

## 多层螺旋计算机断层扫描测量成年贵州小型猪腰椎正常数据

刘新峰<sup>1</sup>, 王荣品<sup>1</sup>, 钱宁<sup>2</sup>, 曾宪春<sup>1</sup>, 王玉权<sup>1</sup>, 吴曙光<sup>2\*</sup>

(1. 贵州省人民医院放射科, 贵阳 550002; 2. 贵阳中医学院实验动物研究所, 贵阳 550002)

**摘要:** **目的** 通过测量成年贵州小型猪腰椎椎体及附件各种径线值, 建立贵州小型猪腰椎正常数据。 **方法** 选取健康成年贵州小型猪 10 头(雄性 5 头, 雌性 5 头), 采用西门子双源计算机断层扫描仪(CT)对其进行薄层轴位扫描, 经 Aquarius iNtuition 4.4 进行图像重建, 在横断位椎体正中层面测量椎体、椎管横径及纵径, 椎弓根的宽度及骨性通道, 在矢状位测量椎体、椎弓根高度, 并对椎弓根宽度、椎弓根骨性通道与体质量做相关性分析。 **结果** 腰 1~腰 5 椎体、椎管横径逐渐变大, 而椎体、椎管纵径及椎弓根宽度、高度变化不明显, 腰 3 椎弓根宽度及高度均最大, 分别为  $9.81 \text{ mm} \pm 0.65 \text{ mm}$ ,  $17.77 \text{ mm} \pm 0.46 \text{ mm}$ 。椎弓根宽度与体质量均呈显著正相关( $r_{11} = 0.96$ ,  $r_{12} = 0.97$ ,  $r_{13} = 0.86$ ,  $r_{14} = 0.73$ ,  $r_{15} = 0.85$ ;  $P < 0.05$ )。椎弓根骨性通道也与小型猪体质量均呈显著正相关( $r_{11} = 0.97$ ,  $r_{12} = 0.90$ ,  $r_{13} = 0.89$ ,  $r_{14} = 0.52$ ,  $r_{15} = 0.65$ ;  $P < 0.05$ )。 **结论** 多层螺旋 CT 及其后处理软件可以准确测量贵州小型猪腰椎及附件影像资料, 为建立小型猪腰椎病理模型提供基础数据。

**关键词:** 贵州小型猪; 腰椎; 计算机断层扫描

中图分类号: Q959.8 文献标志码: A 文章编号: 1000-7083(2016)03-0431-04

## Lumbar Spine Data of Adult Guizhou Miniature Pigs Measured by Multislice Spiral Computed Tomography *in vivo*

LIU Xinfeng<sup>1</sup>, WANG Rongpin<sup>1</sup>, QIAN Ning<sup>2</sup>, ZENG Xianchun<sup>1</sup>, WANG Yuquan<sup>1</sup>, WU Shuguang<sup>2\*</sup>

(1. Department of Radiology, Guizhou Provincial People's Hospital, Guiyang 550002, China;

2. Institute of Laboratory Animals, Guiyang College of Traditional Chinese Medicine, Guiyang 550002, China)

**Abstract: Objective** To establish normal data of lumbar spine of adult Guizhou miniature pig. **Methods** Ten healthy adult Guizhou miniature pigs (5 males, 5 females) were tested by measuring the diameters of the lumbar spine in this study. The miniature pigs were scanned by SIEMENS dual source computed tomography (CT) scanner, and the raw data were conducted for multiplanar reconstruction using Aquarius iNtuition 4.4. The transverse and longitudinal diameters of vertebral body and spinal canal, the widths of pedicle and osseous channel were measured at the median transverse plane of the vertebral bodies. The heights of vertebral body and pedicle were measured at the maximum sagittal section. The correlations between the width of the pedicle, osseous channel and the weight of miniature pig were analyzed. **Results** From lumbar 1 to 5, the transverse diameter of vertebral body and spinal canal increased gradually. No significant difference was found in the longitudinal diameter, spinal canal, width and height of vertebral body. The widest ( $9.81 \text{ mm} \pm 0.65 \text{ mm}$ ) and highest ( $17.77 \text{ mm} \pm 0.46 \text{ mm}$ ) pedicle was lumbar 3. A positively significant correlation was found between the width of pedicle and the weight of miniature pig ( $r_{11} = 0.96$ ,  $r_{12} = 0.97$ ,  $r_{13} = 0.86$ ,  $r_{14} = 0.73$ ,  $r_{15} = 0.85$ ;  $P < 0.05$ ), as well as between the osseous channel and the weight of miniature pig ( $r_{11} = 0.97$ ,  $r_{12} = 0.90$ ,  $r_{13} = 0.89$ ,  $r_{14} = 0.52$ ,  $r_{15} = 0.65$ ;  $P < 0.05$ ). **Conclusions** Multislice spiral CT and its post-processing software can accurately measure various data of the lumbar spine of Guizhou miniature pig *in vivo*, and therefore provide normal reference for setting up lumbar pathological model.

**Key words:** Guizhou miniature pig; lumbar spine; computed tomography

小型猪与人的基因纯和度达 95%, 在解剖、组织学及生理方面与人类十分相似(张贺等, 2012)。

因此, 相对于其他实验动物(小鼠、兔等), 小型猪在基础研究中充当实验模型更具优势。我国具有丰富

收稿日期: 2015-11-02 接受日期: 2016-01-30

基金项目: 贵州省科技计划项目(黔科合中药字[P2012]LKZ7001号, 黔科合SY字[2011]3057号)

作者简介: 刘新峰(1983—), 男, 硕士, 住院医师, E-mail: 379771752@qq.com

\* 通信作者 Corresponding author, E-mail: wxsg126@126.com

的小型猪资源,如巴马小型猪、五指山小型猪及贵州小型猪等。贵州小型猪由贵阳中医学院经 30 余年早熟化、小型化选育培育,具有体型小、耐受性强、性情温顺、成熟早、遗传稳定、易饲养等特点,且在解剖、生理方面与人相似,被公认为是重要的实验用小型猪品种之一。经过 30 多年实验研究积累了一定解剖、生理及生化方面的资料,但缺乏其正常腰椎的椎体影像资料。本研究旨在对健康成年贵州小型猪进行双源计算机断层扫描 (computed tomography, CT) 及腰椎数据测量,丰富腰椎椎体解剖参数,为建立实验模型提供参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 实验动物及实验仪器

健康成年贵州小型猪 10 头(雄性 5 头,雌性 5 头),由贵阳中医学院实验动物研究所提供,12~16 月龄,体质量 17.05~30.8 kg,排除脊柱畸形、脊柱肿瘤等影响测量结果的疾病(郑欣等,2012)。全价颗粒饲料喂养(吴曙光等,2013),饲养环境按国家标准实验动物环境及设施执行(刘云波等,2010)。实验仪器采用由贵州省人民医院放射科提供的西门子双源 CT(Siemens SOMATOM Definition)。研究方案经贵阳中医学院伦理委员会批准。

### 1.2 实验方法

扫描前 15~20 min 对实验猪进行肌注复合麻醉(剂量:3% 戊巴比妥钠  $0.55 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,速眠新 II  $0.11 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1}$ )。麻醉起效后将实验猪放于特制实验用具后再固定在 CT 扫描床上进行扫描。扫描参数:管电流 148 mAs,管电压 100 kV,旋转时间 0.33 s,重建间隔 1.5 mm,层厚 2 mm,扫描螺距 0.5,探测器准直器  $32 \times 0.6 \text{ mm}$ ,卷积函数 10f。

### 1.3 数据处理

扫描结束后将原始图像传输到 Aquarius iNtution 4.4 中进行腰椎三维重建及数据测量。采用多平面重组及容积再现在腰椎椎体横断位正中层面测量椎体横径、椎体纵径和椎弓根宽度(图 1)、椎弓根骨性通道(即椎弓根置钉通道,测量经椎弓根后缘中点达椎体前 1/3 距离)(胡海刚,谭伦,2014)、椎管横径及纵径(图 2),在矢状位重建图像上测量椎体高度、椎弓根高度(图 3)。以上数据均测量 2 次取平均值。

### 1.4 统计学方法

采用 SPSS 13.0 对椎体横径、椎体纵径、椎弓根

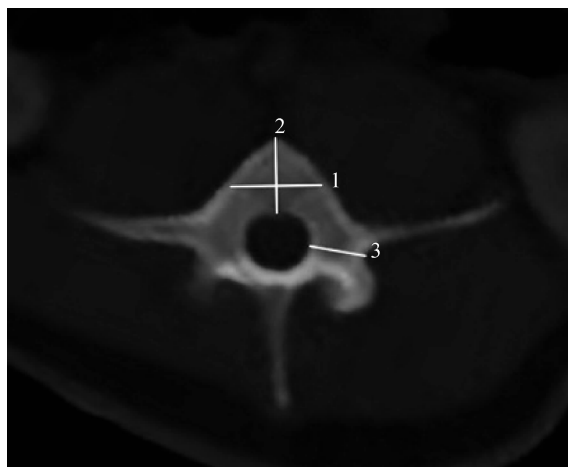


图 1 成年贵州小型猪椎体轴位正中层面  
Fig. 1 Median transverse plane of the vertebral body of adult Guizhou miniature pig

- 1. 椎体横径测量径线, 2. 椎体纵径测量径线, 3. 椎弓根宽度测量径线。
- 1. Measurement line of the transverse diameter of vertebral body, 2. Measurement line of longitudinal diameter of vertebral body, 3. Measurement line of the width of pedicle.

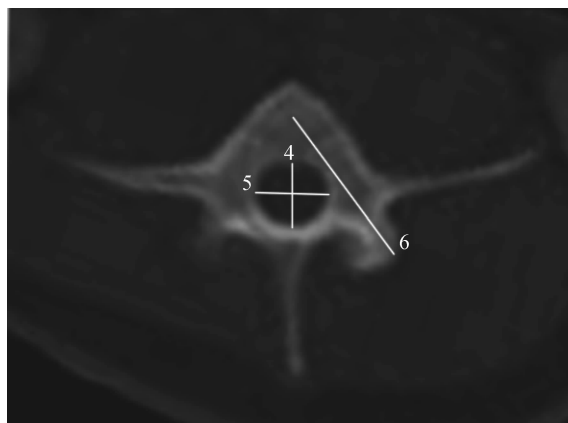


图 2 成年贵州小型猪椎体轴位正中层面  
Fig. 2 Median transverse plane of the vertebral body of adult Guizhou miniature pig

- 4. 椎管横径测量径线, 5. 椎管纵径测量径线, 6. 椎弓根骨性通道测量径线。
- 4. Measurement line of the transverse diameter of spinal canal, 5. Measurement line of the longitudinal diameter of spinal canal, 6. Measurement line of the osseous channel of pedicle.

骨性通道、椎弓根宽度、椎管横径及纵径、椎体高度、椎弓根宽度计算平均值及标准差,并就椎弓根宽度、椎弓根骨性通道与小型猪体质量做相关性分析。 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 贵州小型猪腰椎形态、结构

贵州小型猪腰椎计数为 5 个,与人一致。双源 CT 仪可以清晰显示椎体、椎弓根、椎管、棘突等及周围肌肉组织。椎体粗壮,椎管腰 1~腰 3 基本呈圆

形,以腰3最接近圆形,腰4~腰5椎管呈椭圆形,椎弓根腰3宽度最宽,棘突均较短。双源CT可以重建出完整椎体轮廓及清楚显示腰椎曲度(图4,图5)。

## 2.2 贵州小型猪腰椎数据

贵州小型猪腰椎各种径线数据见表1,数据以平均值 $\pm$ 标准差表示。腰椎自腰1~腰5椎体横径、椎管横径逐渐变大,而椎体纵径、椎管纵径变化不明显,分别为12 mm、11 mm左右;椎弓根宽度、高度均变化不大,腰3椎弓根宽度及高度均最大,分别为 $9.81\text{ mm}\pm 0.65\text{ mm}$ 、 $17.77\text{ mm}\pm 0.46\text{ mm}$ ,椎弓根骨性通道以腰3~腰4最长。椎弓根宽度与体质量

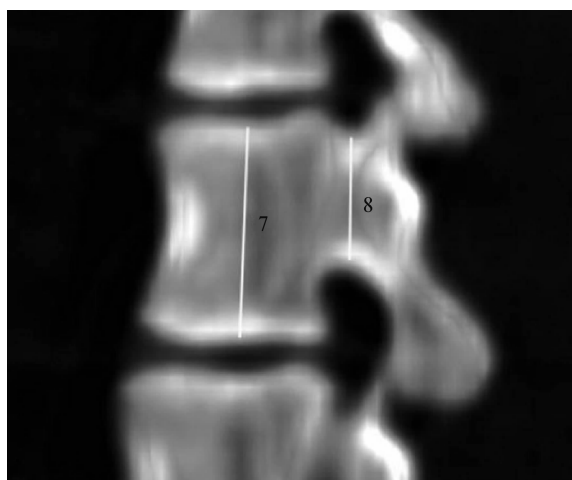


图3 成年贵州小型猪椎体矢状位正中层面

Fig. 3 Maximum sagittal section of adult Guizhou miniature pig

7. 椎体高度测量径线, 8. 椎弓根高度测量径线。  
7. Measurement line of the height of vertebral body, 8. Measurement line of the height of pedicle.



图4 成年贵州小型猪腰椎曲度图

Fig. 4 Lumbar curvature figure of adult Guizhou miniature pig

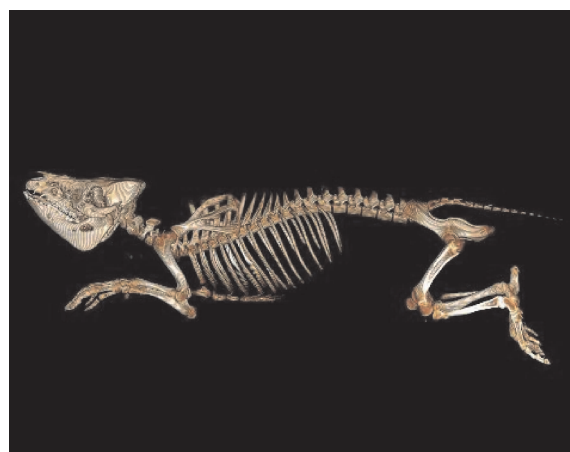


图5 成年贵州小型猪骨骼三维重建图

Fig. 5 3D reconstruction bone figure of adult Guizhou miniature pig

表1 成年贵州小型猪腰椎形态学参数(平均值 $\pm$ 标准差,单位:mm)

Table 1 Lumbar morphological parameters of adult Guizhou miniature pigs (mean  $\pm$  SD, unit: mm)

项目 Item	L1	L2	L3	L4	L5
椎体横径 Transverse diameter of vertebral body	17.62 $\pm$ 0.61	17.72 $\pm$ 0.68	18.51 $\pm$ 1.56	19.35 $\pm$ 1.72	21.88 $\pm$ 2.52
椎体纵径 Longitudinal diameter of vertebral body	12.21 $\pm$ 0.66	12.77 $\pm$ 0.58	12.54 $\pm$ 0.96	12.07 $\pm$ 0.97	11.96 $\pm$ 0.74
椎体高度 Height of vertebral body	14.72 $\pm$ 0.42	14.02 $\pm$ 0.48	15.42 $\pm$ 0.80	15.42 $\pm$ 0.97	14.78 $\pm$ 0.52
椎管横径 Transverse diameter of spinal canal	11.21 $\pm$ 0.51	11.71 $\pm$ 0.93	12.65 $\pm$ 0.93	14.14 $\pm$ 1.02	15.99 $\pm$ 21.6
椎管纵径 Longitudinal diameter of spinal canal	11.04 $\pm$ 0.76	11.21 $\pm$ 0.89	11.48 $\pm$ 1.02	11.88 $\pm$ 0.69	11.61 $\pm$ 1.31
椎弓根宽度 Width of pedicle	9.11 $\pm$ 1.31	9.18 $\pm$ 0.88	9.81 $\pm$ 0.65	9.27 $\pm$ 1.13	9.51 $\pm$ 1.12
椎弓根高度 Height of pedicle	17.15 $\pm$ 0.22	17.42 $\pm$ 0.42	17.77 $\pm$ 0.46	17.59 $\pm$ 0.61	16.32 $\pm$ 0.77
椎弓根骨性通道 Osseous channel of pedicle	22.95 $\pm$ 1.54	23.45 $\pm$ 2.02	26.54 $\pm$ 2.22	24.69 $\pm$ 1.79	24.25 $\pm$ 0.81

均呈显著正相关( $r_{L1} = 0.96, r_{L2} = 0.97, r_{L3} = 0.86, r_{L4} = 0.73, r_{L5} = 0.85; P < 0.05$ )。椎弓根骨性通道与体质量均呈显著正相关( $r_{L1} = 0.97, r_{L2} = 0.90, r_{L3} = 0.89, r_{L4} = 0.52, r_{L5} = 0.65; P < 0.05$ )。

## 3 讨论

腰椎主要功能是维持脊柱的稳定,保持身体灵活性,并将重力传至下肢。脊柱畸形、腰椎椎管狭

窄、椎体滑脱、外伤引起腰椎骨折等疾病的发病率较高,这些疾病大多需要采用手术治疗,手术成功的关键是螺钉的准确植入。随着影像设备的发展和内固定器材的改进,腰椎各种新兴手术近年来开展越来越多。如在CT引导下对椎弓根骨折行伤椎置钉术(胡海刚,谭伦,2014)、导航导板椎弓根螺钉置入技术(张强等,2013)、经椎间孔腰椎椎间融合术(颜文涛等,2013)等。然而,要顺利做好腰椎手术,骨科医

生尤其是医学生更需要在动物模型上进行各种术式练习,才能保证手术在人体中得以安全顺利实施。因此准确掌握椎弓根及椎体解剖、进针角度及深度是螺钉植入成功的关键。

目前,利用影像设备对小型猪的研究已有一些报道。陈吴兴等(2009)利用螺旋 CT 对离体猪肺扫描,后解剖猪肺并与前者对比,研究表明 CT 图像可以很好地识别 5~6 级猪肺的动静脉,相应的测量血管径值与解剖测量值也无差异。苏雪娟等(2010)采用 CT 仿真内窥镜技术对小型猪空肠占位模型研究也取得了良好的效果。王玉玮等(2003)对小型猪颞下关节解剖断面与核磁共振影像对比指出,其解剖学结构形态具有较好的一致性。本课题组在之前的研究中应用 CT 已准确测量贵州小型猪的肾脏数据(刘新峰等,2013)。为丰富贵州小型猪数据资料,更好地为腰椎各种手术开展动物实验,我们采用双源 CT 对贵州小型猪进行扫描,研究小型猪腰椎形态、曲度,测量腰椎各种径线数据,为腰椎病变手术模型建立提供重要依据。

双源 CT 具有薄层容积扫描、采集速度快、图像质量高、图像重建方法多等优势,在 Aquarius iNtution 4.4 中进行多平面重组,易于对脏器各种径线进行测量,清晰显示与周围组织关系,对骨骼的显示具有极好的分辨率,可清楚显示腰椎椎体及附件形态、结构,准确测量椎体及附件各种径线,是活体腰椎形态学检查的最佳方法。本组研究表明,小型猪腰椎形态、解剖结构与人体腰椎非常相似,计数为 5 个。腰椎由前方的椎体及后方的附件组成。椎板内缘呈弓形,椎弓与椎体后缘围成椎孔,椎管由椎体后缘、椎弓根、椎板及棘突围成,内有脊髓及神经通过。贵州小型猪腰椎自腰 1~腰 5 椎体横径逐渐变大,腰 3 椎弓根高度及宽度最大,腰 3~腰 4 椎弓根骨性通道最长。贵州小型猪的腰椎椎弓根高度均大于其宽度,这与人体椎弓根形态具有高度一致性,因此,贵州小型猪是腰椎病理动物实验模型的最佳选择。

椎弓根被称之为“力核”,是连接椎体与附件最强点,也是维持脊柱稳定的关键。如果螺钉植入的角度和深度不当,可能会导致脊髓或神经损伤的严重后果;如果螺钉直径偏小,会对椎体稳定把持不足;螺钉直径偏大,会导致椎弓根内壁膨胀内移;进针方向的选择不对,也会影响螺钉的把持力,甚至引

起并发症。本研究对椎体及椎管横径、椎管纵径、椎弓根高度及宽度进行了测量,为腰椎内固定的动物实验模型中螺钉的选择、进针方向及深度提供了客观依据,对防止螺钉偏移、误伤脊髓或神经有重要意义,因而对提高治疗腰椎疾病新技术的成功率具有重要意义。本研究发现,贵州小型猪椎弓根宽度、椎弓根骨性通道均与体质量呈显著正相关,说明贵州小型猪生长越快,椎弓根宽度越宽,椎弓根骨性通道越长。因此,采用成年贵州小型猪建立实验模型,成功几率会越大。

本研究不足之处是贵州小型猪 CT 图像的数据测量未与尸体解剖进行对照,但是大量研究已表明螺旋 CT 在活体图像上测量的数据准确性是可靠的(王玉玮等,2003;陈吴兴等 2009;郑欣等,2012;胡海刚,谭伦,2014),且所得数据可以重复利用,避免了资源的浪费。总之,多层螺旋 CT 可清晰显示贵州小型猪腰椎形态、结构及其与周围组织结构的关系,准确测量椎体及附件各种径线值,为腰椎各种手术模型的建立提供了基础支持。

## 参考文献:

- 陈吴兴,纪建松,赵中伟,等. 2009. 猪肺动、静脉的螺旋 CT 观察及应用解剖[J]. 解剖学杂志, 32(2): 243-245.
- 胡海刚,谭伦. 2014. 不同椎弓根骨折类型行椎置钉的 CT 影像学观察[J]. 中国骨与关节杂志, 3(1): 49-53.
- 刘新峰,王荣品,钱宁,等. 2013. 多层螺旋 CT 测量成年贵州小型猪活体肾参考数据[J]. 中国实验动物学报, 15(5): 697-698.
- 刘云波,王清勤,陈振文,等. 2010. 中华人民共和国国家标准实验动物环境及设施(GB 14925—2010)[S]. 北京:中国标准出版社.
- 苏雪娟,葛英辉,郭明辉,等. 2010. 猪空肠占位模型 64 层 CT 仿真内窥镜技术的可行性研究[J]. 中国实用医刊, 37(24): 3-5.
- 王玉玮,刘洪臣,王东胜,等. 2003. 小型猪颞下颌关节磁共振影像与解剖断面对比研究[J]. 口腔颌面修复学杂志, (1): 7-10.
- 吴曙光,詹新义,王明镇,等. 2013. 基于动物福利的贵州小型猪饲养管理[J]. 黑龙江畜牧兽医(科技版), (2): 135-136.
- 颜文涛,赵改平,方新果,等. 2013. 单枚 Cage 行经椎间孔腰椎椎间融合术的有限元分析[J]. 中国生物医学工程学报, 32(6): 762-766.
- 张贺,王承利,王洋,等. 2012. 小型猪动物模型在医学领域的研究应用[J]. 沈阳部队医药, 25(4): 248-250.
- 张强,赵昌松,袁征,等. 2013. 导航在复杂腰椎椎弓根螺钉置入手术中的初步应用[J]. 中华临床医师杂志(电子版), 7(24): 11574-11577.
- 郑欣,邱勇,钱邦平. 2012. 幼猪胸腰椎椎弓根参数的 CT 测量对置顶的指导意义[J]. 中国矫形外科杂志, 20(13): 1218-1221.