

## • 诊治分析 •

## 青少年特发性脊柱侧弯列线图的构建及验证

朱国莉,徐日,张思远

【关键词】 青少年特发性脊柱侧弯;危险因素;预测模型

doi:10.3969/j.issn.1671-0800.2025.01.014

【中图分类号】 R682.1'3 【文献标志码】 A 【文章编号】 1671-0800(2025)01-0052-04

脊柱侧弯指脊柱的一个或数个节段向侧方弯曲或伴有椎体旋转的脊柱畸形,好发于10~16岁,女性发病率高于男性<sup>[1]</sup>。生长发育期间原因不明的脊柱侧弯称为特发性脊柱侧弯(AIS),目前认为与年龄、遗传因素、骨骼发育及神经肌肉功能等有关<sup>[2]</sup>。随着年龄的增加,AIS症状逐渐加剧,主要表现为脊柱向一侧弯曲、双肩不等高及前胸不对称等症状,严重者影响呼吸、心脏功能,甚至出现脊髓压迫及瘫痪现象,影响身心健康<sup>[3]</sup>。目前AIS已成为影响我国青少年身体健康的第三大躯体疾病,早期发现AIS并治疗,可有效减缓其进展,但是AIS发病隐匿,易被忽视导致病情加重。因此积极寻找AIS发生的危险因素十分重要,本研究基于AIS发生的危险因素,构建列线图,拟为临床提供相关参考,现报道如下。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 选择2022年10月至2023年10月在丽水市同一所学校进行健康体检的1810例学生的临床资料,年龄10~18岁。排除标准:(1)先天性或其它病因引起的脊柱继发性侧弯;(2)代谢性或系统性疾病引起的脊柱侧弯者;(3)既往有脊柱手术史;(4)既往有脊柱肿瘤、结核病等病史。将1810例学生以简单随机抽样法按7:3比例分为建模组(1267例)与验证组(543例)。本研究获得浙江省丽水市第二人民医院医学伦理委员会批准,所有研究者均同意参加本研究并由本人或家属签署知情同意书。

**1.2 方法** 收集学生性别、区域、坐姿情况、体质量指数(参考学龄儿童青少年超重与肥胖筛查<sup>[4]</sup>)、亲属

有无脊柱侧弯病史、学段、根据身高调整课桌椅高度、1周每天 $\geq 60$  min中高强度运动天数(参考文献[5])及书包重量要求(参照WS/T 585—2018中小学生书包卫生要求:书包重量 $<$ 学生体质量的10%)。

**1.3 AIS筛查方法及分组** 参照相关诊断标准<sup>[6]</sup>进行筛查:(1)一般检查。自然站立,目视观察学生双肩、两侧髂嵴是否等高,两侧腰凹、左右肩胛骨是否对称,棘突连线是否为直线;(2)Adam's前屈试验。学生双脚并拢站立,双臂自然下垂,向前弯曲身体90°,从背后观察学生是否出现剃刀背畸形,若背部出现不等高情况,检查人员测量躯干旋转角度(ATR), $ATR \geq 5^\circ$ 为阳性;(3)X线检查。ATR阳性者拍摄脊柱全长正侧位X线片,由两位医师共同阅片,采用Cobb法测量,Cobb角 $\geq 10^\circ$ 者确诊为AIS。

**1.4 统计方法** 采用SPSS 25.0统计学软件处理数据,计量资料以均数 $\pm$ 标准差表示,采用独立样本 $t$ 检验;计数资料采用 $\chi^2$ 检验;多因素分析采用Logistic回归分析。建立AIS发生的预测模型,采用Bootstrap法计算一致性指数(C-index);绘制受试者工作曲线(ROC),检验列线图模型对AIS发生的预测价值。 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 AIS发生情况** 建模组1267例学生,AIS发生53例(4.18%),验证组543例发生24例(4.42%),两组AIS发生率差异无统计学意义( $\chi^2=0.05$ ,  $P > 0.05$ )。建模组与验证组一般资料差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$ ),见表1。

**2.2 建模组AIS发生组与未发生组基线资料比较** AIS发生组女性、坐姿不端正、消瘦、亲属有脊柱侧弯病史、高中学段及未根据身高调整桌椅高度的学

基金项目: 浙江省中医药科技计划项目(2024ZL1308)

作者单位: 323000 浙江省丽水,丽水市第二人民医院

通信作者: 朱国莉,Email: Zhugl18358890804@163.com

生占比均高于未发生组,AIS 发生组 1 周每天≥60 min 中高强度运动天数少于未发生组(均 $P<0.5$ ),见表 2。

2.3 影响因素分析 将 AIS 发生情况作为因变量(0=未发生,1=发生),将表 2 中差异有统计学意义的资料作为自变量,进行 Logistic 回归分析。结果显示女性、坐姿不端正、消瘦、亲属有脊柱侧弯病史、高中学段及未根据身高调整桌椅高度是 AIS 发生的危险因素(均 $P<0.05$ );1 周每天≥60 min 中高强度

运动天数是 AIS 发生的保护因素( $P<0.05$ ),见表 3。

2.4 列线图预测模型构建 基于上述影响因素构建 AIS 发生的列线图预测模型,见图 1。使用 Bootstrap 对列线图模型进行验证,通过建模组进行内部验证,验证组进行外部验证,结果显示建模组、验证组 C-index 值分别为 0.928、0.929,两组的校正曲线均与理想曲线拟合反应良好,见图 2~3。

2.5 列线图预测模型区分度的评价及验证 ROC

| 表 1 建模组与验证组学生一般资料比较      |       |                   |                | 例(%)       |         |
|--------------------------|-------|-------------------|----------------|------------|---------|
| 指标                       |       | 建模组( $n=1\ 267$ ) | 验证组( $n=543$ ) | $\chi^2$ 值 | $P$ 值   |
| 性别                       | 男     | 509(40.17)        | 220(40.52)     | 0.02       | $>0.05$ |
|                          | 女     | 758(59.83)        | 323(59.48)     |            |         |
| 区域                       | 城区    | 671(52.96)        | 288(53.04)     | 0.01       | $>0.05$ |
|                          | 郊区    | 596(47.04)        | 255(46.96)     |            |         |
| 坐姿                       | 端正    | 812(64.09)        | 352(64.83)     | 0.09       | $>0.05$ |
|                          | 不端正   | 455(35.91)        | 191(35.17)     |            |         |
| 体质量指数                    | 消瘦    | 203(16.02)        | 82(15.10)      | 0.36       | $>0.05$ |
|                          | 正常    | 766(60.46)        | 328(60.41)     |            |         |
|                          | 过重/肥胖 | 298(23.52)        | 133(24.49)     |            |         |
| 亲属有无脊柱侧弯病史               | 有     | 121(9.55)         | 51(9.39)       | 0.01       | $>0.05$ |
|                          | 无     | 1 146(90.45)      | 492(90.61)     |            |         |
| 学段                       | 小学    | 381(30.07)        | 153(28.18)     | 0.68       | $>0.05$ |
|                          | 初中    | 421(33.23)        | 187(34.44)     |            |         |
|                          | 高中    | 465(36.70)        | 203(37.38)     |            |         |
| 根据身高调整课桌椅高度              | 是     | 826(65.19)        | 352(64.83)     | 0.02       | $>0.05$ |
|                          | 否     | 441(34.81)        | 191(35.17)     |            |         |
| 1 周每天≥60 min 中高强度运动天数(d) |       | 3.18±0.57         | 3.24±0.61      | 0.70       | $>0.05$ |
| 书包重量要求                   | 符合    | 760(59.98)        | 332(61.14)     | 0.21       | $>0.05$ |
|                          | 不符合   | 507(40.02)        | 211(38.86)     |            |         |

| 表 2 建模组 AIS 发生组与未发生组基线资料比较 |       |               |                    | 例(%)       |         |
|----------------------------|-------|---------------|--------------------|------------|---------|
| 指标                         |       | 发生组( $n=53$ ) | 未发生组( $n=1\ 214$ ) | $\chi^2$ 值 | $P$ 值   |
| 性别                         | 男     | 12(22.64)     | 674(55.52)         | 22.11      | $<0.05$ |
|                            | 女     | 41(77.36)     | 540(44.48)         |            |         |
| 区域                         | 城区    | 28(52.83)     | 672(55.35)         | 0.13       | $>0.05$ |
|                            | 郊区    | 25(47.17)     | 542(44.65)         |            |         |
| 坐姿端正                       | 是     | 11(20.75)     | 668(55.02)         | 23.98      | $<0.05$ |
|                            | 否     | 42(79.25)     | 546(44.98)         |            |         |
| 体质量指数                      | 消瘦    | 33(62.26)     | 342(28.17)         | 22.01      | $<0.05$ |
|                            | 正常    | 15(28.30)     | 482(39.70)         |            |         |
|                            | 过重/肥胖 | 5(9.43)       | 390(32.13)         |            |         |
| 亲属有无脊柱侧弯病史                 | 有     | 25(47.17)     | 256(21.09)         | 20.02      | $<0.05$ |
|                            | 无     | 28(52.83)     | 958(78.91)         |            |         |
| 学段                         | 小学    | 8(15.09)      | 425(35.01)         | 22.66      | $<0.05$ |
|                            | 初中    | 13(24.53)     | 426(35.09)         |            |         |
|                            | 高中    | 32(60.38)     | 363(29.90)         |            |         |
| 根据身高调整课桌椅高度                | 是     | 10(18.87)     | 632(52.06)         | 22.38      | $<0.05$ |
|                            | 否     | 43(81.13)     | 582(47.94)         |            |         |
| 1 周每天≥60 min 中高强度运动天数(d)   |       | 2.39±0.56     | 2.74±0.52          | 4.78       | $<0.05$ |
| 书包重量要求                     | 符合    | 30(56.60)     | 728(59.97)         | 0.24       | $>0.05$ |
|                            | 不符合   | 23(43.40)     | 486(40.03)         |            |         |

曲线结果显示,建模组  $AUC$  为 0.907(95%CI:0.873 ~ 0.941,  $P < 0.05$ ), 灵敏度为 0.736、特异度为 0.903、约登指数为 0.639;验证组  $AUC$  为 0.906(95% CI:0.871 ~ 0.941,  $P < 0.05$ ), 灵敏度为 0.755、特异度为 0.892、约登指数为 0.647, 见图 4 ~ 5。

3 讨论

青少年时期是身体生长发育的重要阶段,更容易因坐姿不良、生活习惯不佳等原因造成 AIS<sup>[7]</sup>。寻找相关的危险因素,可为早期预防 AIS 提供依据。顾昉<sup>[8]</sup>等研究显示,AIS 发病率为 3.46%,本研究 AIS 发病率略高,可能与体检学生中女性占比较高有关。

本研究结果显示,女性、坐姿不端正、消瘦、亲属有脊柱侧弯病史、高中学段及未根据身高调整桌椅高度、1 周每天  $\geq 60$  min 中高强度运动天数是 AIS 发生的影响因素(均  $P < 0.05$ )。分析原因:(1)女性青春期发育早于男性,身体需更多的钙、磷等营养物质,营养物质不足可能导致骨质疏松,增加 AIS 的风险<sup>[9]</sup>。同时,女性会分泌大量雌激素,异常调节骨形成、成熟及转换,导致 AIS 的发生发展<sup>[10]</sup>。另外,女性肌肉力量小,韧带较弱,骨骼更纤细,且女性运动量通常少于男性,也会造成 AIS 风险增加。(2)不端正的坐姿会导致脊柱两侧的肌肉受力不平衡,造成脊柱生理曲线改变,增加脊柱侧弯的压力;不良体位

表 3 AIS 发生的多因素分析

| 指标                           | $\beta$ 值 | 标准误差  | Wald $\chi^2$ 值 | $P$ 值  | OR 值 | 95%CI         |
|------------------------------|-----------|-------|-----------------|--------|------|---------------|
| 性别                           | 1.379     | 0.366 | 14.21           | < 0.05 | 3.97 | 1.939 ~ 8.130 |
| 坐姿端正                         | 1.528     | 0.373 | 16.76           | < 0.05 | 4.61 | 2.218 ~ 9.583 |
| 体质量指数                        | 0.672     | 0.239 | 7.91            | < 0.05 | 1.96 | 1.226 ~ 3.126 |
| 亲属有无脊柱侧弯病史                   | 1.156     | 0.331 | 12.17           | < 0.05 | 3.18 | 1.659 ~ 6.078 |
| 学段                           | 0.800     | 0.219 | 13.38           | < 0.05 | 2.23 | 1.449 ~ 3.415 |
| 根据身高调整课桌椅高度                  | 1.413     | 0.386 | 13.41           | < 0.05 | 4.11 | 1.928 ~ 8.748 |
| 1 周每天 $\geq 60$ min 中高强度运动天数 | -1.482    | 0.280 | 28.07           | < 0.05 | 0.23 | 0.131 ~ 0.393 |
| 常量                           | -3.955    | 0.978 | 16.34           | < 0.05 | 0.02 |               |

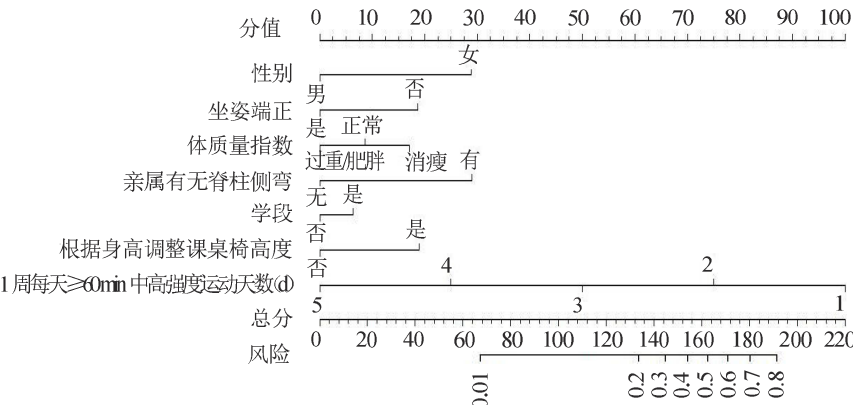


图 1 预测 AIS 发生的列线图模型

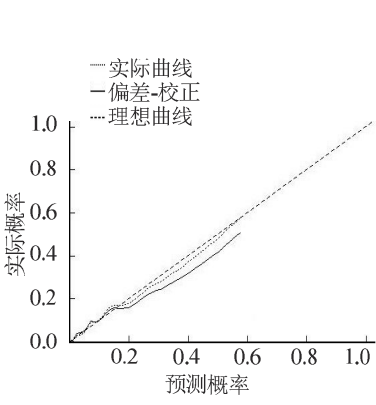


图 2 模型校准曲线内部验证图

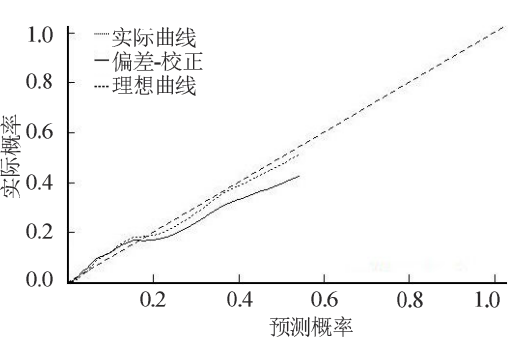


图 3 模型校准曲线外部验证图

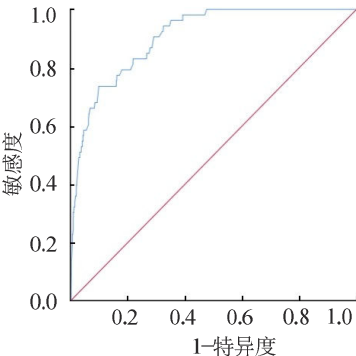


图 4 建模组 ROC 曲线

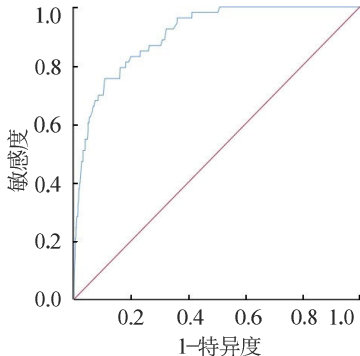


图 5 验证组 ROC 曲线

会使椎间盘受力不均匀,脊柱长期处于不协调的状态,从而导致 AIS<sup>[9]</sup>。(3)超重和肥胖人群的骨骼肌力和肌肉含量较多,可能对维持躯体平衡稳定、提升脊柱支持力有一定作用。而消瘦人群在骨骼上的附着点肌肉力量较差,背部肌肉不平衡,会增加 AIS 风险<sup>[11]</sup>。同时 AIS 患者的瘦素减少,血清瘦素受体水平较高,而瘦素与 BMI 呈正相关,血清瘦素受体与脊柱侧弯的严重程度相关<sup>[12]</sup>。因此 BMI 较低的人群出现 AIS 的风险较高。(4)脊柱侧弯和遗传因素密切相关。研究表明,AIS 发病机制与特定基因相关<sup>[13]</sup>。(5)脊柱侧弯风险随年龄的增加而增加,且学段越高的学生课业负担越重,学习时间越长,难以长期维持端正良好的坐姿,且缺乏户外锻炼,影响脊柱正常发育<sup>[14]</sup>。该阶段的学生发育较快,身高体质量迅速增长,骨内钙磷比例不足,也会导致脊柱侧弯。(6)青少年久坐于课桌前,未根据身高调整的桌椅更易导致坐姿不良,增加脊柱侧弯风险<sup>[15]</sup>。(7)运动可增加椎旁肌,使双侧肌肉平衡,增加脊柱稳定性,减少脊柱畸形发生。

本研究针对上述因素绘制了列线图模型,建模组、验证组 C-index 值分别为 0.928、0.929,说明该模型可协助预测 AIS 的发生风险,从而筛选出高风险学生进行早期干预。但本研究存在一定局限,数据仅限于本地同一所学校,未来需进一步优化应用模型。

综上所述,女性、坐姿不端正、消瘦、亲属有脊柱侧弯病史、高中学段、未根据身高调整桌椅高度、1 周每天 $\geq 60$  min 中高强度运动天数是 AIS 发生的影响因素,根据其构建的模型具有良好预测效能,为预测 AIS 提供依据。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

## 参 考 文 献

[1] ZALE C L, MCINTOSH A L. Adolescent idiopathic scoliosis for pediatric providers[J]. *Pediatr Ann*, 2022, 51(9): e364-e369.

- [2] MARYAS, TAMBE A D, MILLNER P A, et al. Adolescent idiopathic scoliosis: A review of aetiological theories of a multifactorial disease[J]. *Bone Joint J*, 2022, 104-B(8): 915-921.
- [3] 石茂彪,马亚萍,季文军,等.青少年特发性脊柱侧弯非手术治疗的现状[J]. *中国矫形外科杂志*, 2023, 31(13): 1189-1193.
- [4] 国家卫生和计划生育委员会.学龄儿童青少年超重与肥胖筛查: WS/T 586—2018[S].北京:中国标准出版社,2018:1-3.
- [5] 何佳嘉,袁勇,尹小俭,等.中国儿童青少年体力活动与体能指数的相关性[J]. *中国学校卫生*, 2021, 42(12): 1879-1882.
- [6] 国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.儿童青少年脊柱弯曲异常的筛查: GB/T 16133—2014[S].北京:中国标准出版社,2015:1-5.
- [7] ALMAHMOUD O H, BANIODEH B, MUSLEH R, et al. Overview of adolescent idiopathic scoliosis and associated factors: A scoping review[J]. *Int J Adolesc Med Health*, 2023, 35(6): 437-441.
- [8] 顾昉,徐韵涵,高雷,等.2021 年浙江省中小学生学习脊柱侧弯现状及影响因素分析[J]. *疾病监测*, 2024, 39(3): 1-5.
- [9] NISHIDA M, YAGI M, SUZUKI S, et al. Persistent low bone mineral density in adolescent idiopathic scoliosis: A longitudinal study[J]. *J Orthop Sci*, 2023, 28(5): 1099-1104.
- [10] NEWMAN M, HANNINK E, BARKER K L. Associations between physical activity and adolescent idiopathic scoliosis: A systematic review and meta-analysis[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2023, 104(8): 1314-1330.
- [11] BECKER L, LI Z, WANG Z, et al. Adolescent idiopathic scoliosis is associated with muscle area asymmetries in the lumbar spine[J]. *Eur Spine J*, 2023, 32(11): 3979-3986.
- [12] XU W, ZANG J J, WU F. Association between lean mass and adolescent idiopathic scoliosis: A meta-analysis[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2023, 24(1): 671.
- [13] CHENG T, EINARSDOTTIR E, KERE J, et al. Idiopathic scoliosis: A systematic review and meta-analysis of heritability[J]. *EFORT Open Rev*, 2022, 7(6): 414-421.
- [14] QI X, PENG C, FU P T, et al. Correlation between physical activity and adolescent idiopathic scoliosis: A systematic review[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2023, 24(1): 978.
- [15] 李凯洋,郭建军,荣湘江,等.青少年特发性脊柱侧弯可控的危险因素分析[J]. *中国预防医学杂志*, 2023, 24(1): 73-76.

收稿日期:2024-09-24

(本文编辑:吴迪汉)