

CT 辅助腰椎终板形态学研究

刘俭涛^{1Δ}, 韩华², 高正超¹, 贺财友³, 蔡璇¹, 牛斌斌¹, 顾梦超¹, 李宇欢¹, 梁辉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: 通过计算机断层扫描技术对健康成人腰椎终板结构进行解剖测量与研究, 为腰椎假体的优化设计与临床应用提供有益指导。方法: 有偿征集 60 名健康成人(男女均等), 签署知情同意后于西安交通大学第二附属医院影像科行全腰段 CT 扫描。将扫描数据导入计算机辅助软件 Mimics 16.0 进行三维重建及测量。采集指标包括正中矢状径、最大冠状径、凹陷深度、正中矢状面凹陷角, 冠状面凹陷角等共 9 项, 最后利用统计学软件对采集数据进行统计学分析。结果: 上下终板的正中矢状径与最大冠状径不但具有性别差异($P < 0.05$), 而且随着腰椎序列的增加呈增大趋势。上下终板凹陷深度无性别差异($P > 0.05$), 自 L₁ 至 L₅ 变化较小, 分别在 1.5~2.0 mm 与 2.2~3.9 mm 波动; 同一序列男性下终板凹陷深度大于上终板且差异有统计学意义($P < 0.05$), 而女性上下终板凹陷深度比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。上下终板矢状面凹陷角与冠状面凹陷角随着椎体序数的增加整体变化较小而且绝大部分椎体序列上矢状面与冠状面凹陷角均无性别差异($P > 0.05$)。统计学显示靠近尾侧腰椎终板最大凹陷处位于终板平面偏背侧。结论: 人体腰椎终板解剖结构比较复杂, 熟悉掌握终板解剖参数以及术前充分利用 CT 辅助测量对于腰椎假体的研制及临床应用具有重要意义。

【关键词】 腰椎; 解剖学; 假体植入

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2018.12.011

CT assisted morphological study of lumbar endplate LIU Jian-tao, HAN Hua, GAO Zheng-chao, HE Cai-you, CAI Xuan, NIU Bin-bin, GU Meng-chao, LI Yu-huan, LIANG Hui, 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 and measure the anatomic structure of lumbar vertebral endplate structure in healthy adults by computed tomography (CT) technique in order to provide a useful guidance for the optimal design and clinical application of lumbar prostheses. **Methods:** Sixty healthy adults (male and female equals) were recruited for full-waist CT scan after signing the informed consent form in the imaging department of the Second Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University. The scanning data was imported into the computer aided software Mimics 16.0 for 3D reconstruction and measurement. The acquisition indexes included median sagittal diameter, maximum coronal diameter, concavity depth, median sagittal depression angle, coronal depression angle and so on. Finally, the collected data were statistically analyzed by the statistical software. **Results:** The median sagittal diameter and the maximum coronal diameter of the upper and lower endplates were not only different between the different sexes ($P < 0.05$), but also were increased with the increase of the lumbar spine sequence. The concavity depth of upper and lower endplates had no gender differences ($P > 0.05$), but had a little change from L₁ to L₅, fluctuating from 1.5 to 2.0 mm and from 2.2 to 3.9 mm, respectively. In the same sequence, the concavity depth of lower endplate in males was greater than that of upper endplate, and the difference was statistically significant ($P < 0.05$), but there was no significant difference in the concavity depth of upper and lower endplate in females ($P > 0.05$). Sagittal concavity angle and coronal concavity angle of upper and lower endplates changed slightly with the increase of vertebral order, and there was no gender difference in sagittal and coronal concavity angle of most vertebral sequences ($P > 0.05$). Statistics showed that the largest concavity near the caudal lumbar endplate was located on the dorsal side of the endplate plane. **Conclusion:** The anatomical structure of the lumbar endplate is very complicated. It is important to master the anatomical parameters of the endplate and make full use of CT before operation for the development and clinical application of the lumbar prosthesis.

KEYWORDS Lumbar vertebrae; Anatomy; Prosthesis implantation

Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2018, 31(12): 1129-1135 www.zggszz.com

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

^Δ现工作单位: 河南省人民医院

随着骨科材料与 3D 打印技术的不断发展, 越来越多的新型假体, 如人工椎间盘、椎间融合器、新型钛笼、人工椎体等被用于治疗腰椎退变、骨折、感

染、肿瘤等疾病并取得了较好的临床效果^[1-6]。然而术后影像学检查及长期随访发现部分假体如钛笼等存在端面契合性差、假体下沉等并发症,一定程度上困扰着诸多骨科医生^[7-8]。为解决上述难题,诸多学者致力于假体的优化设计,尤其是对假体端面进行改善,增大其与邻近椎体终板的接触面积与贴合程度。然而人体腰椎终板解剖比较复杂,虽然已有较多文献对椎体终板矢状径与冠状径进行报道,但是目前尚鲜有文献对终板其他结构如凹陷深度、凹陷角等进行全面、细致的研究^[9-11]。本实验通过 CT 薄层扫描与计算机辅助软件 Mimics 16.0 对健康成人腰椎终板进行解剖测量与统计分析,以期对假体的优化设计与临床应用提供有益参考。

1 材料与方 法

所有操作严格遵守伦理学要求并获得了西安交通大学生物医学伦理委员会的批准(伦理号:2017706)。

1.1 观测对象

有偿征集 60 名健康成人,男女各半。男性志愿者年龄(23.9±2.8)岁,身高(174.2±5.8)cm,体重(73.0±14.9)kg;女性志愿者年龄(22.5±3.9)岁,身高(163.5±4.3)cm,体重(56.0±6.8)kg。所有志愿者排除腰椎骨折、感染、畸形等疾病后签署知情同意书,于西安交通大学第二附属医院影像科行全腰椎薄层 CT 扫描。机型为 GE Lightspeed VCT-xt 64 层厚 0.625 mm,厚度 0.969:1,扫描电压 140 kV,扫描电流 350 mA,将扫描数据刻录至光盘上(DVD+R, 4.7GB)。

1.2 实验测量指标与方法

运用计算机将刻录在光盘上的 CT 扫描数据导入软件 Mimics 16.0(Interactive Medical Image Control System, 版本 16.0, Materialize 公司,比利时)并进行三维重建。通过软件上自带的角度(精度为 0.01°)与长度(精度为 0.01 mm)测量工具对 L₁-L₅ 椎体的上、下终板以及 S₁ 上终板进行解剖测量。采集的解剖参数主要分为角度指标与线性指标两大类(图 1)。各项测量指标具体定义如下:(1)上终板正中矢状面凹陷角(angle of median sagittal plane of upper endplate, ASu):上终板正中矢状面上 2 条沿终板走向的直线之间的夹角。(2)下终板正中矢状面凹陷角(angle of median sagittal plane of lower endplate, ASl):下终板正中矢状面上 2 条沿终板走向的直线之间的夹角。(3)上终板冠状面凹陷角(angle of coronal plane of upper endplate, ACu):过上终板正中矢状面最大凹陷处的冠状面上 2 条沿上终板走向的直线之间的夹角。(4)下终板冠状面凹陷角(angle of coronal plane

of lower endplate, ACL):过下终板正中矢状面最大凹陷处的冠状面上 2 条沿下终板走向的直线之间的夹角。(5)上终板凹陷深度(upper endplate sag depth, EPSDu):正中矢状面上终板最大凹陷处距离上终板平面之间的垂直距离。(6)下终板凹陷深度(lower endplate sag depth, EPSLl):正中矢状面下终板最大凹陷处距离下终板平面之间的垂直距离。(7)上终板最大凹陷处距离椎体终板后缘弦长(length between the maximum concave point and the posterior side of the upper endplate, LSPu):椎体正中矢状面上终板最大凹陷处距离上终板后缘的距离。(8)上终板最大凹陷处距离椎体终板前缘弦长(length between the maximum concave point and the anterior side of the upper endplate, LSAu):椎体正中矢状面上终板最大凹陷处距离上终板前缘的距离。(9)下终板最大凹陷处距离椎体终板后缘弦长(length between the maximum concave point and the posterior side of the lower endplate, LSLl):椎体正中矢状面下终板最大凹陷处距离下终板后缘的距离。(10)下终板最大凹陷处距离椎体终板前缘弦长(length between the maximum concave point and the anterior side of the lower endplate, LSAl):椎体正中矢状面下终板最大凹陷处距离下终板前缘的距离。(11)上终板最大凹陷处距离椎体终板右缘弦长(length between the maximum concave point and the right side of the upper endplate, LCRu):上终板正中矢状面上最大凹陷处对应的冠状面上凹陷处距离上终板右缘的距离。(12)上终板最大凹陷处距离椎体终板左缘弦长(length between the maximum concave point and the left side of the upper endplate, LCLu):上终板正中矢状面上最大凹陷处对应的冠状面上凹陷处距离上终板左缘的距离。(13)下终板最大凹陷处距离椎体终板右缘弦长(length between the maximum concave point and the right side of the lower endplate, LCRl):下终板正中矢状面上最大凹陷处对应的冠状面凹陷处距离下终板右缘的距离。(14)下终板最大凹陷处距离椎体终板左缘弦长(length between the maximum concave point and the left side of the lower endplate, LCLl):下终板正中矢状面上最大凹陷处对应的冠状面凹陷处距离下终板左缘的距离。(15)上终板深度(upper endplate depth, EPDu):上终板正中矢状面对应的弦长。(16)上终板宽度(upper endplate width, EPWu):上终板最大冠状径。(17)下终板深度(lower endplate depth, EPDl):下终板正中矢径。(18)下终板宽度(lower endplate width, EPWl):下终板最大冠状径。为保证测量结果的准确性以及减少误差,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,对每个标本重复测量 3 次后取平均值。

1.3 统计学处理

所有数据采用 IBM SPSS Statistics 21 进行统计分析,以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示。不同性别之间或同一椎体序列上下终板解剖数据采用独立样本 *t* 检验比较,同一性别不同椎体序列之间采用单因素方差分析进行比较。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 角度指标

上下终板凹陷角测量数值见表 1-2。上终板矢

状面凹陷角与冠状面凹陷角在大部分椎体序列上均无性别差异 (L_4 、 L_5 除外) ($P>0.05$), 两者分别在 $163.3^\circ\sim 168.7^\circ$ 、 $161.1^\circ\sim 174.8^\circ$ (男性) 与 $159.2^\circ\sim 169.9^\circ$ 、 $153.5^\circ\sim 172.7^\circ$ (女性) 内变化; 下终板矢状面凹陷角与冠状面凹陷角亦在大部分椎体序列上无性别差异 (L_2 除外) ($P>0.05$), 两者分别在 $157.4^\circ\sim 168.0^\circ$ 、 $162.5^\circ\sim 173.0^\circ$ (男性) 与 $154.8^\circ\sim 166.0^\circ$ 、 $158.9^\circ\sim 170.9^\circ$ (女性) 内变化。对于同一椎体而言, 无论男女上终板正中矢状面凹陷角与冠状面凹陷角差异均有统计学意义 ($P<0.05$); 但下终板却与之不同——男性下终板矢状面凹陷角与冠状面凹陷角仅

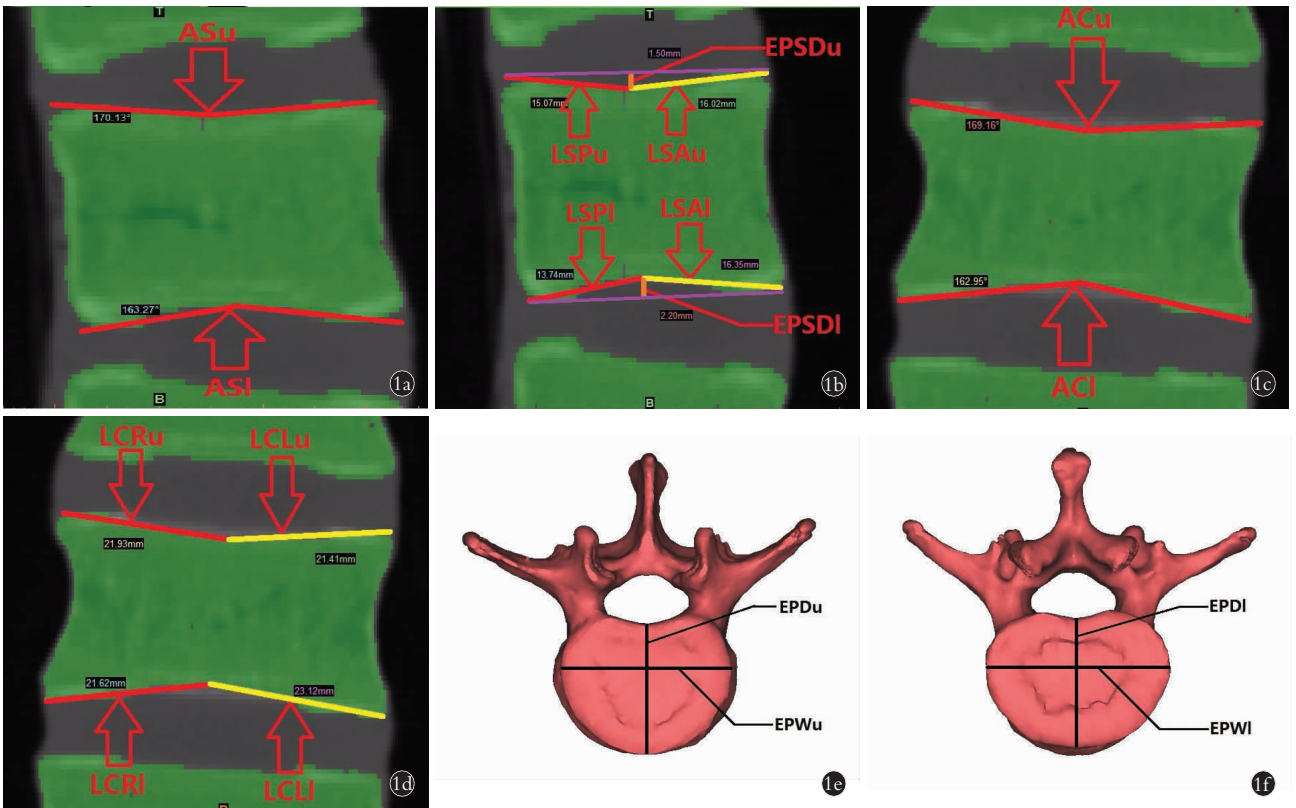


图 1 腰椎三维重建及测量指标 1a. 腰椎正中矢状面:ASu, 上终板正中矢状面凹陷角;ASl, 下终板正中矢状面凹陷角 1b. 腰椎正中矢状面:EPSDu, 上终板凹陷深度;EPSDI, 下终板凹陷深度;LSPu, 上终板最大凹陷处距离椎体终板后缘弦长;LSAu, 上终板最大凹陷处距离椎体终板前缘弦长;LSPl, 下终板最大凹陷处距离椎体终板后缘弦长;LSAI, 下终板最大凹陷处距离椎体终板前缘弦长 1c. 正中矢状面最大凹陷处对应的冠状面:ACu, 上终板冠状面凹陷角;ACI, 下终板冠状面凹陷角 1d. 正中矢状面最大凹陷处对应的冠状面:LCRu, 上终板最大凹陷处距离椎体终板右缘弦长;LCLu, 上终板最大凹陷处距离椎体终板左缘弦长;LCRI, 下终板最大凹陷处距离椎体终板右缘弦长;LCLI, 下终板最大凹陷处距离椎体终板左缘弦长 1e. 腰椎上终板:EPDu, 上终板深度;EPWu, 上终板宽度 1f. 腰椎下终板:EPDI, 下终板深度;EPWI, 下终板宽度

Fig.1 Three dimensional reconstruction of lumbar spine and all the measuring indicators 1a. The median sagittal plane of lumbar vertebra:ASu, angle of median sagittal plane of upper endplate;ASl, angle of median sagittal plane of lower endplate 1b. The median sagittal plane of lumbar vertebra:EPS-Du, upper endplate sag depth;EPSDI, lower endplate sag depth;LSPu, length between the maximum concave point and the posterior side of the upper endplate;LSAu, length between the maximum concave point and the anterior side of the upper endplate;LSPl, length between the maximum concave point and the posterior side of the lower endplate;LSAI, length between the maximum concave point and the anterior side of the lower endplate 1c. the coronal plane corresponding to the largest concave of the median sagittal plane:ACu, angle of coronal plane of upper endplate;ACI, angle of coronal plane of lower endplate 1d. The coronal plane corresponding to the largest concave of the median sagittal plane:LCRu, length between the maximum concave point and the right side of the upper endplate;LCLu, length between the maximum concave point and the left side of the upper endplate;LCRI, length between the maximum concave point and the right side of the lower endplate;LCLI, length between the maximum concave point and the left side of the lower endplate 1e. The upper endplate of lumbar vertebra:EPDu, upper endplate depth;EPWu, upper endplate width 1f. The lower endplate of lumbar vertebra:EPDI, lower endplate depth;EPWI, lower endplate width

表 1 腰椎上终板相关解剖参数 ($\bar{x}\pm s$)

Tab.1 Anatomic parameters about the upper endplate of lumbar vertebrae ($\bar{x}\pm s$)

椎体	EPDu(mm)				EPWu(mm)				EPSDu(mm)			
	男	女	t 值	P* 值	男	女	t 值	P* 值	男	女	t 值	P* 值
L ₁	31.9±2.3	29.0±2.3	2.566	0.021	43.8±2.2	39.9±1.6	4.016	0.001	1.5±0.8	1.9±0.6	0.546	0.234
L ₂	33.6±2.2	30.6±3.1	2.394	0.030	45.8±1.7	41.1±2.4	4.665	0.001	1.7±1.0	1.9±0.6	-0.640	0.532
L ₃	35.8±1.5	31.3±2.5	4.691	0.001	48.2±1.8	41.9±2.8	5.720	0.001	2.1±0.8	2.3±0.9	-0.372	0.715
L ₄	37.0±1.9	31.3±2.7	5.111	0.001	50.1±1.9	44.1±2.8	5.297	0.001	2.0±0.9	2.6±0.8	-1.229	0.238
L ₅	37.5±2.6	32.5±2.9	3.647	0.002	50.7±2.9	45.3±3.5	3.483	0.003	2.0±0.9	2.2±0.9	-0.413	0.685
S ₁	34.4±2.2	30.8±2.2	3.222	0.006	50.4±4.9	45.3±3.2	2.387	0.031	3.4±1.2	3.8±0.9	-0.736	0.473

椎体	ASu(°)				ACu(°)							
	男	女	t 值	P* 值	男	t 值	P [#] 值	女	t 值	P [#] 值	t 值	P* 值
L ₁	166.5±3.5	163.7±5.2	1.345	0.199	174.1±2.5	-5.595	<0.001	172.7±4.5	-3.465	0.005	0.849	0.409
L ₂	163.3±4.3	164.4±6.6	-0.323	0.751	173.7±2.6	-6.375	<0.001	173.5±4.0	-3.123	0.009	0.137	0.893
L ₃	166.4±5.1	162.5±8.1	1.254	0.229	174.8±2.2	-4.775	<0.001	172.8±4.6	-2.931	0.013	1.220	0.241
L ₄	166.6±4.7	159.2±8.2	2.380	0.031	172.9±4.4	-3.122	0.006	169.9±4.1	-3.108	0.009	1.444	0.169
L ₅	166.8±4.1	161.1±5.8	2.374	0.031	172.8±2.4	-3.965	0.001	169.4±2.4	-3.513	0.004	2.897	0.011
S ₁	168.7±4.1	169.9±5.7	-0.503	0.622	161.1±6.7	3.069	0.007	153.5±8.5	4.234	0.001	2.067	0.056

注: P* 表示与男性同一椎体序列相同测量指标比较; P[#] 表示与同性别相同椎体序列正中矢状面凹陷角相比较

Note: P* represented that the comparisons with the same measurement index at same vertebral level of males; P[#] represented that the comparisons with the concave angle of the median saggital plane of the same gender

表 2 腰椎下终板相关解剖参数 ($\bar{x}\pm s$)

Tab.2 Anatomic parameters about the lower endplate of lumbar vertebrae ($\bar{x}\pm s$)

椎体	EPDI(mm)				EPWI(mm)				EPSDI(mm)							
	男	女	t 值	P* 值	男	女	t 值	P* 值	男	t 值	P [#] 值	女	t 值	P [#] 值	t 值	P* 值
L ₁	32.9±2.3	30.2±2.8	2.203	0.044	46.5±2.2	41.1±2.5	4.701	0.001	2.2±0.5	-2.314	0.033	2.1±0.6	-0.488	0.634	0.290	0.776
L ₂	35.7±1.7	31.5±3.2	3.472	0.003	47.6±2.0	42.2±2.6	4.765	0.001	2.5±0.5	-2.320	0.032	2.3±0.7	-0.985	0.344	0.691	0.500
L ₃	35.9±1.7	31.0±2.7	4.626	0.001	50.4±2.0	43.9±2.8	5.549	0.001	3.1±0.9	-2.624	0.017	2.6±0.9	-0.609	0.554	1.291	0.216
L ₄	36.8±2.8	32.4±2.8	3.191	0.006	52.6±2.8	45.6±3.7	4.443	0.001	3.9±1.1	-4.050	0.001	2.9±0.7	-0.853	0.410	2.034	0.060
L ₅	36.4±1.9	32.4±2.6	3.719	0.002	51.2±4.1	45.0±2.8	3.474	0.003	3.4±1.2	-2.965	0.008	2.9±0.9	-1.411	0.184	1.109	0.324

椎体	ASI(°)				ACI(°)							
	男	女	t 值	P* 值	男	t 值	P [#] 值	女	t 值	P [#] 值	t 值	P* 值
L ₁	168.0±3.3	166.0±5.3	0.964	0.350	173.0±3.8	-3.174	0.005	170.9±4.5	-1.884	0.084	1.024	0.322
L ₂	167.2±4.3	163.8±4.6	1.553	0.141	172.2±3.1	-2.978	0.008	168.6±3.6	-2.170	0.051	2.200	0.044
L ₃	166.3±5.6	161.1±6.8	1.724	0.105	169.4±3.7	-1.438	0.168	165.8±5.5	-1.424	0.180	1.605	0.129
L ₄	161.9±4.3	158.8±6.4	1.196	0.250	162.5±9.2	-0.192	0.850	160.7±3.1	-0.689	0.504	0.507	0.619
L ₅	157.4±11.6	154.8±7.3	0.530	0.604	162.6±7.9	1.188	0.250	158.9±7.6	-1.042	0.318	0.982	0.342

注: P* 表示与男性同一椎体序列相同测量指标比较; P* 与同一椎体上终板同一测量指标相比较; P[#] 表示与同性别相同椎体序列正中矢状面凹陷角相比较。

Note: P* represented that the comparisons with the same measurement index at same vertebral level of males; P* represented that the comparisons with the same measurement index of the upper endplate in the same vertebra; P[#] represented that the comparisons with the concave angle of the median saggital plane of the same gender. P<0.05 represented that the statistical significance existed

在个别椎体上差异有统计学意义 (P<0.05), 而女性下终板在整个腰椎序列差异均无统计学意义 (P>0.05)。

2.2 线性指标

表 1-2 及表 3-4 分别列出了上下终板所有线性

指标的具体数值。由表 1-2 此可知, 上下终板矢状径与冠状径不但具有性别差异 (P<0.05), 而且均随着椎体序数的增加整体呈增大趋势, 但在尾端有所减小。男性整个腰椎序列上终板凹陷深度与女性比较

差异无统计学意义 ($P>0.05$), 两者随着腰椎序列的增加分别在 1.5~2.0 mm 与 1.9~2.6 mm 内波动, 但在骶骨处呈现跳跃性增加, 分别为 (3.4±1.2) mm 与 (3.8±0.9) mm; 男性下终板凹陷深度与女性比较差异无统计学意义 ($P>0.05$), 两者随着椎体序列的增加亦变化不大, 其数值波动范围分别为 2.2~3.9 mm 与 2.1~2.9 mm。男性同一腰椎序列的下终板凹陷深度大于其上终板凹陷深度 ($P<0.05$); 女性上下终板凹陷深度比较差异无统计学意义 ($P>0.05$)。

表 3-4 给出了上下终板最大凹陷处距离终板边缘的距离以及对比分析, 结果显示无论男女, 其上下终板正中矢状面最大凹陷处距离终板前缘与后缘的距离在靠近尾侧的腰椎序列上差异有统计学意义 ($P<0.05$), 在靠近头侧的腰椎序列上差异无统计学意义 ($P>0.05$); 在冠状面上无论男女其上下终板凹陷处距离终板左右边缘的距离差异无统计学意义 ($P>0.05$)。

3 讨论

腰椎椎间盘突出、骨折、感染、肿瘤等疾病严重

表 3 正中矢状面最大凹陷处距离终板前后边缘弦长对比 ($\bar{x}\pm s$, mm)

Tab.3 Comparisons between the lengths from the maximum concave to the anterior or posterior side of the median sagittal plane of endplates ($\bar{x}\pm s$, mm)

椎体 序数	男								女							
	上终板				下终板				上终板				下终板			
	LSAu	LSPu	t 值	P 值	LSAl	LSPl	t 值	P 值	LSAu	LSPu	t 值	P 值	LSAl	LSPl	t 值	P 值
L ₁	15.0± 1.8	15.4± 2.5	-0.476	0.640	17.7± 2.9	13.2± 1.9	3.989	0.001	14.5± 4.0	15.0± 2.2	-0.310	0.762	16.1± 3.0	14.1± 3.0	1.219	0.246
L ₂	16.6± 3.5	15.9± 3.2	0.463	0.649	19.1± 3.5	14.3± 2.7	3.500	0.003	16.0± 3.6	14.6± 2.4	0.820	0.428	17.7± 3.1	13.3± 1.8	3.574	0.008
L ₃	18.4± 2.8	15.1± 2.1	2.905	0.009	18.8± 1.9	14.1± 1.3	6.521	<0.001	17.5± 3.3	15.2± 2.1	1.540	0.150	19.0± 3.2	13.4± 1.4	4.172	0.001
L ₄	19.6± 3.3	14.4± 2.9	3.700	0.002	20.2± 3.5	13.2± 2.4	5.211	<0.001	19.3± 2.8	13.6± 1.1	5.046	<0.001	19.2± 2.6	13.3± 1.8	4.895	<0.001
L ₅	20.2± 2.5	14.1± 2.5	5.452	<0.001	20.6± 3.4	12.3± 2.8	5.930	<0.001	20.2± 1.9	12.9± 2.2	6.701	<0.001	20.5± 2.2	12.3± 1.5	8.284	<0.001
S ₁	17.6± 1.8	13.4± 1.8	5.091	<0.001	-	-	-	-	17.0± 2.9	13.8± 2.1	2.424	0.032	-	-	-	-

表 4 冠状面最大凹陷处距离终板左右边缘弦长对比 ($\bar{x}\pm s$, mm)

Tab.4 Comparisons between the lengths from the maximum concave to the left or right side of the coronal plane of endplates ($\bar{x}\pm s$, mm)

椎体 序数	男								女							
	上终板				下终板				上终板				下终板			
	LCRu	LCLu	t 值	P 值	LCRI	LCLI	t 值	P 值	LCRu	LCLu	t 值	P 值	LCRI	LCLI	t 值	P 值
L ₁	19.8± 1.6	19.5± 1.1	0.425	0.676	21.8± 1.9	21.5± 1.7	0.416	0.682	19.0± 1.0	18.4± 1.3	0.972	0.350	20.8± 1.7	19.8± 1.6	1.079	0.302
L ₂	20.7± 2.7	20.5± 1.7	0.220	0.828	22.8± 1.7	22.6± 1.3	0.278	0.784	20.9± 1.8	19.2± 1.7	1.715	0.112	21.8± 1.7	21.5± 1.8	0.305	0.765
L ₃	23.0± 1.4	22.3± 1.2	1.072	0.298	24.3± 1.7	23.9± 1.4	0.572	0.574	21.9± 2.0	21.2± 1.8	0.656	0.524	23.0± 1.8	23.3± 2.2	-0.286	0.779
L ₄	23.7± 1.7	23.6± 1.7	0.155	0.879	24.7± 1.6	24.8± 1.1	-0.178	0.860	23.6± 2.3	23.1± 2.7	0.353	0.731	24.1± 1.4	24.2± 1.9	-0.122	0.905
L ₅	23.9± 1.6	23.5± 2.1	0.466	0.647	24.4± 1.8	23.6± 2.4	0.805	0.431	24.8± 2.4	24.4± 2.3	0.291	0.776	22.9± 2.4	23.1± 3.3	-0.155	0.879
S ₁	23.5± 2.6	23.8± 2.2	-0.291	0.774	-	-	-	-	23.2± 3.4	23.6± 4.0	-0.168	0.869	-	-	-	-

威胁着人类健康,治疗不当易引起瘫痪、畸形等严重并发症^[12-13]。随着骨科内固定材料与技术的不断发展,多种假体被广泛用于临床,在治疗腰椎间盘突出、骨折等疾病方面取得了较好的临床疗效^[14-16]。人工椎体如钛笼^[17]、Synex 人工椎体^[3]、新型可扩张人工椎体^[6]等在替代切除的病灶椎体、重建椎体高度与稳定性等方面取得了较好的临床疗效。然而术后影像学检查及长期随访发现大部分假体存在端面与椎体终板贴合不良,假体移位及下沉率高等并发症,一定程度上困扰着诸多骨科医生。为解决上述难题,诸多学者利用 3D 打印技术对腰椎假体进行优化设计研制出了 3D 打印钛笼^[18]、3D 打印人工椎体^[19]等新型假体,以期使其与终板接触面积更大、贴合更好。然而众所周知,全面掌握腰椎终板解剖特点是进行上述假体优化设计的理论基础。虽然目前有较多文献对腰椎终板的矢状径与冠状径进行了报道,却鲜有文献对终板凹陷特点进行细致全面的研究。本试验通过 CT 薄层扫描与计算机辅助软件 Mimics 16.0 对健康成人腰椎终板的进行解剖测量与统计分析,以期对假体的优化设计与临床应用提供有益参考。

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^[20-21]。Mimics 16.0 是由 Materialise 公司开发的一款可以进行 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。An 等^[22]曾经对比过 Mimics 16.0 与传统尸体标本测量的准确性,发现两者并无差异。因此,通过此方法进行腰椎终板解剖参数采集准确性相对可靠。而且相比传统尸体标本测量,该方法不但操作简单以及实现活体解剖参数采集,而且可以对椎体多个剖面进行测量,这对于术前进行病灶解剖参数采集、实现假体的个体化定制等具有重要的临床应用价值。

3.1 角度指标

回顾国内外相关文献,仅发现 Chen 等^[23]对 83 个尸体标本的 T₁₀-L₃ 的上下终板凹陷角进行了研究报道。其统计显示 L₁-L₃ 上终板矢状面与冠状面凹陷角分别在 163.3°~163.7°与 173.8°~175.7°波动, L₁-L₂ 下终板矢状面与冠状面凹陷角分别在 162.5°~162.9°与 171.3°~173.4°波动,此数值与本研究结果十分类似。但 Chen 等^[23]研究未对凹陷角进行性别分析以及未对比矢状面与冠状面凹陷角的统计学差异,因此对假体端面设计的指导意义有限,本研究在一定程度上弥补了上述不足。本研究结果显示对于绝大多数腰椎椎体,其上下终板的矢状面凹陷角与冠状面凹陷角均无性别差异($P>0.05$),因此在设计

假体端面凸起弧度时可以忽略性别因素;但是对于同一椎体而言,无论男女,其上终板矢状面凹陷角与冠状面凹陷角差异有统计学意义($P<0.05$),因此笔者在设计假体下端面是需要充分考虑上述解剖差异,适当调整其矢状面与冠状面的凸起弧度以更好地与腰椎上椎板相贴合。由于下终板矢状面凹陷角与冠状面凹陷角在绝大多数椎体上差异均无统计学意义($P>0.05$),因此在假体上端面设计时应避免与下端面设计方案雷同,可以采取相同的凸起弧度。

3.2 线性指标

目前已有不少学者对人体腰椎终板矢状径与冠状径进行了研究报道^[24-25]。虽然由于标本来源及数量的不同,其统计数值存在一定差异,但均随着椎体序数的变化呈现出相似的变化规律。此外,所有研究表明男性上下终板矢状径与冠状径均大于女性,与本结果相同,可能原因主要是女性身材较男性相对矮小,其椎体形态亦相对较小。因此为了提高手术效果,腰椎假体端面的矢状径与冠状径需设置不同的型号,术前根据终板 CT 测量数值选择适宜的型号。此外,统计结果亦显示同一椎体终板冠状径大于其矢状径,因此为增大假体端面与终板的接触面积,需要将假体端面设计成类椭圆形而避免圆形设计。

关于终板凹陷深度,目前尚鲜有报道。本研究统计结果显示无论男女,其下终板测量值较上终板稍大,而且男性差异有统计学意义,此与笔者之前的一项对 60 位健康成人的腰椎测量结果相似^[11]。因此,为了改善腰椎内植物端面与邻近椎体终板的契合程度,在假体的优化设计时需要将上述解剖特点考虑进去,使其上下端面不但呈现一定高度的弧形凸起,而且具有一定的数值差异。统计显示靠近尾侧的腰椎序列其终板最大凹陷处在正中矢状面上位于中点偏背侧,该解剖变异可能与该椎体序列处终板后方受力较大有关,导致该处椎间盘突出的高发病率。考虑到终板的上述解剖特点,对于应用于下腰椎的假体,其端面弧形凸起在矢状面上应当偏背侧以最大程度与邻近终板凹陷处进行贴附。

总之,本研究通过计算机辅助软件 Mimics 16.0 对健康成人腰椎终板进行了全面细致的解剖学研究,在一定程度上不但弥补了关于腰椎终板凹陷特点鲜有报道的空白,也为腰椎假体的优化设计提供了有益参考。但本研究亦存在着样本量不足等缺陷,尚需要大样本数据进行进一步支持。

参考文献

- [1] Wang W, Liu S, He G, et al. Application of laparoscopic lumbar discectomy and artificial disc replacement; at least two years of follow-up[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2016, 41(Suppl 19): B38-B43.
- [2] Lee WT, Liu G, Thambiah J, et al. Clinical outcomes of single-level

- lumbar artificial disc replacement compared with transforaminal lumbar interbody fusion in an Asian population[J]. Singapore Med J, 2015, 56(4): 208-211.
- [3] Coe JD, Zucherman JF, Kucharzyk DW, et al. Multiexpandable cage for minimally invasive posterior lumbar interbody fusion[J]. Med Devices (Auckl), 2016, 9: 341-347.
- [4] Fengbin Y, Jinhao M, Xinyuan L, et al. Evaluation of a new type of titanium mesh cage versus the traditional titanium mesh cage for single-level, anterior cervical corpectomy and fusion[J]. Eur Spine J, 2013, 22(12): 2891-2896.
- [5] Knop C, Lange U, Bastian L, et al. Three-dimensional motion analysis with Synex. Comparative biomechanical test series with a new vertebral body replacement for the thoracolumbar spine[J]. Eur Spine J, 2000, 9(6): 472-485.
- [6] Ulmar B, Erhart S, Unger S, et al. Biomechanical analysis of a new expandable vertebral body replacement combined with a new polyaxial antero-lateral plate and/or pedicle screws and rods[J]. Eur Spine J, 2012, 21(3): 546-553.
- [7] Wang SJ, Liu XM, Zhao WD, 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.
- [8] Lee GJ, Lee JK, 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): 142-147.
- [9] Jin RC, Huang YC, Luk KD, et al. A computational measurement of cartilaginous endplate structure using ultrashort time-to-echo MRI scanning[J]. Comput Methods Programs Biomed, 2017, 143: 49-58.
- [10] Tang R, Gungor C, Sesek RF, 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.
- [11] 刘俭涛, 李浩鹏, 牛斌斌, 等. 仿生人工腰椎及椎间盘复合体的设计及活动度分析[J]. 生物骨科材料与临床研究, 2017, 2(14): 5-10.
- LIU JT, LI HP, NIU BB, et al. Design and activity analysis of bionic artificial lumbar vertebra and disc complex[J]. Sheng Wu Gu Ke Cai Liao Yu Lin Chuang Yan Jiu, 2017, 2(14): 5-10. Chinese.
- [12] Chen B, Xiao SX, Tong X, et al. Comparison of the therapeutic efficacy of surgery with or without adjuvant radiotherapy versus radiotherapy alone for metastatic spinal cord compression: a meta-analysis[J]. World Neurosurg, 2015, 83(6): 1066-1073.
- [13] Wang H, Li C, Xiang Q, et al. Epidemiology of spinal fractures among the elderly in Chongqing, China[J]. Injury, 2012, 43(12): 2109-2116.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] Abdeen K. Efficacy of titanium mesh cages for anterior column reconstruction after thoracolumbar corpectomy[J]. Asian Spine J, 2016, 10(1): 85-92.
- [18] Lu T, Liu C, Yang B, et al. Single-level anterior cervical corpectomy and fusion using a new 3D-printed anatomy-adaptive titanium mesh cage for treatment of cervical spondylotic myelopathy and ossification of the posterior longitudinal ligament: a retrospective case series study[J]. Med Sci Monit, 2017, 23: 3105-3114.
- [19] Yang J, Cai H, Lv J, et al. In vivo study of a self-stabilizing artificial vertebral body fabricated by electron beam melting[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2014, 39(8): E486-E492.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] 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.
- [23] Chen H, Jiang D, Ou Y, et al. Geometry of thoracolumbar vertebral endplates of the human spine[J]. Eur Spine J, 2011, 20(11): 1814-1820.
- [24] van der Houwen EB, Baron P, Veldhuizen AG, et al. Geometry of the intervertebral volume and vertebral endplates of the human spine[J]. Ann Biomed Eng, 2010, 38(1): 33-40.
- [25] 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): 6-7.
- HOU PG, LI M, LI XM, et al. Adult female body of lumbar vertebra morphological observation and clinical significance[J]. Chang Zhi Yi Xue Yuan Xue Bao, 2013, 27(1): 6-7. Chinese.

(收稿日期: 2017-12-21 本文编辑: 连智华)