

双胞胎青少年特发性脊柱侧凸的发病特点

秦晓东, 夏超, 朱卫国, 孙伟翔, 徐磊磊, 邱勇, 朱泽章

(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:观察青少年特发性脊柱侧凸(adolescent idiopathic scoliosis, AIS)双胞胎的共同发病率,比较同卵双胞胎之间的发病特点。**方法:**2007 年 1 月~2016 年 12 月期间我院收录同时患有 AIS 的双胞胎患者 21 对,其中女 19 对(含三胞胎 1 例),男 2 对,记录其初诊年龄、女性月经初潮年龄、BMI、Cobb 角、胸椎后凸角、腰椎前凸角、Risser 征等资料。通过短串联重复序列检测明确区分同卵双胞胎与异卵双胞胎,比较同卵双胞胎和异卵双胞胎的 AIS 共同发病率。选取同卵双胞胎中两人 Cobb 角差值 $\geq 10^\circ$ 的病例,将其中度数大者纳入侧凸较大组,度数小者纳入侧凸较小组,采用配对样本 *t* 检验比较两组之间初潮年龄、BMI、Risser 征临床资料的差异。**结果:**21 对双胞胎平均初诊年龄 13.2 ± 2.5 岁,女性月经初潮年龄 12.2 ± 1.4 岁,初诊时平均 Cobb 角 $29.2^\circ\pm 14.8^\circ$,胸椎后凸角 $16.8^\circ\pm 9.2^\circ$,腰椎前凸角 $45.5^\circ\pm 7.4^\circ$,BMI $17.0\pm 1.6\text{kg/m}^2$,Risser 征 2.3 ± 1.6 。21 对双胞胎中同卵双胞胎 17 对,异卵双胞胎 4 对。同卵双胞胎中 16 对(94.1%)共同患有 AIS,11 对(68.8%)弯型一致,4 对(25.0%)Cobb 角差值小于 10° 。异卵双胞胎中 3 对(75.0%)共同患有 AIS,1 对(33.3%)弯型一致,1 对(33.3%)Cobb 角差值小于 10° 。同卵双胞胎中 Cobb 角差值 $\geq 10^\circ$ 者 12 对,侧凸较大组的月经初潮年龄和 BMI 均小于侧凸较小组($P<0.05$),Risser 征两组之间无统计学差异($P>0.05$)。**结论:**同卵双胞胎 AIS 患者共同发病率较高(94.1%)且弯型一致,但同卵双胞胎两者间畸形严重程度不一,双胞胎中畸形较重者的月经初潮年龄较小、BMI 较低。

【关键词】青少年特发性脊柱侧凸;同卵双胞胎;异卵双胞胎;遗传学

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2017.11.01

中图分类号:R682.3 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2017)-11-0961-06

Clinical features of twins with adolescent idiopathic scoliosis/QIN Xiaodong, XIA Chao, ZHU Weiguo, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2017, 27(11): 961-966

【Abstract】Objectives: To investigate the concordance for adolescent idiopathic scoliosis(AIS) in monozygotic and dizygotic twins, and to study the clinical features of monozygotic twins with AIS. **Methods:** From January 2007 to December 2016, twenty-one pairs(19 female pairs, 2 male pairs) of AIS twins were included from our spine center. The clinical and radiographical data were recorded at first visit including age, menarche, BMI, Cobb angle, thoracic kyphosis, lumbar lordosis and Risser sign, etc. Zygosity was determined by short tandem repeat analysis (STR). The concordance rate of AIS was compared between monozygotic and dizygotic twins. The two monozygotic twins in each pair were classified into severe group or mild group according to their severity of curve, and clinical data were compared between the two groups by using paired *t*-test. **Results:** The average age was 13.2 ± 2.5 years, the mean Cobb angle was $29.2^\circ\pm 14.8^\circ$, thoracic kyphosis was $16.8^\circ\pm 9.2^\circ$, lumbar lordosis was $45.5^\circ\pm 7.4^\circ$, menarche age was 12.2 ± 1.4 years, Risser sign was 2.3 ± 1.6 , BMI was $17.0\pm 1.6\text{kg/m}^2$. Short tandem repeat analysis confirmed that 17 pairs were monozygotic and 4 pairs were dizygotic. For monozygotic twins, the concordance of AIS was 94.1%, 11 pairs(68.8%) had the similar curve patterns, the difference of Cobb angle between the two twins less than 10° was observed in 4 pairs (25.0%). For dizygotic twins, the concordance of AIS was 75.0%, 1 pair(33.3%) had the similar curve pattern, the difference of Cobb angle between the two twins less than 10° was observed in 1 pair (33.3%). Among the 12 pairs of monozygotic twins concordant for AIS with Cobb angle difference $\geq 10^\circ$, the severe group had younger age at menarche and lower BMI than the mild group($P<0.05$). **Conclusions:** Monozygotic twins with

基金项目:江苏省卫生厅临床医学中心资助项目

第一作者简介:男(1991-),博士研究生,研究方向:脊柱畸形

电话:(025)83106666 E-mail:qinxd_njumed@163.com

通讯作者:朱泽章 E-mail:zhuzezhang@126.com

AIS have higher concordance rate(94.1%) and curve pattern similarity, but lower curve severity similarity. The more severe one in the twins has smaller menarche age and lower BMI.

【Key words】 Adolescent idiopathic scoliosis; Monozygotic twins; Dizygotic twins; Genetics

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

青少年特发性脊柱侧凸(adolescent idiopathic scoliosis, AIS)是一组原因不明的脊柱侧凸,发病率约为 2%~3%, 约占全部脊柱侧凸的 75%~80%^[1-2]。AIS 的病因仍未明确,但遗传学因素在其发生过程中所起的作用早已引起了学者广泛的关注。早在 20 世纪 30 年代,就有学者对 AIS 具有家族聚集的现象进行了临床报道。Harrington 等^[3]调查发现,在侧凸超过 15°的 AIS 成年女性中,其女儿的发病率为 27%, 显著高于同龄青少年。Wynne-Davies 等^[4]的研究也发现, AIS 患者家属中脊柱侧凸发病率高达 25%, 并且第一代、第二代和第三代亲属的发病率依次为 11.1%、2.4% 和 1.4%^[5]。双胞胎给遗传学研究提供了很好的材料,有助于判断疾病是否具有遗传性,以及遗传因素所起作用的大小。双胞胎分为同卵双胞胎和异卵双胞胎,同卵双胞胎来自同一个受精卵,两人具有相同的遗传背景;异卵双胞胎来自两个受精卵,两人的遗传基因有部分不同。若某种疾病同卵双胞胎共同发病率高于异卵双胞胎,则提示该疾病具有遗传学病因;而若一种遗传病同卵双胞胎的共同发病率不是 100%, 则提示环境因素在疾病发生过程中也具有重要作用^[6]。目前国内对于 AIS 双胞胎的报道较少,本研究纳入了本中心 2007 年 1 月~2016 年 12 月收集的 AIS 双胞胎,统计其共同发病率,并比较同卵双胞胎之间的 AIS 发病特点,探究其发病规律。

1 资料与方法

1.1 纳入及排除标准

纳入标准:(1) 年龄 10~18 岁的双胞胎;(2) 接受体格检查,并拍摄脊柱全长正侧位 X 线片;(3) 双胞胎中至少有一人通过体格检查和影像学检查确诊为 AIS。AIS 诊断标准为体格检查 Adams 前屈试验(+),全脊柱正位 X 片上主弯 Cobb 角大于 10°^[7]。

排除标准:(1) 其他类型的脊柱侧凸;(2) 双下肢不等长;(3) 仅单个双胞胎接受检查;(4) 人工受孕的双胞胎。

1.2 研究对象

本研究共纳入 AIS 双胞胎 21 对。其中女性 19 对(含三胞胎 1 对),男性 2 对,无龙凤胎。平均初诊年龄 13.2±2.5 岁,平均随访 22.0±16.1 个月。

1.3 卵型鉴定

双胞胎采用短串联重复序列(short tandem repeat, STR)鉴定卵型,这是一种基于基因组水平的准确、高效、可靠的卵型鉴定技术,准确性达 99.9%,是双胞胎卵型鉴定的“金标准”^[8]。方法:(1) 全血 DNA 提取:所有入选对象及其父母签署知情同意后采集外周血 2ml,采用 DNA 提取试剂盒(QIAGEN)提取基因组 DNA,采用 Nanodrop-2000 型分光光度计测定 DNA 浓度。(2) 卵型鉴定:采用 AmpFLSTR Identifiler PCR Amplification Kit (ABI) 检测 15 个 STR 位点进行卵型鉴定:同卵双胞胎 15 个 STR 位点都相同,而异卵双胞胎至少有一个 STR 位点不同。

1.4 临床及影像学资料

记录入选对象的临床及影像学资料。临床资料包括初诊年龄、性别、月经初潮年龄、BMI 等。影像学资料拍摄站立位全脊柱正侧位 X 线片,记录初诊的弯型(Lenke 分型)、Risser 征^[9],冠状面 Cobb 角,矢状面胸椎后凸角(thoracic kyphosis, TK)、腰椎前凸角(lumbar lordosis, LL)和矢状面垂直偏距(sagittal vertical axis, SVA)(图 1)。进一步挑选出同卵双胞胎中两人 Cobb 角差值≥10°的病例,将双胞胎中度数大者纳入侧凸较大组,度数小者纳入侧凸较小组。

1.5 统计学处理

使用 SPSS 19.0(SPSS 公司,美国)软件进行统计分析,采用配对样本 *t* 检验比较侧凸较大组与侧凸较小组之间的月经初潮年龄、Risser、BMI 等临床资料的差异,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

纳入研究的双胞胎患者中,女性月经初潮年龄平均为 12.2±1.4 岁, Risser 指数 2.3±1.6, BMI 17.0±1.6 kg/m²。41 人诊断为 AIS,初诊平均 Cobb

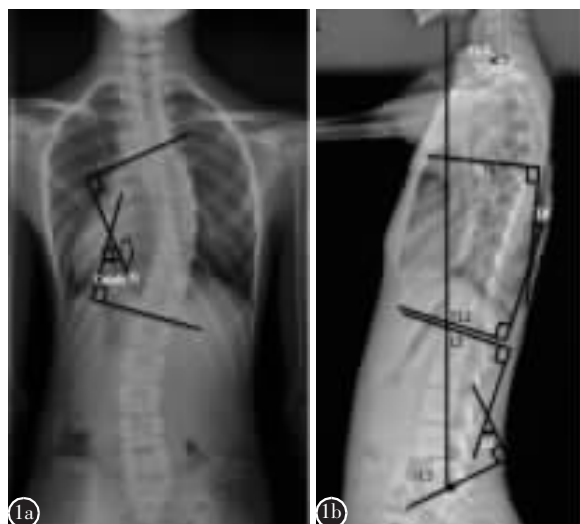


图 1 影像学测量参数示意图 a Cobb 角指侧弯的上下端椎所成的角度 b TK(胸椎后凸角)指 T5 上终板与 T12 下终板所成的角度,LL(腰椎前凸角)指 L1 上终板与 S1 上终板所成的角度,SVA(矢状面垂直偏距)指 S1 后上角到 C7 中垂线的距离

Figure 1 Definitions of the radiographic parameters a Cobb angle, the angle between upper and lower end vertebral b TK indicates thoracic kyphosis, the angle between upper end plate of T5 and lower end plate of T12; LL indicates lumbar lordosis, the angle between upper end plate of L1 and upper end plate of S1; SVA indicates sagittal vertical axis, the distance from posterior superior corner of S1 to the C7 plumb line

角 $29.2^{\circ} \pm 14.8^{\circ}$, TK 角 $16.8^{\circ} \pm 9.2^{\circ}$, LL 角 $45.5^{\circ} \pm 7.4^{\circ}$, SVA $22.2 \pm 14.1\text{mm}$ (表 1)。STR 分析结果提示,同卵双胞胎 17 对,异卵双胞胎 4 对。

17 对同卵双胞胎中 16 对共同患有 AIS,共同发病率为 94.1%。4 对异卵双胞胎中 3 对共同患有 AIS,共同发病率为 75.0%。双胞胎之间 Cobb 角、TK 角、LL 角差异见表 2。

16 对共同患有 AIS 的同卵双胞胎中,12 对双胞胎 Cobb 角差值 $\geq 10^{\circ}$,将这批患者分成两组,双胞胎两人中 Cobb 角较大者纳入侧凸较大组, Cobb 角较小者纳入侧凸较小组,采用配对样本 t 检验分析影响侧凸大小的因素。结果发现侧凸较大组月经初潮年龄显著小于侧凸较小组 ($P < 0.05$);此外,侧凸较大组的 BMI 低于侧凸较小组为 ($P < 0.05$),两组之间, Risser 征无统计学差异(表 3,图 2)。

3 讨论

同卵双胞胎带有相同的基因组,具有相似的遗传背景,一定程度上可排除年龄和环境所带来的偏倚,对阐明遗传和环境因素在疾病发生过程中的作用具有积极意义^[10]。既往研究表明 AIS 发病与遗传、环境等多种因素相关^[11],因此双胞胎研究有助于了解 AIS 哪些特点受遗传影响,哪些特点受环境影响。

国外有多位学者对双胞胎 AIS 进行研究。Kesling 等^[12]对文献中 AIS 双胞胎患者的个案报道进行回溯分析后发现同卵双胞胎 AIS 共同发病率为 73%,异卵双胞胎 AIS 共同发病率为 36%。Inoue 等^[13]研究了 21 对双胞胎 AIS,发现同卵双胞胎共同发病率为 92%,异卵双胞胎为 63%。Andersen 等^[14]调查了丹麦所有 10~50 岁的 AIS 双胞胎,同样发现同卵双胞胎比异卵双胞胎的共同发病率高。

本研究中 AIS 诊断采用体格检查加影像学检查,准确率显著高于普通的问卷调查。Andersen 等^[15]统计丹麦双胞胎数据库,采用单纯问卷调查的方式确诊 AIS,结果发现同卵双胞胎 AIS 共同发病率为 13%,异卵双胞胎为 0,其结果显著低于既往文献,其研究结果受到多方质疑,该研究团队进一步采用体格检查加影像学检查的方法对 128 例问卷调查怀疑为 AIS 的人群进行研究,最终确诊为 AIS 的仅为 35 例(27.3%)^[16]。此外,本研究采用 STR 测定卵型,其准确率显著高于既往通过外貌或血型来鉴定卵型的方法。STR 作为一个重要的遗传标记,目前已广泛运用于亲权鉴定、个体识别和群体遗传学分析等领域。从理论上讲,2 个无关个体 15 个 STR 基因座基因型完全相同的概率仅为 $1/10^{15}$,即目前地球上 60 亿人中几乎不可能有 2 个无关个体的 15 个 STR 基因座基因型完全相同^[17]。因此,本研究中若双胞胎两人的 15 个 STR 基因座基因型完全相同,则可以判定为同卵双胞胎。

本研究发现,同卵双胞胎 AIS 共同发病率为 94.1%,异卵双胞胎 AIS 共同发病率为 75.0%,在既往采用相同 AIS 确诊方法的研究中,此结果与既往文献一致(同卵双胞胎为 73%~92%,异卵双胞胎为 36%~63%)^[7,8]。同卵双胞胎共同发病率高异卵双胞胎,证实遗传学因素在 AIS 发病过程中具有重要作用。此外,同卵双胞胎弯型一致率

表 1 21 对双胞胎临床资料及影像学参数

Table 1 The clinical and radiographical data of twins

编号 Number	年龄 Age	性别 Sex	初潮年龄 Menarche age(y)	Risser指数 Risser sign	体质指数 BMI (kg/m²)	Cobb角 Cobb angle(°)	胸椎后凸角 Thoracic kyphosis(°)	腰椎前凸角 Lumbar lordosis(°)	矢状面垂直偏距 Sagittal vertical axis(mm)	Lenke分型 Lenke Classification
同卵/Monozygotic										
1	16	女 girl	14.4	4	17.2	35	16	45	23	1
			15.5	4	17.7	25	21	48	20	1
2	12	女 girl	11.4	4	18.7	11	23	55	24	3
			10.7	4	18.1	40	18	46	31	1
3	14	男 boy	—	3	18	52	11	48	20	2
			—	3	18.7	26	29	48	37	5
4	14	女 girl	13	2	15.6	36	2	36	14	5
			14	1	16.9	15	20	45	20	5
5	11	女 girl	11.5	1	17.2	20	33	52	65	1
			11	0	16.8	31	11	49	30	1
6	13	女 girl	11.5	1	17.5	40	11	48	7	5
			12.5	0	18.1	12	21	61	35	5
7	12	女 girl	11.4	0	14.5	30	5	37	9	1
			12.1	0	14.4	14	11	41	39	1
8	10	女 girl	11	0	16.7	16	14	45	30	1
			11.4	0	18.3	0	17	51	38	—
9	10	女 girl	10.5	3	16.8	20	15	45	5	5
			11	4	16.6	14	5	32	48	5
10	12	女 girl	11.5	2	17.3	34	9	44	11	1
			11	2	16.9	57	3	36	12	1
11	14	女 girl	14	3	18.9	26	9	31	9	1
			13.5	4	18.4	33	7	35	7	1
12	16	女 girl	11	2	18.1	35	5	34	10	5
			11	2	18.2	34	7	37	12	1
13	16	女 girl	14.5	3	18.6	40	21	51	23	6
			14.5	4	18.5	40	18	56	21	6
14	14	女 girl	11.5	3	18	15	26	53	8	1
			12	4	18	33	25	53	5	5
15	13	女 girl	11.9	3	19.4	31	6	34	28	1
			12.6	3	18.6	19	16	46	13	5
16	10	女 girl	10	1	14.7	66	8	42	19	1
			10	1	14.4	77	7	39	23	1
			11	0	15.9	14	15	46	28	1
17	15	女 girl	14	4	15.1	42	27	35	11	5
			14.5	4	15.2	15	28	49	55	5
异卵/Dizygotic										
18	18	男 boy	—	4	17	31	26	52	13	1
			—	4	16.4	16	27	47	20	2
19	10	女 girl	13	4	15.6	16	8	48	13	1
			12.6	2	15.2	26	20	49	8	1
20	11	女 girl	11.3	0	14.1	0	32	57	40	—
			11	0	13	20	34	55	41	5
21	18	女 girl	14	4	19.8	18	27	45	9	5
			13	4	19.2	22	30	50	20	2

(68.8%)高于异卵双胞胎(33.3%),而双胞胎冠状面和矢状面各参数差值两组之间无差异。由此我们推测 AIS 发病及弯型特点受遗传因素调控较多,而侧凸进展(包括冠状面和矢状面的畸形程度)则受遗传、环境等多因素调控。

本研究中,由于 75%的同卵双胞胎之间初诊 Cobb 角差值大于等于 10°,其侧凸进展存在显著差异,我们进一步探究影响侧凸进展的因素。通过

表 2 AIS 双胞胎之间影像学参数差异分组

Table 2 Radiographical parameters differences between twins with AIS

		同卵(对) Monozygotic	异卵(对) Dizygotic
Cobb角(°) Cobb angle	≤3	2	0
	4~9	2	1
	≥10	12	2
胸椎后凸角(°) Thoracic kyphosis	≤3	5	2
	4~9	5	0
	≥10	6	1
腰椎前凸角(°) Lumbar lordosis	≤3	5	1
	4~9	7	1
	≥10	4	1
矢状面垂直偏距(mm) Sagittal vertical axis	≤3	6	0
	4~9	3	2
	≥10	7	1

配对 *t* 检验,我们发现双胞胎中侧凸进展快的其月经初潮年龄偏小,BMI 也偏低。因此,即使是同卵双胞胎,其生长发育模式也存在差异,而这种差异则影响 AIS 侧凸进展。既往研究也发现 AIS 患者存在明显的青春期发育异常。Goldberg 等^[18]调查了 303 例 AIS 女性患者,发现其月经初潮年龄显著小于正常青少年女性。Ylikoski 等^[19]研究了 535 例 AIS 女性患者,发现侧凸进展与生长发育高峰期密切相关,而生长发育高峰期主要指月经初潮前 0.5~2 年,Risser 征为 0~1 级。本研究中初诊 Cobb 角较大的双胞胎其月经初潮年龄较小,这与既往研究相一致,月经初潮来得越早,进入生长发育高峰期也越早,侧凸进展也越早,因此在初诊时 Cobb 角较大。此外,Cheung 等^[20]比较了 598 例 AIS 女孩与 307 例健康女孩在青春期各个阶段

表 3 同卵双胞胎中侧凸较大组与侧凸角小组比较

Table 3 Comparison between the severe and mild group

	初潮年龄(y) Menarche age	Risser 指数 Risser sign	体质指数(kg/m ²) Body mass index
侧凸较大组 Severe group	11.9±1.4	2.3±1.6	16.8±1.6
侧凸角小组 Mild group	12.6±1.5 ^①	2.1±1.6	17.2±1.4 ^①

①注:与侧凸较大组相比, $P<0.05$

①Note: Compared with severe group, $P<0.05$

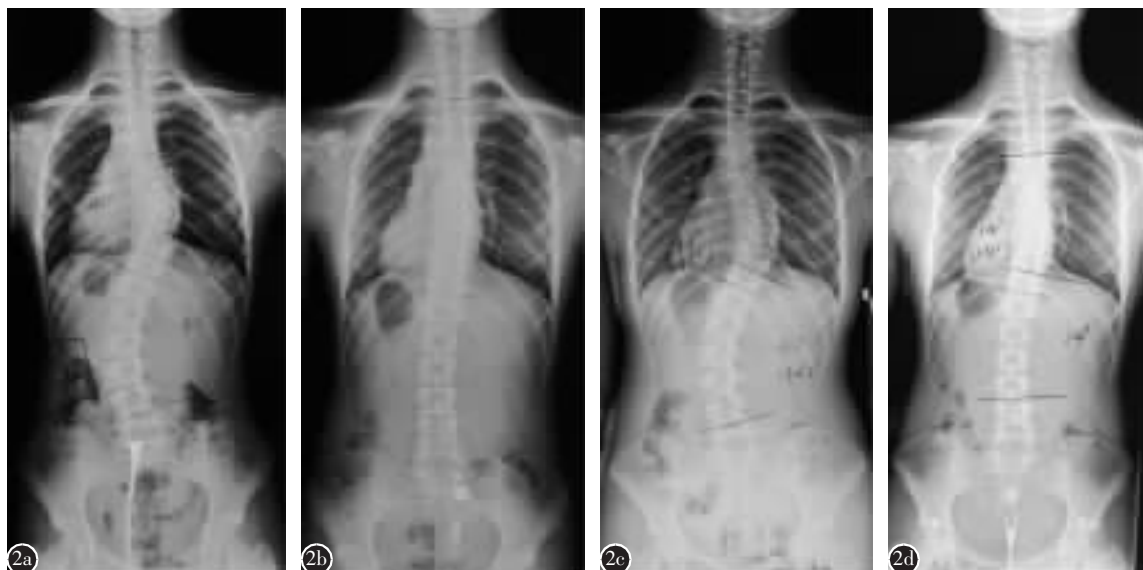


图 2 双胞胎初诊侧凸严重程度不一 a 姐姐初诊 X 线片示胸弯 Cobb 角 40° b 妹妹初诊 X 线片示胸弯 Cobb 角 11° c 姐姐支具治疗 3 年后 X 线片示胸弯 Cobb 角 43° d 妹妹随访 3 年后 X 线片示胸弯 Cobb 角 14°

Figure 2 The severity of curve was different between monozygotic twins a The Cobb angle of older sister was 40° at first visit b The Cobb angle of younger sister was 11° at first visit c The Cobb angle of older sister was 43° after 3-years Boston brace treatment d The Cobb angle of younger sister was 11° at 3-years follow-up

的身高、体重等指标,发现 AIS 患者 BMI 显著小于正常对照。Sun 等^[20]研究了 350 例进行支具治疗的 AIS 女孩,发现低 BMI 患者支具治疗失败率显著升高,即低 BMI 患者侧凸更容易进展,这也与本研究结果相一致。

本研究也存在以下不足之处:(1)由于 AIS 双胞胎较为稀少,本研究样本量偏小,导致结果存在一定的偏倚,由此得出的结论推广需要谨慎,在今后的研究中需扩大样本量进行验证;(2)由于样本量不足,分组时未考虑性别差异,女性和男性 AIS 双胞胎可能存在不同的发病因素,在今后的研究中需扩大样本量,进行性别分组后进一步分析;(3)本研究仅通过患者表型推测遗传因素和环境因素在 AIS 发病中的作用,在今后的研究中可通过构建动物模型、开展分子遗传学实验进行验证。

同卵双胞胎 AIS 患者常共同发病,且弯型一致,但双胞胎两者间畸形严重程度不一,双胞胎中侧凸角较大的一方往往月经初潮年龄小、BMI 较低。因此,AIS 的发病除了与遗传因素相关,环境因素也可能在其中发挥作用。

4 参考文献

1. Weinstein SL, Dolan LA, Cheng JCY, et al. Adolescent idiopathic scoliosis[J]. The Lancet, 2008, 371(9623): 1527-1537.
2. Adobor RD, Rimeslatten S, Steen H, et al. School screening and point prevalence of adolescent idiopathic scoliosis in 4000 Norwegian children aged 12 years[J]. Scoliosis, 2011, 6: 1748-1761.
3. Harrington PR. The etiology of idiopathic scoliosis[J]. Clin OrthopRelatR, 1977, 126: 17-25.
4. Wynne-Davies R. Familial (idiopathic) scoliosis[J]. Bone Joint J, 1968, 50(1): 24-30.
5. Riseborough EJ, Wynne-Davies R. A genetic survey of idiopathic scoliosis in Boston, Massachusetts[J]. J Bone Joint Surg Am, 1973, 55(5): 974-982.
6. Braun MM, Caporaso NE, Page WF, et al. A cohort study of twins and cancer[J]. Cancer Epidemiol Biomarkers Prev, 1995, 4(5): 469-473.
7. Lonstein JE. Adolescent idiopathic scoliosis[J]. The Lancet, 1994, 344(8934): 1407-1412.
8. Yang MJ, Tzeng CH, Tseng JY, et al. Determination of twin zygosity using a commercially available STR analysis of 15 unlinked loci and the gender-determining marker amelogenin—a preliminary report[J]. Hum Reprod, 2006, 21(8): 2175-2179.
9. Nault ML, Parent S, Phan P, et al. A modified Risser grading system predicts the curve acceleration phase of female adolescent idiopathic scoliosis [J]. J Bone Joint Surg Am, 2010, 92(5): 1073-1081.
10. Hammond CJ, Snieder H, Spector TD, et al. Genetic and environmental factors in age-related nuclear cataracts in monozygotic and dizygotic twins[J]. N engl J med, 2000, 342(24): 1786-1790.
11. Lowe TG, Edgar M, Margulies JY, et al. Etiology of idiopathic scoliosis: current trends in research[J]. J Bone Joint Surg Am, 2000, 82(8): 1157-1157.
12. Kesling KL, Reinker KA. Scoliosis in twins: a meta-analysis of the literature and report of six cases[J]. Spine, 1997, 22(17): 2009-2014.
13. Inoue M, Minami S, Kitahara H, et al. Idiopathic scoliosis in twins studied by DNA fingerprinting[J]. J Bone Joint Surg Br, 1998, 80(2): 212-217.
14. Andersen MO, Damborg F, Engell V, et al. Heritability in adolescent idiopathic scoliosis: a cohort study of twins—session: pediatric aspects of twinning[J]. Twin Research and Human Genetics, 2004, 7(4): 336-336.
15. Andersen MO, Thomsen K, Kyvik KO. Adolescent idiopathic scoliosis in twins: a population-based survey[J]. Spine, 2007, 32(8): 927-930.
16. Simony A, Carreon LY, Hjmark K, et al. Concordance rates of adolescent idiopathic scoliosis in a danish twin population [J]. Spine, 2016, 41(19): 1503-1507.
17. Gao Y, Zhang Z, Wang Z, et al. Genetic data of 15 STR forensic loci in eastern Chinese population [J]. Forensic Sci Int, 2005, 154(1): 78-80.
18. Goldberg CJ, Dowling FE, Fogarty EE. Adolescent idiopathic scoliosis—early menarche, normal growth[J]. Spine, 1993, 18(5): 529-535.
19. Ylikoski M. Growth and progression of adolescent idiopathic scoliosis in girls[J]. J Pediatr Orthop B, 2005, 14(5): 320-324.
20. Cheung CSK, Lee WTK, Tse YK, et al. Abnormal peri-pubertal anthropometric measurements and growth pattern in adolescent idiopathic scoliosis: a study of 598 patients [J]. Spine, 2003, 28(18): 2152-2157.
21. Sun WX, Zhou J, Sun M, et al. Low body mass index can be predictive of bracing failure in patients with adolescent idiopathic scoliosis: a retrospective study [J]. Eur Spine J, 2017, 26(6): 1665-1669.

(收稿日期:2017-06-09 末次修回日期:2017-10-21)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 姜雅浩)