fov 30 cm×30 cm, 矩阵 512×512, 管电压 150 kV, 管电流 260 mA。

1.2.4 测量方法 将 CT 原始数据以 DICOM 格式导入 PC 计算机, 利用 3D 重建软件进行多平面重组与参数测量。

### 1.3 参数测量指标和方法

(1) 椎基静脉孔宽 (basivertebral foramen width, BFW): 水平位 BF 与椎体后壁交点间连线的距离; (2) 椎基静脉孔高 (basivertebral foramen height,

BFH): 矢状位 BF 与椎体后壁交点间连线的距离; (3) 椎基静脉孔深 (basivertebral foramen depth, BFD): 水平位 BF 顶点距 BF 与椎体后壁交点间连线的垂直距离。见图 1、2。

实验测量 30 例成人完整 L<sub>1</sub>~L<sub>5</sub> 椎骨共 150 个, 每个椎骨获取 3 个参数, 共 450 个参数。为尽量减少误差, 在 CT 水平位或矢状位的窗口, 选定一块椎骨滑动鼠标, 在其能尽可能显示这块椎骨水平位或矢状位的全部结构时进行测量, 记住该窗口右下角的页数, 每次测量该椎骨时均选取该页进行。实验测量由经培训的 3 位研究人员各测量 1 遍, 取其平均值。

### 1.4 统计学方法

使用 SPSS 13.0 软件进行数据整理和统计学分析。各测量数据服从正态分布, 采用  $\bar{x} \pm s$  表示, 同一指标不同节段间比较采用单因素方差分析和 SNK-*q* 检验。以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 BF 的形态

在 30 例 150 个椎体 CT 水平位和矢状位重建图像上, BF 主要表现为 3 种形态: 近似梯形或三角形 (图 3) 占 84.6% (127/150), 矩形 (图 4) 占 10.0% (15/150), 不规则形 (图 5) 占 5.4% (8/150); 另外, BF 内部出现骨性间隔 (图 6) 占 8.0% (12/150)。详见表 1。

表 1 CT 图像 BF 3 种形态分类统计 [例 (%)]

椎序	例数	三角形或近似梯形	矩形	不规则形
L <sub>1</sub>	30	28(93.4)	1(3.3)	1(3.3)
L <sub>2</sub>	30	26(86.7)	1(3.3)	3(10.0)
L <sub>3</sub>	30	26(86.7)	3(10.0)	1(3.3)
L <sub>4</sub>	30	25(83.3)	4(13.4)	1(3.3)
L <sub>5</sub>	30	22(73.3)	6(20.0)	2(6.7)
合计	150	127(84.6)	15(10.0)	8(5.4)

注: BF: 椎基静脉孔

### 2.2 BFW、BFD 和 BFH 测量结果

BFW 值总体随椎序增长呈平缓递增趋势, 最小值位于 L<sub>1</sub>, 最大值位于 L<sub>4</sub>, L<sub>5</sub> 略有下降。除 L<sub>1</sub> 与 L<sub>3</sub>~L<sub>5</sub> 间差异均有统计学意义 ( $P$  值均  $< 0.01$ ) 外, 其余椎体间两两比较差异均无统计学意义 ( $P$  值均  $> 0.05$ )。见表 2、图 7。

BFD 的总体走势与 BFW 相似, 也呈递增趋势, 最小值位于 L<sub>1</sub>, 最大值在 L<sub>4</sub>, L<sub>5</sub> 略有下降。L<sub>1</sub> 与 L<sub>2</sub>~L<sub>5</sub> 间差异均有统计学意义 ( $P$  值均  $< 0.05$ ), L<sub>2</sub> 与 L<sub>3</sub>~L<sub>5</sub> 间比较差异也有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 其余椎体间两两比较差异均无统计学意义 ( $P$  值均

>0.05)。见表 2、图 7。

BFH 则呈“波浪型”趋势,最小位于 L<sub>5</sub>,最大值位于 L<sub>4</sub>;L<sub>1</sub>~L<sub>4</sub> 与 L<sub>5</sub> 间比较差异均有统计学意义(P 值均 <0.01),其余椎体间两两比较差异均无统计学意义(P 值均 >0.05)。见表 2、图 7。

### 3 讨论

#### 3.1 BF 与椎体容积之间的关系

VVP 的概念由 Breschet(1988)首次提出,描述其为庞大的静脉丛状无瓣膜网络,跨越整个脊柱并连通硬脑膜窦、腔静脉系统与 VVS。BV 是 VVS 的一部分,Antonacci 等(1998)研究发现,向椎体中心注入墨水,可观察到墨水通过 BV 经由 BF 汇入椎静脉系统。因 VVP 内的静脉无瓣膜,血液在其中可双向

向流动。当椎体承受轴向载荷时,椎体骨性终板和椎体容积也随之改变。BF 能把椎体内静脉血量恰当地调节出椎体,从而调节椎体容积。当椎体轴向载荷去除时,椎体终板复原后,BF 能恰当地把椎体外静脉血量调节进入椎体。随着椎体内外压力的改变,在 BF 处存在较明显的血液流动<sup>[8]</sup>,当周围静脉压高于椎体内压时会形成间隙性的血液逆流,这可能是肿瘤栓子传播的潜在途径,成为椎体肿瘤转移好发部位的原因之一。可见 BF 在肿瘤细胞转移中起着重要作用,是肿瘤细胞进出椎体的门户<sup>[9]</sup>。

#### 3.2 BF 与经皮椎体成形术并发症的关系

近年来,随着临床经皮椎体成形术(percutaneous vertebroplasty, PVP)应用逐渐普及,其并发症也随之增多。其中最严重的并发症为骨水泥渗漏导致的肺栓塞及脊髓神经根压迫。BF 口径大于身体任何部位的滋养孔,骨水泥渗漏与大口径 BF 这个天然管道有着密切关系<sup>[1]</sup>。临床已开始 PVP 中先行椎体静脉造影,根据造影情况来调整骨水泥注射时机、速率和压力,能减少外漏的发生;同时观察造影剂回流途经处有无骨水泥流动影像,也能及时监测到骨水泥的外漏趋势,避免可能的严重后果发生,从而提高安全性和疗效<sup>[2-3]</sup>。

#### 3.3 BF 与椎体骨折的关系

本研究结果显示,在 CT 重建图像上可见绝大多数(84.6%, 127/150)BF 表现为三角形和梯形,尖端指向椎体内;且一部分(8%, 12/150)BF 内有骨性间隔,将 BF 内部空间一分为二。从力学角度分析,BF 这个天然大口径管道势必造成椎体后壁局部应力承载缺失导致 BF 周围应力过度集中,成为上腰椎椎体后上缘骨折的潜在风险<sup>[4]</sup>。谢宝钢

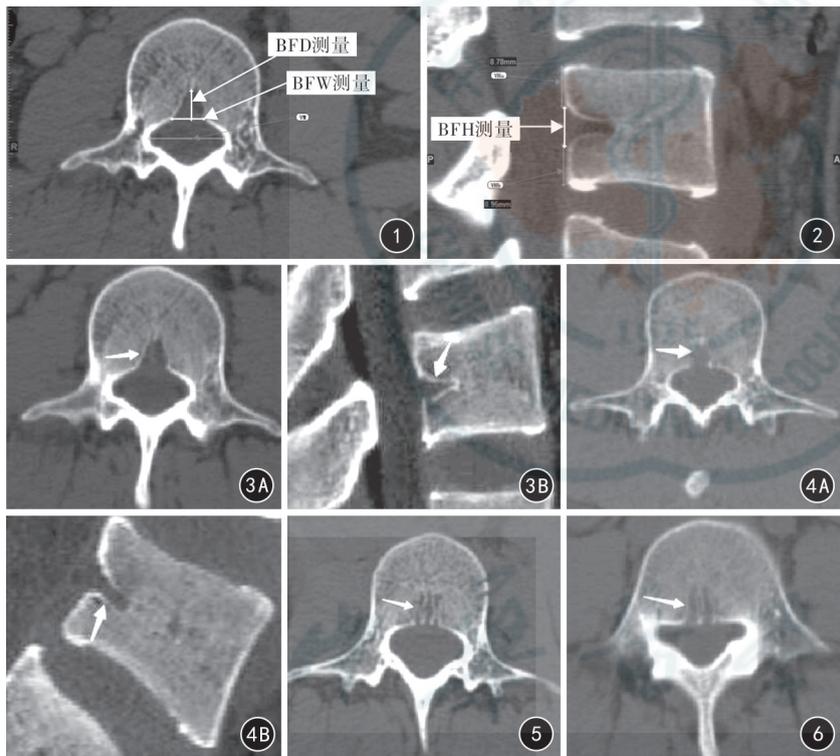


图 1 腰椎 CT 水平面重建图上 BFW、BFD 测量方法 BFW:椎基静脉孔宽;BFD:椎基静脉孔深 图 2 腰椎 CT 矢状面重建图上 BFH 测量方法 BFH:椎基静脉孔高 图 3 CT 图像显示三角形椎基静脉孔(箭) 3A 水平面 3B 矢状面 图 4 CT 图像显示不规则椎基静脉孔(箭) 4A 水平面 4B 矢状面 图 5 水平位重建图像显示不规则椎基静脉孔(箭) 图 6 水平位重建图像显示椎基静脉孔内部骨性间隔(箭)

表 2 L<sub>1</sub>~L<sub>5</sub> 椎体 BFW、BFD、BFH 测量值比较[mm,  $\bar{x} \pm s$ (min~max)]

椎体	例数	BFW	BFD	BFH
L <sub>1</sub>	30	5.87 ± 1.76(3.15 ~ 10.02)	5.81 ± 1.48(3.29 ~ 9.92)	5.48 ± 1.35(2.83 ~ 8.19) <sup>c</sup>
L <sub>2</sub>	30	7.40 ± 1.89(4.45 ~ 12.76) <sup>a</sup>	7.38 ± 1.58(4.67 ~ 10.72) a	5.93 ± 1.26(3.38 ~ 9.24) <sup>c</sup>
L <sub>3</sub>	30	7.83 ± 1.39(5.42 ~ 10.49) <sup>a</sup>	8.30 ± 1.21(6.31 ~ 10.77) <sup>ab</sup>	5.79 ± 1.28(3.12 ~ 8.22) <sup>c</sup>
L <sub>4</sub>	30	8.09 ± 1.60(6.14 ~ 13.78) <sup>a</sup>	8.74 ± 1.59(4.59 ~ 12.54) <sup>ab</sup>	5.95 ± 1.39(3.16 ~ 8.22) <sup>c</sup>
L <sub>5</sub>	30	7.85 ± 1.83(4.95 ~ 10.56) <sup>a</sup>	8.59 ± 2.06(5.01 ~ 11.67) <sup>ab</sup>	4.23 ± 1.42(1.06 ~ 6.69)
F 值	-	8.280	17.086	8.678
P 值	-	<0.01	<0.01	<0.01

注: BFW:椎基静脉孔宽;BFD:椎基静脉孔深;BFH:椎基静脉孔高;SNK-q 检验:与 L<sub>1</sub> 椎体比较<sup>a</sup>P <0.01,与 L<sub>2</sub> 椎体比较<sup>b</sup>P <0.05,与 L<sub>5</sub> 椎体比较<sup>c</sup>P <0.01

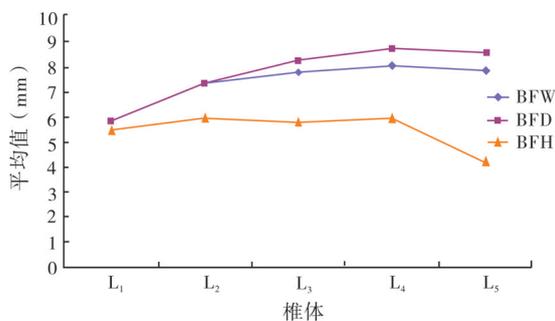


图 7 L<sub>1</sub> ~ L<sub>5</sub> 椎体 BFW、BFD、BFH 的变化 BFW: 椎基静脉孔宽; BFD: 椎基静脉孔深; BFH: 椎基静脉孔高

等(1993)研究发现,脊柱爆裂性骨折的发生与终板软骨形态、椎体骨小梁密度及 BF 的解剖结构有关;构成 BF 孔壁的是一些板状结构的梁小骨,作为应力承载区,此区被视为一薄弱区;从撞击结果中观测发现,椎管内的骨折块主要来源于 BF 上缘,在 BF 可看到有骨折线通过。当椎体受到外力作用时,BF 局部应力承载缺失。一旦应力达到极限时便会导致 BF 周围骨小梁断裂,骨折块向后突入椎管内,形成椎管狭窄。Zhao 等<sup>[10]</sup>通过测量不同区域终板强度发现,尾侧终板无论在正中矢状位还是经椎弓根平面,其厚度均高于头侧终板,因此暴力作用下,头侧终板更易破裂移位。Grant 等<sup>[11]</sup>认为,后上方椎体强度被后柱结构所强化,因此其骨小梁较少;而后下方由于缺乏后柱结构支撑,需要依赖增加骨小梁来维持强度,其终板强度明显强于后上方。与下终板比较,上终板更薄,缺乏足够骨小梁支撑,在相同应力作用下更易损伤<sup>[12]</sup>。将本研究发现与以上研究结果综合分析,能更好地解释上述临床现象。

本研究选择测量平面的方法是在同一 CT 窗口,选定一块椎骨滑动鼠标,在其能尽可能显示这块椎骨全部结构的平面作为测量平面,每次测量该椎骨时均选取该平面进行。但是该测量平面的确定与 CT 扫描的位置、方法及测量人员的水平有关系,存在的误差是不可消除的,在更大样本量的情况下可以减小这种误差。CT 测量的优点是可获取更大、更多符合要求的活体影像样本量,可更精确地观察 BF 结构,在 BF 内部更精确地测量各观察指标的最大和最小值。

本研究通过对 30 名健康成人 150 个腰椎骨的观测,为 BF 的形态参数和特点提供了影像学资料。但要对 BF 解剖结构的精确描述,需要对更多样本量进行深入探索。

## 参 考 文 献

- [1] 王永江,王清,姚琦. PKP 治疗骨质疏松性爆裂骨折疗效及骨水泥渗漏途径的探讨[J]. 重庆医学, 2015, 44(11): 1457-1459, 1462.
- [2] 陈富,邓忠良,柯珍勇. 椎体静脉造影有利于减少经皮椎体成形术中骨水泥外漏[J]. 重庆医学, 2005, 34(4): 565-566.
- [3] Wang C, Fan S, Liu J, et al. Basivertebral foramen could be connected with intravertebral cleft: a potential risk factor of cement leakage in percutaneous kyphoplasty[J]. Spine J, 2014, 14(8): 1551-1558.
- [4] Rajasekaran S. Thoracolumbar burst fractures without neurological deficit: the role for conservative treatment[J]. Eur Spine J, 2010, 19(Suppl 1): S40-S47.
- [5] 赵兴,赵凤东,方向前,等. 胸腰段椎体椎基静脉孔的 CT 影像学特征及其意义[J]. 中华骨科杂志, 2012, 32(1): 58-64.
- [6] Murphy MA. Bilateral posterior ischemic optic neuropathy after lumbar spine surgery[J]. Ophthalmology, 2003, 110(7): 1454-1457.
- [7] 马春明,鞠晓华,王孝文,等. 腰椎椎基静脉孔的解剖学观测及其临床意义[J]. 中国临床解剖学杂志, 2014, 32(4): 405-408.
- [8] Oeppen RS, Tung K. Retrograde venous invasion causing vertebral metastases in renal cell carcinoma[J]. Br J Radiol, 2001, 74(884): 759-761.
- [9] Shah AN, Pietrobon R, Richardson WJ, et al. Patterns of tumor spread and risk of fracture and epidural impingement in metastatic vertebrae[J]. J Spinal Disord Tech, 2003, 16(1): 83-89.
- [10] Zhao FD, Pollintine P, Hole BD, et al. Vertebral fractures usually affect the cranial endplate because it is thinner and supported by less-dense trabecular bone[J]. Bone, 2009, 44(2): 372-379.
- [11] Grant JP, Oxland TR, Dvorak MF. Mapping the structural properties of the lumbosacral vertebral endplates[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2001, 26(8): 889-896.
- [12] Hulme PA, Boyd SK, Ferguson SJ. Regional variation in vertebral bone morphology and its contribution to vertebral fracture strength[J]. Bone, 2007, 41(6): 946-957.

(收稿日期:2015-01-23)

(本文编辑:张萍)