

临床论著

应用骶骨-股骨头-耻骨角预测骨盆倾斜角的可行性

胡 俊, 钱邦平, 邱 勇, 王 斌, 俞 扬, 朱泽章, 刘 臻, 蒋 军

(南京大学医学院附属鼓楼医院脊柱外科 210008 南京市)

【摘要】目的:探讨骨盆冠状面参数骶骨-股骨头-耻骨角(sacro-femoral-pubic angle, SFP)用于计算中国汉族成人骨盆倾斜角(pelvic tilt, PT)的可行性。**方法:**本组研究对象为 37 例中国汉族正常成人(男 16 例, 女 21 例), 平均年龄 32.6 岁(18~55 岁), 分为 A 组(男性, 16 例)和 B 组(女性, 21 例)。均有站立位全脊柱正侧位 X 线片(包含骨盆和髋臼), 在冠状面和矢状面上均能清晰显示脊柱和骨盆骨性标志。通过 Image-Pro Plus 6.0 图像分析软件测量 PT、SFP 和骶骨倾斜角(sacral slope, SS); 采用 SPSS 16.0 软件对 PT 和 SFP 进行相关性分析, 并作 SFP 和 PT 的线性回归分析。**结果:**37 例正常中国汉族成人中, 平均 SFP 为 $69.6^{\circ} \pm 5.5^{\circ}$ ($57.8^{\circ} \sim 77.2^{\circ}$), 平均 PT 为 $9.8^{\circ} \pm 5.5^{\circ}$ ($2.3^{\circ} \sim 22.6^{\circ}$), 平均 SS 为 $31.1^{\circ} \pm 10.1^{\circ}$ ($22.1^{\circ} \sim 46.7^{\circ}$)。SFP 和 PT 有显著相关性, Pearson 相关系数为 0.824 ($P < 0.001$)。通过线性回归分析, PT 可以通过简化公式进行计算: $PT = 78 - SFP$, 在 $\pm 4.5^{\circ}$ 范围内, 公式预测能力为 78.4%。A 组的 SFP 与 PT 相关性及其公式预测能力比 B 组更好(A 组: $r = 0.856$, 预测能力 81.3%; B 组: $r = 0.738$, 预测能力 76.2%)。**结论:**在中国汉族成人中, 当侧位 X 线片上股骨头显示不清, 准确测量 PT 较困难时, 可以通过公式用冠状面 SFP 角来计算矢状面 PT 值。

【关键词】 脊柱; 矢状面; 骨盆参数; 骨盆倾斜角

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2013.12.03

中图分类号: R322.7, R814.4 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2013)-12-1068-06

Feasibility of using sacro-femoral-pubic angle to estimate pelvic tilt/HU Jun, QIAN Bangping, QIU Yong, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2013, 23(12): 1068-1073

【Abstract】Objectives: To investigate the reliability of sacro-femoral-pubic angle(SFP) in estimating pelvic tilt(PT) in adults of Chinese Han nationality. **Methods:** Thirty-seven normal adults of Chinese Han nationality (21 females and 16 males) with a mean age of 32.6 years (range, 18-55 years) were included in this study. Subjects were divided into group A(16 males) and group B(21 females). Full-length antero-posterior and lateral spine radiographs were available and all spinal and pelvic anatomic landmarks (pelvis and femoral heads) were identified. PT, SFP, and sacral slope(SS) were calculated by validated digital analysis software(Image-Pro Plus 6.0). The correlation between SFP angle and pelvic tilt was evaluated by Pearson coefficient, followed by the linear regression analysis between SFP and PT. **Results:** The average SFP, PT, and SS was $69.6^{\circ} \pm 5.5^{\circ}$ (range, $57.8^{\circ} \sim 77.2^{\circ}$), $9.8^{\circ} \pm 5.5^{\circ}$ (range, $2.3^{\circ} \sim 22.6^{\circ}$), and $31.1^{\circ} \pm 10.1^{\circ}$ (range, $22.1^{\circ} \sim 46.7^{\circ}$), respectively. Significant correlation between SFP and PT was observed and the Pearson's correlation coefficient was 0.824 ($P < 0.001$). According to the linear regression analysis, PT could be estimated by the formula: $PT = 78 - SFP$, and in the range of $\pm 4.5^{\circ}$, the predictive potential of the formula was 78.4%. The correlation and predictive potential of group A was better than that of group B(group A: $r = 0.856$ and predictive potential=81.3%; group B: $r = 0.738$ and predictive potential=76.2%). **Conclusions:** By the above mentioned formula, the PT value in the sagittal plane can be calculated based on the SFP value when it is difficult to be accurately measured due to the poor visualization of the femur heads in adults of Chinese Han nationality.

【Key words】 Spine; Sagittal; Pelvic parameter; Pelvic tilt

【Author's address】 Spine Surgery, the Affiliated Drum Tower Hospital of Nanjing University Medical School, Nanjing, 210008, China

基金项目: 江苏省自然科学基金(编号: BK 2011092); 南京市卫生局重点项目(编号: YYK05096); 江苏省重点项目(编号: BJ98025)

第一作者简介: 男(1985-), 医学硕士, 研究方向: 脊柱外科

电话: (025)68182202 E-mail: hujunbj@163.com

通讯作者: 钱邦平 E-mail: qiangbangping@163.com

在成人脊柱畸形患者的临床评估中, 脊柱-骨盆的复合平衡越来越受到重视, 其评估参数包括脊柱参数和骨盆参数^[1-6]。骨盆位于脊柱与远端肢体之间, 是脊柱-骨盆复合平衡的关键部位, 能调节躯体整体平衡。Duval-Beaupere 等描述了三个骨盆参数: 骨盆投射角 (pelvic incidence, PI)、骨盆倾斜角 (pelvic tilt, PT) 和骶骨倾斜角 (sacral slope, SS)^[7], 其中 PT 的大小反映了骨盆旋转的程度。但 PT 的准确测量依赖于站立位全脊柱侧位片上双侧股骨头中心和骶骨上终板的清晰定位。在患者有骨性结构病变 (骨质疏松、骨赘形成、骨性融合和骨侵蚀等) 的情况下, 侧位片上股骨头的位置显示不清, 难以准确地测量 PT。Blonde 等^[8]提出运用骨盆冠状面的骶骨-股骨头-耻骨角 (sacro-femoral-pubic angle, SFP) 计算 PT, 并认为该方法具有良好的准确性和可靠性。国内未见运用 SFP 对 PT 进行计算和验证的报道。本研究通过分析中国汉族正常成人中 SFP 与 PT 的相关性, 探讨应用 SFP 对 PT 进行计算的准确性和可靠性, 在 PT 测量困难时对 PT 进行推算, 而评估其脊柱-骨盆复合平衡。

1 资料和方法

1.1 一般资料

2009 年 12 月~2012 年 1 月, 我院脊柱外科门诊就诊, 进行脊柱侧凸排查的成年人。入选标准: (1) 年龄 18~55 岁; (2) 所有研究对象均有站立位全脊柱正侧位片, 正侧位片上脊柱、骨盆骨性标志 (双侧股骨头、骶骨上终板、耻骨联合) 清晰。排除标准: 脊柱、髋关节或骨盆外伤或手术病史。37 例中国汉族成人被纳入本研究, 其中男 16 例 (43.2%), 女 21 例 (56.7%), 平均年龄 32.6 岁 (18~55 岁)。对男女性研究对象进行分组, A 组为男性 (16 例), 平均年龄为 33.5 岁 (21~55 岁); B 组为女性 (21 例), 平均年龄 30.8 岁 (18~54 岁)。

1.2 影像学测量

所有测量均在站立位全脊柱正侧位 X 线片上进行。SFP 的测量方法^[8] (图 1a): 正位片上, S1 上终板中点与一侧髋臼中心点的连线 (a) 和一侧髋臼中心点与耻骨联合上缘连线 (b) 的夹角, 同时测量左右侧 SFP。PT 的测量方法^[7] (图 1b): 侧位片上, S1 上终板中点和两侧股骨头连线中点的连线与两侧股骨头连线中点垂线的夹角。SS 的测量方

法^[7] (图 1c): 侧位片上, S1 上终板的平行线和水平线的夹角。骨盆左右不对称性评价^[9] (图 1d): 正位片上, 根据 S1 上终板中点的投影在两侧髋臼中心连线上的位置进行评估 (S1 上终板中点投影到两侧髋臼中心的连线上, 若投影点在该连线中点左右 10% 范围以内, 视为无显著骨盆左右不对称)。

1.3 统计分析

采用 SPSS 软件 (SPSS 16.0, Chicago, IL, USA) 进行数据分析, 采用配对 *t* 检验分析左右 SFP, 运用 Pearson 相关性分析, 分析 SFP 和 PT 的相关性, 并对其进行线性回归分析, 得出回归方程, 并简化得出运用 SFP 计算 PT 的公式。通过性别亚组分析性别对 PT、SS 和 SFP 的影响, $P < 0.05$ 有显著意义。在 $\pm 4.5^\circ$ 范围内评价公式预测能力。通过阳性、阴性预测值评价公式的预测准确性。

2 结果

本组 37 例正常中国成人均无显著骨盆左右不对称。37 例研究对象影像学测量结果见表 1。左右侧 SFP 无统计学差异 ($P > 0.05$); A、B 两组间 PT、SS 和 SFP 均无统计学差异 ($P > 0.05$, 表 1)。

统计分析显示 SFP 和 PT 的 Pearson 相关系数为 0.824 ($P < 0.01$)。线性回归分析表明, PT 可以通过 SFP 计算 ($R^2 = 0.679$, 即 PT 每变化 1° , 其中有 67.9% 来源于 SFP 角的变化), 线性回归方程: $PT = 78 - 0.92 \times SFP$, 简化为: $PT = 78 - SFP$ (图 2)。结合公式 $PI = PT + SS$ ^[2], 可进一步求得公式 $PI = 78 - SFP + SS$ 。

公式预测能力: 通过简化公式计算预测 PT 值并与实际 PT 值进行比较, 预测值与实际值的差值在 $\pm 4.5^\circ$ 范围内有 29 例, 整体预测能力为 78.4%。其中 A 组预测值与实际值的差值在 $\pm 4.5^\circ$ 范围内的有 13 例, 预测能力 81.3%, B 组预测值与实际值的差值在 $\pm 4.5^\circ$ 范围内有 16 例, 预测能力 76.2%。预测能力 A 组比 B 组好 (表 2)。

公式预测准确性: 通过简化公式计算预测 PT, 以公式预测 $PT > 10^\circ$ 为阳性, $PT < 10^\circ$ 为阴性^[9]。公式预测 $PT > 10^\circ$, 该值与实际 PT 相一致, 即实际 $PT > 10^\circ$ 的概率是 80.9%, 表明阳性预测值为 80.9%。公式预测 $PT < 10^\circ$, 该值与实际 PT 相一致, 即实际 $PT < 10^\circ$ 的概率是 75%, 表明阴性预测值为 0.75。本组研究对象中, 7 例不能通过公式的预测得到与实际相一致的 PT, 其中男性 2 例, 女性 5 例, 平

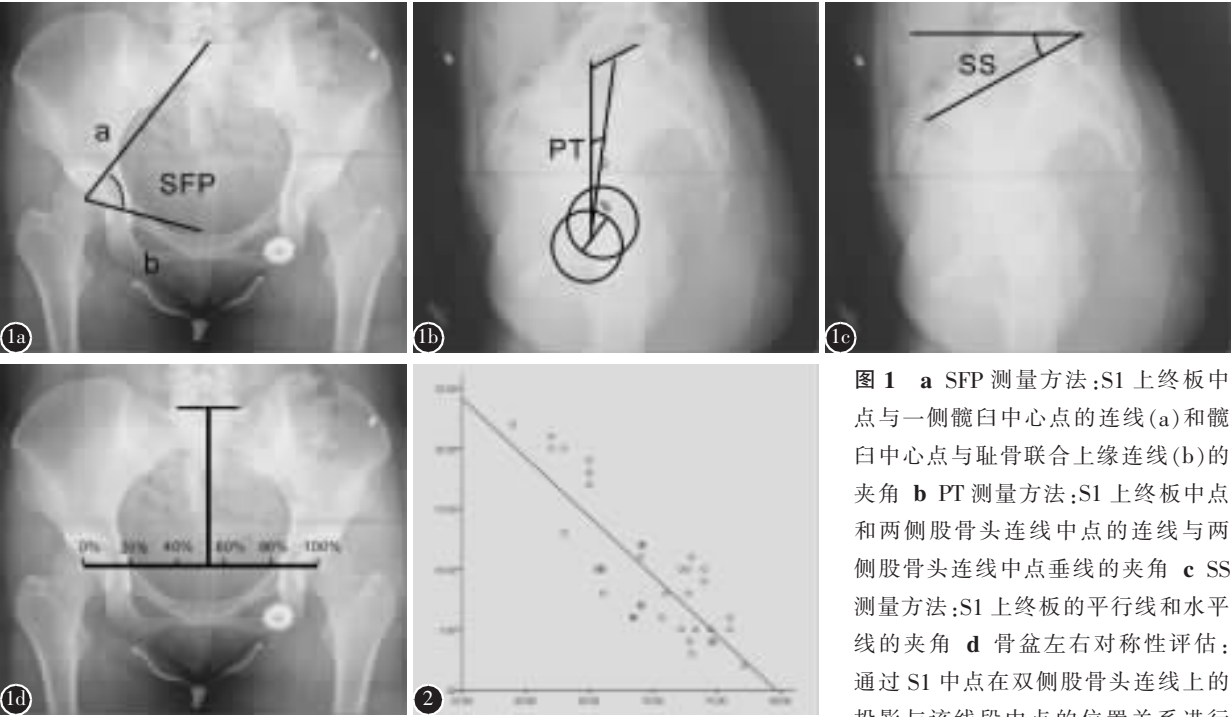


图 1 a SFP 测量方法: S1 上终板中点与一侧髋臼中心点的连线(a)和髋臼中心点与耻骨联合上缘连线(b)的夹角 b PT 测量方法: S1 上终板中点和两侧股骨头连线中点的连线与两侧股骨头连线中点垂线的夹角 c SS 测量方法: S1 上终板的平行线和水平线的夹角 d 骨盆左右对称性评估: 通过 S1 中点在双侧股骨头连线上的投影与该线段中点的位置关系进行

评估 图 2 线性回归分析显示 PT 与 SFP 角显著相关($r=0.824, R^2=0.679$)

Figure 1 a The SFP angle was measured as the angle between the line a and the line b (the line a connected the midpoint of the upper sacral endplate to the center of one acetabula and the line b linked the center of one acetabula and the upper midpoint of the pubic symphysis). b The PT was measured as the angle between the vertical line and the line connecting the midpoint of the sacral plate to the axis of the femoral head. c The SS was defined as the angle between the horizontal and the sacral plate. d The projection of the center of S1 on the segment formed by the two centers of the acetabula was used to evaluate the pelvic asymmetry. Figure 2 Linear regression model showing correlation between PT and SFP angles($r=0.824, R^2=0.679$)

均误差为 5.5°。

3 讨论

3.1 脊柱-骨盆复合平衡评估和骨盆参数的临床意义

越来越多的研究表明, 脊柱-骨盆矢状面平衡在成人脊柱畸形患者临床评估及手术策略制定

表 1 A、B 两组研究对象的 PT、SS 和 SFP 角
Table 1 PT values, SS values, and SFP angles in group A and group B

	例数(n)	PT(°)	SS(°)	SFP(°)
A组(男性) Group A (male)	16	10.1±6.7	30.5±10.6	69.1±5.6
B组(女性) Group B (female)	21	9.6±4.6	31.6±10.0	69.9±3.9
总体 Total	37	9.8±5.5	31.1±10.1	69.6±5.5

注: A、B 两组测量参数间无统计学差异 ($P>0.05$)
Note: No statistical differences ($P>0.05$) were observed between measurements in group A and group B

中起重要作用^[9-12]。脊柱-骨盆矢状面失衡可导致躯干前倾、行走困难和顽固性腰痛, 严重影响患者生活质量, 而矢状面平衡的重建与手术疗效密切相关。成人脊柱畸形的矢状面平衡不仅取决于脊柱矢状面形态, 还包括位于脊柱与远端肢体之间

表 2 SFP 角和 PT 相关性及其公式对 PT 的预测能力
Table 2 The correlation between SFP angle and PT value and the predictive ability of the formula

	A组(男性) Group A (male)	B组(女性) Group B (female)	总体 Total
例数(n)	16	21	37
Pearson 相关系数 Pearson coefficient(r)	0.856 ($P<0.001$)	0.738 ($P<0.001$)	0.824 ($P<0.001$)
线性预测模型 Linear predictive model	81.3% (±4.5°)	76.2% (±4.5°)	78.4% (±4.5°)
简化公式预测 PT 值 Predictive value with simplified formula(°)	9.9	9.1	9.4

并能调节躯体整体平衡的骨盆,它是矢状面平衡的关键部位。Duval-Beaupere 等^[7]提出了三个描述骨盆矢状面的参数,包括解剖参数 PI 和位置参数 PT、SS,其中 PT 对于矢状面平衡和临床评估具有重要价值。PT 的大小反应了骨盆的位置状态,其改变反应了骨盆对脊柱畸形的代偿(PT 增大说明骨盆后旋,PT 减小说明骨盆前旋)。在成人退变性脊柱畸形患者中,随年龄的增长,腰椎前凸丢失、平背畸形致矢状面失衡,为了代偿这种不平衡,保持站立位的平衡,患者骨盆向后旋转(PT 增加),以达到正性平移脊柱的矢状面序列^[9]。当骨盆代偿至其代偿能力的极限后,患者髋关节过伸,膝关节屈曲以恢复直立姿势。但髋关节过伸和膝关节屈曲减少了患者行走时伸展储备能力,限制了下肢的有效移动。因此纠正 PT,改善髋关节伸展范围,对于恢复患者行走功能十分重要^[10-12]。此外,PT 还与脊柱畸形患者手术疗效显著相关。Lazennec 等^[13]研究了 81 例经腰骶融合术患者的术前、术后脊柱骨盆参数与术后残留性疼痛的相关性,发现术后 PT 大的患者,出现残留性疼痛的概率高。Lafage 等^[14]报道了 125 例成人脊柱畸形患者的研究结果,发现此类患者具有较大的 PT,并认为较大 PT 是骨盆对脊柱畸形的代偿性后旋造成的,且 PT 与生活质量显著相关,PT 增大的患者生活质量下降。

综上所述,PT 在术前评估、手术策略制定和手术疗效评估方面起重要作用。但临床上因患者的骨质改变和临床放射技术的限制,导致部分患者矢状面平片上股骨头位置显示不清,PT 测量困难,从而影响了临床评估,因此有必要寻找 PT 测量的可替代方法。

3.2 在中国汉族人群中用 SFP 计算 PT 的可行性

由于侧位片上骨盆骨性结构重叠、放射技术的限制,部分成人脊柱畸形患者 PT 测量存在困难。Blonde 等^[8]提出运用冠状面参数 SFP 角计算矢状面 PT 具有可行性。他们通过分析骨盆解剖标志的位置解释了 PT 与 SFP 角的相关性:骨盆入口为一个环形,骨盆入口由前方的耻骨联合、左右两侧的耻骨弓状线和后方的骶骨隆突共同构成。由于 SFP 角依赖于骨盆骨性标志,SFP 角和骨盆入口的冠状面投影均受到 PT 大小的影响(图 3)。当骨盆后旋时,PT 增加,骨盆入口的投影由一个类似圆形变成垂直扁平的椭圆形,而 SFP 角也

随之变小(图 3)^[8]。此外 SFP 角的大小还受骨盆左右不对称的影响。Badii 等^[16]研究了 323 个正常人的骨盆发现,5.3%的骨盆有 5 mm 以内的不对称,可见骨盆高度的不对称是少见的。Lucas 等^[17]在前后位的 X 线片上,通过计算冠状面上左右髋关节和髋前上嵴距离的比值来评价骨盆的不对称,发现左右骨盆无显著性差异。本研究通过分析髋骨中点在髋臼中心连线的投影来评估骨盆的左右对称情况,发现中国汉族正常成人骨盆无显著不对称。(S1 上终板中点的投影均在股骨头中心连线中点左右的 10%以内)(图 1d)

Blondel 等^[8]研究了 71 例成人(包括脊柱畸形和正常的高加索人)SFP 角和 PT 相关性,结果显示 SFP 角与 PT 显著相关,相关系数为 0.75。本研究亦显示在中国汉族正常成人中,SFP 角与 PT 显著相关,Pearson 相关系数为 0.824。本研究与 Blondel 等的研究相比,SFP 角与 PT 相关性更好,原因是本研究纳入对象为全部正常汉族成人,研究对象均一,骨盆形态结构无异常。Blondel 等^[8]通过线性回归分析得到回归方程,简化为 $PT=75-SFP$ 角,预测能力为 76%($\pm 7.5^\circ$)。本研究亦通过线性回归分析得到回归方程,并简化得出公式: $PT=78-SFP$ 角,其测能力为 78.4%($\pm 4.5^\circ$)。本研究在预测公式和预测能力上与 Blondel 等的研究结果具有可比性(本研究预测公式: $PT=78-SFP$ 角,预测能力 78.4%;Blondel 的预测公式: $PT=75-SFP$ 角,预测能力 76%),这可能与入选标准和种族差异相关。Blondel 等的研究对象是脊柱畸形患者和正常的高加索人,而本组研究对象是中国正常汉族成人,不同种族人群在矢状面形态存在差异,导致预测公式和预测能力有上述差别。诸多学者对不同种族正常人群的 PT、PI 和 SS 等骨盆参数进行了研究^[19,20]。Roussouly 等^[19]对 154 例无症状高加索人进行研究,发现 95%的正常人的 PI、PT 和 SS 值的范围分别为 $50.6^\circ \pm 5.2^\circ$ 、 $11.1^\circ \pm 5.8^\circ$ 和 $39.5^\circ \pm 7.6^\circ$ 。Lee 等^[20]研究了 86 名无症状正常韩国成人,结果表明其 PI、PT 和 SS 分别为 $47.8^\circ \pm 9.3^\circ$ 、 $11.5^\circ \pm 5.3^\circ$ 和 $36.3^\circ \pm 7.8^\circ$ 。本研究中,中国汉族成人的 PI、PT 和 SS 分别为 $41^\circ \pm 12.3^\circ$ 、 $9.8^\circ \pm 5.5^\circ$ 和 $31.1^\circ \pm 10.1^\circ$ 。可见不同的人群骨盆参数存在一定的差异,说明不同种族骨盆形态存在差异,这可以解释本研究的计算公式与 Blondel 等的公式具有细微差别的原因,但这种运用冠状面的

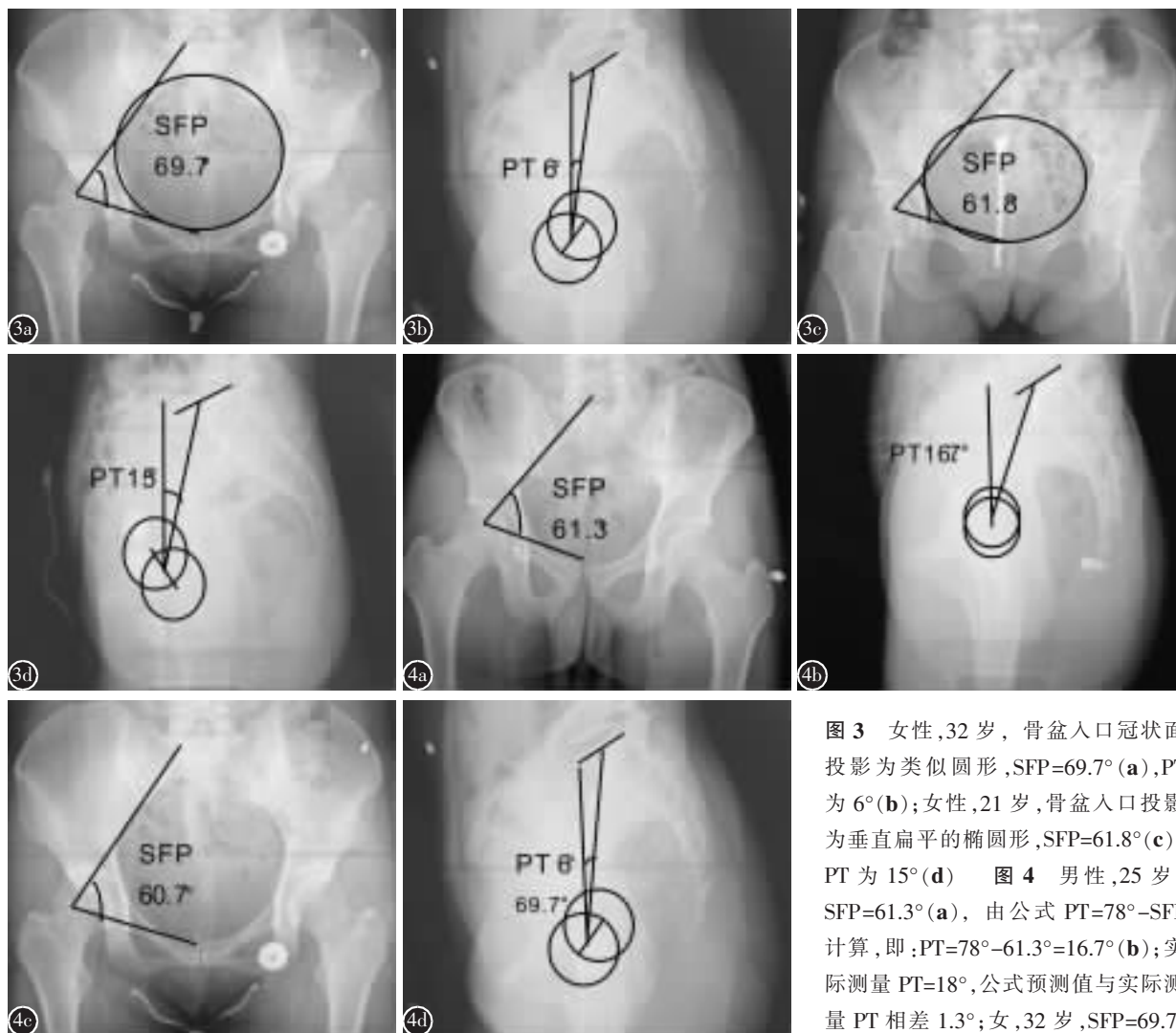


图3 女性,32岁,骨盆入口冠状面投影为类似圆形,SFP=69.7°(a),PT为6°(b);女性,21岁,骨盆入口投影为垂直扁平的椭圆形,SFP=61.8°(c),PT为15°(d) 图4 男性,25岁,SFP=61.3°(a),由公式 $PT=78^\circ-SFP$ 计算,即: $PT=78^\circ-61.3^\circ=16.7^\circ$ (b);实际测量 $PT=18^\circ$,公式预测值与实际测量 PT 相差1.3°;女,32岁,SFP=69.7°(c),由公式 $PT=78^\circ-SFP$ 计算,即:

$PT=78^\circ-69.7^\circ=8.3^\circ$;实际测量 $PT=6^\circ$ (d),公式预测值与实际测量 PT 相差2.3°

Figure 3 A 32-year-old female, with the coronal projection of pelvic inlet a slightly elliptical shape, $SFP=69.7^\circ$ (a), $PT=6^\circ$ (b); A 21-year-old female, with the coronal projection of pelvic inlet a vertically flattened elliptical, $SFP=61.8^\circ$ (c), $PT=15^\circ$ (d) **Figure 4** A 25-year-old male with the $SFP=61.3^\circ$ (a), the predicted PT value is 16.7° (b) calculated by the formula of $PT=78^\circ-SFP$, and the actual PT value is 18° , the D-value between the actual PT value and the predicted PT value is 1.3° ; A 32-year-old female with the $SFP=69.7^\circ$ (c), the predicted PT value is 8.3° calculated by the formula of $PT=78^\circ-SFP$, and the actual PT value is 6° (d), the D-value between the actual PT value and the predicted PT value is 2.3° .

SFP角估算 PT 的研究方法在中国汉族正常成人中是可行的。Blondel等^[8]及本研究结果均显示,男性比女性的相关性和预测准确性好,这种差异可能源于男女性骨盆形态的差异。Patriquin等^[18]研究了男女性骨盆的形态特征,发现男女性骨盆的耻骨和髂骨切形态有显著差异,依据骨盆形态就能够分辨性别。

本研究的局限性在于,仅测量了37例无症状

正常人X线片的SFP、PT,样本量尚显不足,在今后的研究中,需进一步扩大样本量,以期获得更精确的研究结果。

研究表明,在中国汉族成人中,当侧位X片上 PT 测量困难时,通过冠状面的SFP角可以有效评估 PT 。结合测量所得的SS,运用公式 $PI=PT+SS$,可以对 PI 进行准确估算。本研究首次在中国人中证实了可以通过SFP角对 PT 值进行估

算,为脊柱畸形患者开展此研究奠定了基础。下一步我们将在强直性脊柱炎胸腰椎后凸畸形和脊柱侧弯患者中验证 SFP 角对 PT 进行计算的可行性。

4 参考文献

1. Gracovetsky S, Kary M, Pitchen I, et al. The importance of pelvic tilt in reducing compressive stress in the spine during flexion-extension exercises [J]. *Spine*, 1989, 14(4): 412-416.
2. Qiu Y, Yin G, Cao XB. The influence of thoracic kyphosis on sagittal balance of the lumbosacral spine in thoracic idiopathic scoliosis patients[J]. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi*, 2008, 46(16): 1237-1240.
3. Schwab FJ, Farcy JP, Roye DP Jr. The sagittal pelvic tilt index as a criterion in the evaluation of spondylolisthesis: preliminary observations[J]. *Spine*, 1997, 22(14): 1661-1667.
4. 钱邦平, 季明亮, 邱勇, 等. 经椎弓根截骨对强直性脊柱炎胸腰椎后凸畸形脊柱-骨盆参数的影响[J]. *中华骨科杂志*, 2012, 32(5): 398-430.
5. Lee CS, Lee CK, Kim YT, et al. Dynamic sagittal imbalance of the spine in degenerative flat back: significance of pelvic tilt in surgical treatment[J]. *Spine*, 2001, 26(18): 2029-2035.
6. Qian BP, Wang XH, Qiu Y, et al. The influence of closing-opening wedge osteotomy on sagittal balance in thoracolumbar kyphosis secondary to ankylosing spondylitis: a comparison with closing wedge osteotomy[J]. *Spine*, 2012, 37(16): 1415-1423.
7. Duval-Beaupere G, Schmidt C, Cosson P. A Barycentremetric study of the sagittal shape of spine and pelvis: the conditions required for an economic standing position [J]. *Ann Biomed Eng*, 1992, 20(4): 451-462.
8. Blondel B, Schwab F, Patel A, et al. Sacro-femoral-pubic angle: a coronal parameter to estimate pelvic tilt[J]. *Eur Spine J*, 2012, 21(4): 719-724.
9. Boulay C, Tardieu C, Hecquet J, et al. Sagittal alignment of spine and pelvis regulated by pelvic incidence: standard values and prediction of lordosis [J]. *Eur Spine J*, 2006, 15(4): 415-422.
10. Mac-Thiong JM, Berthoinaud E, Dimar JR, et al. Sagittal alignment of the spine and pelvis during growth [J]. *Spine*, 2004, 29(15): 1642-1647.
11. Gottfried ON, Daubs MD, Patel AA, et al. Spinopelvic parameters in postfusion flatback deformity patients[J]. *Spine J*, 2009, 9(8): 639-647.
12. Schwab F, Lafage V, Patel A, et al. Sagittal plane considerations and the pelvis in the adult patient[J]. *Spine*, 2009, 34(17): 1828-1833.
13. Lazenec JY, Ramare S, Arafati N, et al. Sagittal alignment in lumbosacral fusion: relations between radiological parameters and pain[J]. *Eur Spine J*, 2000, 9(1): 47-55.
14. Lafage V, Schwab F, Patel A, et al. Pelvic tilt and truncal inclination: two key radiographic parameters in the setting of adults with spinal deformity [J]. *Spine*, 2009, 34(17): E599-E606.
15. Schwab F, Patel A, Ungar B, et al. Adult spinal deformity-postoperative standing imbalance: how much can you tolerate? An overview of key parameters in assessing alignment and planning corrective surgery [J]. *Spine*, 2010, 35 (25): 2224-2231.
16. Badii M, Shin S, Torreggiani WC, et al. Pelvic bone asymmetry in 323 study participants receiving abdominal CT scans [J]. *Spine*, 2003, 28(12): 1335-1339.
17. Lucas B, Asher M, Melff T, et al. Estimation of transverse plane pelvic rotation using a posterior-anterior radiograph [J]. *Spine*, 2005, 30(1): E20-E27.
18. Patriquin ML, Loth SR, Steyn M. Sexually dimorphic pelvic morphology in South African whites and blacks [J]. *Homo*, 2003, 53(3): 255-262.
19. Roussouly P, Gollogly S, Nosedà O, et al. The vertical projection of the sum of the ground reactive forces of a standing patient is not the same as the C7 plumb line: a radiographic study of the sagittal alignment of 153 asymptomatic volunteers[J]. *Spine*, 2006, 31(11): E320-325.
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, 36(25): E1648-654.

(收稿日期:2013-01-05 修回日期:2013-02-06)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 彭向峰)