

临床论著

国人颈椎终板矢状面形态学研究

万志萍¹, 廖振华³, 祝佳³, 顾洪生², 刘伟强^{1,3}

(1 清华大学深圳研究生院生物医学工程系 518055 深圳市; 2 深圳市第二人民医院 518049 深圳市)

【摘要】目的:测量国人颈椎间盘终板矢状面形态,并分析其与年龄、性别、节段之间差异的变化情况,为基于国人颈椎解剖结构设计的椎间融合器、人工椎间盘和人工髓核假体提供理论参考。**方法:**从深圳市第二人民医院门诊随机筛选颈椎 MRI 数据 404 例,其中男性 191 例,女性 213 例,年龄 15~72 岁,平均 38.4±8.8 岁,通过 MRI 测量颈椎间盘终板凹陷深度(endplate concavity depth,ECD)和位置(endplate concavity apex,ECA),分析终板矢状面形状。将样本按照年龄分为 5 组:15~27 岁(40 例)、28~37 岁(143 例)、38~47 岁(164 例)、48~57 岁(48 例)、58~72 岁(9 例);按照性别分为男性、女性组;按照不同节段分为:C3/4、C4/5、C5/6、C6/7 组,研究矢状面形状、ECD、ECA 在年龄、性别、节段之间的统计学变化。**结果:**各年龄段之间颈椎间盘终板矢状面形状差异无统计学意义($P>0.05$);404 例国人 ECD 为 1.70±0.42mm,各年龄段之间 ECD 差异无统计学意义($P>0.05$);E-C A 差异无统计学意义($P>0.05$)。男性组和女性组颈椎间盘终板矢状面形状差异无统计学意义($P>0.05$);男性和女性 ECD 差异有统计学意义($P<0.05$),分别为 1.79±0.44mm、1.62±0.38mm;ECA 差异无统计学意义($P>0.05$)。上、下终板之间颈椎间盘终板矢状面形状差异有统计学意义,下终板呈平坦型,而上终板大多呈凹陷型;各节段之间 ECD 差异有统计学意义($P<0.05$),ECA 差异无统计学意义($P>0.05$)。**结论:**国人颈椎间盘终板矢状面形状、ECD 和 ECA 在各年龄段之间均无差异。颈椎间盘终板矢状面形状、ECA 在性别之间无差异,但 ECD 有差异,男性比女性大。ECD 在各节段之间有差异,但 ECA 无差异。

【关键词】磁共振成像;颈椎间盘终板;最凹点深度;最凹点位置;矢状面形状

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2018.11.09

中图分类号:R602 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2018)-11-1020-06

Sagittal morphological study of Chinese cervical vertebral endplate/WAN Zhiping, LIAO Zhenhua, ZHU Jia, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2017, 27(11): 1020-1025

【Abstract】Objectives: To measure the endplate concavity depth(ECD), endplate concavity apex(ECA) and the sagittal shapes of the endplate, then analyze the changes of the three parameters with age, gender and segment. In addition, to design the interbody fusion cage, artificial cervical discs and artificial nucleus pulposus prosthesis for Chinese patients. **Methods:** 404 cases of Chinese cervical MRI images were selected from the Shenzhen Second People's Hospital, including 191 males and 213 females, age range 15-72 years old, average 38.4±8.8. The ECD and ECA were measured using MRI, and the sagittal shapes of the endplate were analyzed. The subjects were divided into 5 groups according to age, including 15-27 year-old group, 28-37 year-old group, 38-47 year-old group, 48-57 year-old group and 58-72 year-old group; According to gender, the subjects were divided into 2 groups (male group and female group). According to segment, subjects was divided into 4 groups, including C3/4, C4/5, C5/6, C6/7. The changes of ECD, ECA and the sagittal shapes of the endplate were analyzed with age, gender and segment. **Results:** The sagittal shapes of the endplate were no statistically significantly different among 5 age groups ($P>0.05$); the average ECD was 1.70±0.42mm, were no statistically significant difference among 5 groups($P>0.05$); no statistically significant difference of ECA were found among 5 groups ($P>0.05$); between male and female, neither the sagittal shapes of the endplate nor the ECA were statistically significant different($P>0.05$), but the ECD were statistically signifi-

基金项目:深圳市重大基础项目(JCYJ20151030160526024);深圳市技术服务平台(SMJKPT20140417010001)

第一作者简介:女(1993-),硕士,研究方向:人工髓核假体

电话:(0755)26558233 E-mail:wanzp15@mails.tsinghua.edu.cn

通讯作者:刘伟强 E-mail:weiqiu@hotmail.com

cant different between male and female ($P < 0.05$), male: $1.79 \pm 0.44\text{mm}$, female: $1.62 \pm 0.38\text{mm}$. The sagittal shapes of the endplate were statistically significant between the superior and inferior endplate, most of the superior endplate is concave, while most of the inferior endplate is flat. The ECD was statistically significant different among segment ($P < 0.05$); but the difference of ECA was no statistically significant ($P > 0.05$). **Conclusions:** A age related difference could not be found among the sagittal shapes of the endplate, the ECD and the ECA. A sex related difference could not be found among the sagittal shapes of the endplate and the ECA, but could be found among the ECD, male is always larger than female. A segment related difference could not be found among the ECA, but could be found among the ECD.

[Key words] Magnetic resonance imaging; Endplates of cervical disc; Endplate concavity depth; Endplate concavity apex; The sagittal shapes of the endplate

[Author's address] Graduate School at Shenzhen, Tsinghua University, Shenzhen, 518055, China

颈椎病是一种常见病,发病率逐年上升,且发病群体呈年轻化态势发展。保守治疗无效的颈椎病患者需要通过手术治疗,颈椎融合术、人工椎间盘假体置换术和人工髓核假体置换术的手术效果受植入假体尺寸、形状等因素影响较大。目前临床应用广泛的椎间融合器、人工椎间盘和人工髓核假体都是基于欧美人脊柱解剖学特征设计的,东亚人与欧美人的颈椎几何形状存在较大差异^[1],颈椎椎管面积,椎弓根宽度、长度、颈椎间盘上终板宽度均较小^[2-3]。假体与终板匹配不佳会导致终板上载荷分布不均匀,从而引发一系列并发症:如假体移位或下沉、颈椎运动功能损失、相邻节段退化加重等^[4-5]。因此,基于国人颈椎解剖结构设计的假体具有重要的现实意义。本研究对国人颈椎间盘终板解剖结构参数进行测量和分析,探究不同年龄、性别和节段颈椎间盘终板矢状面形态特征,丰富中国人颈椎解剖学参数数据库,为设计适合国人颈椎特征的椎间融合器、人工椎间盘假体和人工髓核假体提供依据。

1 资料与方法

1.1 资料选取

选用深圳市第二人民医院提供的颈椎 MRI 影像学资料,利用荷兰飞利浦公司 Philips Intera 1.5T 超导磁共振仪进行 MRI 检查,采用快速自旋回波(TSE)序列,T1WI(TR:400/TE:10ms)、T2WI(TR:3500/TE:120ms)扫描,层厚 4mm,层间隔 0mm。

纳入标准:(1)颈椎生理曲度正常;(2)MRI 图像清晰;(3)颈椎间盘终板形状规则。

排除标准:(1)有明显颈椎退行性疾病;(2)颈椎发育畸形;(3)颈椎间盘终板形状不规则;(4)

MRI 图像模糊。

本研究获得医院伦理委员会批准。500 名受试者均自愿参与研究,并签署知情同意书。由工作 30 年以上的放射科主任医师筛选,最终 404 例受试者纳入研究,其中男性 191 例,女性 213 例,年龄 15~72 岁,平均 38.4 ± 8.8 岁。

1.2 分组方法

根据测量样本分布特点,将不同年龄分为 5 组:15~27 岁、28~37 岁、38~47 岁、48~57 岁、58~72 岁。不同性别分为男性、女性组。不同节段分为 4 组:C3/4、C4/5、C5/6、C6/7。

1.3 测量方法

本研究在颈椎 MRI 图像上测量了颈椎间盘终板凹陷深度、位置,并分析了终板矢状面形状,具体测量方法如图 1 所示。

1.3.1 颈椎间盘终板最凹点深度及位置 颈椎间盘终板凹陷区域最凹点深度:最大 CD 或 OP 即为终板凹陷区域最凹点深度。终板最凹点位置:CD 或 OP 值最大时 C 点或 O 点所在的位置即为终板最凹点位置。用 AD/AB 或 MP/MN 百分比值描述最凹点位置,<50%表示终板最凹点位置在终板前缘,反之位于终板后缘。

1.3.2 颈椎间盘终板矢状面形状 根据颈椎间盘终板最凹点深度 CD 值或 OP 值将颈椎间盘终板矢状面形状分为平坦型(flat)和凹陷型(concave)两类。CD<1mm 或 OP<1mm 的终板为平坦型;CD \geq 1mm 或 OP \geq 1mm 的终板为凹陷型(图 2)。

1.4 统计分析

利用 SPSS 19.0 统计学软件(SPSS,美国)对测量数据进行统计学分析。计量资料以均数 \pm 标准差表示。男性和女性颈椎间盘终板最凹点深度的比较采用 t 检验,不同节段颈椎间盘终板矢状

面形状的性别和年龄分布采用卡方检验。对男性和女性颈椎间盘上终板最凹点位置百分比进行成组设计资料 t 检验分析, 不同年龄和节段组的凹陷型终板最凹点位置百分比的比较采用单因素方差分析。检验水准 α 值取双侧 0.05。

2 结果

2.1 不同年龄段终板矢状面形态差异

从 C3/4 上终板至 C6/7 下终板, 不同年龄组间颈椎间盘终板矢状面形状差异无统计学意义 ($P>0.05$, 表 1)。不同年龄组间凹陷型终板最凹点深度差异无统计学意义 ($P>0.05$, 表 2)。不同年龄组间凹陷型终板最凹点位置百分比差异无统计学意义 ($P>0.05$, 表 3)。

2.2 不同性别终板矢状面形态差异

从 C3/4 上终板至 C6/7 下终板, 男性和女性

的颈椎间盘终板矢状面形状差异无统计学意义 ($P>0.05$, 表 4)。

除 C6/7 上终板外, 其余上终板男性和女性最凹点深度差异均有统计学意义 ($P<0.05$, 表 5), 且女性颈椎上终板最凹点深度比男性小, 约为男性的 86%~89%。

男性和女性 C5/6 节段凹陷型终板最凹点位置百分比差异有统计学意义 ($P<0.05$, 表 6), 其余各节段男性和女性凹陷型终板最凹点位置百分比差异无统计学意义 ($P>0.05$, 表 6)。

2.3 不同节段终板矢状面形态差异

本研究中颈椎间盘上、下终板各 1616 个, 其中上终板中 95.42% 为凹陷型, 下终板中 97.46% 为平坦型, 各节段上终板和下终板矢状面形状差异有统计学意义 ($P<0.05$, 表 7)。

颈椎间盘上终板最凹点深度随节段变化情况

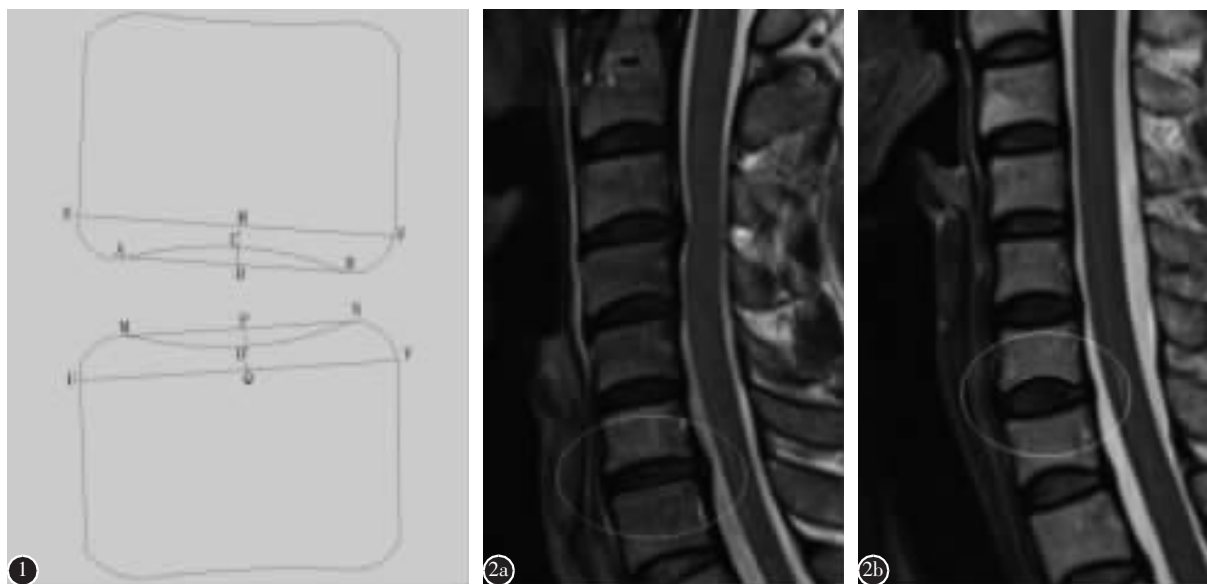


图 1 颈椎间盘终板尺寸测量示意图。在椎体正中矢状面上, 定义上椎体下边缘前沿最低点为 A, 最凹点为 C, 后沿最低点 B, 椎体前端点为 E, 后端点为 F; 下椎体上边缘前沿最高点为 M, 最凹点为 O, 后沿最高点 N, 椎体前端点为 U, 后端点为 V。连接 AB、EF, 过点 C 作 AB 的垂线, 交 AB 于 D 点, EF 为 H 点; 连接 MN、UV, 过点 O 作 MN 的垂线, 交 MN 于 P 点, UV 于 Q 点 图 2 终板形态 a 平坦型 b 凹陷型

Figure 1 The measurement diagram of the cervical endplate. At the median sagittal plane, A is the lowest point of the front edge of the upper adjacent segment, C is the most concave point, B is the lowest point of the posterior edge of the upper adjacent segment, E is the front end of the upper adjacent segment, and F is the posterior end of the upper adjacent segment; the highest point of the front edge of the lower adjacent segment is M, the most concave point is O, the highest point of the posterior edge of the lower adjacent segment is N, the front end of the lower adjacent segment is U, and the posterior end of the lower adjacent segment is V. A line is drawn perpendicular to AB that connect AB and EF, acrossing C and intersects with AB at D, EF at H; another line is drawn perpendicular to MN that intersects with MN and UV acrossing O and intersects with MN at P, UV at Q **Figure 2** The shape of the endplate on the sagittal plane a Flat b Concave

见表 8, 不同节段组间凹陷型终板最凹点深度差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。在各节段颈椎间盘终板中, 男性和女性的颈椎各节段从 C3/4 至 C6/7 终板最凹点深度均呈现先减小后增大的现象, 并且在 C5/6 终板最凹点深度达到最小值, 在 C3/4、C4/5、C5/6 节段呈线性减小, 其线性相关曲线斜率约为 0.8。

表 1 不同年龄组终板矢状面形状

Table 1 The endplate shape at different age from C3/4 to C6/7 in mid-sagittal plane

		15~27 岁 15-27y	28~37 岁 28-37y	38~47 岁 38-47y	48~57 岁 48-57y	58~72 岁 58-72y
C3/4 上终板 C3/4 superior endplate	平坦型 Flat	3	5	1	1	0
	凹陷型 Concave	37	138	163	47	9
C3/4 下终板 C3/4 inferior endplate	平坦型 Flat	40	138	163	47	9
	凹陷型 Concave	0	5	1	1	0
C4/5 上终板 C4/5 superior endplate	平坦型 Flat	3	9	7	1	0
	凹陷型 Concave	37	134	157	47	9
C4/5 下终板 C4/5 inferior endplate	平坦型 Flat	40	143	164	48	8
	凹陷型 Concave	0	0	0	0	1
C5/6 上终板 C5/6 superior endplate	平坦型 Flat	4	9	11	1	2
	凹陷型 Concave	36	134	153	47	7
C5/6 下终板 C5/6 inferior endplate	平坦型 Flat	39	143	164	46	9
	凹陷型 Concave	1	0	0	2	0
C6/7 上终板 C6/7 superior endplate	平坦型 Flat	2	9	5	1	0
	凹陷型 Concave	38	134	159	47	9
C6/7 下终板 C6/7 inferior endplate	平坦型 Flat	38	136	150	42	8
	凹陷型 Concave	2	7	14	6	1

男性各颈椎节段凹陷型终板最凹点位置差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 对男性各节段凹陷型终板最凹点位置进行两两对比分析可知, C3/4 节段最凹点位置差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 其余节段最凹点位置差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 且各节段凹陷型终板最凹点位置百分比为 48.34%~49.51% (表 3)。

3 讨论

目前关于国人颈椎间盘终板解剖学的文献非常少, 刘伟强等^[6]利用 1600 例中国人颈椎 MRI 图像, 测量了颈椎间盘的前高、中高、后高、椎间角、矢径、横径, 统计分析了中国人颈椎间盘部分尺寸参数特点; Zhu 等^[7]测量了国人 C3~C7 颈椎的 11 个参数: 上下终板深度、上下终板宽度、前突长度、前后钩突长度、左右钩突长度和左右钩突角, 旨在对中国人颈椎间盘终板和钩突的形态特征进行分析, 建立了国人颈椎解剖学参数数据库, 本研究测量了颈椎间盘终板凹陷深度及位置, 并统计分析了颈椎间盘终板矢状面形状, 丰富了国人颈椎解剖学参数数据库, 为设计适合国人颈椎特征的椎间融合器、人工椎间盘假体和人工髓核假体提供了理论依据。

目前测量颈椎解剖学参数的方法主要有: 尸体标本测量^[8,9]、X 线片测量^[10,11]、CT 测量^[12]、MRI 测量^[13,14]。尸体标本难以获得足够大的样本量, 并且组织已经发生了变性, 标本中组织液流失, 所以颈椎标本测量法不可取。与 X 线片测量和 CT 测量相比, MRI 测量的优势在于对软组织的分辨能力较强, 因此本研究采用的测量方法是 MRI 测量。利用 404 例国人颈椎 MRI 数据, 测量颈椎间盘终板凹陷区域最凹点深度及位置, 并统计分析了颈椎间盘终板矢状面形状, 探究颈椎间盘终板

表 2 不同年龄段颈椎间盘终板凹陷深度

Table 2 The depth of the endplate concavity among different age groups ($\bar{x} \pm s$, mm)

	男性 Male					女性 Female				
	15~27 岁 15-27y	28~37 岁 28-37y	38~47 岁 38-47y	48~57 岁 48-57y	58~72 岁 58-72y	15~27 岁 15-27y	28~37 岁 28-37y	38~47 岁 38-47y	48~57 岁 48-57y	58~72 岁 58-72y
C3/4	1.70±0.10	1.87±0.05	2.00±0.05	1.99±0.10	2.09±0.17	1.69±0.14	1.64±0.04	1.67±0.04	1.78±0.08	1.57±0.10
C4/5	1.61±0.07	1.76±0.06	1.89±0.05	1.80±0.10	1.99±0.17	1.61±0.10	1.57±0.05	1.61±0.04	1.59±0.06	1.67±0.09
C5/6	1.49±0.08	1.68±0.05	1.76±0.05	1.84±0.09	1.74±0.03	1.49±0.09	1.43±0.04	1.50±0.04	1.66±0.07	1.36±0.14
C6/7	1.53±0.08	1.78±0.06	1.78±0.05	1.57±0.09	1.55±0.23	1.61±0.08	1.70±0.05	1.80±0.04	1.83±0.06	1.68±0.15

解剖结构参数与年龄、性别和节段之间的关系。颈椎间盘终板矢状面形态学测量需在颈椎正中矢状面上进行,为确保测量的有效性,404 例颈椎 MRI 数据均由工作 30 年以上的放射科主任医师筛选,在计算机上将以 Dicom 格式 MRI 扫描数据导入 efilm 3.4 中,选取正中矢状面,尽可能保障测量的准确性。

Chen 等^[15]利用 97 例 CT 数据测量分析了颈椎间盘终板凹陷深度,发现颈椎间盘终板凹陷深

表 3 不同年龄组凹陷型终板最凹点位置

Table 3 Percentage of the endplate concavity apex in different age groups ($\bar{x}\pm s, \%$)

节段 Segment	15~27 岁 15-27y	28~37 岁 28-37y	38~47 岁 38-47y	48~57 岁 48-57y	58~72 岁 58-72y
C3/4	49.36±2.59	49.32±2.72	49.35±2.02	49.47±2.52	48.42±6.08
C4/5	48.51±4.54	48.68±3.67	49.02±3.23	48.29±2.44	47.44±3.31
C5/6	48.7±2.90	48.84±2.84	48.73±3.09	48.98±2.01	46.4±1.70
C6/7	48.94±3.76	48.72±2.86	48.92±2.80	49.13±3.70	47.68±2.06

表 4 不同性别终板矢状面形状

Table 4 The statistics of endplate shape at different gender from C34 to C67 in mid-sagittal plane

	形状 Shape	男性 Male	女性 Female
C3/4 上终板 C3/4 superior endplate	平坦型 Flat	4	6
	凹陷型 Concave	187	207
C3/4 下终板 C3/4 inferior endplate	平坦型 Flat	185	212
	凹陷型 Concave	6	1
C4/5 上终板 C4/5 superior endplate	平坦型 Flat	8	12
	凹陷型 Concave	183	201
C4/5 下终板 C4/5 inferior endplate	平坦型 Flat	191	212
	凹陷型 Concave	0	1
C5/6 上终板 C5/6 superior endplate	平坦型 Flat	11	16
	凹陷型 Concave	180	197
C5/6 下终板 C5/6 inferior endplate	平坦型 Flat	190	211
	凹陷型 Concave	1	2
C6/7 上终板 C6/7 superior endplate	平坦型 Flat	11	6
	凹陷型 Concave	180	207
C6/7 下终板 C6/7 inferior endplate	平坦型 Flat	172	202
	凹陷型 Concave	19	11

表 5 不同性别终板凹陷深度 ($\bar{x}\pm s, \text{mm}$)

Table 5 Comparison of depth of the endplate concavity between males and females

	男性 Male	女性 Female
C3/4	1.92±0.44	1.67±0.38 ^①
C4/5	1.8±0.44	1.59±0.38 ^①
C5/6	1.71±0.41	1.49±0.36 ^①
C6/7	1.72±0.45	1.75±0.37

注:①与男性组比较 $P<0.05$

Note: ①Compared with males groups, $P<0.05$

表 6 不同性别凹陷型终板最凹点位置 ($\bar{x}\pm s, \%$)

Table 6 Percentage of the endplate concavity apex in different gender groups

	男性 Male	女性 Female
C3/4	49.51±2.26	49.17±2.74
C4/5	48.58±3.63	48.86±2.84
C5/6	48.34±3.55	49.14±1.95 ^①
C6/7	48.64±2.75	49.04±3.25

注:①与男性组比较 $P<0.05$

Note: ①Compared with males groups, $P<0.05$

表 7 不同节段终板矢状面形状

Table 7 The statistics of endplate shape at different segment

	平坦型 Flat	凹陷型 Concave	
C3/4	上终板 Superior endplate	10	394
	下终板 Inferior endplate	397	7
C4/5	上终板 Superior endplate	20	384
	下终板 Inferior endplate	403	1
C5/6	上终板 Superior endplate	27	377
	下终板 Inferior endplate	401	3
C6/7	上终板 Superior endplate	17	387
	下终板 Inferior endplate	374	30

表 8 终板凹陷深度随节段变化

Table 8 The superior endplate concavity depth change with segment

	C3/4	C4/5	C5/6	C6/7
男性 Male	1.92±0.44	1.80±0.44	1.71±0.41	1.72±0.45
女性 Female	1.66±0.38	1.58±0.39	1.48±0.35	1.74±0.37

度不会随着年龄增长而变化。与本研所得分析结果一致。Lou 等^[16]利用 85 名正常中国人 CT 扫描数据, 统计分析了颈椎间盘上终板矢状面几何形状, 发现不同性别和节段颈椎间盘上终板凹陷位置的差异均无统计学意义, 并且大多数颈椎间盘上终板最凹点位置百分比为 50% 左右, 与本研所得分析结果一致: 不同性别和节段颈椎间盘上终板凹陷位置的差异均无统计学意义, 各颈椎节段凹陷型终板最凹点位置大多数在终板正中位置附近。然而, 这一结果与 Chen 等^[15]研究的结果不同: 颈椎终板最凹点位置百分比为 52%~67%, 位于终板中后缘。

本研究对颈椎间盘终板矢状面形状测量的结果与既往研究证实的结果相同^[15]: 大多数颈椎间盘上终板呈平坦型, 而上终板大多呈凹陷型。因此假体上表面应设计为弧形或其他与颈椎间盘上终板匹配的形状, 下表面设计为平面, 以便与颈椎间盘上下终板贴合, 避免终板发生应力集中现象。

4 研究的局限性

本研究目前仍存在一定的局限性: (1) 只研究了健康中国人颈椎解剖学参数特征, 缺乏与椎间盘退行性疾病患者的对照。此外, 目前尚无法确定椎间盘退变和颈椎间盘终板几何形状之间的确切关系, 因此需要进一步研究不同颈椎退行性疾病患者颈椎间盘终板矢状面形态的变化规律, 为颈椎植入假体的设计提供依据; (2) 没有对测量样本进行骨密度测量, 无法分析颈椎间盘终板凹陷深度和位置是否与骨密度大小有关; (3) 测量所用的 404 例 MRI 数据大部分取自广东地区, 且样本量过少, 北方和南方人的颈椎间盘解剖学参数可能有差异, 今后需要在全国范围内选取足够的样本量进行颈椎间盘终板几何形态学分析。

5 参考文献

- Zhang F, Tan LJ, Lei SF, et al. The differences of femoral neck geometric parameters: effects of age, gender and race[J]. *Osteoporos Int*, 2010, 21(7): 1205-1214.
- Tan SH, Teo EC, Chua HC. Quantitative three-dimensional anatomy of cervical, thoracic and lumbar vertebrae of Chinese Singaporeans[J]. *Eur Spine J*, 2004, 13(2): 137-146.
- Kim MK, Kwak DS, Park CK, et al. Quantitative anatomy of

the endplate of the middle and lower cervical vertebrae in Koreans[J]. *Spine*, 2007, 32(14): E376-E381.

- Lin CY, Kang H, Rouleau JP, et al. Stress analysis of the interface between cervical vertebrae end plates and the Bryan, Prestige LP, and ProDisc-C cervical disc prostheses: an in vivo image-based finite element study[J]. *Spine*, 2009, 34(15): 1554-1560.
- Dong L, Tan MS, Yan QH, et al. Footprint mismatch of cervical disc prostheses with Chinese cervical anatomic dimensions[J]. *Chin Med J*, 2015, 128(2): 197-202.
- 刘伟强, 蒲婷, 顾洪生, 等. 中国人颈椎间盘尺寸分析[J]. *清华大学学报*, 2014, 54(2): 172-177.
- Zhu YH, Cheng KL, Zhong Z, et al. Morphologic evaluation of Chinese cervical endplate and uncinat process by three-dimensional computed tomography reconstructions for helping design cervical disc prosthesis[J]. *J Chin Med Assoc*, 2016, 79(9): 500-506.
- 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.
- Bajwa NS, Toy JO, Young EY, et al. Establishment of parameters for congenital stenosis of the cervical spine: An anatomic descriptive analysis of 1066 cadaveric specimens [J]. *Eur spine J*, 2012, 21(12): 2467-2474.
- Cannada LK, Scherping SC. Cervical spine: a comparison of radio graphic diagnostic measures[J]. *Spine*, 2003, 28(1): 46-51.
- Kettler A, Rohlmann F, Neidlinger-Wilke C, et al. Validity and inter-observer agreement of a new radio graphic grading system for intervertebral disc degeneration: Part II. Cervical spine[J]. *Eur Spine J*, 2006, 15(6): 732-741.
- 孙文志, 鲁世保, 海涌, 等. 成人下腰椎终板矢状面形态的 CT 测量[J]. *中华骨科杂志*, 2015, 35(12): 1222-1227.
- Kolstad F, Myhr G, Kvistad KA, et al. Degeneration and height of cervical discs classified from MRI compared with precise height measurements from radiographs[J]. *Eur J Radiol*, 2005, 55(3): 415-420.
- 秦邵春. 颈椎间盘高度在 MRI 中的测量研究[D]. 大连: 大连医科大学, 2007.
- Chen H, Zhong J, Tan JX, et al. Sagittal geometry of the middle and lower cervical endplates[J]. *Eur Spine J*, 2013, 22(7): 1570-1575.
- Lou JG, Liu H, Rong X, et al. Geometry of inferior endplates of the cervical spine[J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2016, 142: 132-136.

(收稿日期: 2017-05-27 修回日期: 2017-07-12)

(英文编审 庄乾宇/贾丹彤)

(本文编辑 姜雅浩)