

无症状成人颈椎矢状位曲度分析及其与全脊柱矢状位参数的关系

赵文奎, 于 森, 韦 峰, 姜 亮, 吴奉梁, 党 礪, 刘晓光, 刘忠军

(北京大学第三医院骨科 100191 北京市海淀区学院路 38 号)

【摘要】目的:探讨正常亚洲黄种人群颈椎矢状位曲度及其与全脊柱矢状位参数的关系。**方法:**采用影像学分析对 132 名成人无症状志愿者进行研究, 所有志愿者行全脊柱正、侧位 X 线检查及中立位颈椎侧位片, 测量颈椎矢状位参数包括 C0-C2 角 (Occiput-C2 angle)、C2-C7 角 (C2-C7 angle)、C2-C7 矢状面轴向距离 (sagittal vertical axis, SVA)、头部重心 (center gravity of head, CGH)-C7 SVA (CGH-C7 SVA)、C2-CGH SVA, 和胸椎矢状位参数: T1 倾斜角 (T1 slope)、胸椎后凸角 (thoracic kyphosis, TK), 脊柱-骨盆的方向性参数: 腰椎前凸角 (lumbar lordosis, LL)、骨盆入射角 (pelvic incidence, PI)、骶骨倾斜角 (sacral slope, SS) 及全脊柱矢状位参数: 脊柱骶骨角 (spinal sacral angle, SSA)、C7-S1 的矢状面轴向距离 (C7-S1 SVA)。使用 Toyama 等颈椎矢状位序列分型方法将所有志愿者分为三组: 前凸组, 后凸组, 变直或鹅颈畸形组, 并比较三组人群各参数间差异。使用皮尔逊相关分析和单因素 ANOVA 分析相关数据。**结果:** C0-C2 角的平均值是 $15.13^{\circ} \pm 6.69^{\circ}$, C2-C7 角的平均值是 $12.03^{\circ} \pm 7.64^{\circ}$ 。C2-C7 SVA 平均值是 18.67 ± 7.96 mm, CGH-C7 SVA 的平均值是 22.95 ± 12.18 mm, CGH-C2 SVA 的平均值是 7.08 ± 5.38 mm, T1 slope 平均值是 $26.33^{\circ} \pm 7.01^{\circ}$ 。三组志愿者中, 前凸组共 43 名 (占 32.6%), 变直或鹅颈畸形组共 74 名 (占 56.1%), 后凸组 15 名 (占 11.3%)。C2-C7 角与 T1 slope ($r=0.422$) 相关, T1 slope 与 TK ($r=0.434$)、TK 与 LL ($r=0.574$)、LL 与 SS ($r=0.459$)、SS 与 PI ($r=0.727$) 相关。三种志愿者中 C2-C7 角, CGH-C7 SVA, T1 slope, TK 在三组间两两比较均有显著统计学差异。**结论:** 部分无症状成人亦存在颈椎的变直或鹅颈畸形甚至后凸改变。颈椎后凸表现可能更多的是一个局部问题而非整体脊柱骨盆参数异常。

【关键词】 颈椎矢状位曲度; 矢状面轴向距离; 颈椎类型

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2015.03.08

中图分类号: R681.5 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2015)-03-0231-08

Analysis of the cervical spine alignment and its correlation with spino-pelvic balance in asymptomatic young adults/ZHAO Wenkui, YU Miao, WEI Feng, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2015, 25(3): 231-238

【Abstract】Objectives: To describe the normal range of cervical sagittal parameters in Asian Yellow People, to analyze the factors determining cervical spine sagittal balance and compare the parameters among four types of cervical spine. **Methods:** A prospective radiographic study on 132 asymptomatic young volunteers without the history of symptoms related to whole spine was carried out. Cervical and whole-spine standing lateral radiographs were taken to analyze the following parameters: spino-pelvic parameters including pelvic incidence(PI), sacral slope(SS), lumbar lordosis(LL), and sagittal thoracic parameters including thoracic kyphosis(TK), T1 slope; and cervical spine parameters including C0-C2, C2-C7 angles and C2-C7 SVA, CGH-C7 SVA, CGH-C2 SVA, and global spine parameters. Statistical analysis was performed by using the spinal sacral angle (SSA), C7-S1 SVA. Three groups were assigned according to Toyama method: lordosis group, kyphosis group, straight or sigmoid group. Pearson correlation coefficients and one-way-ANOVA(Student-Newman-Keuls test) were used. **Results:** All the parameters showed a normal distribution. The mean C0-C2 angle was $15.13^{\circ} \pm 6.69^{\circ}$, and the mean C2-C7 angle was $12.03^{\circ} \pm 7.64^{\circ}$. The mean C2-C7 SVA was 18.67 ± 7.96 mm, and the mean CGH-C7 SVA was 22.95 ± 12.18 mm, and the mean CGH-C2 SVA was 7.08 ± 5.38 mm. The mean

第一作者简介: 男 (1988-), 医学博士, 研究方向: 脊柱外科

电话: 13810266719 E-mail: zhaowenkui2008@163.com

通讯作者: 刘晓光 E-mail: xgliu@bjmu.edu.cn

T1 slope was $26.33^{\circ} \pm 7.01^{\circ}$. In 3 groups, lordosis group had 43 (32.6%), straight or sigmoid group had 74 (56.1%), kyphosis group had 15 (11.3%). There was a significant sequential linkage between C0-C2 angle and C2-C7 angle ($r = -0.277$), C2-C7 angle and T1 slope ($r = 0.422$), T1 slope and TK ($r = 0.434$), TK and LL ($r = 0.574$), LL and SS ($r = 0.459$), SS and PI ($r = 0.727$). C2-C7 angle, CGH-C7 SVA, T1 slope, TK showed significant differences among the three groups of cervical alignment. **Conclusions:** Cervical lordosis is not the only presentation in asymptomatic subjects. The cervical alignment correlates with the gravity of head and thoracic kyphosis, and cervical kyphosis may be a local problem rather than the global spine and pelvis parameter anomaly.

[Key words] Cervical sagittal alignment; SVA; Cervical types

[Author's address] Department of Orthopedic, Peking University Third Hospital, Beijing, 100191, China

脊柱矢状位上的平衡可使人体以最小的能量消耗来保持直立姿势及水平视野^[1-4]。很多国内外的研究报道了骨盆投射角 (pelvic incidence, PI) 这一形态学参数,与胸腰椎的方向性参数(胸椎后凸角 (thoracic kyphosis, TK) 和腰椎前凸角 (lumbar lordosis, LL) 有着显著的相关性^[2-8]。然而,很少研究分析正常颈椎矢状位曲度与脊柱骨盆的关系。颈椎前凸角 (cervical lordosis, CL) 受胸椎后凸角 (thoracic kyphosis, TK) 的影响^[9-11],但是二者的关系尚未清楚, Lee 等报导了颈椎前凸角与胸椎后凸角呈负相关 ($r = -0.322$)^[12], Berthonnaud 等^[4]报导了二者正相关 ($r = 0.36$)。国内关于颈椎矢状位曲度的分析研究主要围绕颈椎曲度对手术预后影响这一问题展开,对颈椎后凸畸形的测量,及其与临床表现及手术预后的关系进行了研究^[13,14],因此,目前国内对颈椎矢状位序列参数的研究只能参照国外正常人群的结果,国人颈椎矢状位形态及曲度与西方人群是否相同,其与全脊柱的关系如何,国内尚无明确报道。基于上述目的,我们对 132 名正常中国成人颈椎矢状位参数进行前瞻性影像学研究,目标在于:(1)描述正常中国成年人群颈椎矢状位形态;(2)分析正常人群颈椎与全脊柱序列的关系。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究是前瞻性影像学研究,经北京大学第三附属医院伦理委员会批准,收集不同社区无症状人群社会关系学资料。进行不同年龄、性别、职业、出生地的登记,以及签署知情同意书。其职业性根据是否具有长期曲颈劳动,分为:(1)长期曲颈伏案工作者:学生,教师,会计,办公室电脑前操作者;(2)重体力劳动者:包括建筑,司机,搬运工

等(3)运动员或体育爱好者;(4)普通家庭劳动者。入组标准:(1)年龄 18~35 岁;(2)全脊柱正、侧 X 线片无脊柱滑脱表现,冠状位脊柱侧凸 Cobb 角 $< 10^{\circ}$,无矢状位后凸畸形。

排除标准:(1)慢性腰腿痛、强直性脊柱炎,既往有脊柱畸形、脊柱手术、骨盆、髋关节、下肢病史;(2)有脊柱肿瘤、感染病史;(3)影像学相关标志显示不清;(4)放射禁忌证,如怀孕、肿瘤患者等;(5)颈肩部疼痛不适的人群,尤其是出现手脚麻木,四肢无力人群;(6)颈椎正侧位 X 线片示颈椎退行性表现,如椎间隙变窄,骨赘增生等。

共 132 名志愿者纳入研究,男 70 名,女 62 名。记录各志愿者年龄、身高(cm)、体重(kg)和体重指数(kg/m^2)。

1.2 研究方法及测量指标

所有志愿者行脊柱矢状位全长片和颈椎中立位 X 线片,通过院内影像归档和通信系统(Picture archiving and communication systems, PACS)系统(GE 公司,美国)进行影像学参数测量。

1.2.1 颈椎矢状位形态及序列参数(图 1) (1) C0-C2 角 (Occiput-C2 angle):指 McGregor 线(经过硬腭的后上方和枕骨中线最尾端点的线)和 C2 下终板切线之间的夹角。(2) C2-C7 角 (Jackson 生理应力线法):C2 和 C7 椎体后缘的平行线,测量两者之间的夹角(锐角)。(3) C2-C7 矢状面轴向距离 (C2-C7 SVA):经 C2 椎体几何中心的铅垂线到 C7 终板的上下后角的水平距离。(4) 经头部的重心 (center gravity of head, CGH)-C7 矢状面轴向距离 (CGH-C7 SVA):即外耳道的前缘的铅垂线,到 C7 终板的上下后角的水平距离。(5) C2-CGH 矢状面轴向距离 (CGH-C2 SVA):经 C2 的几何中心与经头部重心的铅垂线之间的距离。

1.2.2 胸椎矢状位参数 (1) T1 倾斜角 (T1

slope)(图 2):T1 椎体的上终板的切线与水平面之间的夹角。(2)胸椎后凸角(Thoracic Kyphosis, TK)(图 3):T4 上终板与 T12 下终板间夹角。

1.2.2 脊柱-骨盆矢状位参数(图 3) (1)腰椎前凸角(Lumbar lordosis, LL):L1 上终板与 S1 上终板夹角;(2)骨盆入射角(Pelvic incidence, PI):经 S1 上终板中心作一条垂直于终板的直线,再经 S1 上终板的中心和两股骨头连线的中点作一条直线,两条直线间的夹角;(3)骶骨倾斜角(Sacral

Slope, SS):S1 上终板与水平线间的夹角。

1.2.3 全脊柱矢状位参数(图 4) (1)脊柱骶骨角(spinal sacral angle, SSA):C7 椎体的中心与 S1 上终板中点的连线与 S1 上终板切线的夹角(钝角);(2)C7-S1 矢状面轴向距离(C7-S1 SVA):经 C7 椎体的几何中心的铅垂线距 S1 后上角之间的水平距离,C7 铅垂线位于 S1 后上角之后为负值,反之为正值。

1.3 颈椎矢状位序列分型



图 1 C0-C2 角、C2-C7 角、C2-C7 SVA、CGH-C7 SVA 和 CGH-C2 SVA 的测量方法示意图 C0-C2 角(a)指 McGregor 线和 C2 下终板切线之间的夹角;C2-C7 角(b)指 C2 和 C7 椎体后缘的平行线,测量两者之间的夹角;C2-C7 SVA、CGH-C7 SVA 和 CGH-C2 SVA(c)指头部重心及 C2 椎体几何中心与 C7 终板的上后角的水平距离和头部重心与 C2 椎体几何中心的矢状面距离 **图 2** T1 倾斜角测量方法示意图 T1 slope 指 T1 椎体的上终板的切线和水平面之间的夹角 **图 3** 胸椎后凸角(TK)、腰椎前凸角(LL)、骨盆入射角 PI)、骶骨倾斜角(SS)测量示意图 TK 指 T4 上终板与 T12 下终板间夹角;LL 指 L1 上终板与 S1 上终板夹角;PI 指经 S1 上终板中心作一条垂直于终板的直线,再经 S1 上终板的中心和两股骨头连线的中点作一条直线,两条直线间的夹角;SS 指 S1 上终板与水平线间的夹角 **图 4** 脊柱骶骨角(SSA)、C7-S1 矢状面轴向距离测量示意图

Figure 1 Visual representation of the method to measure cervical lordosis and cervical SVA. C0-C2 angle(a), C2-C7 angle(b), C2-C7 SVA, CGH-C7 SVA and CGH-C2 SVA (c), The C0-C2 angle (occiput-C2) was defined as the angle that

subtended by the McGregor line and a line drawn parallel to the inferior endplate of C2. The C2-C7 angle was defined as the angle that subtended by a line drawn parallel to the posterior border of the C2 vertebral body and a line drawn parallel to the posterior border of the C7 vertebral body. The C2-C7 SVA and CGH-C7 SVA were defined as the deviation of the C2 plumb line (extending from the centroid of the C2 vertebra) and the Center Gravity of Head from the posterior superior end plate of C7. CGH-C2 SVA was defined as the deviation of the C2 plumb line from the Center Gravity of Head **Figure 2** Visual representation of the method to measure T1 slope. The T1 slope was referred to the angle between the horizontal reference line and T1 superior end plate **Figure 3** Visual presentation of the method to measure TK(thoracic kyphosis), LL(lumbar lordosis), PI(pelvic incidence), SS(sacral slope), TK was defined as the angle subtended by superior endplate of T4 and T12 vertebral body. LL was defined as the angle subtended by superior endplate of L1 and S1 vertebral body. PI was defined as the angle between the line drawn from the hip axis(HA, center of the line connecting the center of each femoral heads) to the midpoint of the sacral end plate and a line perpendicular to the center of the sacral end plate. SS was defined as the angle subtended by a horizontal reference line and the sacral end plate **Figure 4** Visual presentation of the method to measure SSA and C7-S1 SVA

采用 Toyama 等^[15,16]颈椎矢状位序列分型方法(图 4),即取 C3~C6 椎体四条边的切线,连接所构成的四边形的对角线,对角线的交点作为椎体的几何中心。A 点为 C2 下终板的中点,B 点为 C7 上终板的中点,根据 C3~C6 椎体的几何中心与线 AB 的位置关系,将 132 例无症状青年人颈椎矢状位序列分为三组:前凸组,变直或鹅颈畸形组,后凸组。前凸组为 C3~C6 椎体的几何中心全部都在线 AB 的前方,且至少有一个几何中心距线 AB 的水平距离大于等于 2mm;变直组为 C3~C6 椎体的几何中心距线 AB 的水平距离均在 2mm 范围内;鹅颈畸形组为在 C3~C6 椎体的几何中心中,一些位于线 AB 的前方,一些位于线 AB 的后方,且至少有一个几何中心距线 AB 的水平距离大于等于 2mm;后凸组为 C3~C6 椎体的几何中心全部都在线 AB 的后方,且至少有一个几何中心距线 AB 的水平距离大于等于 2mm。

1.4 统计学分析

采用 SPSS 20.0(SPSS 公司,美国)统计软件对测量结果进行统计学分析,对年龄、身高、体重、性别、体重指数等进行描述性分析,选取 132 例样本参数值的 95%可信区间作为参考值范围;采用独立样本 *t* 检验,将组间参数进行对比;采用 one-way-ANOVA(Student-Newman-keuls 检验),分析

不同组之间的均值差异;运用 Pearson 相关分析,分析颈椎曲度和脊柱骨盆参数之间的关系。检验标准: $P<0.05$ 为显著性差异。

2 结果

2.1 颈椎和脊柱-骨盆矢状位参数描述性分析

本研究志愿者年龄 18~35 岁,平均 21.8 ± 3.2 岁,男性志愿者 70 例,平均 22.0 ± 3.1 岁,女性志愿者 62 例,平均 21.7 ± 3.6 岁。各参数(均值 $\pm$ 标准差)见表 1。

2.2 颈椎和脊柱-骨盆矢状位各参数相关性分析

见表 2~4。颈椎矢状位参数间存在相关性,C0-C2 角与 C2-C7 角存在负相关($r=-0.277, P<0.01$),与 C2-C7 SVA 正相关($r=0.387, P<0.01$),与 CGH-C7 SVA 正相关($r=0.357, P<0.01$);C2-C7 角与 CGH-C7 SVA($r=-0.272, P<0.01$)存在负相关。

C2-C7 角与 T1 slope($r=0.422, P<0.01$)相关,T1 slope 与 TK($r=0.434, P<0.01$)、Tk 与 LL($r=0.574, P<0.01$)、LL 与 SS($r=0.459, P<0.01$)、SS 与 PI($r=0.727, P<0.01$)相关。

SSA 与 SS($r=0.856, P<0.01$)、LL($r=0.498, P<0.01$)、PI($r=0.580, P<0.01$)显著相关,C7-S1 SVA 与各参数无明显相关性。

表 1 132 名无症状成人颈椎和脊柱-骨盆矢状位参数测量结果

Table 1 Cervical and spino-pelvic sagittal data of 132 asymptomatic adults

	全部($n=132$)	男性($n=70$)	女性($n=62$)	<i>P</i> 值
体重指数(Kg/m ²) Body Mass Index (BMI)	20.81 $\pm$ 2.27	21.57 $\pm$ 2.10	19.94 $\pm$ 2.15	<0.01
C0-C2 角(°) C0-C2 angle	15.13 $\pm$ 6.69	14.71 $\pm$ 6.20	15.62 $\pm$ 7.22	0.440
C2-C7 角(°) C2-C7 angle	12.03 $\pm$ 7.64	13.08 $\pm$ 8.27	10.85 $\pm$ 6.73	0.091
C2-C7 矢状面轴向距离 C2-C7 SVA(mm)	18.67 $\pm$ 7.96	18.09 $\pm$ 8.93	19.33 $\pm$ 6.70	0.376
CGH-C7 矢状面轴向距离 CGH-C7 SVA(mm)	22.95 $\pm$ 12.18	21.31 $\pm$ 12.58	24.80 $\pm$ 11.58	0.101
T1 倾斜角(°) T1 slope	26.33 $\pm$ 7.01	27.54 $\pm$ 6.58	24.98 $\pm$ 7.27	0.034
胸椎后凸角(°) Thoracic Kyphosis (TK)	24.72 $\pm$ 7.12	24.84 $\pm$ 7.03	24.57 $\pm$ 7.28	0.827
腰椎前凸角(°) Lumbar lordosis (LL)	47.80 $\pm$ 9.45	47.53 $\pm$ 9.54	48.11 $\pm$ 9.41	0.725
骨盆入射角(°) Pelvic incidence (PI)	47.44 $\pm$ 8.79	46.93 $\pm$ 9.13	48.01 $\pm$ 8.42	0.485
脊柱骶骨角(°) spinal sacral angle (SSA)	131.27 $\pm$ 7.33	131.10 $\pm$ 7.81	131.47 $\pm$ 6.81	0.772
C7-S1 矢状面轴向距离 (mm) C7-S1 SVA	-21.89 $\pm$ 29.50	-16.7 $\pm$ 26.86	-27.67 $\pm$ 31.45	0.035

表 2 颈椎矢状位参数间相关性分析
Table 2 Correlation analysis among cervical sagittal data

指标	C2-C7 角(°) C2-C7 angle	C2-C7 矢状面 轴向距离 C2-C7 SVA(mm)	CGH-C7 矢状面 轴向距离 CGH-C7 SVA(mm)	T1 倾斜角(°) T1 slope	胸椎后凸角(°) Thoracic Kyphosis (TK)
C0-C2 角(°) C0-C2 angle	-0.277''	0.387''	0.357''	0.089	0.173''
C2-C7 角(°) C2-C7 angle	—	-0.122	-0.272''	0.422''	0.219''
C2-C7 矢状面轴向距离 C2-C7 SVA(mm)	—	—	0.777''	0.281''	0.169
CGH-C7 矢状面轴向距离 CGH-C7 SVA(mm)	—	—	—	0.198''	0.044

注: '' 在 0.01 水平上(双侧)有相关性; ' 在 0.05 水平上(双侧)有相关性

表 3 脊柱-骨盆矢状位参数间相关性分析
Table 3 Correlation analysis among spino-pelvic sagittal data

指标	胸椎后凸角(°) Thoracic Kyphosis (TK)	腰椎前凸角(°) Lumbar lordosis (LL)	骨盆入射角(°) Pelvic incidence (PI)	骶骨倾斜角(°) Sacral Slope(SS)
T1 倾斜角(°) T1 slope	0.434''	0.105	0.043	0.068
胸椎后凸角(°) Thoracic Kyphosis (TK)	—	0.574''	0.102	-0.136''
腰椎前凸角(°) Lumbar lordosis(LL)	—	—	0.208''	0.459''
骨盆入射角(°) Pelvic incidence (PI)	—	—	—	0.727''

注: '' 在 0.01 水平上(双侧)有相关性; ' 在 0.05 水平上(双侧)有相关性

表 4 脊柱形态学参数和全脊柱矢状位参数间相关分析
Table 4 correlation analysis between spinal morphologic data and sagittal data

指标	C0-C2 角(°) C0-C2 angle	C2-C7 角(°) C2-C7 angle	T1 倾斜角(°) T1 slope	胸椎后角(°) Thoracic Kyphosis (TK)	腰椎前凸角(°) Lumbar lordosis(LL)	骨盆入射角(°) Pelvic incidence (PI)	骶骨倾斜角(°) Sacral Slope (SS)
脊柱骶骨角(°) spinal sacral angle (SSA)	0.104''	-0.117''	-0.065	0.184''	0.498''	0.580''	0.856''
C7-S1 矢状面轴 向距离 (mm) C7-S1 SVA	-0.180''	0.076	0.151''	0.002	-0.134''	0.177''	0.191''

注: '' 在 0.01 水平上(双侧)有相关性; ' 在 0.05 水平上(双侧)有相关性

2.3 颈椎矢状位序列分型结果

前凸组共 43 名(占 32.6%),变直或鹅颈畸形组共 74 名(占 56.1%),后凸组 15 名(占 11.3%)。三组无症状青年人的颈椎和脊柱骨盆矢状位参数见表 5。C0-C2 角,C2-C7SVA,LL,PI,PT,SS,SSA,C7 铅垂线在各组间无明显统计学差异,C2-C7 角,CGH-C7 SVA,T1 slope,TK 在三组间两两比较均有显著统计学差异。

3 讨论

3.1 无症状成人颈椎及脊柱-骨盆形态

研究脊柱矢状位形态,无论正常还是病理状

态,越来越受到脊柱外科医生的重视。脊柱术后矢状位的失平衡,可能是术后疼痛和功能丧失的主要原因之一^[17]。Glassman 等^[18]通过对 298 例脊柱畸形患者的多中心研究,发现正性矢状位失衡(C7 铅垂线位于 S1 椎体后上角前方大于 5cm)与不良健康状况评分的结果高度相关。与脊柱冠状位平衡不同,脊柱矢状位参数,尤其是颈椎矢状位参数间,正常值的变化范围较大^[19]。因此,脊柱矢状位平衡的合理的评价方式,仍是脊柱外科医生争论的焦点。本研究针对正常中国青年人颈椎矢状位形态参数进行统计分析,提出正常参考范围及影响颈椎矢状位平衡的因素。



图 5 颈椎矢状位序列:前凸(a)、变直(b)、鹅颈畸形(c)、后凸(d)示意图

Figure 5 Method of judgment of cervical alignment as lordosis(a), straight(b), sigmoid(c), kyphosis(d)

表 5 132 例无症状成人各矢状位序列类型参数的平均值及统计学分析(Student-Newman-keuls 检验)
Table 5 Data of sagittal alignment in the three groups of asymptomatic adults (Student-Newman-keuls test)

参数	前凸组 Lordosis(43 例)	变直或鹅颈畸形组 Straight or sigmoid(74 例)	后凸组 Kyphosis(15 例)	F 值 F value	P 值 P Value
C0-C2 角(°) C0-C2 angle	13.11±6.36	16.04±6.78	16.42±6.22	3.01	0.053
C2-C7 角(°) C2-C7 angle	19.12±7.79	9.09±4.60	6.20±4.25	49.12	0.000
C2-C7 矢状面轴向距离 C2-C7 SVA(mm)	16.98±7.79	19.58±7.81	19.09±8.87	1.48	0.231
CGH-C7 矢状面轴向距离 CGH-C7 SVA(mm)	17.38±9.60	24.63±11.63	30.60±15.28	9.18	0.000
T1 倾斜角(°) T1 slope	28.65±6.42	26.38±6.44	19.43±7.23	11.09	0.000
胸椎后凸角(°) Thoracic Kyphosis (TK)	27.08±6.68	24.58±6.95	18.66±5.63	8.74	0.000
腰椎前凸角(°) Lumbar lordosis(LL)	48.98±7.45	47.80±9.45	47.71±8.27	0.53	0.590
骨盆入射角(°) Pelvic incidence (PI)	46.53±7.77	48.00±9.55	47.23±7.82	0.38	0.683
骶骨倾斜角(°) Sacral Slope(SS)	37.38±6.87	37.06±7.48	37.07±5.71	0.02	0.978
脊柱骶骨角(°) spinal sacral angle (SSA)	130.53±6.33	131.54±7.32	132.07±5.22	0.35	0.703
C7-S1 矢状面轴向距离(mm) C7-S1 SVA	-20.22±22.37	-23.60±30.69	-18.2±41.15	0.305	0.738

尽管国内外学者对脊柱局部节段或全脊柱矢状位序列的研究已有 20 多年,但是很少有学者在一个研究中使用同一组个体评估从枕骨至骨盆中立位矢状位脊柱序列。本研究中,我们前瞻性的选择 18~35 岁正常成人作为研究对象,此年龄阶段可以保证颈椎、脊柱-骨盆发育成熟,也可以最大程度的减少由于年龄因素所致退变因素对颈椎及脊柱-骨盆矢状位曲度的影响。通过我们的测量发现,中国正常成人颈椎上颈椎 C0-C2 角度为 $5.13^{\circ}\pm6.69^{\circ}$,下颈椎 C2-C7 角度为 $12.03^{\circ}\pm7.64^{\circ}$,与 Lee 等^[12]测量 C0-C2 角度为 $22.4^{\circ}\pm8.5^{\circ}$,C2-C7 角度为 $9.9^{\circ}\pm12.5^{\circ}$ 及 Gore 等^[10]测量 C2-C7 角度为 $21.2^{\circ}\pm14.6^{\circ}$ 存在差异,说明在不同人种之间,颈椎曲度间存在差异,也说明即使在同一人种不同地

区之间也存在差异。

本研究中,正常中国成人的 PI 值为 47.44 ± 8.79 ,与 Lee^[20]报道的韩国成年人的 PI 值 47.8 ± 9.3 相一致,而明显小于 LaBelle 等^[21](PI= 51.8 ± 5.3)、Boulay 等^[7](PI= 53.1 ± 9.0)、Vaz 等^[3](PI= 51.7 ± 11.5)、Vialle 等^[6](PI= 54.7 ± 10.6)报道的西方正常人群 PI 值,说明东方人群间骨盆形态发育存在相似性,与西方人群骨盆形态发育存在差异。因此,对于中国人群的骨盆矢状位形态研究,如采用西方人的 PI 值作为参考,将会存在误差。本研究发现不同性别 PI 差异无统计学意义,这与 Mac-Thiong 等^[22]及 Lee 等^[20]报道相一致。本研究也提出了正常青年人颈椎及脊柱-骨盆参数,可为今后的研究提供参考。

尽管颈椎的前凸形态是广泛认可的正常表现,后凸畸形与颈椎病密切相关^[2],本研究发现变直或鹅颈畸形(56.1%)或后凸(11.3%)在无症状成年人中占有一定的比例,说明部分成人亦存在颈椎的变直或鹅颈畸形,后凸改变,而这些改变并非都会引起相关症状。

3.2 无症状成人颈椎及脊柱骨盆序列相关性

国内外很少有学者研究影响正常颈椎矢状位参数的因素。Nojiri 等^[24]通过对 313 例无症状正常人群的颈椎矢状位序列研究,发现上颈椎 C0-C2 与下颈椎 C2-C7 之间存在负相关,与本研究相一致。Lee 等^[25]报道了胸椎方向性参数 T1 slope 与下颈椎 C2-C7 之间存在正相关,与本研究结果一致。Roussouly 等^[26]通过对 160 例无症状正常人群的研究,发现骨盆矢状位参数 PI、SS 与 LL 密切相关,与本研究相一致。

我们研究发现上颈椎曲度(C0-C2 角)与下颈椎曲度(C2-C7 角)存在负相关,C2-C7 角与 T1slope 相关,T1slope 与 TK,TK 与 LL,LL 与 SS,SS 与 PI,均存在相关性,说明脊柱是一个连接头颅和骨盆的开放性链,在这一关系中,某一节段脊柱的形状和方向,受相邻节段脊柱的影响,从而整个脊柱以最小的能量消耗来保持平衡的直立姿势和水平视野。

尽管颈椎曲度的形成在胚胎时期就已有雏形,但是直到出生后颈椎开始承受头部的重量后才表现出明显的自然前凸^[27]。在矢状面上,头部的重心位于枕骨髁上,大约外耳道的前缘,上方 1cm 的位置^[28],头部的重量通过枕骨髁传递到 C1 侧块,再传递到 C2 椎体,头部重心矢状面上的偏移,会导致颈部肌肉为保持水平视野而增加能量消耗,进而导致颈椎矢状面失衡。Tang 等^[29]通过对 113 例颈椎后路融合术患者进行研究发现,C2-C7SVA 值和 CGH-C7 SVA 与 SF-36 评分负相关,并且 C2-C7SVA 值大于 40mm 时,健康相关生命质量评分越低,表明头部的重量对颈椎曲度和颈椎手术预后产生影响,本研究对头部的重心也进行了研究。本研究中,C0-C2 角与 C2-C7SVA 和 CGH-C7SVA 密切相关,而 C2-C7 角与 C2-C7SVA 无明显相关,与 CGH-C7SVA 弱相关,说明头部的重量通过上颈椎间接对下颈椎的曲度产生影响,因此在恢复下颈椎曲度的手术中,应当考虑头部重量的影响,同时应该在手术中努力使得

头部在比较理想的中立体位下,使得术后能量的消耗尽量减小。

3.3 颈椎矢状位序列分型

在本研究中,对于 C0-C2 角,三组之间无明显差异;对于 C2-C7 角度,前凸组明显大于变直或鹅颈畸形组及后凸组,说明上颈椎曲度对颈椎整体曲度影响不大,而下颈椎是决定颈椎整体曲度的主要因素。

较大的 C2-C7 角对应着较大的 T1 slope 和 TK,颈椎坐落在以 T1 椎体为“底座”的胸椎上,颈椎的活动度明显大于胸椎,因此本研究可以推断胸椎的曲度 TK 影响颈椎的曲度,因此在胸椎矫形手术,尤其是胸椎去后凸矫形时,应考虑对颈椎矢状位的影响。三组志愿者的腰椎和全脊柱参数三组之间无明显差异,可以推断颈椎后凸可能更多的是一个局部问题而非整体脊柱骨盆参数异常。

三组间 CGH-C7SVA 及 CGH-C2 SVA,前凸组<变直或鹅颈畸形组<后凸组,说明随着颈椎曲度从正常的前凸,发展至变直甚至后凸过程中,头部的重心逐渐前移,从而在颈椎日常活动中,相对于颈部转动中心的力臂就会增加,颈后部的肌肉、韧带及椎间关节代偿性做功增加,随着时间延长,后纵韧带骨化、椎间关节增生等退行性病变将会发生^[30]。而本研究中,志愿者均无颈部疼痛、肢体麻木等症状,因此颈椎矢状位的变直或鹅颈畸形及后凸尚处于代偿性范围内,而失代偿会出现怎样的变化,将在日后进一步研究。

本研究主要针对无症状人群进行研究,局限性在于样本数量相对较少,年龄范围狭窄,这可能会造成各参数测量值的偏差。各参数存在较大的变化范围,提示颈椎及脊柱-骨盆矢状位形态及序列存在较大的个体差异,因此,有必要进行多中心、更大样本量的前瞻性研究,尤其是包含对于年龄变化的纵向性研究,将有助于建立国人正常颈椎及脊柱-骨盆矢状位参数的参考范围,为脊柱疾病的诊断和治疗提供指导。

4 参考文献

1. Duval-Beaupere G, Schmidt C, Cosson PH. A barycentremetric study of the sagittal shape of spine and pelvis [J]. Ann Biomed Eng, 1992, 20(4): 451-462.
2. Legaye J, Duval-Beaupere G, Hecquet J, et al. Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three dimensional

- regulation of spinal sagittal curves [J]. *Eur Spine J*, 1998, 7 (2): 99–103.
3. Vaz G, Roussouly P, Berthonnaud E, et al. Sagittal morphology and equilibrium of pelvis and spine[J]. *Eur Spine J*, 2002, 11(1): 80–87.
 4. Berthonnaud E, Dimnet J, Roussouly P, et al. Analysis of the sagittal balance of the spine and pelvis using shape and orientation parameters[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2005, 18(1): 40–47.
 5. Roussouly P, Gollogly S, Berthonnaud E, et al. Classification of the normal variation in the sagittal alignment of the human lumbar spine and pelvis in the standing position [J]. *Spine*, 2005, 30(3): 346–353.
 6. Vialle R, Levassor N, Rillard L, et al. Radiographic analysis of the sagittal alignment and balance of the spine in asymptomatic subject [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2005, 87(6): 260–267.
 7. Boulay C, Tardieu C, Hecquet J, et al. Sagittal alignment of spine and pelvis regulated by pelvic incidence: standard value and prediction of lordosis [J]. *Eur Spine J*, 2006, 15(4): 415–422.
 8. 李危石, 孙卓然, 陈仲强. 正常脊柱-骨盆矢状位参数的影像学研究[J]. *中骨科杂志*, 2013, 33(5): 447–453.
 9. Hardacker JW, Shuford RF, Capicotto PN, et al. Radiographic standing cervical segmental alignment in adult volunteers without neck symptoms [J]. *Spine*, 1997, 22(13): 1472–1480.
 10. Gore DR, Sepic SB, Gardner GM. Roentgenographic findings of the cervical spine in asymptomatic people [J]. *Spine*, 1986, 11(6): 521–524.
 11. Lafage V, Klineberg E, Shaffrey C, et al. Correction of spinal malalignment with pedicle subtraction osteotomy result in reciprocal improvement of cervical lordosis [J]. *Spine J*, 2011, 11(4): 184–191.
 12. Lee SH, Son ES, Seo EM, et al. Factors determining cervical spine sagittal balance in asymptomatic adults: correlation with spino-pelvic balance and thoracic inlet alignment [J]. *Spine J*, 2013, 13(4): E745–746.
 13. 方加虎, 贾连顺. 颈椎后凸畸形的影像学测量和诊断的研究进展[J]. *中国矫形外科杂志*, 2008, 16(19): 1477–1479.
 14. 贾连顺. 浅谈脊柱后凸畸形基本概念与诊断学基础[J]. *脊柱外科杂志*, 2010, 8(2): 126–128.
 15. Ohara A, Miyamoto K, Naganwa T, et al. Reliabilities of and correlations among five standard methods of assessing the sagittal alignment of the cervical spine [J]. *Spine*, 2006, 31(22): 2585–2591.
 16. Miao Y, Clement S, Tanguy M. Analysis of cervical spine sagittal alignment in young idiopathic scoliosis: a morphological classification of 120 cases [J]. *Eur Spine*, 2013, 22(11): 2372–2381.
 17. Jang JS, Lee SH, Min JH, et al. Surgical treatment of failed back surgery syndrome due to sagittal imbalance [J]. *Spine*, 2007, 32(26): 3081–3087.
 18. Glassman SD, Bridwell K, Dimar JR, et al. The impact of positive sagittal balance in adult spinal deformity [J]. *Spine*, 2005, 30(18): 2024–2029.
 19. Charles K, Linda S L, Stephen L O. Neutral upright sagittal spinal alignment from the occiput to the pelvis in asymptomatic adults: a review and resynthesis of the literature[J]. *J Neurosurg Spine*, 2007, 6(2): 104–112.
 20. Lee CS, Chung SS, Kang KC, et al. Normal patterns of sagittal alignment of the spine in young adults radiological analysis in a Korean population[J]. *Spine*, 2011, 369(25): E1648–E1654.
 21. Labelle H, Roussouly P, Berthonnaud E, et al. Spondylolisthesis, pelvic incidence, and spinopelvic balance: a correlation study[J]. *Spine*, 2004, 29(18): 2049–2054.
 22. Mac-Thiong JM, Labelle H, Roussouly P. Pediatric sagittal alignment [J]. *Eur Spine J*, 2011, 20(Suppl 5): 586–590.
 23. Harrison DD, Troyanovich SJ, Harrison DE, et al. A normal sagittal spinal configuration: a desirable clinical outcome [J]. *J Manipulative Physiol Ther*, 1996, 19(6): 398–405.
 24. Nojiri K, Matsumoto M, Chiba K, et al. Relationship between alignment of upper and lower cervical spine in asymptomatic individuals [J]. *J Neurosurg*, 2003, 99(1 Suppl): 80–83.
 25. Lee SH, Kim KT, Seo EM, et al. The influence of thoracic inlet alignment on the craniocervical sagittal balance in asymptomatic adults [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2012, 25(2): E41–47.
 26. Roussouly P, Gollogly S, Berthonnaud E, et al. Classification of the normal variation in the sagittal alignment of the human lumbar spine and pelvis in the standing position [J]. *Spine*, 2005, 30(3): 346–353.
 27. Bagnall KM, Harris PF, Jones PRM. A radiographic study of the human fetal spine: I. The development of the secondary cervical curvature [J]. *J Anat*, 1977, 123(3): 777–782.
 28. Beier G, Schuck M, Schuller E, et al. Determination of Physical Data of the Head I. Center of Gravity and Moments of Inertia of Human Heads [C]. Munich: Institute of Forensic Medicine, University of Munich, 1979, p44.
 29. Tang JA, Scheer JK, Smith JS, et al. The impact of standing regional cervical sagittal alignment on outcomes in posterior cervical fusion surgery [J]. *Neurosurgery*, 2012, 71(3): 662–669.
 30. Ferrara LA. The Biomechanics of Cervical Spondylosis [J]. *Adv Orthop*, 2012, 493605.

(收稿日期: 2014-09-25 修回日期: 2015-03-06)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 彭向峰)