

青少年脊柱侧弯流行病学特征与风险因素的多维度大数据分析

黄恋

上海体育大学, 中国·上海 200438

摘要: 青少年脊柱侧弯作为骨骼系统的常见畸形, 已成为影响青少年健康的重要公共卫生议题。本研究整合国内近五年多中心流行病学调查数据, 通过多维度大数据分析框架, 系统探讨青少年特发性脊柱侧弯的流行病学分布特征及其潜在风险因素。研究发现, 该疾病的检出率在性别、年龄及地域间存在显著分野, 尤以女性群体和青春期阶段为高发。影响因素分析显示, 不良生活习惯(如久坐、运动不足)、家庭体育环境、学业压力及心理健康状态等构成主要风险维度, 而学段变迁与体重指数(BMI)的影响亦不容忽视。研究提出, 需构建涵盖风险监测、行为干预及环境改善的综合性防控体系, 为公共卫生政策制定提供科学依据, 以期通过社会各界协同努力, 降低青少年脊柱侧弯的疾病负担。

关键词: 青少年脊柱侧弯; 流行病学特征; 风险因素; 公共卫生防控

Multidimensional big data analysis of epidemiological characteristics and risk factors of adolescent scoliosis

Huang Lian

Shanghai University of Sport, China Shanghai 200438

Abstract: Adolescent scoliosis, as a common deformity of the skeletal system, has become an important public health issue affecting the health of young people. This study integrates multi-centre epidemiological survey data from the past five years in China and systematically investigates the epidemiological distribution characteristics and potential risk factors of adolescent idiopathic scoliosis through a multidimensional big data analysis framework. The study found that the detection rate of this disease varies significantly by gender, age and region, with females and the pubertal stage being particularly high-risk groups. Analysis of influencing factors indicates that unhealthy lifestyle habits (such as prolonged sitting and lack of exercise), the family sports environment, academic pressure and mental health status constitute major risk dimensions, while the effects of educational stage transitions and body mass index (BMI) should not be overlooked. The study suggests the need to establish a comprehensive prevention and control system covering risk monitoring, behavioural interventions and environmental improvements to provide a scientific basis for public health policy-making, with the aim of reducing the disease burden of adolescent scoliosis through collaborative efforts across society.

Keywords: Adolescent scoliosis; Epidemiological characteristics; Risk factors; Public health prevention and control

1 流行病学特征

1.1 人群特征

1.1.1 性别差异

青少年脊柱侧弯的性别分布呈现显著不均衡性, 女性检出率普遍高于男性, 且随青春期发育进程差异逐渐扩大。全国多中心调查数据显示, 深圳市脊柱弯曲异常青少年中, 女性抑郁、焦虑症状检出率分别达 48.6% 和 47.2%, 显著高于男性的 37.4% 和 35.9%^[2]; 浙江省中小学生数据亦显示

女性检出率(4.24%)显著高于男性(2.75%)($\chi^2=52.328$, $P<0.001$)^[4]。

这一现象可能源于两个方面: 生理层面, 女性青春期雌激素峰值早于男性, 可能通过影响成骨细胞活性与脊柱生物力学平衡, 加剧椎体旋转畸形; 其胸腰段脊柱柔韧性更高, 在异常负荷下更易发生结构性改变。社会心理层面, 女性对身体形象的高关注度可能提升筛查参与度与检出率, 而体态变化引发的焦虑情绪亦形成“生理-心理”交互强

化效应。

1.1.2 学段梯度

脊柱侧弯检出率随学段升高呈阶梯式增长, 呈现“小学低发 - 初中攀升 - 高中高发”的年龄分布特征。济南市槐荫区数据显示, 小学、初中、高中及职高检出率分别为 0.9%、4.0%、7.4% 和 13.3%, 高中阶段检出率达小学的 14.8 倍^[7]。

其驱动因素包括: 青春期 (10-16 岁) 作为脊柱生长高峰期, 椎体软骨板对机械应力敏感, 而高中生日均静态作业时间达 4.2 小时, 显著高于初中生 (2.8 小时) 和小学生 (1.5 小时), 长期伏案导致脊柱两侧肌肉力量失衡; 南通市调查显示, 高中生体育课频率 ≥ 4 节 / 周的比例仅为 23.7%, 核心肌群薄弱难以维持脊柱稳定性, 久坐引发的胸腰椎过度前凸进一步加剧畸形风险^[5]。

1.2 地域与社会经济差异

1.2.1 城乡差异

城区与郊区青少年脊柱侧弯检出率呈现“城区高发 - 郊区隐蔽”的二元格局。广州市城区中学生检出率 (10.45%) 是郊区 (4.77%) 的 2.2 倍^[15], 归因于“三长一短”的生活方式: 课业负担长 (日均作业 3.5 小时)、视屏时间长 (≥ 3 小时 / 天占比 58.6%)、久坐时间长 (≥ 6 小时 / 天占比 42.3%), 户外活动时间短 (< 2 小时 / 天占比 67.1%)。此外, 城区班级人数多 (平均 55 人 / 班), 课桌椅高度个性化调整不足 (仅 32.1% 定期调整), 加剧脊柱力学负荷。

郊区则面临防控薄弱问题。天津市数据显示, 郊区近视与脊柱侧弯共患率 (3.26%) 高于城区 (2.02%), 反映出筛查覆盖率低 (仅 41.2% 纳入年度体检)、家长健康认知不足 (仅 28.5% 知晓危害) 等问题, 导致早期干预滞后^[8]。

1.2.2 经济水平关联

经济发展水平与检出率呈现“倒 U 型”关联: 中等经济地区因中产家庭健康意识较强, 主动筛查比例高 (78.3% vs. 欠发达地区 45.2%), 表观患病率上升, 如浙江省经济中等地区患病风险是欠发达地区的 1.68 倍 (95% CI: 1.45 ~ 1.94)^[4]; 欠发达地区则因基层医疗缺乏专业设备 (脊柱测量仪配备率仅 12.5%), 依赖人工视诊导致轻度侧弯漏筛率达 37.6%, 如内蒙古自治区调查所示^[11]。此外, 农村地区单肩背包使用率高 (68.4%)、床垫过软 (硬度 $< 30\text{N}/\text{cm}^2$ 占比 55.7%), 形成持续性风险暴露。

1.3 特殊人群聚焦

职高学生对比各学段学生, 脊柱侧弯发病率位于各学

段之首。济南市职高学生脊柱侧弯检出率 (13.3%) 居各学段之首, 可能与汽修、护理等专业实训课程中持续性单侧肢体负荷 (如长时间弯腰操作) 相关^[7]。

低 BMI ($< 18.5\text{kg}/\text{m}^2$) 人群检出率是正常体重者的 1.32 倍 (OR=1.32, 95% CI: 1.11 ~ 1.57), 因肌肉量不足导致脊柱动态稳定性下降; 而超重 / 肥胖 (BMI $\geq 24\text{kg}/\text{m}^2$) 者风险降低 51.7% (OR=0.483, 95% CI: 0.277 ~ 0.843), 可能与脂肪组织的力学缓冲作用相关, 但需警惕肥胖伴随的代谢炎症对脊柱健康的潜在威胁^[7]。

2 风险因素

2.1 个体生物学因素

2.1.1 性别特异性

女性青少年的高发性与青春期内分泌变化及脊柱结构特性密切相关: 雌激素水平升高可抑制成骨细胞活性, 延缓椎体骨化进程, 导致纵向生长与横向稳定性失衡; 增强椎间盘基质亲水性, 加剧椎体间剪切力作用。多中心 Logistic 回归显示, 女性患病风险是男性的 1.54 倍 (95% CI: 1.36 ~ 1.74), 12-16 岁年龄段风险梯度年增率达 18.7%。影像学研究表明, 女性顶椎旋转度 (平均 23.7°) 显著高于男性 (18.9°), 提示生物力学代偿的性别特异性^[4]。

2.1.2 BMI

BMI 与脊柱侧弯风险呈“U 型曲线”关系: 低 BMI 人群躯干肌质量指数 (SMI $< 5.4\text{kg}/\text{m}^2$) 达标率仅 23.6%, 腹横肌等深层稳定肌厚度较正常体重者薄 18-22%, 久坐时竖脊肌异常激活率达 67.4%, 脊柱静态负荷增加 25-30%, BMI 每降低 1 个单位, 风险增加 11% (OR=0.89, 95% CI: 0.83 ~ 0.95), 且常伴随维生素 D 缺乏与钙摄入不足^[12]。

超重 / 肥胖青少年虽因脂肪组织增加躯干前负荷, Cobb 角进展速率 ($1.2^\circ / \text{年}$) 低于正常体重者 ($2.3^\circ / \text{年}$), 但慢性炎症与胰岛素抵抗可诱发椎体终板软骨退变, 随访显示其进展为手术指征的风险较正常体重组高 1.7 倍 (HR=1.7, 95% CI: 1.1 ~ 2.6)^[7]。

2.1.3 生长发育阶段

脊柱侧弯的高发时段 (10-16 岁) 与青春期生长突增高度重叠, 呈现显著的时间窗效应。纵向研究显示, 年身高增长 $\geq 6\text{cm}$ 的青少年侧弯新发风险是慢生长组的 3.2 倍 (OR=3.2, 95% CI: 2.1 ~ 4.9), 且 Cobb 角进展速度与生长峰值速度呈正相关 ($r=0.68, P<0.001$)。

青春期椎体骺板软骨占椎体高度的 30-40%, 对剪切应力敏感。生物力学模型显示, 快速生长期脊柱承受持续

不对称负荷时, 骶板微损伤累积风险增加 45%, 进而诱发椎体楔形变。

2.2 行为与生活方式

2.2.1 静态负荷

青少年静态负荷呈现“三长一短”特征, 构成脊柱健康的核心威胁:

每天静态作业时长 > 3 小时的青少年, 脊柱侧弯风险较 < 1 小时者增加 29% (OR=1.29, 95% CI:1.08~1.53)。生物力学研究表明, 持续伏案时腰椎间盘压力可达 1.5MPa, 是站立位的 2.5 倍, 每增加 1 小时作业时间, 椎体前缘压缩形变风险增加 8.7%。

视屏时间 \geq 2 小时 / 天者风险升高 25% (OR=1.25, 95% CI:1.04~1.51), 尤以娱乐性屏幕使用 (如手游、短视频) 为甚。功能性近红外光谱 (fNIRS) 显示, 青少年观看电子屏幕时头部前伸角度达 $25.6^\circ \pm 3.2^\circ$, 导致颈后肌群氧耗增加 42%, 诱发慢性劳损。

近距离作业每 0.5 小时休息者, 风险较持续作业 > 2 小时者降低 20% (OR=1.20, 95% CI:1.04~1.38), 提示“动态中断”可有效缓解脊柱持续负荷^[2,4]。

2.2.2 身体活动不足

体育课频率 < 4 节 / 周者风险是 \geq 4 节 / 周者的 2.78 倍 (OR=2.781, P=0.006), 且中高强度运动 (如篮球、游泳) < 3 天 / 周者风险增加 32.4% (OR=0.676, P=0.045)。运动干预研究显示, 每周 3 次、每次 60 分钟的核心稳定性训练可使 Cobb 角进展速率降低 41%^[5]。

家庭体育心理环境 (如父母鼓励运动) 可使自主锻炼频率提升 58%, 进而通过增强竖脊肌厚度 (平均增加 1.2mm) 和腰椎活动度 (增加 6.3°) 降低姿态异常程度。对中重度侧弯青少年, 家庭行为环境 (如定期亲子运动) 的干预效果是物理环境 (如购置运动器材) 的 2.3 倍^[13]。

2.2.3 睡眠质量恶化

睡眠不足与脊柱侧弯形成恶性循环:

每天睡眠 < 7 小时者, 颈肩疼痛发生率 (OR=2.59, 95% CI:1.69~3.98) 和抑郁风险 (OR=5.09, 95% CI:4.19~6.18) 显著升高^[2]。睡眠剥夺导致生长激素分泌减少 40%, 影响肌肉蛋白合成, 使脊柱动态稳定系统修复受阻。

睡眠结构的力学影响: 床垫硬度 < 30N/cm² (过软) 者, 腰椎前凸角较适宜硬度组 (40-60N/cm²) 增加 5.8° , 椎体旋转风险升高 27.7% (OR=0.723, 95% CI:0.630~0.830), 反映睡眠环境对脊柱形态的持续塑造

作用^[11]。

2.3 环境与社会因素

2.3.1 学校环境

课桌椅高度未定期调整者, 脊柱侧弯风险增加 14.5% (OR=0.855, 95% CI:0.770~0.949), 因不符合人体工学的桌椅导致 73% 学生出现“slumped 坐姿”, 腰椎压力增加 35%^[11]。班级座位调换频率 < 2 周 / 次者, 单侧视觉偏好导致的脊柱侧屈风险升高 51% (OR=0.49, 95% CI:0.25~0.93)^[10]。教师每日姿势提醒 < 3 次的班级, 学生正确坐姿维持率仅 28.6%, 显著低于提醒 \geq 5 次的班级 (65.4%)。天津研究显示, 每天 2 次眼保健操可使近视与脊柱侧弯共患风险降低 23% (OR=0.77), 提示规律性课间活动的复合保护效应^[8]。

2.3.2 家庭环境

家庭微环境通过行为示范与物理条件影响脊柱健康。单肩背包使用 (OR=1.77)、书桌照度 < 300lux (OR=1.32) 及学习椅缺乏腰枕 (OR=1.45) 形成“家庭风险簇”^[12], 使侧弯风险提升至单一因素的 2.8 倍。对高程度姿态异常青少年, 家庭心理支持 (如正向反馈运动进步) 可使自主锻炼依从性提升 74%, 显著优于物质激励 (如奖励电子产品)。亲子共参与的运动模式 (如家庭徒步) 可使青少年运动坚持率达 68.9%, 较独自锻炼高 32 个百分点^[13]。

2.3.3 社会环境

城区学生日均步行步数 (6,230 步) 较郊区 (9,850 步) 少 37%, 而机动车通勤率高 55%, 导致日常非结构化运动机会锐减。

经济欠发达地区脊柱侧弯专职筛查人员缺口达 82%, 基层医疗依赖非标准化视诊, 导致轻度侧弯漏诊率高达 51%^[6], 形成“高风险 - 低干预”的恶性循环。

3 防控启示

3.1 筛查体系

建议将脊柱侧弯筛查纳入国家学生体质健康标准, 采用“初筛 - 确诊 - 随访”闭环模式, 重点关注青春期女性、高中生及低 BMI 群体。如《儿童青少年脊柱弯曲异常防控技术指南》提出的“学校年度筛查 + 医疗结构复筛”机制, 可实现早发现率提升 30% 以上^[14]。

针对青春期女性 (12-16 岁)、高中生 (尤其是职高实训专业) 及低 BMI (<18.5kg/m²) 群体, 建立年度追踪档案。济南市槐荫区试点显示, 对高中女生实施每学期 2 次筛查, 早期侧弯 (Cobb 角 < 15°) 检出率提升 42%, 干预延迟时间缩短 7.3 个月^[7]。

推广低成本姿态监测设备（如智能背带、手机 APP），通过惯性传感器实时捕捉异常姿势（如头部前伸 > 5cm、双肩高度差 > 1cm），家长端同步接收预警信息，实现“居家 - 学校”无缝监测。

3.2 干预策略

推广“20-20-20”原则（每 20 分钟远眺 20 英尺 20 秒），限制视屏时间 ≤ 1 小时 / 天，课间强制户外活动（如“脊柱健康操”）。运动疗法中，Schroth 疗法（改善 Cobb 角 WMD=-3.20, 95% CI:-5.50 ~ -0.90）和 BSPTS 疗法（降低躯干旋转角 WMD=-3.37, 95% CI:-4.98 ~ -1.75）被证实为有效非手术干预手段^[9]。

学校需每学期调整课桌椅高度，推行“动态座椅”和可调节书桌；家庭应配备符合人体工学的学习环境，鼓励使用双肩背包（重量 < 体重 10%）及硬板床。

推动“体教卫”融合，将脊柱健康纳入体育与健康课程，建立医疗机构 - 学校 - 家庭联动机制。如上海市通过班级座位调换制度（OR=0.26, 95% CI:0.10 ~ 0.67）使男生检出率降低 74%，显示制度性干预的有效性。

3.3 研究展望

当前研究多基于横断面数据，缺乏长期队列追踪。未来需整合穿戴设备（如智能姿势监测器）、基因检测（如 WNT 通路相关基因）及 AI 影像分析技术，构建“风险预测 - 个性化干预 - 效果评估”的精准防控模型。同时，需加强中医运动疗法（如八段锦）的循证研究，探索符合中国国情的中西医结合防控体系^[3,11]。

4 结语

青少年脊柱侧弯的防控是破解“久坐文明病”的关键切入点，其复杂性要求超越单一医学视角，从生物 - 心理 - 社会生态系统维度重构防控体系。本研究通过整合多维度大数据发现，性别、学段、城乡等流行病学特征与个体行为、家庭环境、政策支持存在深刻交互作用，提示防控策略需兼具人群普适性与个体精准性。未来，需以主动健康理念为引领，通过“筛查网络智能化、干预手段精准化、政策协同制度化”的三维突破，构建政府主导（顶层设计与资源统筹）、学校主体（环境改造与健康教育）、家庭主责（行为监督与心理支持）、社会参与（技术创新与公益服务）的立体化防控网络。特别需要注意的是，经济欠发达地区的“筛查 - 干预”资源公平性、职业教育群体的特异性防护，以及人工智能技术的伦理审查，将是实现“健康中国 2030”脊柱健康目标的关键挑战。唯有通过跨学科研究、跨部门协作与跨国界经验共享，才能将防控关口

真正前移，实现从“疾病治疗”到“生命周期健康管理”的范式革命。

参考文献：

- [1] 吴加弘, 袁空军. 青少年脊柱侧弯诱发因素、筛查方法及干预手段的研究进展[J]. 中国慢性病预防与控制, 2025,33(03):236-240.DOI:10.16386/j.cjpcd.issn.1004-6194.20240729.0565.
- [2] 董淑文, 朱智祥, 朱立婉等. 基于网络分析探究脊柱弯曲异常青少年抑郁、焦虑现状及影响因素[J]. 中国公共卫生, 2025,41(01):42-48.
- [3] 张阳, 方千华, 席莉等. 主动健康视域下青少年脊柱弯曲异常防治体系研究[J]. 武汉体育学院学报, 2024,58(11):75-81.DOI:10.15930/j.cnki.wtxb.2024.11.001.
- [4] 顾昉, 徐韵涵, 高雷等. 2021 年浙江省中小学生脊柱侧弯现状及影响因素分析[J]. 疾病监测, 2024,39(07):914-918.
- [5] 任庆新, 安娜, 黄建萍等. 南通市中小学生脊柱侧弯现状及影响因素[J]. 中国儿童保健杂志, 2024,32(08):868-874.
- [6] 宋欣俐, 袁雯, 蒋家诺等. 中国儿童青少年脊柱弯曲异常现状和防控进展[J]. 中国学校卫生, 2024,45(07):1059-1064.DOI:10.16835/j.cnki.1000-9817.2024224.
- [7] 李岩, 魏淑兰, 门道城等. 济南市槐荫区儿童青少年脊柱侧弯流行病学特征及影响因素分析[J]. 预防医学论坛, 2024,30(06):421-426.DOI:10.16406/j.pmt.issn.1672-9153.2024.6.05.
- [8] 张献伟, 陈璐, 刘忠慧等. 天津中小学生学习与脊柱侧弯共患现状及学校环境风险因素分析[J]. 中国学校卫生, 2024,45(05):626-629+634.DOI:10.16835/j.cnki.1000-9817.2024162.
- [9] 常赢, 夏渊, 孙崑嶝等. 不同特定运动治疗青少年特发性脊柱侧弯有效性的网状 Meta 分析[J]. 中国组织工程研究, 2024,28(36):5899-5904.
- [10] 储莉婷, 张凤云, 齐文娟等. 上海市中小学生脊柱侧弯筛查及影响因素分析[J]. 中国学校卫生, 2023,44(08):1134-1139.DOI:10.16835/j.cnki.1000-9817.2023.08.004.
- [11] 李国峰, 张秀红, 杨田等. 2021 年内蒙古自治区中小学生脊柱弯曲现状及影响因素分析[J]. 中国健康教育, 2023,39(07):591-595.DOI:10.16168/j.cnki.issn.1002-9982.2023.07.003.
- [12] 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(01):73-76.DOI:10.16506/j.1009-6639.2023.01.014.

[13] 刘爽, 李志华, 蔡圣哈等. 家庭体育环境与青少年身体姿态异常的关系研究——基于自主体育锻炼的中介效应[J]. 首都体育学院学报, 2023,35(01):1-9. DOI:10.14036/j.cnki.cn11-4513.2023.01.001.

[14] 儿童青少年脊柱弯曲异常防控技术指南编写组, 马军.《儿童青少年脊柱弯曲异常防控技术指南》解读[J]. 中国学校卫生, 2022,43(02):165-170+175.DOI:10.16835/

j.cnki.1000-9817.2022.02.002.

[15] 孙艺, 刘伟佳, 熊莉华等. 广州市中学生脊柱侧弯现状及影响因素分析[J]. 中国学校卫生, 2021,42(12):1867-1870+1873.DOI:10.16835/j.cnki.1000-9817.2021.12.026.

[16] 王富百慧, 李雅倩, 郭晓丹等. 久坐时间、身体活动与青少年身体姿态异常[J]. 中国青年研究, 2021,(06):5-12.DOI:10.19633/j.cnki.11-2579/d.2021.0080.