

基于 CT 技术的成年人腰椎间盘及终板解剖参数研究

韩玺铭¹, 牛立盼¹, 刘凤霞¹, 马景旭², 王红²

(1. 新疆医科大学基础医学院解剖教研室, 新疆 乌鲁木齐 830011; 2. 新疆医科大学第二附属医院影像中心, 新疆 乌鲁木齐 830011)

【摘要】 目的:应用 CT 三维重建技术测量健康成年人腰椎间盘及椎体终板的解剖参数,为临床应用及腰椎间盘假体的个性化设计提供基本数据。方法:对 2019 年 9 月至 2020 年 12 月在新疆医科大学第二附属医院影像中心住院或门诊就诊腰椎正常椎间盘及椎体终板的解剖参数进行测量,男女各 200 例,年龄 20~60(40.61±11.22)岁,测量节段为 L₁-S₁ 椎间盘,测量指标包括椎间盘轴位前后径和横径、矢状位前中后高度、冠状位左右高度、椎间隙角度及各椎体上下终板的横径和前后径。结果:(1)在性别上,男性 L₁-S₁ 椎间盘轴位前后径和横径、矢状位前中后高度、冠状位左右高度、椎间隙角度的解剖参数均大于女性($P<0.05$),男性 L₁-S₁ 椎体上下终板的解剖参数大于女性($P<0.001$)。(2)在矢状位前中后高度比较中,男性和女性 L₁-L₅ 各椎间盘矢状位高度均为中高>前高>后高($P<0.001$),而 L₅S₁ 椎间盘矢状位高度为前高>中高>后高($P<0.001$)。(3)在冠状位左右高比较中,男性和女性 L₁-S₁ 椎间盘冠状位左右高度差异均无统计学意义($P>0.05$)。(4)男性和女性 L₁-S₁ 各椎间隙夹角均随椎体节段的增加而增大。(5)男性 L₁-S₁ 椎体上下终板的前后径及横径均大于女性($P<0.001$)。结论:在成人腰椎间盘假体的设计中应考虑性别差异。各节段腰椎间盘的解剖参数随椎体序列的增加而变化,在人工椎间盘的设计中应考虑不同椎间盘的解剖参数,从矢状位的高度变化判定椎间盘的设计应为楔形。

【关键词】 CT 三维重建; 腰椎间盘; 椎体终板; 解剖参数

中图分类号:R322-64

DOI:10.12200/j.issn.1003-0034.2023.01.014

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Study on anatomical parameters of adult lumbar intervertebral disc and endplate based on CT

HAN Xi-ming¹, NIU Li-pan¹, LIU Feng-xia¹, MA Jing-xu², WANG Hong² (1. Department of Anatomy, School of Foundation Medicine of Xinjiang Medical University, Wulumuqi 830011, Xinjiang, China; 2. Imaging Center, the Second Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Wulumuqi 830011, Xinjiang, China)

ABSTRACT Objective To provide basic data for clinical application and individualized design of lumbar disc prostheses by measuring the anatomical parameters of lumbar intervertebral discs and endplates in healthy adults with CT three-dimensional reconstruction technology. **Methods** A retrospective analysis was performed on 200 males and 200 females with normal lumbar spine who were admitted to the imaging center or outpatient department of the Second Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University from September 2019 to December 2020. The age ranged from 20 to 60 years old, with an average of (40.61±11.22) years old. The measurement segment was L₁-S₁ intervertebral disc, and the measurement indicators included the axial anteroposterior diameter and transverse diameter of the intervertebral disc, sagittal anterior, middle and posterior height, coronal left and right height, intervertebral space angle, and transverse and anteroposterior diameters of the upper and lower endplates of each vertebral body. **Results** ①In terms of gender, the anatomical parameters of L₁-S₁ disc axial diameter, transverse diameter, sagittal anterior, middle and posterior height, left and right coronal height and intervertebral space angle were all higher in males than in females ($P<0.05$), and the anatomical parameters of upper and lower endplates of L₁-S₁ vertebral body were higher in males than in females ($P<0.001$). ②In comparison of sagittal height of anterior, middle and posterior intervertebral discs, the sagittal height of L₁-L₅ intervertebral discs was middle-high > anterior-high > posterior-high ($P<0.001$), while that of L₅S₁ intervertebral disc was anterior-high > middle-high > posterior-high ($P<0.001$). ③In the comparison of left and right coronal height, there was no statistical significance in the left and right coronal height of L₁-S₁ disc between male and female ($P>$

基金项目:新疆维吾尔自治区自然科学基金(编号:2016D01C199)

Fund program: Natural Science Foundation of Xinjiang Uygur Autonomous Region (No.2016D01C199)

通讯作者:王红 E-mail:wangh_xj@163.com

Corresponding author: WANG Hong E-mail:wangh_xj@163.com

0.05)。④The L_1-S_1 intervertebral spaces angle between male and female increased with the increase of vertebral body segments. ⑤The anterior and posterior diameters and transverse diameters of upper and lower of L_1-S_1 vertebral bodies endplates were height in males than in females ($P<0.001$). **Conclusion** The results suggest that gender differences should be considered in the design of adult lumbar disc prostheses. The anatomical parameters of the lumbar intervertebral disc varied with the increase of the vertebral body sequence, suggesting that different anatomical parameters of the intervertebral disc should be considered in the design of the artificial intervertebral disc, and the changes in the height of the sagittal position suggest that the design of the intervertebral disc should be wedge-shaped.

KEYWORDS CT 3D reconstruction; Lumbar intervertebral disc; Lumbar endplate; Anatomic parameters

近年来,肥胖、高血脂、外伤等多种病因促使腰椎疾病患者需要行椎间盘切除融合术治疗^[1-2]。术后尽可能用最短时间恢复椎间盘功能、减少并发症是当前骨科医生亟待解决的医学难题。随着 3D 打印技术的发展,越来越多不同类型的人工椎体、人工椎间盘应用于临床腰椎疾病,并取得了一定的效果^[3]。但长期随访发现术后多伴有假体端面契合性差、假体下沉、椎体破裂等并发症^[4-5]。为解决上述问题,大量研究致力于假体设计的优化上,但忽略了人体腰椎各节段解剖参数的复杂性和差异性,全面掌握椎间盘及上下终板解剖特点才是进行假体设计的根本基础^[6]。实验证实尺寸不匹配的人工椎间盘将导致脊柱异常动力学改变、异位骨化、椎体曲度异常等并发症^[7]。因此本研究通过 CT 薄层扫描和计算机三维重建技术对健康成年人的椎间盘及椎体终板进行解剖参数测量,为符合椎间盘假体个性化设计和临床应用提供数据参考。

1 资料与方法

1.1 研究对象

以 2019 年 9 月至 2020 年 12 月在新疆医科大学第二附属医院影像中心住院或门诊就诊腰椎正常的男性和女性各 200 例作为研究对象,年龄 20~60 (40.61 ± 11.22) 岁,其中男性 (40.43 ± 11.32) 岁,女性 (40.74 ± 11.43) 岁。腰椎节段范围选择 L_1-S_1 。纳入标准:CT 扫描腰椎正常者;年龄 ≥ 20 周岁。排除标准:脊柱发育异常;既往腰椎手术史或外伤史;椎间盘突出、膨出、滑脱;脊髓肿瘤等其他脊柱疾病。

1.2 研究方法

由两名副主任医师对 2019 年 9 月至 2020 年 12 月行腰椎或全腹 CT 检查的患者中筛选出符合纳入和排除标准的男性和女性各 200 例。先比较男性和女性之间各解剖参数的差异,再分别依据不同性别进行各自解剖参数的比较。所有研究对象由美国 GE 公司 64 层螺旋 CT 进行扫描,扫描电压 160 kV,扫描电流 400 mA,层厚 5 mm。将扫描后的图像在后处理工作站上进行腰椎的薄层三维重建,层厚为 0.2 mm。

将 CT 重建图像导入处理软件 (volume viewer)

中进行 L_1-S_1 椎间盘轴位前后径和横径、矢状位前中后高度、冠状位左右高度、椎间隙角度及各椎体上下终板的横径和前后径的测量。具体测量方法如下^[8]:在 CT 轴位上测量椎间盘和终板前后径和横径最远点距离;在 CT 矢位上测量相邻椎体前缘和后缘高度作为前高和后高,上下终板最高点 to 最低点距离为中高;上下椎体的延长线的夹角为椎间隙夹角;最大冠状位两侧上下椎体的连线作为冠状位左右高度。各项目测量方法见图 1。

1.3 统计学处理

采用 SPSS 26.0 软件进行统计学分析,本研究数据均属定量资料以均数 \pm 标准差 ($\bar{x}\pm s$) 表示,男性和女性各解剖参数、冠状位左右高度、椎体上下终板的比较均属两独立样本,采取独立样本 t 检验;椎间盘矢位高度比较和各节段椎间隙夹角比较属于多组数据,采取单因素方差分析。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 男性和女性椎间盘矢状位、冠状位、轴位解剖参数的比较

男性 L_1-S_1 各椎间盘矢状位前高、中高、后高、椎间隙夹角均大于女性,男性冠状位左高、右高以及轴位横径、前后径均大于女性 ($P<0.05$)。并且从以上数据发现,除 L_5S_1 椎间盘外, L_1-L_5 椎间盘各解剖参数均随椎体节段的增加而增大。见表 1、表 2。

2.2 男性和女性椎体上下终板解剖参数的比较

男性 L_1-S_1 各椎体上下终板的前后径及横径均大于女性 ($P<0.001$)。 L_1-S_1 椎体上下终板的解剖参数均随着椎体节段的增加而增大。见表 3、表 4。

2.3 男女性各腰椎间盘矢状位前中后高度及椎间盘冠状位左右高度比较

男性和女性 L_1-L_5 椎间盘矢状位高度均为中高>前高>后高, L_5S_1 椎间盘矢状位高度均为前高>中高>后高 ($P<0.001$), 见表 5。男性和女性 L_1-S_1 椎间盘冠状位左右高度差异均无统计学意义 ($P>0.05$), 见表 6。

2.4 男女性 L_2-L_5 椎体上下终板和各腰椎间盘夹角比较

男性和女性各 L_2-L_5 椎体上下终板横径之间差

异均有统计学意义 ($P < 0.001$), 但椎体上下终板前后径之间差异无统计学意义 (表 7)。男性和女性 L_1-S_1 椎间隙夹角差异均有统计学意义 ($P < 0.001$), 相较于 L_1-L_5 椎间隙, L_5S_1 椎间隙夹角明显增大 (表 8)。

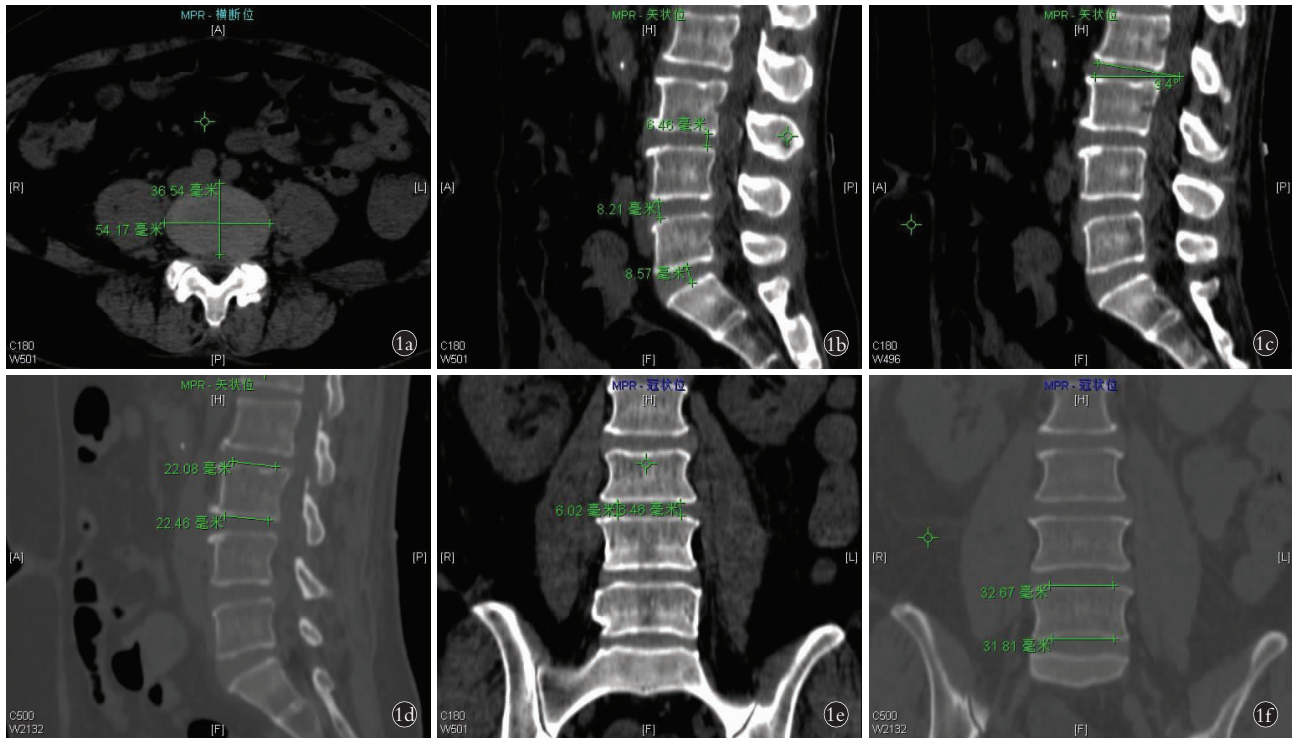


图 1 腰椎间盘轴位前后径和横径、矢状位前中后高度、椎间隙角度、冠状位左右高度以及各椎体上下终板的横径和前后径的测量 1a. 椎间盘轴位前后径及横径分别为 36.54 mm 和 54.17 mm 1b. $L_{3,4}$ 后高 6.46 mm, $L_{4,5}$ 前高 8.21 mm, L_5S_1 中高 8.57 mm 1c. $L_{2,3}$ 椎间隙夹角 9.4° 1d. L_3 椎体上下终板的前后径分别是 20.08 mm 和 20.46 mm 1e. $L_{3,4}$ 冠状位左右高度分别为 6.46 mm 和 6.02 mm 1f. L_4 椎体上下终板的横径为 32.67 mm 和 31.81 mm

Fig.1 Measurements of axial and transverse diameters of the lumbar intervertebral disc, sagittal anterior, middle and posterior height, intervertebral space Angle, left and right coronal height, and transverse and anterior diameters of the upper and lower endplates of each vertebral body 1a. The anterior-posterior diameter and transverse diameter of the intervertebral disc were 36.54 mm and 54.17 mm, respectively 1b. Posterior-high of $L_{3,4}$ was 6.46 mm, anterior-high of $L_{4,5}$ was 8.21 mm, and the middle-high of L_5S_1 was 8.57 mm 1c. Intervertebral space angle of $L_{2,3}$ was 9.4° 1d. The anterior and posterior diameters of upper and lower endplates of L_3 vertebral body were 20.08 mm and 20.46 mm, respectively 1e. The left and right coronal heights of $L_{3,4}$ were 6.46 mm and 6.02 mm, respectively 1f. The transverse diameters of the upper and lower endplates of L_4 vertebral body were 32.67 mm and 31.81 mm

表 1 男性和女性椎间盘矢位解剖参数的比较 ($\bar{x} \pm s$)

Tab.1 Comparison of sagittal anatomical parameters between male and female intervertebral discs ($\bar{x} \pm s$)

腰椎 间盘	椎间盘矢位前高/mm				椎间盘矢位中高/mm				椎间盘矢位后高/mm				椎间隙夹角/ $^\circ$			
	男	女	t 值	P 值	男	女	t 值	P 值	男	女	t 值	P 值	男	女	t 值	P 值
$L_{1,2}$	6.24±	5.78±	3.664	0.000	8.05±	7.62±	2.941	0.003	4.53±	3.94±	2.401	0.017	6.45±	6.05±	3.759	0.000
	1.19	1.30			1.39	1.54			3.04	1.67			1.08	1.07		
$L_{2,3}$	7.51±	7.07±	2.885	0.004	9.32±	8.85±	2.907	0.004	5.12±	4.60±	2.924	0.004	7.86±	7.32±	2.477	0.014
	1.48	1.57			1.54	1.69			1.70	1.84			2.74	1.47		
$L_{3,4}$	8.87±	8.36±	2.813	0.005	10.61±	10.13 ±	2.708	0.007	6.21±	5.65±	2.978	0.003	9.05±	8.61±	2.549	0.011
	1.70	1.90			1.68	1.88			1.74	1.98			1.68	1.72		
$L_{4,5}$	9.58±	9.04±	2.878	0.004	11.25±	10.71 ±	3.046	0.002	6.25±	5.74±	2.801	0.005	9.95±	9.51±	2.654	0.008
	1.76	2.00			1.64	1.86			1.73	1.88			1.62	1.67		
L_5S_1	11.21±	10.76 ±	3.110	0.002	9.97±	9.56±	3.032	0.003	4.87±	4.52±	3.397	0.001	15.14±	14.72±	2.076	0.039
	1.53	1.36			1.41	1.33			1.02	1.08			2.05	1.96		

注:男女性例数均为 200 例,下同

表 2 男性和女性椎间盘冠位和轴位解剖参数的比较($\bar{x}\pm s$)

Tab.2 Comparison of coronal and axial disc anatomical parameters between male and female intervertebral discs($\bar{x}\pm s$)

单位: mm

腰椎 间盘	冠状位左高				冠状位右高				轴位横径				轴位前后径			
	男	女	t 值	P 值	男	女	t 值	P 值	男	女	t 值	P 值	男	女	t 值	P 值
L _{1,2}	5.96± 0.56	5.43± 0.62	8.947	0.000	5.92± 0.57	5.40± 0.62	8.660	0.000	46.00± 2.10	44.58± 2.15	6.685	0.000	34.82± 1.95	33.31± 1.99	7.658	0.000
L _{2,3}	6.44± 0.86	5.64± 0.71	2.900	0.004	6.14± 0.63	5.66± 0.70	7.264	0.000	47.25± 2.27	45.96± 2.22	5.730	0.000	36.55± 1.81	35.03± 1.85	8.259	0.000
L _{3,4}	6.36± 0.70	5.81± 0.83	7.032	0.000	6.41± 0.72	5.84± 0.80	7.378	0.000	49.14± 2.08	47.89± 2.33	5.668	0.000	37.8 1±1.53	36.43± 1.87	8.027	0.000
L _{4,5}	6.66± 0.76	6.10± 0.91	6.632	0.000	6.72± 0.78	6.10± 0.90	7.381	0.000	51.11± 1.85	49.89± 2.14	6.108	0.000	38.75± 1.65	37.32± 1.91	7.987	0.000
L ₅ S ₁	5.73± 0.79	5.05± 0.88	8.071	0.000	5.73± 0.84	5.05± 0.88	7.963	0.000	50.07± 1.69	48.81± 1.86	7.106	0.000	37.88± 1.80	36.57± 2.23	6.414	0.000

表 3 男性和女性腰椎上终板横径和前后径解剖参数的比较($\bar{x}\pm s$)

Tab.3 Comparison of anatomical parameters of transverse and anteroposterior diameters of the lumbar upper endplate between male and female($\bar{x}\pm s$)

单位: mm

椎体	腰椎上终板横径				腰椎上终板前后径			
	男	女	t 值	P 值	男	女	t 值	P 值
L ₂	48.35±1.28	40.41±3.27	31.846	0.000	32.99±1.19	29.73±1.57	23.365	0.000
L ₃	50.08±1.34	42.27±1.05	45.003	0.000	34.64±1.25	31.26±1.57	23.790	0.000
L ₄	51.99±1.24	44.15±2.11	45.213	0.000	36.14±1.31	32.52±1.51	25.396	0.000
L ₅	53.59±1.25	45.96±1.94	46.640	0.000	37.50±1.17	33.93±2.76	16.804	0.000
S ₁	54.00±1.11	46.00±1.68	49.094	0.000	38.68±1.17	34.26±1.61	17.189	0.000

表 4 男性和女性腰椎下终板横径和前后径解剖参数的比较($\bar{x}\pm s$)

Tab.4 Comparison of anatomical parameters of transverse and anteroposterior diameters of the lumbar lower endplate between male and female($\bar{x}\pm s$)

单位: mm

椎体	腰椎下终板横径				腰椎下终板前后径			
	男	女	t 值	P 值	男	女	t 值	P 值
L ₁	47.19±1.41	39.49±2.12	42.638	0.000	32.06±1.17	28.85±1.57	23.106	0.000
L ₂	48.96±1.39	41.20±2.04	44.244	0.000	33.51±1.35	30.25±1.31	24.444	0.000
L ₃	50.78±1.24	42.94±2.01	46.930	0.000	34.72±1.46	31.15±1.48	24.214	0.000
L ₄	52.59±1.39	44.72±1.96	46.046	0.000	36.00±1.29	32.55±1.58	23.867	0.000
L ₅	53.90±0.94	46.63±1.84	49.737	0.000	37.00±1.04	33.72±1.52	24.982	0.000

表 5 男性和女性各腰椎间盘矢位前中后高度比较($\bar{x}\pm s$)

Tab.5 Comparison of sagittal anterior, middle and posterior height of lumbar intervertebral discs between male and female ($\bar{x}\pm s$)

单位: mm

腰椎间盘	男性					女性				
	前高	中高	后高	F 值	P 值	前高	中高	后高	F 值	P 值
L _{1,2}	6.24±1.19	8.05±1.39	4.35±1.61	344.170	0.000	5.80±1.28	7.62±1.54	3.94±1.67	297.049	0.000
L _{2,3}	7.51±1.48	9.32±1.54	5.12±1.70	356.440	0.000	7.10±1.54	8.85±1.69	4.60±1.84	316.064	0.000
L _{3,4}	8.87±1.70	10.61±1.68	6.21±1.74	337.186	0.000	8.40±1.86	10.13±1.88	5.65±1.98	278.410	0.000
L _{4,5}	9.58±1.76	11.25±1.64	6.25±1.73	440.205	0.000	9.08±1.96	10.71±1.86	5.74±1.88	353.057	0.000
L ₅ S ₁	11.21±1.53	9.97±1.41	4.87±1.02	1252.623	0.000	10.79±1.38	9.56±1.33	4.52±1.08	1 356.823	0.000

表 6 男性和女性各腰椎间盘冠位左右高度比较($\bar{x}\pm s$)

Tab.6 Comparison of left and right coronal height of L₁-S₁ disc between male and female($\bar{x}\pm s$)

单位:mm

腰椎间盘	男性				女性			
	左高	右高	t 值	P 值	左高	右高	t 值	P 值
L _{1,2}	5.96±0.56	5.92±0.57	0.819	0.413	5.43±0.62	5.40±0.62	0.453	0.651
L _{2,3}	6.44±0.86	6.14±0.63	0.880	0.379	5.64±0.71	5.66±0.70	-1.049	0.295
L _{3,4}	6.36±0.70	6.41±0.72	-0.747	0.456	5.81±0.83	5.84±0.80	-0.371	0.711
L _{4,5}	6.66±0.76	6.72±0.78	-0.780	0.436	6.10±0.91	6.10±0.90	0.036	0.971
L ₅ S ₁	5.73±0.79	5.73±0.84	-0.021	0.984	5.05±0.88	5.05±0.88	0.058	0.954

表 7 男性和女性各 L₂-L₅ 椎体上下终板比较($\bar{x}\pm s$)

Tab.7 Comparison of upper and lower endplates of L₂-L₅ vertebrae in male and female($\bar{x}\pm s$)

单位:mm

椎体	男性						女性					
	横径	t 值	P 值	前后径	t 值	P 值	横径	t 值	P 值	前后径	t 值	P 值
L ₂ 上	48.34±3.27	14.544	0.000	32.99±1.57	8.439	0.070	40.41±3.27	4.280	0.000	29.73±1.57	7.760	0.094
L ₂ 下	48.96±2.04			33.51±1.31			41.20±2.04			30.25±1.31		
L ₃ 上	50.08±2.05	15.815	0.000	34.64±1.57	1.155	0.250	42.27±2.05	12.828	0.000	31.26±1.57	1.595	0.112
L ₃ 下	50.78±2.01			34.72±1.48			42.94±2.01			31.15±1.48		
L ₄ 上	51.99±2.11	9.312	0.000	36.14±1.96	1.904	0.058	44.15±2.11	9.426	0.000	32.52±1.51	0.356	0.722
L ₄ 下	52.59±1.51			36.00±1.58			44.72±1.96			32.55±1.58		
L ₅ 上	53.59±1.94	4.576	0.000	37.50±2.76	8.088	0.140	45.96±1.94	11.593	0.000	33.93±2.76	1.252	0.212
L ₅ 下	53.90±1.84			37.00±1.52			46.63±1.84			33.72±1.52		

表 8 男性和女性各腰椎间隙夹角比较($\bar{x}\pm s$)

Tab.8 Comparison of lumbar intervertebral space angle between male and female ($\bar{x}\pm s$)

单位:°

腰椎间隙	男性	女性
L _{1,2}	6.45±1.08	6.05±1.07
L _{2,3}	7.86±2.74	7.32±1.47
L _{3,4}	9.05±1.68	8.61±1.72
L _{4,5}	9.95±1.62	9.51±1.67
L ₅ S ₁	15.14±2.05	14.72±1.96
F 值	598.213	856.503
P 值	0.000	0.000

3 讨论

3.1 CT 三维重建技术的应用价值

随着医学影像学不断地发展,CT 三维重建技术在骨科中扮演越来越重要的角色^[9]。本研究将 CT 扫描后的腰椎进行三维重建,用 Volume viewer 软件对重建后的腰椎进行多方位解剖参数测量。此测量方法相较于传统尸体标本测量方法具有操作简单、可实现活体数据采集、图像存储等优点^[10]。有研究表明,CT 测量后的解剖参数与传统尸体标本相比,二者差异无统计学意义^[11],因此本研究用此测量方法对腰椎解剖参数的采集是一种较为可靠的测量方

式。之前虽有学者通过影像学方法对腰椎间盘某一解剖参数进行测量^[12],但制备椎间盘假体的同时需兼顾椎间盘及终板的解剖参数,这样才能有效降低因假体尺寸不符而导致的术后并发症^[13]。本研究通过大样本测量为这个问题提供了新策略,并进一步了解我国不同性别的腰椎解剖参数特点,对实现腰椎间盘假体的个体化制作具有重要的临床价值。

3.2 我国成年人腰椎间盘解剖特点

本研究发现,男性腰椎解剖参数均大于女性,这与其他学者测量的结果相似^[14],由于研究对象来源不同,其测量数值存在差异,但随着椎体节段的变化呈现出类似的变化规律。因男性身材比女性高大,椎间盘形态也相对较大,表明在人工椎间盘或椎间融合器设计上应考虑性别因素,进而提高手术成功率。本研究结果显示,L₁-L₅ 椎间隙高度依次为中高>前高>后高,并且随着椎间盘序列的增加,椎间盘前、中、后高度呈增加趋势,但中高和后高在 L₅S₁ 节段减低,这与人体正常腰椎曲度有关。但与王子轩等^[15]使用 X 线方法对尸体进行测量的结果有较大出入,其原因为 X 线方法对骨组织显像清晰,但 X 线对椎间盘组织的显像不如 CT 清晰;同时尸体标本量较少,经过长期药液的浸泡使椎间盘组织肿胀等因素,均可影响测量结果的差异性。但本实验结果与白文媛

等^[16]测量结果差异较小,其使用对椎间盘组织显像十分敏感的 MRI,对腰椎正常者进行测量,测量结果与本研究所发现的结果具有相同变化规律。 L_1-L_5 椎间盘高度的变化顺序为中高>前高>后高,但 L_5S_1 椎间盘高度的变化顺序为前高>中高>后高,表明在假体椎间盘的设计中需特殊考虑 L_5S_1 椎间盘高度的差异。本研究还发现,椎间盘的横径及前后径与国外数据相比存在显著差异,TANG 等^[17-18]测量的椎间盘横径及前后径的变化规律与本研究相符,即横径及前后径均是随着腰椎节段增加而增加,在 L_5S_1 处降低,但上述研究者测量的数值明显大于本研究的数值。其原因可能与种族差异和国内外人群饮食习惯差异等有关。李志君等^[19]和 BURT 等^[20]发现成人腰椎的形态、大小、解剖参数存在地域性差异,这意味着制备符合我国人群腰椎特点的人工椎间盘具有重大意义。在腰椎冠状位研究中发现各椎间盘左右高度差异无统计学意义。如果两侧高度不等且差别较大,可能与腰椎间盘突出导致代偿性脊柱侧弯或先天性脊柱侧弯疾病有关。当两侧高度相等,骨科医生在手术时可以根据切口位置从中间或侧方放置人工椎间盘^[2]。因此,检测腰椎冠状位两侧高度在临床诊断方面具有不可替代的价值。通过研究发现, L_1-S_1 椎间隙夹角随着椎体序列增加而增加,在 L_5S_1 椎间隙角度明显增加,该结果与肖侃侃等^[22]研究结果相符。由于 L_5S_1 椎间隙夹角的明显增加,因此,在该节段进行手术时,应增加阻挡钉来预防假体向前滑脱。此外,我国成年人群各节段腰椎椎体终板呈现由上至下依次增加的趋势,通过比较同一椎体上下终板,发现只有横径之间存在显著差异,而前后径之间没有显著差异,且下终板横径大于上终板横径呈上窄下宽的现象,这与赵亮等^[23]的测量结果相同,提示在假体设计中需考虑端面与椎体骨面的充分融合。人工椎间盘的设计除考虑基本形态还应考虑终板的弧度和高度。由于本台 CT 型号限制,没有进行终板高度和弧度的测量,这也是本研究的不足之处。

3.3 总结

目前,椎间盘假体器械存在尺寸不符、国产化低、使用成本较高等问题,重要原因之一是进口器械是以西方人群的解剖数据为参考制备的^[7],而国内在这方面研究较少,单纯套用西方人体腰椎数据可影响治疗效果并增加术后并发症^[24]。本研究通过 CT 三维重建技术对我国成年人群进行腰椎各解剖参数测量,所测量的数据将为国产腰椎间盘的设计提供良好的解剖学依据。

参考文献

[1] HELMHOUT P H, WITJES M, NIJHUIS-VAN DER SANDEN R W, et al. The effects of lumbar extensor strength on disability and

mobility in patients with persistent low back pain[J]. *J Sports Med Phys Fitness*, 2017, 57(4):411-417.

- [2] 薛文,王栋,管晓鹏,等. 脊柱内镜辅助套管内微创经椎间孔椎体间融合术的初步应用[J]. *中国微创外科杂志*, 2019, 19(8): 756-759.
- XUE W, WANG D, GUAN X L, et al. Preliminary application of minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion in spinal canal assisted spinal endoscopy system[J]. *Chin J Minim Invasive Surg*, 2019, 19(8): 756-759. Chinese.
- [3] COE J D, ZUCHERMAN J F, KUCHARZYK D W, et al. Multiexpandable cage for minimally invasive posterior lumbar interbody fusion[J]. *Med Devices (Auckl)*, 2016, 9:341-347.
- [4] WANG S J, LIU X M, ZHAO W D, et al. Titanium mesh cage fracture after lumbar reconstruction surgery: a case report and literature review[J]. *Int J Clin Exp Med*, 2015, 8(4): 5559-5564.
- [5] LEE G J, LEE J K, HUR H, et al. Comparison of clinical and radiologic results between expandable cages and titanium mesh cages for thoracolumbar burst fracture[J]. *J Korean Neurosurg Soc*, 2014, 55(3): 142.
- [6] GHAMRI Y, PROEN A M, HOFMANN G, et al. Automated pulse oximeter waveform analysis to track changes in blood pressure during anesthesia induction: a proof-of-concept study[J]. *Anesth Analg*, 2020, 130(5): 1222-1233.
- [7] GILL R R, YEAP B Y, BUENO R, et al. Quantitative clinical staging for patients with malignant pleural mesothelioma[J]. *J Natl Cancer Inst*, 2018, 110(3): 258-264.
- [8] MILLER J, SASSO R, ANDERSON P, et al. Adjacent level degeneration: Bryan total disc arthroplasty versus anterior cervical discectomy and fusion[J]. *Clin Spine Surg*, 2018, 31(2): E98-E101.
- [9] COOK J A, THOLPADY S S, 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.
- [10] 李培,毛光兰,付升旗,等. 翼腭窝的 CT 影像与断层标本对照研究及临床意义[J]. *解剖与临床*, 2012, 17(2): 99-102.
- LI P, MAO G L, FU S Q, et al. CT imaging and anatomy control study of the pterygopalatine Fossa and its clinical significance[J]. *Anat Clin*, 2012, 17(2): 99-102. Chinese.
- [11] AN G, HONG L, ZHOU X B, et al. Accuracy and efficiency of computer-aided anatomical analysis using 3D visualization software based on semi-automated and automated segmentations[J]. *Ann Anat Anat Anzeiger*, 2017, 210: 76-83.
- [12] 刘俭涛,韩华,高正超,等. CT 辅助腰椎终板形态学研究[J]. *中国骨伤*, 2018, 31(12): 1129-1135.
- LIU J T, HAN H, GAO Z C, et al. CT assisted morphological study of lumbar endplate[J]. *China J Orthop Traumatol*, 2018, 31(12): 1129-1135. Chinese.
- [13] CARSON J W, CARSON K M, OLSEN M K, et al. Mindful Yoga for women with metastatic breast cancer: design of a randomized controlled trial[J]. *BMC Complement Altern Med*, 2017, 17(1): 153.
- [14] 侯鹏高,李明,刘学敏,等. 成年女性腰椎体形态学观察及其临床意义[J]. *长治医学院学报*, 2013, 27(1): 6-8.
- HOU P G, LI M, LIU X M, et al. Adult female body of lumbar vertebra morphological observation and clinical significance[J]. *J Chang Med Coll*, 2013, 27(1): 6-8. Chinese.

- [15] 王子轩,单涛. 中国人腰椎间盘结构与人工椎间盘置换相关的参数测量[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2011, 15(48): 8973-8976.
WANG Z X, SHAN T. Parameter measurement of the lumbar disc related to artificial disc replacement in Chinese[J]. J Clin Rehabil Tissue Eng Res, 2011, 15(48): 8973-8976. Chinese.
- [16] 白文媛,顾洪生,廖振华,等. 正常成人腰椎间盘相关参数的测量和意义[J]. 中国临床解剖学杂志, 2013, 31(5): 505-510.
BAI W Y, GU H S, LIAO Z H, et al. The measurement of normal lumbar intervertebral discs and its significance[J]. Chin J Clin Anat, 2013, 31(5): 505-510. Chinese.
- [17] TANG R L, GUNGOR C, SESEK R F, et al. Morphometry of the lower lumbar intervertebral discs and endplates: comparative analyses of new MRI data with previous findings[J]. Eur Spine J, 2016, 25(12): 4116-4131.
- [18] TANG R L, GUNGOR C, SESEK R F, et al. Prediction models for the cross-sectional areas of lower lumbar intervertebral discs and vertebral endplates[J]. Int J Ind Ergon, 2019, 72: 12-34.
- [19] 李志君,李岩,史常德,等. 中国北方地区成人椎体形态的测量[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2008, 12(28): 5530-5535.
LI Z J, LI Y, SHI C D, et al. Measurement on vertebral body morphology of adults in North China[J]. J Clin Rehabil Tissue Eng Res, 2008, 12(28): 5530-5535. Chinese.
- [20] BURT L A, BILLINGTON E O, ROSE M S, et al. Effect of high-dose vitamin D supplementation on volumetric bone density and bone strength: a randomized clinical trial[J]. JAMA, 2019, 322(8): 736-745.
- [21] 孙宇. 加强颈椎人工间盘置换术适应证研究 降低异位骨化发生率[J]. 中华医学杂志, 2021, 101(9): 611-614.
SUN Y. Enhance the study on surgical indication for cervical artificial disc replacement and reduce the occurrence of heterotopic ossification[J]. Natl Med J China, 2021, 101(9): 611-614. Chinese.
- [22] 肖侃侃,李兵,彭小忠,等. CT 三维成像评价中国成年人的椎间盘形态[J]. 中国组织工程研究, 2018, 22(11): 1749-1755.
XIAO K K, LI B, PENG X Z, et al. Morphology of intervertebral disc in Chinese adults evaluated using computer tomography three-dimensional imaging[J]. Chin J Tissue Eng Res, 2018, 22(11): 1749-1755. Chinese.
- [23] 赵亮,闫广华,瞿东滨,等. 腰椎间盘退变对软骨终板生物力学特性影响的有限元分析[J]. 中国临床解剖学杂志, 2015, 33(4): 455-460.
ZHAO L, YAN G H, QU D B, et al. Finite element analysis of lumbar disc degeneration on the biomechanical properties of the cartilage endplate effects[J]. Chin J Clin Anat, 2015, 33(4): 455-460. Chinese.
- [24] FURUNES H, STORHEIM K, BROX J I, et al. Total disc replacement versus multidisciplinary rehabilitation in patients with chronic low back pain and degenerative discs: 8-year follow-up of a randomized controlled multicenter trial[J]. Spine J, 2017, 17(10): 1480-1488.

(收稿日期:2021-11-20 本文编辑:王宏)