

## · 临床研究 ·

## 青少年特发性脊柱侧弯 Cobb 角与直线棘突角相关性分析

应晓明<sup>1</sup>, 吕立江<sup>2</sup>, 张浩阳<sup>2</sup>, 潘英森<sup>2</sup>, 李帅林<sup>1</sup>, 李晓明<sup>1</sup>, 叶鑫<sup>1</sup>, 杨超<sup>1</sup>, 何丽兰<sup>3</sup>

(1. 浙江中医药大学附属第三医院推拿科, 浙江 杭州 310004; 2. 浙江中医药大学第三临床医学院, 浙江 杭州 310053; 3. 浙江中医药大学附属第三医院超声科, 浙江 杭州 310004)

**【摘要】** 目的: 分析轻中度青少年特发性脊柱侧弯 (adolescent idiopathic scoliosis, AIS) 患者 Cobb 角与 X 线片直线棘突角 (spinous process angle, SPA)、体表直线 SPA 相关性, 探讨直线 SPA 评估脊柱侧弯的可能性。方法: Cobb 角与 X 线片直线棘突角相关性研究为单中心回顾性研究, 纳入自 2019 年 1 月至 2021 年 12 月脊柱全长正位 X 线片的 AIS 患者, 测量患者直线 SPA 与 Cobb 角, 并对两者进行相关性分析。Cobb 角与体表直线 SPA 相关性研究为前瞻性研究, 纳入自 2022 年 12 月 1 日至 2022 年 12 月 9 日就诊的 AIS 患者, 测量 Cobb 角与站立位下体表直线 SPA, 并对两者进行相关性分析。结果: 回顾性研究中共纳入 113 例 AIS 患者, 男 26 例, 女 87 例, 年龄 10~18 (14.02±2.16) 岁; 轻度 AIS 患者 71 例, 中度 AIS 患者 42 例。AIS 患者 Cobb 角与直线 SPA 存在明显负相关 ( $r=-0.564, P<0.001$ ), 两者线性回归方程为: Cobb 角=169.444-0.878×SPA; 轻度侧弯患者 Cobb 角与直线 SPA 存在明显负相关 ( $r=-0.269, P=0.012$ ), 其线性回归方程为: Cobb 角=46.832-0.185×SPA; 中度侧弯患者 Cobb 角与直线 SPA 也具有明显相关性 ( $r=-0.417, P=0.003$ ), 其线性回归方程为: Cobb 角=113.889-0.516×SPA。前瞻性研究纳入 38 例患者, Cobb 角 11.3°~36.0° (18.70±6.98)°; 体表直线 SPA 162.1°~177.7° (170.34±4.57)°; 两者存在明显负相关 ( $r=-0.651, P<0.001$ ), 其线性回归方程为: Cobb 角=187.91-0.99×SPA。结论: X 线片直线 SPA、体表直线 SPA 与 Cobb 角均呈明显负相关, 其相关程度略低于曲线 SPA, 为中等强度相关; 两者回归方程拟合性欠佳, 不适合用于脊柱侧弯的诊断; 但是直线 SPA 可能适合用于评估自身对照的治疗效果以及脊柱柔韧性。

**【关键词】** 青少年特发性脊柱侧弯; 棘突角; Cobb 角; 相关性分析

中图分类号: R682.3

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2023.10.008

开放科学 (资源服务) 标识码 (OSID):

**Correlation analysis of Cobb angle and linear spinous process angle in adolescent idiopathic scoliosis**

YING Xiao-ming<sup>1</sup>, LYU Li-jiang<sup>2</sup>, ZHANG Hao-yang<sup>2</sup>, PAN Ying-sen<sup>2</sup>, LI Shuai-lin<sup>1</sup>, LI Xiao-ming<sup>1</sup>, YE Xin<sup>1</sup>, YANG Chao<sup>1</sup>, HE Li-lan<sup>3</sup> (1. Tuina Department, the 3rd Hospital Affiliated to Chejiang University of Traditional Chinese Medicine, Hangzhou 310004, Zhejiang, China; 2. The 3rd Clinical Medical College of ZCMU, Hangzhou 310053, Zhejiang, China; 3. Ultrasonic Department, the 3rd Hospital Affiliated to Chejiang University of Traditional Chinese Medicine, Hangzhou 310004, Zhejiang, China)

**ABSTRACT Objective** To analyze the correlation between Cobb angle and spinous process angle (SPA) on X-ray film and body surface in patients with mild to moderate adolescent idiopathic scoliosis (AIS). To explore the possibility of linear SPA to assess scoliosis. **Methods** Retrospective study for correlation of Cobb angle and linear SPA on X-ray film. AIS patients treated and taken full spine anteroposterior X-ray from January 2019 to December 2021 were analyzed correlation of Cobb angle and linear SPA on X-ray film. Prospective study for correlation of Cobb angle and body linear SPA. AIS patients treated and taken full spine anteroposterior X-ray from December 1 to December 9 this year were analyzed correlation of Cobb angle and body linear SPA. **Results** A total of 113 AIS patients with age an average of (14.02±2.16) years old (ranged from 10 to 18 years old) were recruited in retrospective study, involving 26 males and 87 females; there were 71 patients with mild AIS and 42 patients with moderate AIS. Cobb angle in AIS patients was significantly inversely associated with SPA ( $r=-0.564, P<0.001$ ), the linear regression equation was: Cobb angle=169.444-0.878×SPA. Cobb angles in patients with mild scoliosis were significantly and inversely associated with SPA ( $r=-0.269, P=0.012$ ), the linear regression equation was: Cobb angle=46.832-0.185×SPA. Cobb

基金项目: 2022 年度浙江省“尖兵”“领雁”研发攻关计划项目 (编号: 2022C03123); 2021 年浙江省中青年名中医项目 (编号: sjzqn202106); 2023 年度浙江省中医药科技计划项目 (编号: 2023ZF024)

Fund program: Project of Research and Development of "Jianbing" "Lingyan" in Zhejiang Province in 2022 (No. 2022C03123)

通讯作者: 何丽兰 E-mail: 1527784869@qq.com

Corresponding author: HE Li-lan E-mail: 1527784869@qq.com

angles in patients with moderate scoliosis were also clearly correlated with SPA ( $r=-0.417, P=0.003$ ), the linear regression equation was: Cobb angle= $113.889-0.516 \times \text{SPA}$ . Thirty-eight patients were recruited in prospective study. The mean Cobb angle and body linear SPA were  $(18.70 \pm 6.98)^\circ$ , ranged from  $11.3^\circ$  to  $36.0^\circ$  and  $(170.34 \pm 4.57)^\circ$ , ranged from  $162.1^\circ$  to  $177.7^\circ$  respectively. There was significantly negative correlation ( $r=-0.651, P<0.001$ ), the linear regression equation is: Cobb angle= $187.91-0.99 \times \text{SPA}$ . **Conclusion** Linear SPA on X-ray film or on the body was significantly negatively correlated with Cobb angles, but the regression equation fits poorly, so it's not suitable for diagnosis of scoliosis; however, linear SPA is appropriate for self-controlled assessment of scoliotic therapy or for dynamic assessment of spinal flexibility.

**KEYWORDS** Adolescent idiopathic scoliosis; Spinous process angle; Cobb angle; Correlation analysis

Cobb 角是影像学诊断脊柱侧弯的金标准,也是临床确定治疗方案最主要的参考指标。由于 Cobb 角是通过测量上下端椎体终板的水平线而得,HERZENBERG 等<sup>[1]</sup>认为 Cobb 角测量的只是椎体前部畸形,并不能反映脊柱后部畸形情况;因此提出了棘突角 (spinous process angle, SPA) 的概念,也就是通过连接棘突尖而形成一条连续曲线,该曲线可以用于获得曲率测量值,从而得到棘突角数值;并认为 SPA 与 Cobb 角相比,SPA 能够更好地反映脊柱后畸形的情况。由于通过连接曲线得到棘突角的方法较为复杂,本研究把上端椎棘突尖与顶椎棘突尖连成一条线,下端椎棘突尖也与顶椎棘突尖连成一线,此二线夹角称为直线 SPA;分别对青少年特发性脊柱侧弯 (adolescent idiopathic scoliosis AIS) 患者的 X 线片直线 SPA 与 Cobb 角相关性以及体表直线 SPA 与 Cobb 角相关性进行分析,报道如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 病例选择

纳入标准:(1)参照国际脊柱侧弯矫形与康复治疗学会 2016 年生长期特发性脊柱侧弯矫形与康复指南的诊断标准<sup>[2]</sup>。(2)年龄 10~18 岁。(3)行脊柱全长正位 X 线检查。(4) $10^\circ \leq \text{Cobb 角} < 45^\circ$ 。

排除标准:(1)先天性或任何其它明确病因引起的脊柱继发性侧弯。(2)既往有脊柱手术史。(3)脊柱肿瘤、结核等病史。(4)年龄 $<10$ 岁及年龄 $>18$ 岁。(5)Cobb 角 $\geq 45^\circ$ 者。侧弯程度分级标准:轻度侧弯, $10^\circ \leq \text{Cobb 角} < 25^\circ$ ;中度侧弯, $25^\circ \leq \text{Cobb 角} < 45^\circ$ 。

### 1.2 一般资料

本研究分为两部分,第 1 部分为 Cobb 角与 X 线片直线 SPA 相关性分析。根据以上病例选择标准,选取 2019 年 1 月至 2021 年 12 月就诊并拍摄脊柱全长正位 X 线片 136 例轻中度 AIS 患者,其中 23 例由于上、下端椎或者顶椎棘突不够清晰,未能得到棘突角,最后纳入 113 例 AIS 患者,男 26 例,女 87 例。第 2 部分为 Cobb 角与体表直线 SPA 相关性分析,根据以上病例选择标准,选取 2022 年 12 月至 2022 年 12 月就诊的 AIS 患者共 38 例,男 12 例,女 26 例。本研究通过浙江中医药大学附属第三医院伦

理委员会审批(批号:ZSLLKY-2017-045)。

### 1.3 观察项目

纳入对象均摄站立位脊柱全长正位 X 线片, Cobb 角与 X 线片直线 SPA 指标均在 Surgimap 软件上测量得到。X 线片直线 SPA 测量方法:上端椎棘突尖与顶椎棘突尖连成一条线,下端椎棘突尖也与顶椎棘突尖连成一线,此二线夹角。X 线片直线 SPA 在脊柱全长正位片上测量,见图 1。体表直线 SPA 测量方法:患者站立位,根据脊柱全长正位片获得上、下端椎以及顶椎,在患者背部脊柱找到相应椎体棘突尖并做标记,连成直线后得到夹角,见图 2。Cobb 角与直线 SPA 均分别由 2 位人员测量,取其平均值。

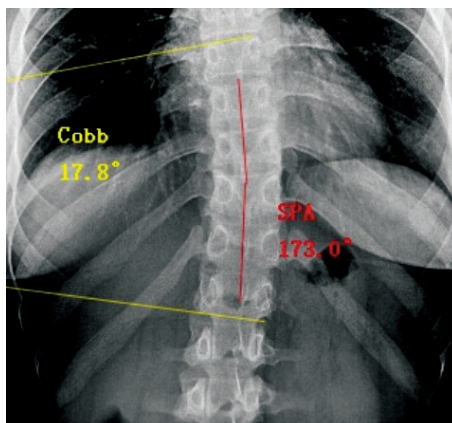


图 1 Cobb 角与 X 线片直线 SPA 测量

Fig.1 Method measuring Cobb angle and linear SPA

### 1.4 统计学处理

应用 SPSS 18.0 软件进行统计分析,定量资料以均数 $\pm$ 标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示,组间比较采用独立样本  $t$  检验。采用 Pearson 相关性评估 Cobb 角与直线 SPA 的相关性,并采用线性相关及 Logistic 回归分析绘制曲线拟合图。检验水准  $\alpha$  取值 0.05。以  $P<0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 一般情况

第 1 部分研究纳入 113 例 AIS 患者,男 26 例,女 87 例,年龄 10~18 ( $14.02 \pm 2.16$ ) 岁;Cobb 角  $10^\circ \sim$



图 2 体表直线 SPA 测量

Fig.2 Method measuring linear SPA on body

39.8° (19.64±7.35)°, SPA 值 153.6°~178.0° (170.55±4.72)°。轻度 AIS 患者 71 例,其中男 17 例,女 54 例;中度 AIS 患者 42 例,其中男 9 例,女 33 例。轻度患者与中度患者之间 Cobb 角比较,差异具有统计学意义 ( $P<0.001$ );通过比较两者之间的 SPA,也证实差异具有统计学意义 ( $P<0.001$ )。见表 1。

表 1 不同程度青少年特发性脊柱侧弯患者 Cobb 角与 X 线片直线棘突角比较 ( $\bar{x}\pm s$ )

**Tab.1 Comparison of Cobb angle and X-ray linear SPA in patients with AIS of different degree ( $\bar{x}\pm s$ )** 单位:°

组别	例数	Cobb 角	SPA
轻度患者	71	15.03±2.49	172.25±3.64
中度患者	42	27.44±6.16	167.68±4.99
<i>t</i> 值		-12.46	5.17
<i>P</i> 值		<0.001	<0.001

第 2 部分研究纳入 38 例 AIS 患者,男 12 例,女 26 例;年龄 10~18 (14.13±2.06) 岁。Cobb 角 11.3°~36.0° (18.70±6.98)°;体表直线 SPA 值 162.1°~177.7° (170.34±4.57)°。见表 2。

表 2 不同程度青少年特发性脊柱侧弯患者 Cobb 角与体表直线棘突角比较 ( $\bar{x}\pm s$ )

**Tab.2 Comparison of Cobb angle and body surface linear SPA in patients with AIS of different degree ( $\bar{x}\pm s$ )** 单位:°

组别	例数	Cobb 角	SPA
轻度患者	29	15.26±2.69	172.03±3.68
中度患者	9	29.79±4.28	164.91±2.40
<i>t</i> 值		-9.61	6.76
<i>P</i> 值		<0.001	<0.001

## 2.2 Cobb 角与 X 线片直线 SPA 的相关性分析

113 例 AIS 患者 Cobb 角与 X 线片直线 SPA 相关分析散点图,见图 3,两者存在明显负相关 ( $r=-0.564, P<0.001$ )。不同侧弯程度 Cobb 角与 SPA 相关分析散点图,见图 4、图 5;从图 4 可见,轻度侧弯患者 Cobb 角与 X 线片直线 SPA 存在明显负相关 ( $r=-0.269, P=0.012$ );从图 5 可见,中度侧弯患者 Cobb 角与 X 线片直线 SPA 也具有明显相关性 ( $r=-0.417, P=0.003$ )。

线性回归分析发现,在 AIS 患者中,Cobb 角与 X 线片直线 SPA 呈线性关系 ( $R^2=0.318$ ),两者线性回归方程为:Cobb 角=169.444-0.878×SPA。进一步进行不同程度侧弯相关分析,在轻度侧弯与中度侧弯 AIS 患者中,两者均存在线性关系 ( $R^2=0.072, R^2=0.174$ ),其线性回归方程分别为:Cobb 角=46.832-0.185×SPA 与 Cobb 角=113.889-0.516×SPA,具体回归分析结果见表 3。

表 3 青少年特发性脊柱侧弯患者 Cobb 角与 X 线片直线棘突角测量值的线性回归分析结果

Tab.3 Linear regression analysis results of Cobb angle and linear SPA in AIS patients

影像因素	回归系数	标准误	$R^2$ 值	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
全部患者			0.318		
常量	169.444	20.837		8.132	<0.001
棘突角	-0.878	0.122		-7.192	<0.001
轻度患者			0.072		
常量	46.832	13.702		3.418	0.001
棘突角	-0.185	0.080		-2.321	0.023
中度患者			0.174		
常量	113.889	29.786		3.824	<0.001
棘突角	-0.516	0.178		-2.904	0.006

## 2.3 Cobb 角与体表直线 SPA 的相关性分析

AIS 患者 Cobb 角与体表直线 SPA 相关分析散点图,见图 6,两者存在明显负相关 ( $r=-0.651, P<0.001$ )。线性回归分析发现,在 AIS 患者中,Cobb 角与体表直线 SPA 呈线性关系 ( $R^2=0.423$ ),两者线性回归方程为:Cobb 角=187.91-0.99×SPA。

## 3 讨论

### 3.1 Cobb 角与直线 SPA 相关性

通过测量脊柱全长正位 X 线片上连接棘突尖而形成连续曲线的曲率而得到的棘突角,最早被用于脊柱侧弯患者后畸形的评估;同时认为棘突角可以帮助解释使用脊柱后部装置手术植入治疗脊柱侧弯的局限性,并可以用做侧弯评估体表测量方法<sup>[1]</sup>。近年来,人们对于医学相关辐射性伤害越来越重视,

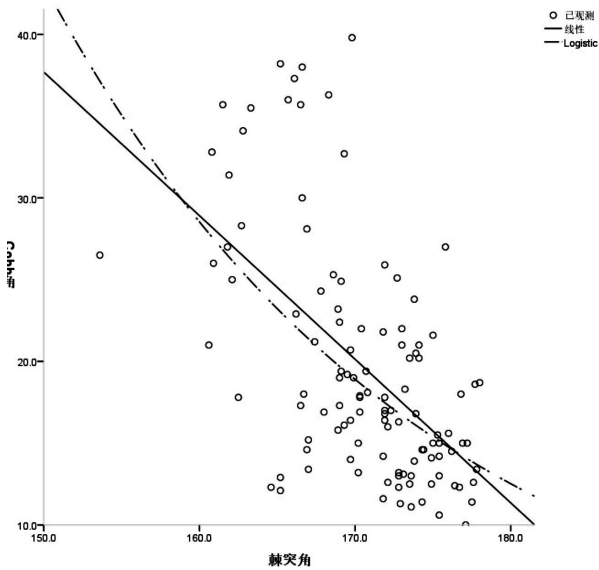


图 3 AIS 患者 Cobb 角与 X 线片直线 SPA 线性相关及 Logistic 回归分析曲线拟合图

Fig.3 Linear correlation and Logistic Regression analysis curve fitting plot between Cobb angle and linear SPA in AIS patients

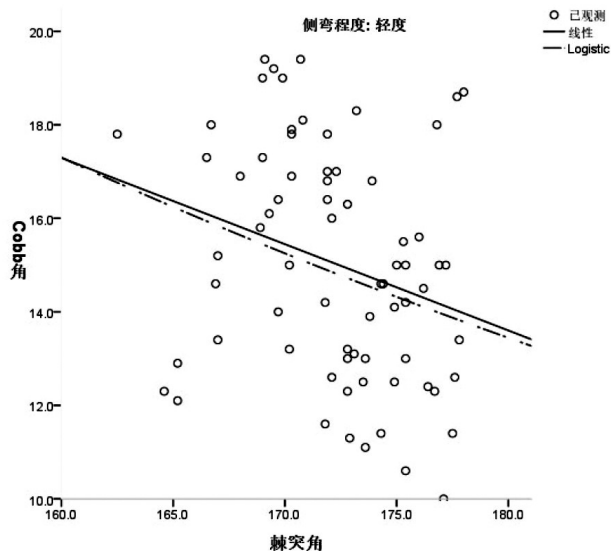


图 4 轻度 AIS 患者 Cobb 角与 X 线片直线 SPA 线性相关及 Logistic 回归分析曲线拟合图

Fig.4 Linear correlation and Logistic Regression analysis curve fitting plot between Cobb angle and linear SPA in mild AIS patients

AIS 作为一种慢性疾病，需要在青春期进行反复的影像学检查进行监测，以观察侧弯程度的改变或治疗效果。MORIN 等<sup>[3]</sup>在 2000 年已经报道了 1912 年至 1965 年期间诊断为特发性脊柱侧弯 5 573 例患者，每人平均经受了 25 次放射成像检查，发现乳腺癌死亡率增加(77 人，预期为 45.6 人)。NASH 等<sup>[4]</sup>证明，13 例密尔沃基支具治疗的特发性脊柱侧弯患者在 3 年内进行了 22 次放射学检查，由于辐射剂量的累积使乳腺癌风险增加了 110%。正因为辐射的影

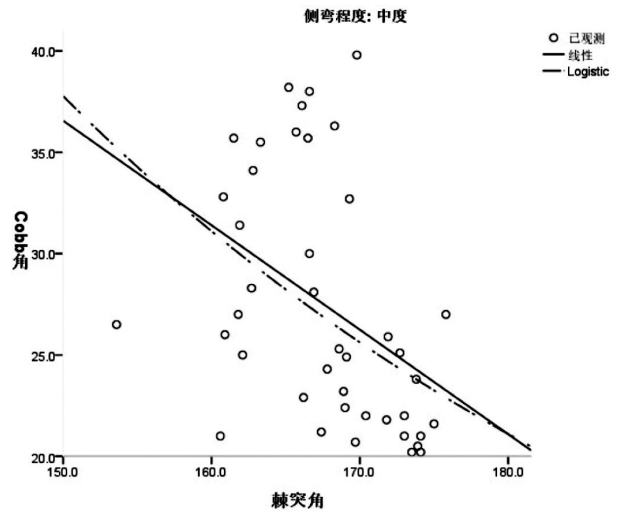


图 5 中度 AIS 患者 Cobb 角与 X 线片直线 SPA 线性相关及 Logistic 回归分析曲线拟合图

Fig.5 Linear correlation and Logistic Regression analysis curve fitting plot between Cobb angle and linear SPA in moderate AIS patients

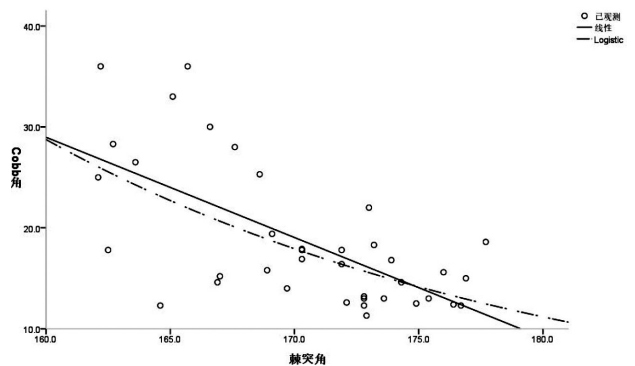


图 6 AIS 患者 Cobb 角与体表直线 SPA 线性相关及 logistic 回归分析曲线拟合图

Fig.6 Linear correlation and logistic Regression analysis curve fitting plot between Cobb angle and linear SPA in AIS patients

响，研究人员一直寻找其它侧弯监测方法。目前超声在脊柱侧弯的评估中已获得相当大的关注<sup>[5-6]</sup>。通过超声，棘突、椎板和横突清晰可见并用作标记，以测量侧弯曲度和椎体旋转<sup>[7-8]</sup>。至此，利用超声获得 SPA 成为了目前超声评估脊柱侧弯最常用的、可靠的方法。但是利用超声获得 SPA 需要特定的超声仪器以及软件才能得到，临床使用受限明显，不适合广泛的推广应用。本研究所采用 SPA 为顶椎棘突尖分别与上端椎、下端椎棘突尖连线所形成的夹角，而非连接棘突尖曲线形成的棘突角。一方面因为曲线 SPA 需要特定计算机软件计算得出，而此研究 SPA 可以通过直接角度测量获得；另一方面，因为端椎与顶椎在脊柱全长正位 X 线片上均已明确，故此角测量较为容易，同时此角在患者体表上也容易测量得到，为以后 SPA 的应用提供广泛前景，尤其适合用

于侧弯的动态评估,如侧弯患者脊柱柔韧性的评估。

本研究结果显示对于轻中度 AIS 患者来说,不管是脊柱全长 X 线片上的直线 SPA 或者体表直线 SPA 均与 Cobb 角呈明显负相关。在最近的关于 AIS 患者后前位脊柱 Cobb 角、曲线棘突角以及顶椎旋转度相关性研究报道中,表明曲线 SPA 与 Cobb 角高度相关( $r=0.93$ )<sup>[9]</sup>,另外一个研究则表明其相关系数为 0.80<sup>[10]</sup>。本研究中 X 线片直线 SPA 与 Cobb 角相关系数为-0.564,体表直线 SPA 与 Cobb 角相关系数为 0.651,略低于曲线 SPA 与 Cobb 角相关系数,呈中等相关。关于不同程度侧弯 SPA 与 Cobb 角相关性分析,之前超声曲线 SPA 的研究表明在中度侧弯(20°~40°)时 SPA 与 Cobb 角高度相关。但是,SPA 值可能低估了弯曲度较大的脊柱侧弯的严重程度<sup>[11-12]</sup>。本研究显示轻度 AIS 患者与中度 AIS 患者的 X 线片直线 SPA 与 Cobb 角均存在明显相关性,而中度侧弯相关系数( $r=-0.419$ )略大于轻度侧弯相关系数( $r=-0.216$ ),与之前研究基本一致,在中度侧弯患者中 SPA 与 Cobb 角相关性较好。把两种不同直线 SPA 测量方法分别与 Cobb 角进行相关性分析,其结果显示相关性差异不大;从线性回归分析来看,其  $R^2$  均较小,说明回归方程拟合程度较差。

### 3.2 本研究的局限与不足

由于 AIS 患者脊柱不仅是冠状面出现左右偏移,同时伴水平面的旋转;因此顶椎椎体会随着侧弯程度的加重而更加明显的向侧方旋转,棘突尖也随着椎体的旋转而出现越来越明显的侧方偏移。因此,对于大角度侧弯患者,棘突角可能会低估侧弯的严重程度<sup>[13]</sup>。而对于之前轻中度侧弯患者曲线棘突角与 Cobb 角相关性的研究中已经证实两者存在明显相关性<sup>[11-12]</sup>,故本研究的研究对象均为轻中度侧弯患者,以减少重度侧弯患者椎体过度旋转造成总体棘突角的影响。而对于重度 AIS 患者直线 SPA 与 Cobb 角相关性研究有待于以后进一步研究。

综上所述,可见直线 SPA 与 Cobb 角呈明显负相关,其相关程度略低于曲线 SPA。两者为中等强度相关且回归方程拟合性欠佳,故直线 SPA 不适合用于脊柱侧弯的诊断;但是直线 SPA 获取相对容易、计算较简单,并且适合侧弯患者背部体表直接标记获得,不需要放射或超声仪器及软件;比较适合用于自身对照的侧弯治疗前后效果评估以及脊柱柔韧性动态评估。通过体表标记获得站立位 SPA 与支点侧屈位 SPA 还可以计算出侧弯患者脊柱柔韧性情况。

之后有必要进一步对直线 SPA 获得的脊柱柔韧性与 X 线片所得脊柱柔韧性进行比较,以明确其有效性和可靠性,为临床上侧弯评估提供一个无副作用、简单方便、有效可靠的指标。

### 参考文献

- [1] HERZENBERG J E, WAANDERS N A, CLOSKEY R F, et al. Cobb angle versus spinous process angle in adolescent idiopathic scoliosis. The relationship of the anterior and posterior deformities [J]. Spine, 1990, 15(9): 874-879.
- [2] NEGRINI S, DONZELLI S, AULISA A G, et al. 2016 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth [J]. Scoliosis Spinal Disord, 2018, 13: 3.
- [3] MORIN DOODY M, LONSTEIN J E, STOVALL M, et al. Breast cancer mortality after diagnostic radiography [J]. Spine, 2000, 25(16): 2052-2063.
- [4] NASH C L Jr, GREGG E C, BROWN R H, et al. Risks of exposure to X-rays in patients undergoing long-term treatment for scoliosis [J]. J Bone Joint Surg Am, 1979, 61(3): 371-374.
- [5] CHEUNG C J, ZHOU G Q, LAW S Y, et al. Freehand three-dimensional ultrasound system for assessment of scoliosis [J]. J Orthop Translat, 2015, 3(3): 123-133.
- [6] LAM T P, PANG H, WONG Y S, et al. Is ultrasound accurate for radiation-free quantitative assessment of spinal curvatures in patients with idiopathic scoliosis—a systematic review and meta-analysis [J]. Stud Health Technol Inform, 2021, 280: 109-112.
- [7] TRZCINSKA S, KUSZEWSKI M, KOSZELA K. Analysis of posture parameters in patients with idiopathic scoliosis with the use of 3D ultrasound diagnostics—preliminary results [J]. Int J Environ Res Public Health, 2022, 19(8): 4750.
- [8] YANG D, LEE T T, LAI K K, et al. Semi-automatic ultrasound curve angle measurement for adolescent idiopathic scoliosis [J]. Spine Deform, 2022, 10(2): 351-359.
- [9] MORRISON D G, CHAN A, HILL D, et al. Correlation between Cobb angle, spinous process angle (SPA) and apical vertebrae rotation (AVR) on posteroanterior radiographs in adolescent idiopathic scoliosis (AIS) [J]. Eur Spine J, 2015, 24(2): 306-312.
- [10] LI M, CHENG J, YING M, et al. A preliminary study of estimation of cobb's angle from the spinous process angle using a clinical ultrasound method [J]. Spine Deform, 2015, 3(5): 476-482.
- [11] LI M, CHENG J, YING M, et al. Application of 3-D ultrasound in assisting the fitting procedure of spinal orthosis to patients with adolescent idiopathic scoliosis [J]. Stud Health Technol Inform, 2010, 158: 34-37.
- [12] LI M, CHENG J, YING M, et al. Could clinical ultrasound improve the fitting of spinal orthosis for the patients with AIS [J]. Eur Spine J, 2012, 21(10): 1926-1935.
- [13] VILLEMURE I, AUBIN C E, GRIMARD G, et al. Progression of vertebral and spinal three-dimensional deformities in adolescent idiopathic scoliosis: a longitudinal study [J]. Spine, 2001, 26(20): 2244-2250.

(收稿日期:2023-04-22 本文编辑:朱嘉)