

· 基础研究 ·

CT 辅助山羊腰椎解剖测量及与人体腰椎的对比研究

刘俭涛¹, 韩华², 高正超¹, 贺财友³, 牛斌斌¹, 顾梦超¹, 李宇欢¹, 贺西京¹

(1. 西安交通大学第二附属医院骨科, 陕西 西安 710004; 2. 西安交通大学医学部基础医学院人体解剖与组织胚胎学系, 陕西 西安 710061; 3. 西安市中医医院骨科, 陕西 西安 710021)

【摘要】 目的: 通过对山羊腰椎的解剖测量以及与人体腰椎的对比研究, 为腰椎假体的动物模型建立奠定基础。方法: 通过计算机辅助软件 Mimics 16.0 对波尔山羊新鲜腰椎标本及健康成人腰椎的椎体、椎弓根、椎间盘等部位的解剖参数进行采集, 最终运用统计学软件对两者腰椎解剖特点进行对比研究。结果: 山羊椎体前高<中高<后高, 最大值分别为(38.7±2.9)、(40.1±2.6)、(40.7±2.7) mm。其终板宽度大于其深度, 整体呈心形或肾形外观。山羊上终板向外凸出, 下终板凹陷较小, 最大值为(1.6±0.6) mm。山羊椎弓根高自 L₁ 至 L₆ 不断增大, 最大值为(30.5±1.9) mm; 其椎弓根宽与夹角随着椎体序列的增加先减小后增大, 最小值分别为(6.7±0.4) mm 与(45.9±2.6)°。山羊椎间盘前高>中高>后高, 三者随着椎间隙的变化数值波动较小; 其椎间孔高与宽亦变化较小, 分别在(12.9±0.3)~(14.3±1.0) mm 与(5.7±1.0)~(6.7±0.9) mm 波动。对比结果显示山羊腰椎椎体高、椎弓根高及夹角明显大于人类(P<0.05), 而其终板宽与深、椎间盘高等明显小于人类(P<0.05)。此外, 两者某些结构如椎弓根高、椎间盘高等随着椎体序数的增加亦呈现出不同变化规律。结论: 山羊腰椎虽然在某些方面如终板及椎间孔形态等与人体存在相似性, 但是在诸多方面仍存在较大差异。掌握山羊腰椎的解剖特点及与人体之间的差异对于腰椎假体及相关技术的山羊动物研究具有重要的指导意义。

【关键词】 腰椎; 解剖学; 椎间盘; 山羊

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2018.06.012

CT assisted goat lumbar vertebrae anatomical measurement and comparison with human lumbar vertebrae LIU Jian-tao, HAN Hua, GAO Zheng-chao, HE Cai-you, NIU Bin-bin, GU Meng-chao, LI Yu-huan, and HE Xi-jing*. *Department of Orthopaedics, the Second Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710004, Shaanxi, China

ABSTRACT Objective: To study the anatomical measurement of goat lumbar vertebrae and to compare with human lumbar vertebrae, so as to build the foundation for establishing animal models of lumbar prosthesis. **Methods:** The anatomical parameters of the vertebral body, pedicle and intervertebral disc in the fresh lumbar vertebrae of Boer goat and the lumbar vertebrae of healthy adults were collected by computer aided software Mimics16.0, and the anatomical characteristics of the two lumbar vertebrae were compared with the statistical software. **Results:** The anterior vertebral body height (VBHa) of goat lumbar was less than the middle vertebral body height (VBHm), which was less than the posterior vertebral body height (VBHp), and the maximum values were (38.7±2.9), (40.1±2.6) and (40.7±2.7) mm respectively. Its endplate width was greater than its depth, with the whole shaped like a heart or a kidney. The cranial endplate of goats was convex while the caudal endplate was depressed and the depression was small, with a maximum value of (1.6±0.6) mm. The pedicle height of goats increased from L₁ to L₆ with the maximum of (30.5±1.9) mm; its pedicle width and angle increased firstly and then decreased with the increase of vertebra level and the minimum values were (6.7±0.4) mm and (45.9±2.6)° respectively. The anterior intervertebral disc height was larger than the middle which was larger than the posterior and all varied slightly with the changes of intervertebral spaces; the height and width of intervertebral foramen separately waved at (12.9±0.3) to (14.3±1.0) mm and (5.7±1.0) to (6.7±0.9) mm. The comparative results showed that the vertebral body height, pedicle height and angle of goats were greater than those of humans (P<0.05) while the width and depth of the endplate, the intervertebral disc height, and etc. were significantly smaller than those of humans (P<0.05). In addition, some structures, such as the height of pedicle and intervertebral disc, also showed different changing laws with the increase of vertebra level. **Conclusion:** Although there are similarities in goat lumbar spine in some aspects, such as endplate and foramen foramen, there are still many differences in many aspects. Understanding the anatomical characteristics of goat lumbar vertebrae and the difference between goat and human is of great guiding significance for the research of goat prosthesis and related technology.

通讯作者: 贺西京 E-mail: xijing_h@vip.tom.com

Corresponding author: HE Xi-jing E-mail: xijing_h@vip.tom.com

KEYWORDS Lumbar vertebrae; Anatomy; Intervertebral disc; Goats

Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2018, 31(6): 543-549 www.zggszz.com

随着骨科材料的不断发展, 腰椎内植物亦在不断研制与优化^[1-3]。人体新鲜标本虽然是上述假体外力学测试的理想选择, 但存在着标本个体差异大、数量有限、获取困难等弊端。此外, 上述标本亦无法开展假体的体内研究。相关研究^[4-6]表明山羊、绵羊、鹿等四足类动物虽然无法同人类一样直立行走, 但其腰椎受力特点及生理功能却与人类十分相似, 可以作为较好的腰椎动物模型。目前上述动物以获取方便、易于饲养、同质性好等优势被广泛用于假体的体内外研究并取得了较满意的效果^[7-12]。然而国内外文献尚缺乏对山羊腰椎全面解剖参数的报道。本实验通过对波尔山羊腰椎解剖参数的采集以弥补相关缺陷, 并通过与人类腰椎的对比研究明确两者之间的解剖差异, 为腰椎假体山羊动物模型的建立提供有益指导。

1 材料与方法

本实验关于动物及人类的所有操作严格遵守相关伦理要求并获得了西安交通大学生物医学伦理委员会的认可(伦理号: XJTULAC2017-671)。

1.1 实验动物

有研究显示山羊腰椎一般含有 6~7 个椎体, 但以 7 个椎体最为常见。为保持一致性, 选择了 10 只含有 7 个椎体的雄性波尔山羊新鲜腰椎标本参与此项研究。山羊龄平均(1.4±0.3)年, 体重(43.1±3.3) kg, 均无脊柱畸形、骨折等疾病。所有标本认真剔除周围肌肉及软组织, 保留韧带及关节突并用双层塑料袋包裹后至于-20℃冰箱中冷冻保存。实验过程中将所有标本置于室温下解冻 12 h 后取中立位行腰椎 CT 薄层扫描(机型: GE Lightspeed VCT-xt 64, 层厚: 0.5 mm), 并将 CT 扫描数据刻录至光盘上(DVD+R, 4.7GB)。

1.2 实验对象

于中国陕西省有偿募集 20 名健康成年男性志愿者参与此项研究。志愿者年龄(23.6±3.5)岁, 体重(75.2±10.5) kg, 无腰椎畸形、骨折、肿瘤、结核等疾病。对每位志愿者实验前详细讲解实验流程及潜在辐射危害并与其签署知情同意书。所有志愿者于西安交通大学第二附属医院影像科行仰卧位全腰椎 CT 薄层扫描(机型: GE Lightspeed VCT-xt 64, 层厚: 0.5 mm), 并将扫描数据刻录至光盘上(DVD+R, 4.7 GB)。

1.3 观察项目与方法

将山羊与人类 CT 扫描数据导入计算机辅助软

件 Mimics 16.0(Interactive Medical Image Control System, 版本 16.0, Materialize 公司, 比利时)进行三维重建(图 1)。运用软件上附带的角度(精度 0.01°)及长度(精度 0.01 mm)工具对椎体(vertebral body)、椎弓根(pedicle)、椎间盘(intervertebral disc)和椎间孔(intervertebral foramen)进行解剖测量。各项测量指标(图 2)具体定义如下: (1)椎体前高(anterior vertebral body height, VBHa), 椎体正中矢状面上上下终板前缘之间的距离。(2)椎体中高(middle vertebral height, VBHm), 椎体正中矢状面上上下终板中点之间的距离。(3)椎体后高(posterior vertebral body height, VBHp), 椎体正中矢状面上上下终板后缘之间的距离。(4)椎体上终板宽度(upper endplate width, EPWu)与下终板宽度(lower endplate width, EPWl), 椎体上下终板的最大冠状径。(5)椎体上终板深度(upper endplate depth, EPDu)与下终板深度(lower endplate depth, EPDl), 上下终板的正中矢状径。(6)上终板凹陷深度(upper endplate sag depth, EPSDu)与下终板凹陷深度(lower endplate sag depth, EPSDl), 正中矢状面终板最大凹陷处到终板水平面的垂直距离。(7)椎弓根高(pedicle height, PDH), 椎体与椎弓板连接最狭窄处横断面上下骨皮质之间的最大距离。(8)椎弓根宽(pedicle width, PDW), 椎体与椎弓板连接最狭窄处横断面内外侧骨皮质之间的最大距离。(9)椎弓根角(pedicle angle, PDA), 水平面上沿椎弓根走向的直线与正中矢状面之间的夹角。(10)椎间盘前高(anterior intervertebral disc height, IDHa), 正中矢状面上椎体下终板前缘与下椎体上终板前缘之间的距离。(11)椎间盘中高(middle intervertebral disc height, IDHm), 正中矢状面上椎体下终板中点与下椎体上终板中点之间的距离。(12)椎间盘后高(posterior intervertebral disc height, IDHp), 正中矢状面上椎体下终板后缘与下椎体上终板后缘之间的距离。(13)椎间盘夹角(intervertebral disc angle, IDA), 正中矢状面上分别过上椎体下终板与下椎体上终板 2 条直线之间的夹角。(14)椎间孔高(intervertebral foramen height, IVFH), 上椎体椎弓根下缘与下椎体椎弓根上缘之间的最大距离。(15)椎间孔宽(intervertebral foramen width, IVFW), 上椎体椎体后缘与下椎体上关节突之间的最大距离。

考虑到标本部分解剖结构的对称性, 仅对椎弓根、椎间孔等结构的右侧部件进行数据采集。为保证测量结果的准确性以及减少测量误差, 整个测量过

程由同一位熟悉测量软件与解剖标志的测量者对相关指标进行数据采集。实验过程中对每个标本重复测量 3 次后取平均值。

1.4 统计学处理

所有数据采用 IBM SPSS Statistics 21 进行统计分析,定量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示。不同物种解剖数据采用独立样本 *t* 检验进行对比分析。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 实验动物各项指标观测结果

波尔山羊腰椎椎体及椎弓根解剖参数见表 1。其椎体的前高、中高、后高一般呈现出前高<中高<后高的变化趋势,此种变化规律一定程度上构成了山羊腰椎的生理后曲。椎体前高、中高、后高随着椎体序列的增加分别自 (31.3 ± 1.4) 、 (32.9 ± 0.9) 、 (33.8 ± 1.5) mm 依次增大至 (38.7 ± 2.9) 、 (40.1 ± 2.6) 、 (40.7 ± 2.7) mm,但在靠近骶骨处有所减小。山羊上下终板宽度均大于深度,整体呈心形或肾形外观。上下终板宽度随着椎体序数增加整体呈增大趋势,最小值分别为 (24.0 ± 0.6) 、 (25.9 ± 1.0) mm,最大值分别为 (27.4 ± 1.3) 、 (32.7 ± 2.4) mm。与终板宽度变化趋势不同,上下终板深度自 L_1 到 L_7 整体呈现出先增大后减小的变化趋势,其最大值分别为 (17.5 ± 0.7) 、 (16.7 ± 0.6) mm。

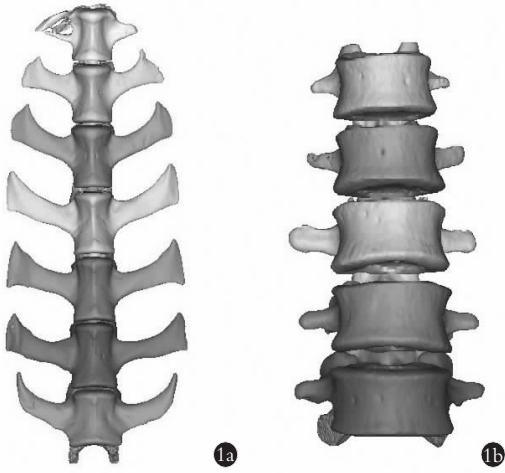


图 1 腰椎 CT 三维重建 1a. 波尔山羊腰椎(正面观) 1b. 人类腰椎(正面观)

Fig.1 CT three-dimension reconstruction of lumbar spine 1a. The lumbar spine of Boer goats(front view) 1b. The lumbar spine of human(front view)

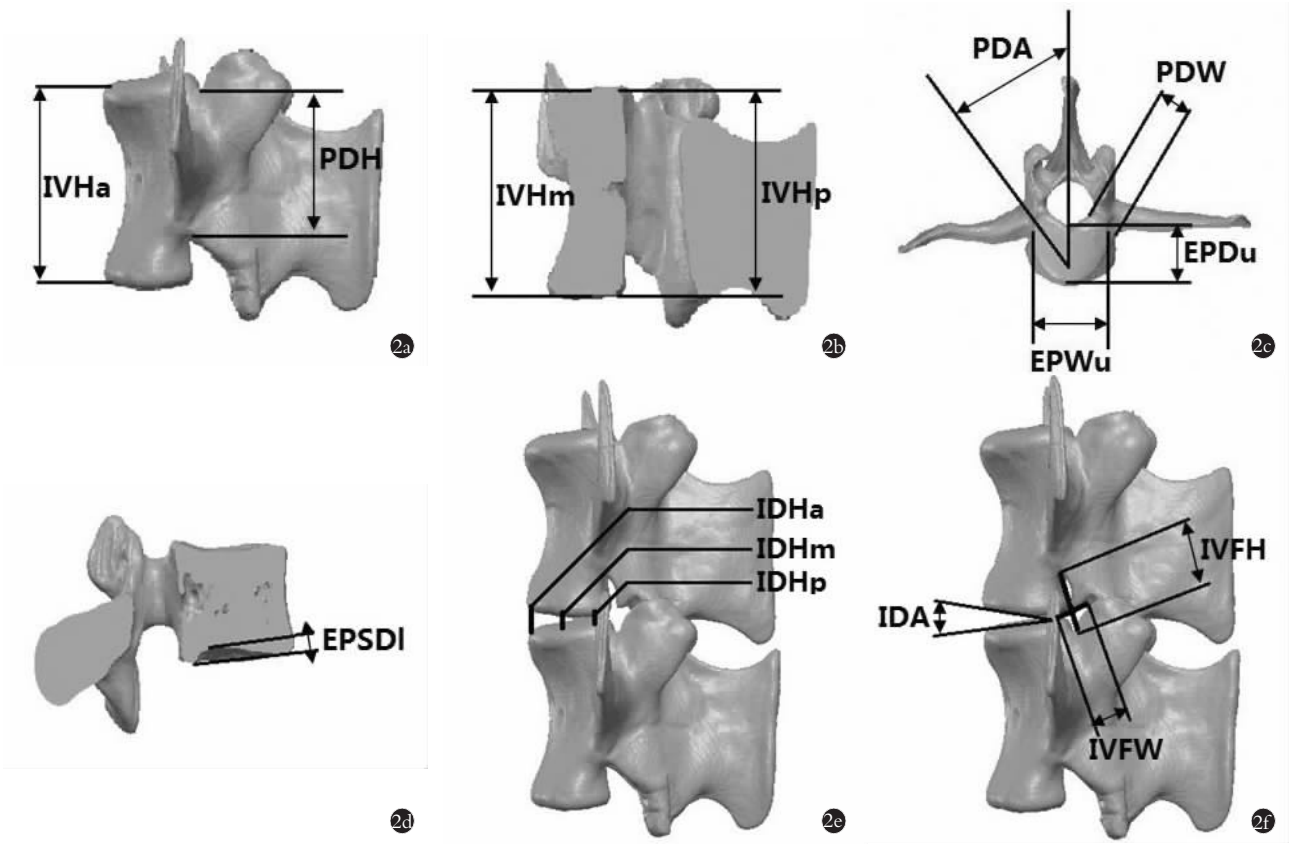


图 2 测量指标的解剖标志 2a. 山羊 L_6 椎体侧视图 2b. 山羊 L_6 椎体正中矢状面剖视图 2c. 山羊 L_6 椎体颅侧视图 2d. 人体 L_3 椎体正中矢状面剖视图 2e, 2f. 山羊 L_5 、 L_6 椎体侧视图

Fig.2 The anatomic landmarks of measurement 2a. L_6 vertebra of goat (lateral view) 2b. L_6 vertebra of goat (median sagittal section view) 2c. L_6 vertebra of goat (cranial view) 2d. L_3 vertebra of human (median sagittal section view) 2e, 2f. L_5 and L_6 vertebrae of goat (lateral view)

0.3) mm。山羊上终板无内部凹陷,其下终板凹陷较小,最大值为(1.6±0.6) mm,此种解剖特点可能与其无法直立行走相关。山羊腰椎椎弓根高自 L₁ 到 L₆ 不断增大而在 L₇ 处有所减小,其最大值为(30.5±1.9) mm。其椎弓根宽及夹角随着椎体序数的增加均整体上表现出先减小后增大的变化规律,其最小值分别位于 L₆(6.7±0.4) mm 与 L₃(45.9±2.6)°。

山羊椎间盘高度符合前高>中高>后高的变化规律(表 2)。尽管三者最小值均位于 L_{1,2} 椎间隙,分别为(4.5±0.7)、(2.7±0.6)、(2.3±0.7) mm,但其随着椎间隙的增加数值变化较小,分别在(4.5±0.7)~(5.0±0.7) mm、(2.7±0.6)~(3.6±0.9) mm、(2.3±0.7)~(2.8±0.7) mm 内波动。山羊椎间盘夹角从头侧向尾侧整体呈减小趋势,最大值位于 L_{1,2} 椎间隙,为(5.4±1.2)°。山羊椎间孔高与宽随着椎间隙序列的变化均保持相对稳定,分别在(12.9±0.3)~(14.3±1.0) mm 与(5.7±1.0)~(6.7±0.9) mm 范围内波动。

2.2 人体各项指标观测结果

人类腰椎椎体及椎弓根解剖参数见表 3。根据试验结果可知人类腰椎一般有 5 个椎体,VBHm 均小于 VBHa 与 VBHp,这与终板凹陷有关。椎体前高随着椎体序列的增加自(25.1±2.3) mm 依次增大至(27.7±2.0) mm,但在靠近骶骨处有所减小。椎体中高及椎体后高最大处分别位于 L₃(24.3±2.5) mm 与 L₂(27.8±2.2) mm,而两者最小处均位于 L₅(22.7±2.5) mm 和(24.5±1.7) mm。所有椎体上、下终板的宽度均大于深度,整体呈肾形。EPWu 与 EPDu 自 L₁ 至 L₅ 由(41.6±3.2)、(30.2±2.2) mm 依次增大到(50.5±4.1)、(34.1±4.0) mm;EPWl 自 L₁ 至 L₅ 由(44.5±3.0) mm 依次增大到(52.0±3.8) mm,而 EPDl 在 L₅ 处有所减小。椎体上、下终板均向内有所凹陷(EPsD),其凹陷深度自 L₁ 至 L₄ 逐渐增大,在 L₅ 处有所逆转。PDH 随着椎体序数的增加不断减小,其最小值与最大值分别位于 L₅ 与 L₁。然而,PDW 及夹

表 1 山羊腰椎椎体及椎弓根相关解剖参数(̄x±s)

Tab.1 Related anatomic data about lumbar vertebral body and pedicles of goat(̄x±s)

椎体	VBHa (mm)	VBHm (mm)	VBHp (mm)	EPWu (mm)	EPDu (mm)	EPWl (mm)	EPDl (mm)	EPsDl (mm)	PDH (mm)	PDW (mm)	PDA (°)
L ₁	31.3±1.4	32.9±0.9	33.8±1.5	24.0±0.6	15.1±0.8	25.9±1.0	15.8±0.8	0.3±0.3	24.4±1.9	8.5±0.5	48.2±3.8
L ₂	34.7±2.0	36.4±1.5	37.1±1.6	24.5±1.0	15.7±0.8	26.0±1.1	15.9±0.5	0.9±0.6	27.7±2.8	8.2±0.4	47.3±2.5
L ₃	37.4±2.8	38.7±2.1	39.3±1.9	24.5±1.3	16.7±0.4	25.8±0.9	16.4±0.6	1.0±0.5	28.7±2.8	7.5±0.3	45.9±2.6
L ₄	37.8±2.3	38.8±2.1	40.0±2.0	24.5±1.6	17.5±0.4	26.4±1.0	16.7±0.3	1.1±0.4	30.0±1.6	6.8±0.4	46.2±4.9
L ₅	38.2±3.3	39.6±2.1	40.1±2.1	24.6±2.0	17.5±0.7	28.0±1.1	16.2±0.3	1.3±0.3	30.0±0.9	6.7±0.5	46.5±2.7
L ₆	38.7±2.9	40.1±2.6	40.7±2.7	25.5±1.2	16.2±0.3	30.4±1.3	15.2±0.6	1.6±0.6	30.5±1.9	6.7±0.4	49.9±5.9
L ₇	32.4±3.0	33.9±2.5	33.8±2.7	27.4±1.3	14.8±1.0	32.7±2.4	14.9±0.5	1.1±0.8	24.7±2.1	9.2±0.6	55.2±4.8

注:VBHa,椎体前高;VBHm,椎体中高;VBHp,椎体后高;EPWu,椎体上终板宽度;EPDu,椎体上终板深度;EPWl,椎体下终板宽度;EPDl,椎体下终板深度;EPsDl,椎体下终板凹陷深度;PDH,椎弓根高;PDW,椎弓根宽;PDA 椎弓根角。下同

Note:VBHa, anterior vertebral body height;VBHm, middle vertebral height;VBHp, posterior vertebral body height;EPWu, upper endplate width;EPDu, upper endplate depth;EPWl, lower endplate width;EPDl, lower endplate depth;EPsDl, lower endplate sag depth;PDH, pedicle height;PDW, pedicle width;PDA, pedicle angle. Follows the same

表 2 山羊腰椎椎间盘与椎间孔解剖参数(̄x±s)

Tab.2 Related anatomic data about lumbar intervertebral discs and foramen of goat(̄x±s)

椎间隙	IDHa(mm)	IDHm(mm)	IDHp(mm)	IDA(°)	IVFH(mm)	IVFW(mm)
L _{1,2}	4.5±0.7	2.7±0.6	2.3±0.7	5.4±1.2	14.0±0.7	6.7±0.9
L _{2,3}	4.6±0.6	2.9±0.6	2.4±0.7	5.3±1.0	14.2±0.7	5.8±1.4
L _{3,4}	5.0±0.7	3.6±0.9	2.8±0.7	3.8±1.2	14.3±1.0	6.4±1.8
L _{4,5}	4.9±0.6	3.0±0.3	2.4±0.7	4.1±1.5	13.5±0.3	5.7±1.0
L _{5,6}	4.9±0.3	3.1±0.6	2.8±0.7	3.9±0.8	13.7±1.2	6.6±1.8
L _{6,7}	4.9±0.8	3.4±0.7	2.8±0.6	3.5±0.8	12.9±0.3	6.2±1.7

注:IDHa,椎间盘前高;IDHm,椎间盘中高;IDHp,椎间盘后高;IDA,椎间盘夹角;IVFH,椎间孔高;IVFW,椎间孔宽。下同

Note:IDHa, anterior intervertebral disc height;IDHm, middle intervertebral disc height;IDHp, posterior intervertebral disc height;IDA, intervertebral disc angle;IVFH, intervertebral foramen height;IVFW, intervertebral foramen width. Follows the same

角 PDA 呈现出相反的变化规律,两者最小值均位于 L₁(6.9±1.0) mm 和(9.7±2.7)°,最大值位于 L₅(14.2±2.4) mm 和(25.8±10.0)°。

人类椎间盘高度亦符合前高>中高>后高的变化规律(表 4),但其 IDHa、IDHm、IDHp 均随着椎间隙序数的增加不断增大,其最大值分别为(12.6±2.1)、(9.6±1.3)、(6.6±1.0) mm;其椎间盘夹角从 L_{1,2} 到 L_{4,5} 先减小后增大,最大值位于 L_{4,5} 椎间隙。IVFH 与 IVFW 随着椎间隙序列的变化均保持相对稳定,分别在(16.6±2.1)~(18.3±1.9) mm, (10.1±1.3)~(10.8±1.1) mm 范围内波动。

2.3 山羊与人体腰椎各测量指标对比

根据统计数据对比显示,人体腰椎椎体宽度约为其高度的 2 倍,而山羊椎体高度约为其宽度的 1.4 倍。人类椎体高度明显小于山羊,然而其终板宽度与深度却明显大于山羊(表 3)。人类腰椎上下终板均向内凹陷,椎体以中高最小;而山羊上终板向外凸起,一般以前高最小。此外,人类腰椎一般呈生理前曲,而山羊则呈生理后曲。但是两者椎体上下终板宽度均大于其深度,整体呈心形或肾形外观。山羊椎弓根高明显大于人类(表 3),而人类椎弓根宽度除了 L₁ 及 L₂ 之外均明显大于山羊(表 3)。山羊椎弓根夹角较人类明显增大(表 3),而且随椎体序数的增加虽然呈现先减小后增大的变化趋势但是整体数值

波动相对较小,这与人类完全不同。山羊椎间盘前高、中高、后高虽然明显小于人类(表 4),但是两者均满足前高>中高>后高的变化规律,一定程度上可以满足腰椎的屈伸、侧弯及旋转功能。椎间盘夹角对比显示人类在诸多椎间隙均明显大于山羊且在 L_{3,4} 与 L_{4,5} 椎间隙(表 4)。山羊椎间孔高及椎间孔宽虽然均较人类小(表 4),但是两者均符合椎间孔高>椎间孔宽的变化规律。

3 讨论

随着腰椎内植物及仪器技术的不断发展与完善,越来越多的假体被用于治疗腰椎骨折、肿瘤、椎间盘突出等疾病^[13-15]。而动物实验是上述假体走向临床前必然经历阶段。众所周知,在地球上不可能找到一种完全替代人类的哺乳动物。因此,所有为腰椎研究而选择的动物模型都必须做出妥协。目前山羊、绵羊、猪、狗、牛等四足类哺乳动物被广泛用于腰椎动物模型并取得了良好的实验效果^[7-12]。然而这些动物腰椎与人类腰椎之间必然存在着一定差异,只有掌握不同物种腰椎解剖特点以及与人类腰椎的差异才能优化实验设计以及提高实验成功率。检索国内外文献发现至今尚无关于山羊整体腰椎的解剖研究,因此开展此项研究具有重要的意义。波尔山羊作为一种肉用山羊品种,具有体型大、生长快、繁殖力强等优点,是一种较为理想的脊柱动物模型。本实验

表 3 人体腰椎椎体及椎弓根相关解剖参数(̄x±s)

Tab.3 Related anatomic data about lumbar vertebral body and pedicles of human(̄x±s)

椎体	VBHa (mm)	VBHm (mm)	VBHp (mm)	EPWu (mm)	EPDu (mm)	EPWl (mm)	EPDl (mm)	EPSDu (mm)	EPSDl (mm)	PDH (mm)	PDW (mm)	PDA (°)
L ₁	25.1±2.3*	23.8±2.0*	27.2±1.9*	41.6±3.2*	30.2±2.2*	44.5±3.0*	31.2±2.4*	1.5±0.6	1.7±0.6	15.4±1.3*	6.9±1.0*	9.7±2.7*
L ₂	26.4±2.0*	24.2±2.3*	28.2±2.0*	43.5±3.0*	32.1±3.0*	45.7±3.5*	32.6±2.8*	1.8±0.6	2.0±0.7	15.0±1.4*	7.8±1.4	10.3±2.9*
L ₃	27.1±1.9*	24.3±2.5*	27.8±2.2*	45.3±3.3*	33.1±2.9*	48.7±3.4*	33.0±2.8*	1.7±0.7	2.4±1.3	14.6±1.0*	9.4±1.6*	14.8±6.3*
L ₄	27.5±2.2*	23.6±2.7*	26.4±2.6*	47.7±2.9*	34.1±4.0*	51.4±3.6*	34.1±4.4*	1.8±1.1	2.6±1.4	13.6±2.1*	11.0±1.6*	17.8±8.7*
L ₅	27.7±2.0*	22.7±2.5*	24.5±1.7*	50.5±4.1*	33.6±4.2*	52.0±3.8*	33.6±3.7*	1.4±0.9	2.4±1.2	13.4±2.6*	14.2±2.4*	25.8±10.0*

注:EPSDu,上终板凹陷深度。与山羊腰椎同一椎体序列相同测量指标相比,*P<0.05

Note:EPSDu,upper endplate sag depth. Compared with the same measuring indicator at the same level of goat lumbar spine,*P<0.05

表 4 人体腰椎椎间盘与椎间孔解剖参数(̄x±s)

Tab.4 Related anatomic data about lumbar intervertebral discs and foramen of human(̄x±s)

椎间隙	IDHa(mm)	IDHm(mm)	IDHp(mm)	IDA(°)	IVFH(mm)	IVFW(mm)
L _{1,2}	8.0±1.3*	6.7±1.8*	4.8±1.1*	6.5±1.7	16.6±2.1*	10.6±1.4*
L _{2,3}	9.1±1.7*	7.8±2.0*	5.0±1.4*	6.0±2.5	18.3±1.9*	10.8±1.1*
L _{3,4}	10.8±2.2*	8.8±1.6*	6.2±1.0*	6.3±2.2*	18.1±2.0*	10.3±1.4*
L _{4,5}	12.6±2.1*	9.6±1.3*	6.6±1.0*	8.5±2.5*	17.8±1.8*	10.1±1.3*

注:与山羊腰椎同一椎体序列相同测量指标相比,*P<0.05

Note:Compared with the same measuring indicator at the same level of goat lumbar spine,*P<0.05

选择该动物作为研究对象。

随着数字骨科学的飞速发展,计算机辅助软件在骨科中扮演着越来越重要的角色^[16-18]。Mimics 16.0 是由 Materialise 公司开发一款可以进行 CT 三维重建的计算机辅助软件。

利用其自带的测量工具,可以对重建后的模型进行长度与角度测量。此方法相对于传统标本上的机械测量而言,不但操作简单而且可以实现活体上的解剖数据测量。

3.1 椎体

山羊与人类椎体在解剖参数方面存在较大差异,波尔山羊椎体高度明显大于人类椎体而且终板宽度与深度却明显小于人类,究其原因可能与 2 个物种行走方式不同有关。众所周知,脊柱在直立行走情况下主要承受轴向压力而宽大的椎体终板可以有效减小局部压强;因山羊无法直立行走,其脊柱主要承受横向剪切力,而细长的椎体结构可以增大剪切力的作用面积,一定程度上缓解局部压力。此外,山羊上终板向外凸起而下终板向内凹陷,两者构成了一个球窝关节,一定程度上亦增强了其抗腰椎横向剪切力的能力。鉴于上述解剖差异,为了获得较好的实验效果,某些为人体量身设计的假体植入山羊体内之前必须进行一定的调整。笔者认为假体横断面的矢状径与冠状径应当适当缩小以适应山羊终板大小,而其高度应该适当增大以满足山羊椎体的高度。此外,鉴于山羊上终板向外凸起,下终板虽然向内凹陷但与人类存在一定差异,因此某些考虑到终板凹陷深度的人体假体在开展山羊动物研究时一定注意上述差异。

3.2 椎弓根

山羊椎弓根高明显大于人类而其宽度却明显小于人类(L_1 、 L_2 除外)。两者椎弓根夹角亦存在较大差异,而且随椎体序数的增加变化趋势亦完全不同。此种解剖差异亦可能与其腰椎受力方向不同有关。由于羊类腰椎主要受垂直于地方的剪切力,为增大受力面积减小局部压强,山羊腰椎横突结构进化的十分宽长。为了将横突上的压力较好的传导给椎体,其椎体与椎弓板连接结构——椎弓根高度明显增大,一定程度上增大了接触面积,避免了椎弓根骨折的发生。鉴于上述解剖差异,人体椎弓根钉在置入山羊体内时尤其在置入 L_3 以下椎体时应选择直径及长度相对较小的螺钉,而且进钉方向需要更偏向外侧以避免穿破椎弓根骨皮质或损伤脊髓等。

3.3 椎间盘与椎间孔

尽管山羊与人类椎间盘均满足前高>中高>后高的变化规律,但两者数值上存在较大差异。与两者的

主要生理功能不同相关。人类腰椎椎间盘主要承担缓冲轴向压力的功能,因此其椎间盘显得比较高。而山羊椎间盘在缓冲脊柱轴向压力功能相对较小,因此其椎间盘高度相对较小。鉴于上述差异,某些椎间隙假体如椎间融合器、人工椎间盘等植入山羊体内之前不但其水平面面积应当减小以适应山羊终板形状,而且其高度亦应该缩小以便于植入山羊椎间盘。此外,根据椎间盘夹角对比显示人类椎间盘均明显大于山羊,因此上述假体在开展山羊动物研究时亦充分考虑该解剖差异。山羊椎间孔高及椎间孔宽虽然均较人类小,但是两者均符合椎间孔高>椎间孔宽的变化规律,所以山羊可以用于椎间孔镜等相关设备的实验研究。但是为了实验安全,上述设备的大小应当做一定调整。此外,由于山羊横突明显大于人类,一定程度上对椎间孔有遮挡作用,在操作时应当予以注意。

总之,本实验对山羊腰椎椎体、椎弓根、椎间盘等解剖参数进行了全面采集,一定程度上弥补了目前有关山羊腰椎具体解剖参数的缺陷。此外,通过与人体腰椎的对比研究,发现虽然山羊腰椎在某些形态方面与人类相似,但是在诸多方面存在较大差异。因此,掌握山羊腰椎的解剖特点及与人体之间的差异对于腰椎假体及相关技术的山羊动物研究具有重要的指导意义。

参考文献

- [1] Demetropoulos CK, Sengupta DK, Knaub MA, et al. Biomechanical evaluation of the kinematics of the cadaver lumbar spine following disc replacement with the prodisc-L prosthesis [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2010, 35(1): 26-31.
- [2] Kranenburg HJ, Meij BP, Onis D, et al. Design, synthesis, imaging, and biomechanics of a softness-gradient hydrogel nucleus pulposus prosthesis in a canine lumbar spine model [J]. J Biomed Mater Res B Appl Biomater, 2012, 100B(8): 2148-2155.
- [3] Rotaru I, Bujoreanu C, Bele A, et al. Experimental testing on free vibration behaviour for silicone rubbers proposed within lumbar disc prosthesis [J]. Mater Sci Eng C Mater Biol Appl, 2014, 42: 192-198.
- [4] Wilke HJ, Kettle A, Claes LE. Are sheep spines a valid biomechanical model for human spines [J]. Spine (Phila Pa 1976), 1997, 22(20): 2365-2374.
- [5] Wilke HJ, Kettler A, Wenger KH, et al. Anatomy of the sheep spine and its comparison to the human spine [J]. Anat Rec, 1997, 247(4): 542-555.
- [6] Smit TH. The use of a quadruped as an in vivo model for the study of the spine-biomechanical considerations [J]. Eur Spine J, 2002, 11(2): 137-144.
- [7] Xiao J, Huang YC, Lam SKL, et al. Surgical technique for lumbar intervertebral disc transplantation in a goat model [J]. Eur Spine J, 2015, 24(9): 1951-1958.
- [8] Huang YC, Xiao J, Lu WW, et al. Lumbar intervertebral disc allograft transplantation: long-term mobility and impact on the adjacent segments [J]. Eur Spine J, 2017, 26(3): 799-805.

- [9] MacEwan MR, Talcott MR, Moran DW, et al. Novel spinal instrumentation to enhance osteogenesis and fusion: a preliminary study [J]. J Neurosurg Spine, 2016, 25(3): 318-327.
- [10] Bungartz M, Maenz S, Kunisch E, et al. First-time systematic post-operative clinical assessment of a minimally invasive approach for lumbar ventrolateral vertebroplasty in the large animal model sheep [J]. Spine J, 2016, 16(10): 1263-1275.
- [11] Valentin S, Licka TF, Elliott J. MRI-determined lumbar muscle morphometry in man and sheep: potential biomechanical implications for ovine model to human spine translation [J]. J Anat, 2015, 227(4): 506-513.
- [12] Lindley EM, Barton C, Blount T, et al. An analysis of spine fusion outcomes in sheep pre-clinical models [J]. Eur Spine J, 2017, 26(1): 228-239.
- [13] 郭超峰, 张宏其, 高琪乐, 等. 单纯后路 I 期病灶清除椎间钛网植骨融合内固定治疗成人腰椎结核 [J]. 中国骨伤, 2017, 30(5): 406-410.
- GUO CF, ZHANG HQ, GAO QL, et al. Debridement, internal fixation and reconstruction with titanium mesh for the surgical treatment of lumbar tuberculosis via a posterior-only approach in adults [J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2017, 30(5): 406-410. Chinese with abstract in English.
- [14] 曾忠友, 严卫锋, 宋永兴, 等. 两种手术入路联合固定并椎间融合治疗腰椎单节段病变的临床研究 [J]. 中国骨伤, 2017, 30(5): 417-425.
- ZENG ZY, YAN WF, SONG YX, et al. Case control study two different surgical approaches combined fixation with lumbar interbody fusion for the treatment of single segmental lumbar vertebra diseases [J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2017, 30(5): 417-425. Chinese with abstract in English.
- [15] 胡旭栋, 马维虎, 蒋伟宇, 等. 极外侧椎间融合联合经皮螺钉固定术治疗腰椎退变性疾病的早期疗效及安全性 [J]. 中国骨伤, 2017, 30(2): 147-151.
- HU XD, MA WH, JIANG WY, et al. The short-term clinical outcomes and safety of extreme lateral interbody fusion combined with percutaneous pedicle screw fixation for the treatment of degenerative lumbar disease [J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2017, 30(2): 147-151. Chinese with abstract in English.
- [16] An G, Hong L, Zhou XB, et al. Accuracy and efficiency of computer-aided anatomical analysis using 3D visualization software based on semi-automated and automated segmentations [J]. Ann Anat, 2017, 210: 76-83.
- [17] Lee JY, Gil YC, Shin KJ, et al. An anatomical and morphometric study of the coccyx using three-dimensional reconstruction [J]. Anat Rec (Hoboken), 2016, 299(3): 307-312.
- [18] Cook JA, Tholpady SS, Momeni A, et al. Predictors of internal mammary vessel diameter: a computed tomographic angiography-assisted anatomic analysis [J]. J Plast Reconstr Aesthet Surg, 2016, 69(10): 1340-1348.
- (收稿日期: 2017-08-18 本文编辑: 连智华)

中国中医科学院望京医院骨伤科和风湿科 进修招生通知

中国中医科学院望京医院(中国中医科学院骨伤科研究所)为全国中医骨伤专科医疗中心和全国重点骨伤学科单位。全院共有床位近 800 张,其中骨伤科床位近 350 张。骨伤科高级专业技术职称人员 50 余名,博士生导师 13 名,硕士生导师 30 名,具有雄厚的骨伤科临床、教学与科研能力,是全国骨伤科医师培训基地。开设创伤、脊柱、骨关节、关节镜及推拿等专科,在颈椎病、腰椎间盘突出症、骨关节病、创伤骨折、拇外翻等专病方面的治疗独具特色。每周三安排知名专家授课,为中、西医骨科医师培训提供充裕的理论学习与临床实践的机会。

风湿免疫科为风湿病重点专病单位,具有较深厚的风湿病研究基础及先进的研究设施,治疗风湿类疾病有独特疗效。

我院每年 3、9 月招收 2 期进修生(要求具有执业医师资格),每期半年或 1 年(进修费 6 000 元/年)。欢迎全国各地中、西医医师来我院进修学习。望京医院网址: <http://www.wjhospital.com.cn>; 电子邮箱: sinani@139.com。地址:北京市朝阳区花家地街中国中医科学院望京医院医务处。邮编: 100102。电话: (010)64721263。联系人: 徐春艳。乘车路线: 404、416、420、701、707、952, 运通 101、107、201、104 路等到望京医院(花家地街)下车。北京站: 乘 420 路公共汽车直达; 乘 403 至丽都饭店换 404 路望京医院(花家地街)下车。北京西客站: 823 路公共汽车至东直门换 404 路至望京医院。