

正常汉族青少年骨盆矢状面形态的影像学研究

王智伟, 刘 臻, 王渭君, 毛赛虎, 邱旭升, 朱泽章, 朱 锋, 邱 勇

(南京大学医学院附属南京鼓楼医院脊柱外科 210008 江苏省南京市)

【摘要】目的:建立适合正常汉族青少年骨盆矢状面参数的参考值范围,分析影响骨盆矢状面形态的因素,探讨骨盆矢状面平衡及代偿的机制。方法:2007 年 9 月~2011 年 7 月收集 171 例正常汉族青少年,男 87 例,女 84 例;年龄 10~17 岁,平均 13.1 ± 2.0 岁。在站立位全脊柱侧位 X 线片上测量骨盆入射角(pelvic incidence, PI)、骶骨倾斜角(sacral slope, SS)和骨盆倾斜角(pelvic tilt, PT),并计算 PT/PI 和 SS/PI。根据年龄分为 2 组,低龄组 10~13 岁(平均 11.7 ± 1.1 岁),高龄组 14~17 岁(平均 15.0 ± 1.1 岁)。各骨盆参数组内、组间比较采用独立样本 t 检验或秩和检验,并将其与年龄行相关分析。本研究 PI 值与既往文献比较采用单样本 t 检验。结果:两组的 PI、PT 和 SS 在男性和女性间均无显著性差异($P>0.05$)。低龄组 PI 和 PT 显著小于高龄组($P<0.05$);低龄组 SS 与高龄组比较无显著性差异($P>0.05$);两组 PT/PI 均 <0.5 , SS/PI 均 >0.5 。在所有青少年中(10~17 岁)及低龄组中 PI 和 PT 与年龄均存在显著相关性(10~17 岁者: $r=0.243$, $r=0.371$;低龄组: $r=0.229$, $r=0.231$) ($P<0.05$),但在高龄组中不存在相关性($r=0.072$, $r=0.190$, $P>0.05$);低龄组、高龄组及 10~17 岁者 SS 与年龄无显著相关性($P>0.05$)。正常汉族青少年 PI 显著低于同龄白种人($P<0.05$)。结论:正常汉族青少年骨盆参数 PI、PT 和 SS 在两性间不存在显著性差异。PI 在青少年时期可随年龄的增长而增大,其中在 10~13 岁相对显著,而在 14 岁以后增长则基本趋于停止,推测骨盆在青少年时期的不同年龄段生长速率不同。

【关键词】骨盆;矢状面;影像学形态;青少年;汉族

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2012.10.13

中图分类号: R323.5, R814.4 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2012)-10-0919-06

Sagittal pelvic morphology and balance in asymptomatic adolescents of Chinese Han nationality, a radiological study/WANG Zhiwei, LIU Zhen, WANG Weijun, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2012, 22(10): 919-924

【Abstract】 Objectives: To establish a reference of the sagittal pelvic parameters in normal adolescents of Chinese Han nationality, and to explore the risk factors and possible mechanism of sagittal pelvic imbalance. Methods: A prospective cohort of 171 asymptomatic adolescents of Chinese Han nationality (male: female=87:84) aged 13.1 ± 2.0 y (10-17y) was recruited. For each subject, pelvic incidence (PI), pelvic tilt (PT) and sacral slope (SS) was measured respectively from the standing full-spine lateral radiographs. Ratios of SS to PI (SS/PI) and PT to PI (PT/PI) were also calculated. According to the age distribution, all subjects were divided into two groups: Group young (10-13y, 11.7 ± 1.1 y) and Group old (14-17y, 15.0 ± 1.1 y). Intra- and inter-group comparisons of the pelvic parameters were performed by means of independent-samples t test or rank sum test; and their correlations with age were also analyzed. Moreover, the comparison of PI between the previous literatures and this study was analyzed by using one-sample t test. Results: There was no significant difference in PI, SS and PT between males and females in the present study. PI and PT in Group young were significantly lower than Group old ($P<0.05$); and SS remained unchanged with a slight downward trend ($P>0.05$). The value was greater than 0.5 for SS/PI and less than 0.5 for PT/PI. The correlations between age and PI or PT were remarkable in all the adolescents with the age of 10-17 yrs ($r=0.243$, $r=0.371$) and in Group young ($r=0.229$, $r=0.231$), but no correlation in Group old ($P>0.05$); while there was no correlation between SS and age ($P>0.05$). Furthermore, PI in adolescents of Chinese Han nationality was significantly lower than that in Caucasian

基金项目:国家自然科学基金青年科学基金项目(编号:81101335)

第一作者简介:男(1982-),医师,硕士研究生,研究方向:脊柱畸形

电话:(025)8310512 E-mail:wangzhiwei929@163.com

通讯作者:邱勇 E-mail:scoliosis2002@sina.com

teenagers($P<0.05$). **Conclusions:** There is no sex-related significant difference in PI, PT and SS. PI increases with age from 10 to 17 years old significantly, which presents more in adolescents of younger than 14 years, so it is considered that from 10 to 17 years, the pelvic growth is different during different ages.

【Key words】 Pelvis; Sagittal; Radiographic morphology; Adolescent; Han nationality

【Author's address】 Spine Surgery, Nanjing Drummer Tower Hospital, Nanjing University Medical School, Nanjing, 210008, China

骨盆作为人体躯干支持基础的同时也是连接躯干和下肢的枢纽,对人体直立行走及运动平衡发挥着重要作用^[1]。许多学者认为骨盆形态学异常或骨盆与脊柱或下肢相对位置的改变可诱发或加重某些脊柱-骨盆疾病,如:腰椎滑脱^[2]、青少年特发性脊柱侧凸(adolescent idiopathic scoliosis, AIS)^[3]等,也可能影响术后脊柱-骨盆矢状面形态的重建^[4],甚至有学者^[5]推测骨盆的形态学异常可能与某些脊柱-骨盆疾病的病因学有关。因此,建立正常人群骨盆参数的参考值范围对于脊柱-骨盆相关疾病的病因学、发病机制的研究及手术方案的制定有重要意义。国外已有关于正常人群骨盆矢状面形态学研究的文献报道^[6-9],在国内却鲜有相关研究^[10];同时由于我国汉族人群与欧美白种人在形体上存在较大差异,且在青春期人体骨骼因生长发育变化较大,因此本研究拟通过对 171 例中国汉族正常青少年骨盆矢状面形态学的研究,建立一个汉族青少年人群骨盆矢状面参数的参考值范围,并对其影响因素加以分析。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究为前瞻性研究。在 2007 年 9 月~2011 年 7 月,以自诉肩背部不对称但无症状而至本院就诊的汉族青少年为初选对象。入选标准:(1)经脊柱外科主任医师通过临床体检和全脊柱 X 线片排除脊柱-骨盆畸形疾病;(2)年龄 10~17 岁。排除标准:(1)伴双下肢不等长;(2)曾有可能影响骨盆形态的外伤或手术史;(3)曾服用影响骨代谢的药物。经筛选满足上述条件的正常青少年共 171 例,平均年龄 13.1 ± 2.0 岁;其中男性 87 例,平均年龄 13.2 ± 2.0 岁,女性 84 例,平均年龄 12.9 ± 2.0 岁。所有患者的检查均获得家长的知情同意。本研究获得医院伦理委员会批准。

1.2 影像学测量及分组

所有患者按照标准体位拍摄站立位全脊柱正

侧位 X 线片^[11]。摄正、侧位 X 线片时,在地面分别画一条平行或垂直于摄片架的直线,要求患者左右脚尖前缘与直线平齐,双脚分开与肩同宽,自然站立双眼平视前方。在全脊柱站立位侧位 X 线片上测量骨盆矢状面参数(图 1):(1)骨盆入射角(pelvic incidence, PI),即经骶 1(S1)上终板中点做该终板的垂线,该垂线与股骨头中心连线的夹角即为 PI;若双侧股骨头不重叠,则取两股骨头中心连线的中点作为中心。(2)骶骨倾斜角(sacral slope, SS),即 S1 上终板和水平线的夹角。(3)骨盆倾斜角(pelvic tilt, PT),即 S1 上终板中点与股骨头中心的连线和水平垂线的夹角。同时计算 PT/PI 和 SS/PI^[8]的值。所有影像学数据均由同一高年资住院医师通过 Image-Pro Plus 6.0 图像分析软件测量 3 次,两次测量时间间隔 1 周以上,取 3 次测量的平均值。按年龄将其分为低龄组(10~13 岁,平均 11.7 ± 1.1 岁)与高龄组(14~17 岁,平均 15.0 ± 1.1 岁)。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 17.0 统计软件进行统计学分析。所有数值以平均数 $\pm$ 标准差($\bar{x}\pm s$)进行描述,选取 171 个样本参数值的 95%可信区间作为参考值范围。组间和组内的年龄、PI、PT 和 SS 参数在男性和女性间比较采用独立样本 t 检验,而 PT/PI 和 SS/PI 参数则都采用秩和检验。与既往文献中数据比较采用单样本 t 检验;各参数与年龄间行相关分析采用 Spearman 法。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

低龄组、高龄组及全部青少年(10~17 岁)的 PI、PT、SS、PT/PI 与 SS/PI 见表 1。低龄组与高龄组中男性和女性的年龄均匹配($P>0.05$),每组中各骨盆参数男女间无显著性差异($P>0.05$,表 1)。低龄组 PI 和 PT 均显著小于高龄组的 PI 和 PT ($P<0.05$);低龄组 SS 与高龄组比较无显著性差异($P>$

0.05),说明 SS 在青少年时期保持相对稳定;低龄组、高龄组及 10~17 岁者 PT/PI 均 <0.5 ,且 SS/PI 均 >0.5 。

低龄组、高龄组及全部青少年(10~17 岁)的 PI、PT、SS 与年龄的相关性见图 2 与表 2。10~17 岁的所有正常青少年 PI 与年龄呈显著正相关($P<0.05$),其中低龄组中 PI 与年龄仍呈正相关($r=0.229, P<0.05$),而高龄组中两者无相关性($P>0.05$),提示 PI 在青少年时期随着年龄增长而相应增大,且在不同年龄段增长速率不同;PT 与年

龄的相关性与 PI 相似,即在 10~17 岁与年龄呈显著正相关($P<0.001$),其中在 10~13 岁仍然呈正相关($P<0.05$),而在 14 岁以后则不存在相关性($P>0.05$);而 SS 则在青少年时期与年龄无显著相关性($P>0.05$)。与文献中正常青少年、部分儿童和成人的 PI 值比较结果见表 3,本研究中 171 例汉族正常青少年 PI 显著低于同龄白种人($P<0.05$)。

3 讨论

近来骨盆矢状面形态对于人体运动的平衡及



图 1 在全脊柱站立位侧位 X 线片上测量骨盆入射角(PI)、骨盆倾斜角(PT)和骶骨倾斜角(SS)的示意图,图中 L5 表示腰 5 椎体,A 点表示 S1 上终板中点,B 点表示左右两侧股骨头中心连线的中点 a PI: 为 AB 线与 S1 上终板垂线的夹角 b SS: 为 S1 上终板和水平线的夹角 c PT: 为 AB 线与水平垂线的夹角

Figure 1 Diagram of pelvic incidence(PI), pelvic tilt(PT) and sacral slope(SS) on the standing full-spine lateral radiographs. L5 represents the Lumbar 5; Point A is the midpoint of the superior endplate of S1; and Point B is the midpoint of the axis of the femoral heads a PI: the angle between the line AB and the line perpendicular to the superior endplate of S1 b SS: the angle between the superior endplate of S1 and a horizontal line c PT: the angle between the line AB and the vertical

表 1 正常青少年骨盆矢状面参数测量值

Table 1 Demographics of the pelvic sagittal variables in normal adolescents

	低龄组(10~13 岁, n=101) Group young(10~13 years)			高龄组(14~17 岁, n=70) Group old (14~17 years)			全部(10~17 岁, n=171) All (10~17 years)
	男性(n=48) Male	女性(n=53) Female	全部 All	男性(n=39) Male	女性(n=31) Female	全部 All	
年龄(岁) Age (years)	11.8±1.1 (10~13)	11.6±1.1 (10~13) ^①	11.7±1.1 (10~13)	15.0±1.1 (14~17)	15.1±1.1 (14~17) ^①	15.0±1.1 (14~17) ^②	13.1±2.0 (10~17)
骨盆入射角(°) PI	40.1±7.3 (26~55)	41.6±10.0 (25~63) ^①	41.1±8.7 (25~63)	42.7±7.8 (31~66)	45.8±7.8 (28~57) ^①	44.1±7.9 (28~66) ^②	42.3±8.5 (25~66)
骨盆倾斜角(°) PT	6.4±6.7 (-9~21)	6.8±8.5 (-12~24) ^①	6.6±7.6 (-12~24)	12.0±7.5 (-1~30)	10.9±7.1 (-3~22) ^①	11.5±7.3 (-3~30) ^②	8.6±7.9 (-12~30)
骶骨倾斜角(°) SS	33.8±6.5 (22~49)	35.3±6.7 (21~49) ^①	34.6±6.7 (21~49)	31.9±6.7 (19~49)	33.5±6.1 (22~49) ^①	32.6±6.4 (19~49)	33.8±6.7 (19~49)
PT/PI	0.16±0.15 (-0.27~0.43)	0.13±0.19 (-0.31~0.49) ^①	0.14±0.17 (-0.31~0.49)	0.27±0.14 (-0.03~0.49)	0.23±0.15 (-0.09~0.42) ^①	0.25±0.15 (-0.09~0.49) ^②	0.19±0.17 (-0.31~0.49)
SS/PI	0.85±0.15 (0.57~1.27)	0.87±0.19 (0.51~1.48) ^①	0.86±0.17 (0.51~1.48)	0.73±0.14 (0.52~1.03)	0.77±0.15 (0.58~1.01) ^①	0.75±0.15 (0.52~1.03) ^②	0.81±0.17 (0.51~1.48)

注:①与同组男性比较 $P>0.05$;②与低龄组比较 $P<0.05$

Note:①Compared with the males in the same group, $P>0.05$; ② Compared with the group young, $P<0.05$

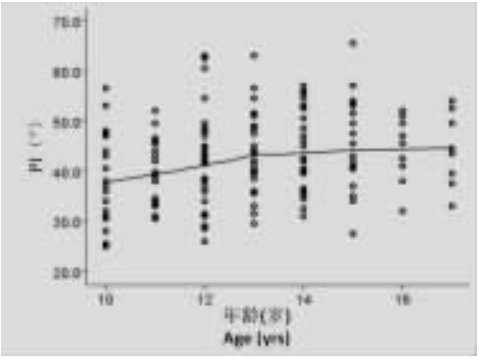


图 2 PI 值在青少年期(10~17 岁)与年龄的相关性。横轴表示年龄,纵轴代表 PI。PI 在青少年期随年龄增大而轻度增大($r=0.243$, $P<0.05$),其中在 10~13 岁相对显著($r=0.229$, $P<0.05$),而在 14 岁以后增长趋势则趋向平缓($r=0.072$, $P>0.05$)

Figure 2 A diagram of the correlationship of PI with age in adolescence (10–17 years). The horizontal axis shows the age, and the vertical axis is PI. The growth of PI is mild in adolescence($r=0.243$, $P<0.05$), relatively significant from 10yrs to 13 years($r=0.229$, $P<0.05$), while virtually ceases after 14 years($r=0.072$, $P>0.05$)

表 2 正常青少年骨盆矢状面参数与年龄的相关性

Table 2 Correlations of the pelvic saggital variables with age						
	低龄组 (10~13 岁) Group yong (10–13 years)		高龄组 (14~17 岁) Group old (14–17 years)		全部 (10~17 岁) All (10–17 years)	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
PI	0.229	0.024	0.072	0.563	0.243	0.002
PT	0.231	0.023	0.190	0.126	0.371	<0.001
SS	0.154	0.132	-0.214	0.104	-0.105	0.184

代偿作用引起了学者们的关注,国外已对此展开了大量深入的研究^[6-9];而国内仅范国明等^[10]有过相关研究,但其入选人群年龄跨度较大(13~79 岁,平均 43 岁),且研究中未将骨盆参数与性别、年龄等可能的影响因素进行相关分析。本研究通过对 171 例汉族 10~17 岁正常青少年骨盆矢状面形态的影像学研究,建立了一个适合汉族青少年的参考值范围,并且通过与性别、年龄等因素行相关分析,揭示了国人汉族青少年骨盆矢状面的变化趋势。

3.1 骨盆矢状面参数在性别间的差异

既往研究^[6-9,12-14]显示,正常人群中无论成人还是青少年,PI、PT 和 SS 在男女之间均无显著性差异。但 Legaye 等^[15]在对 49 例(男:女=28:21)平

表 3 本组青少年的 PI 值及其与年龄的相关性同既往文献的比较

Table 3 Comparisons of PI and its correlation with age in literatures				
	<i>n</i>	年龄 (岁) Age (yrs)	PI (°)	PI 与年龄的 相关性(<i>r</i>) Correlation of PI with age in the literatures(<i>r</i>)
本研究 Present study	171	13.1±2.0	42.3±8.5	0.24 ^②
Mac-Thiong 等 ^[9] Mac-Thiong et al ^[9]	167	8.1±2.0	43.7±9.0 ^①	—
Mac-Thiong 等 ^[6] Mac-Thiong et al ^[6]	180	12±3.1	48.4±11.2 ^①	0.21 ^②
Mac-Thiong 等 ^[7] Mac-Thiong et al ^[7]	341	12.1±3.3	49.1±11 ^①	0.21 ^②
Mac-Thiong 等 ^[6] Mac-Thiong et al ^[6]	145	13.1±2.1	49.3±11.2 ^①	0.21 ^②
Mac-Thiong 等 ^[9] Mac-Thiong et al ^[9]	479	13.6±1.9	46.9±11.4 ^①	—
Vialle 等 ^[16] Vialle et al ^[16]	300	35 (20~70)	56±10 ^①	0.14 ^②
Mac-Thiong 等 ^[8] Mac-Thiong et al ^[8]	709	36.8±14.3	52.4±10.48 ^①	—

注:①与本研究 PI 比较 $P<0.05$;②经相关性分析 $P<0.05$
Note:①Compared with PI value in the present study, $P<0.05$;
②through the correlation analysis, $P<0.05$

均 24 岁的成人骨盆进行测量后发现,男性 PI ($53.2^{\circ}\pm10.3^{\circ}$) 显著大于女性 ($48.2^{\circ}\pm7.0^{\circ}$)。而 Vialle 等^[16]在对 300 例(男:女=190:110)平均 35 岁的成人 PI 测量后发现,男性 PI ($53^{\circ}\pm10.6^{\circ}$) 反而显著低于女性 ($56^{\circ}\pm10^{\circ}$)。由于上述两项研究^[15,16]中两性间 PI 的差异(约 $3^{\circ}\sim5^{\circ}$)与 PI 正常范围(标准差达 10° 左右)比较相对较小,因此认为其两性间差异虽然存在统计学意义,但其实际临床差异较小。本研究结果同样显示青少年 PI 在男女间不存在显著性差异,这与多数研究结果^[6-9,12-14]一致。不过,这似乎与女性骨盆异于男性的一般性认识相悖。根据骨盆分型,女性骨盆表现为入口前后径较大,出口较宽,耻骨弓也较宽;而男性骨盆则内壁内聚,骶坐切迹窄,骶骨直而前倾。因此在矢状面上,我们以股骨头中心为原点将骨盆分为 4 个象限(图 3),发现女性骨盆主要在前下、后下象限与男性差异显著,而 PI、PT 和 SS 则基本位于后上象限。所以,我们认为因妊娠和分娩的原因女性骨盆解剖结构的确异于男性,但这些差异主要表现在骨盆内径的大小和矢状面上以股骨头为原点的骨盆前下、后下象限,而后上象限差异则较小。因

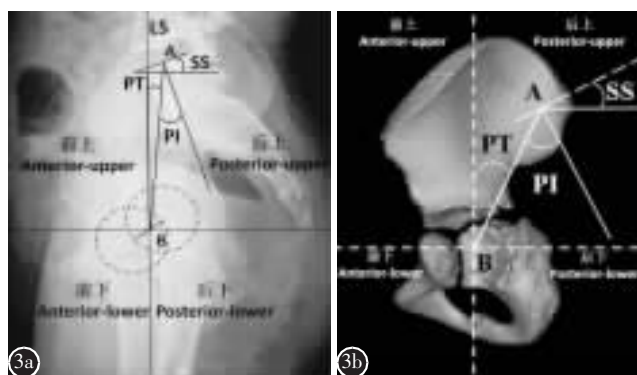


图3 骨盆矢状面四象限分法示意图。L5 表示第 5 腰椎, A 点为 S1 上终板中点, B 点为两侧股骨头圆心连线中点。以 B 点为坐标轴原点建立坐标系, 将骨盆矢状面分为四个象限。PI、PT 和 SS 均位于后上象限 a 在站立位全脊柱侧位片上图示骨盆矢状面四象限分法 b 在 CT 三维重建图像上图示骨盆矢状面四象限分法

Figure 3 The diagram of the quartation of the sagittal pelvic morphology. L5 represents the Lumbar 5; and Point A is the midpoint of the superior endplate of S1; and Point B is midpoint of the axis of the femoral heads. A coordinate system, which is set up with Point

B as the origin, divides the sagittal pelvic morphology into 4 quadrants. PI, PT and SS are all in the posterior-upper quadrant a The diagram of the quartation of the sagittal pelvic morphology on the standing full-spine lateral radiographs b The diagram of the quartation of the sagittal pelvic morphology on the CT 3-dimensional reconstruction film

此,我们推测这可能是同龄人中 PI 两性间不存在显著性差异的原因。

3.2 骨盆矢状面参数与年龄的关系

文献报道^[8]成人 PI 保持相对稳定,不随年龄的增长而变化。但也有研究^[9]发现成人 PI 随着年龄的增长而轻度增加,不过相关性较弱($r=0.14$)。而在儿童和青少年中,多数学者^[6,7]发现 PI 可随着年龄的增长而增大(表 3)。本研究通过对 171 例 10~17 岁正常青少年骨盆参数测量后发现,整个青少年时期 PI 与年龄呈显著性正相关,且低龄组青少年 PI 显著小于高龄组,提示 PI 在青少年时期可随着年龄的增加而增大。同时也发现在整个青少年时期以及低龄组中 PI 与年龄呈显著性正相关,但是高龄组中两者间却不存在显著相关性。Mao 等^[17]对 28251 例华东地区中国汉族正常青少年生长年龄高峰(peak growth age)的研究结果显示,中国青少年的生长年龄高峰约在 10~13 岁。因此我们推测青少年 PI 的增长高峰可能也在 13 岁之前,13 岁以后其增长将变缓直至发育成熟而停止。提示青少年期不同年龄段 PI 增长速率不同,即 10~13 岁增长相对较快,而 14 岁之后则相对变缓;该结果也佐证了汉族正常青少年的生长年龄高峰可能出现在 13 岁以前。进一步纵观表 3 发现,从儿童到青少年直至成年,PI 与年龄的相关性在青春期末或者成年后表现为降低并逐渐消失,与本研究的结果相符合,这也提示 PI 在青春期末增长速率将变缓。综上所述,我们认为 PI 在儿童期和青春期可随着人体生长高峰的到来出现一个相应的增长;在生长发育停止或成年后 PI 将

保持相对稳定,不再随着年龄的增加而变化。此外,本研究也发现在正常汉族青少年 PI 值显著低于同龄欧美白种人群^[9]。说明骨盆矢状面参数(PI, PT 和 SS)在不同人种间存在显著性差异^[18],制定相应的标准和参考值范围对于不同种族疾病的认识及手术方案的制定有着重要意义。

本研究也发现在青少年时期 PT 和 SS 随着年龄的增长出现增大或相对减小趋势,但是 PT/PI 始终 <0.5 ,而 $SS/PI>0.5$,这与 Mac-Thiong 等^[8]的研究结果一致。PT 增大意味着骨盆发生后倾;SS 减小提示生理性腰椎前凸将减小,可能进一步导致生理性胸椎后凸变小^[19],表明在青春期中人体随着生长发育可能出现轻度骨盆后旋,同时伴有生理性胸弯、腰弯变直,这或许是青少年看起来瘦而单薄的原因之一;同时也提示脊柱-骨盆矢状面序列在生长发育中需要通过不断的相互协调来达到最经济的平衡模式^[20];但是如果出现 $PT/PI>0.5$ 或 $SS/PI<0.5$ 而超出正常范围,提示骨盆可能因为某些脊柱-骨盆疾病发生了失代偿。

由于本研究也是横断面研究,正常青少年在首诊后复诊率较低,不排除其在以后的生长发育中出现脊柱-骨盆畸形,如 AIS 等。因此建立一个正常青少年纵向随访研究,对于骨盆各参数与年龄的相关性研究以及正常参考值范围的设定可信度将更高。此外,我们参考国内外文献后发现骨盆参数 PI、PT 和 SS 个体间变异较大,虽然本研究为国内样本量最大的汉族青少年骨盆矢状面研究,但是 171 个样本量对于设定汉族青少年骨盆矢状面参数的参考值范围仍显不足,因此多中心合作

获取更大的样本量将在我们今后的研究中展开。

总之, 本研究是迄今国内样本量最大的正常汉族人群骨盆矢状面的影像学研究, 同时也是目前国际上样本量最大的正常青少年骨盆矢状面研究之一; 建立了可信度相对较高的汉族正常青少年骨盆矢状面影像学参数的参考值范围。汉族青少年两性间骨盆参数 PI、PT 和 SS 不存在显著性差异, PI 在青少年时期可随着年龄的增长而增大, 其中在 10~13 岁相对显著, 而在 14 岁以后增长趋势则相对平缓, 因此我们推测骨盆在青少年时期的不同年龄段其生长速率不同。

4 参考文献

1. Mahaudens P, Banse X, Mousny M, et al. Gait in adolescent idiopathic scoliosis: kinematics and electromyographic analysis [J]. *Eur Spine J*, 2009, 18(4): 512-521.
2. Jackson RP, Phipps T, Hales C, et al. Pelvic lordosis and alignment in spondylolisthesis[J]. *Spine*, 2003, 28(2): 151-160.
3. Tanguay F, Mac-Thiong JM, de Guise JA, et al. Relation between the sagittal pelvic and lumbar spine geometries following surgical correction of adolescent idiopathic scoliosis [J]. *Eur Spine J*, 2007, 16(4): 531-536.
4. Cho KJ, Suk SI, Park SR, et al. Risk factors of sagittal decompensation after long posterior instrumentation and fusion for degenerative lumbar scoliosis [J]. *Spine*, 2010, 35 (17): 1595-1601.
5. Upasani VV, Tis J, Bastrom T, et al. Analysis of sagittal alignment in thoracic and thoracolumbar curves in adolescent idiopathic scoliosis: how do these two curve types differ [J]. *Spine*, 2007, 32(12): 1355-1359.
6. Mac-Thiong JM, Berthonnaud E, Dimar JR 2nd, et al. Sagittal alignment of the spine and pelvis during growth[J]. *Spine*, 2004, 29(15): 1642-1647.
7. Mac-Thiong JM, Labelle H, Berthonnaud E, et al. Sagittal spinopelvic balance in normal children and adolescents[J]. *Eur Spine J*, 2007, 16(2): 227-234.
8. Mac-Thiong JM, Roussouly P, Berthonnaud E, et al. Age- and sex-related variations in sagittal sacropelvic morphology and balance in asymptomatic adults[J]. *Eur Spine J*, 2011, 20 (Suppl 5): 572-577.
9. Mac-Thiong JM, Labelle H, Roussouly P. Pediatric sagittal alignment[J]. *Eur Spine J*, 2011, 20(Suppl 5): 586-590.
10. 范国明, 陈其昕, 龚遂良, 等. 影响正常人群骨盆入射角调节脊柱骨盆矢状面平衡的因素 [J]. *中国临床解剖学杂志*, 2010, 28(04): 409-412.
11. 殷刚, 邱勇, 孙旭, 等. 不同上肢体位对正常人和青少年特发性脊柱侧凸患者站立位脊柱矢状面形态的影响[J]. *中华骨科杂志*, 2008, 28(9): 726-730.
12. Mac-Thiong JM, Roussouly P, Berthonnaud E, et al. Sagittal parameters of global spinal balance: normative values from a prospective cohort of seven hundred nine Caucasian asymptomatic adults[J]. *Spine*, 2010, 35(22): E1193-1198.
13. Mendoza-Lattes S, Ries Z, Gao Y, et al. Natural history of spinopelvic alignment differs from symptomatic deformity of the spine[J]. *Spine*, 2010, 35(16): E792-798.
14. Janssen MM, Drevelle X, Humbert L, et al. Differences in male and female spino-pelvic alignment in asymptomatic young adults: a three-dimensional analysis using upright low-dose digital biplanar X-rays[J]. *Spine*, 2009, 34(23): E826-832.
15. 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.
16. Vialle R, Levassor N, Rillardon L, et al. Radiographic analysis of the sagittal alignment and balance of the spine in asymptomatic subjects[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2005, 87(2): 260-267.
17. Mao SH, Li HB, Jiang J, et al. An updated analysis of pubertal linear growth characteristics and age at menarche in ethnic Chinese[J]. *Am J Hum Biol*, 2011, 23(1): 132-137.
18. Ma'aji SM, Adetiloye VA, Ayoola OO. Normal pelvic dimensions of Nigerian women in Ile Ife by computed tomographic pelvimetry[J]. *Niger Postgrad Med J*, 2007, 14 (2): 109-113.
19. Le Huec JC, Aunoble S, Philippe L, et al. Pelvic parameters: origin and significance[J]. *Eur Spine J*, 2011, 20(Suppl 5): 564-571.
20. 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.

(收稿日期: 2012-05-03 修回日期: 2012-07-03)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 李伟霞)