

青少年特发性脊柱侧凸对心肺功能相关影响因素的研究

陈增¹ 王建强^{1*} 陈晓庆¹ 甘伟¹ 王发潮¹

海南省老年病医院,海南 海口 570100

摘要:探讨青少年特发性脊柱侧凸(adolescent idiopathic scoliosis,AIS)影像学指标与心肺功能的相关性,明确中度 AIS 患者心肺功能降低的发生率,为临床评估及康复干预提供依据。方法:纳入 60 例中度 AIS 患者,对患者进行身高、体重、体脂率、肺功能及心肺运动试验的测定,收集相关指标数据。采用 Pearson 或 Spearman 相关分析评估影像学指标与心肺功能参数的相关性,并以显著相关的心肺指标为因变量,建立多元线性回归模型。结果:Cobb 角与 FVC、PeakVO₂呈强负相关($P<0.005$),与 RR 呈正相关;胸椎后凸角与 FVC 弱正相关;Nash-Moe 旋转角度与 PeakVO₂、FVC 呈显著负相关($P<0.005$);Risser 征与 FVC 显著正相关($P<0.05$)。多元回归分析表明,Cobb 角是影响 FVC 的关键因素。结论:Cobb 角增大和骨骼成熟度低是 AIS 患者通气功能下降的独立影响因素,需在康复治疗中针对性干预。

关键词:青少年特发性脊柱侧凸;心肺功能;相关影响因素

DOI: 10.63887/mhr.2025.1.1.6

引言

青少年特发性脊柱侧凸(adolescent idiopathic scoliosis,AIS)是一种病因未明的三维脊柱畸形,可由多种因素相互作用,患病率约 2%~3%,且女性患病率更高,可能与骨骼生长发育的异常控制和调节有关,该疾病在生长发育期间易发生椎体的侧移旋转和胸廓的畸形,影响心血管系统、呼吸系统功能和心肺运动功能,严重者可影响患者的日常生活活动^[1-4]。探讨 AIS 脊柱影像学指标与心肺运动耐力的相关性,明确中度 AIS 心肺运动耐力降低发生率,为 AIS 心肺运动耐力的评估和康复治疗提供理论依据,为患者进行科学合理的运动提供参考。

1 研究方法

1.1 研究对象

本研究采用前瞻性设计,招募在我院康复医学科就诊的 AIS 患者。所有 AIS 患者均完善全脊柱正侧位 X 线片检查,由放射科两位康复医师独立测量以下影像学指标:最大 Cobb 角、胸椎后凸角及顶椎 Nash-Moe 椎体旋转分度。同时,收集患者的人体测量学指标(身高、体重、体脂率)和呼吸功能指标(包括用力肺活

量(FVC)、FVC 占预计值百分比(FVCpred%)、第 1 秒用力呼气容积(FEV1)、FEV1 占预计值百分比(FEV1pred%)、FEV1/FVC 比值),并进行心肺运动试验(CPET)。

纳入标准:①年龄 10-30 岁;②Cobb 角 20°-45°;③侧弯分型:单胸弯/胸腰双弯/单腰弯。

排除标准:①非特发性脊柱侧凸;②既往手术或康复治疗史;③合并心肺基础疾病。

1.2 测试方法

人体测量学指标:身高和体重采用无线电子立柱秤连续测量三次取平均值。体脂率使用身体脂肪测量器基于身高、体重数据计算得出。

影像学评估:患者拍摄站立位全脊柱冠状面和矢状面 X 线片。影像学指标(包括最大 Cobb 角、顶椎 Nash-Moe 椎体旋转分度、累及椎体数、胸椎后凸角、侧凸方向及分型)由康复医师和影像学医师共同测量并达成一致。

肺功能检测:使用德国耶格(Jaeger)心肺功能测试系统,严格按照美国胸科协会(ATS)标准进行测试和质量控制。设备每日使用前均进行容量校准、三流速校准及环境参数(温湿度、大气压)校准。测试前

向受试者详细讲解并示范动作要领。受试者在安静坐位下，使用一次性咬口器并夹鼻，完成检测动作。每项指标测量三次，记录最佳值。检测指标包括 FEV1、FVC 等。

CPET：采用德国耶格公司的 Ergoline 坐位功率自行车和 Masterscreen-CPX 系统进行。测试流程：静息状态下记录心电图及肺功能基线数据。受试者佩戴连接呼吸阀和气体分析仪的面罩（记录气流）及全导联心电图。设备校准后，受试者先在功率自行车上静息蹬车 3 分钟，随后进行 3 分钟无负荷热身（60 转/分钟）。之后阻力根据受试者性别、年龄和功能状态按预设方案递增，目标在 8~12 分钟内达到力竭。力竭后继续无负荷恢复蹬车 5~10 分钟。在确保安全的前提下，鼓励受试者尽最大努力运动。全程记录代谢气体交换、通气功能及心血管系统相关指标。

1.3 观测记录指标

本研究系统记录以下维度的参数：

基线特征：姓名、性别、出生日期、年龄、初诊日期、身高、体重、体脂率。

影像学参数：最大 Cobb 角、顶椎 Nash-Moe 旋转分度、累及椎体数目、胸椎后凸角、侧凸方向（左/右）、侧凸分型（单胸弯/胸腰双弯/单腰弯）

呼吸功能：FVC、FVCpred%、FEV₁、FEV₁占预计值百分比（FEV₁pred%、FEV₁/FVC 比值）。

CPET：代谢当量：峰值摄氧量占预计值百分比（PeakVO₂%pred）、绝对峰值摄氧量（PeakVO₂）、呼吸交换比（RER）、代谢当量（METs）；通气反应：呼吸频率（RR）；心血管反应：最大心率（HR_{max}）、心率储备（HRR）；气体交换效率：氧通气当量（VE/VCO₂）。

1.4 数据处理与统计分析

采用 EpiData3.1 软件双人独立录入数据，通过格拉布斯检验识别并剔除离群值。连续变量经 Kolmogorov-Smirnov 检验正态性及 Levene 方差齐性检验：正态数据以均值±标准差表示，非正态数据经自然对数转换；分类变量组间比较采用独立样本 t 检验或 Mann-Whitney U 检验。影像学指标与心肺功能参数的

相关性通过 Pearson 或 Spearman 相关分析评估，报告相关系数及 95%CI。以显著相关的心肺指标为因变量，建立多元线性回归模型：自变量包括连续性影像指标及哑变量化分类变量，校正年龄、性别、体脂率；模型经 Durbin-Watson 检验和方差膨胀因子验证。使用 SPSS26.00 和 R4.3.1 软件分析，P<0.05 为显著。

2 结果

2.1 基本资料

共纳入 60 例中度 AIS 患者，女性占 80.00%，年龄 10-18 岁。男性身高、体重显著高于女性（P<0.05），但最大 Cobb 角无性别差异（P=0.853）（表 1）。

表 1 受试者基线特征

指标	男性（n=19）	女性（n=41）	P 值
年龄（岁）	14.25±1.50	13.56±1.40	0.087
身高（cm）	168.25±12.45	150.84±6.40	<0.001
体重（kg）	53.91±4.67	42.43±7.76	<0.001
体脂率（%）	17.45±5.70	20.93±4.70	0.015
Cobb 角（°）	27.68±7.56	28.24±7.10	0.781

2.2 影像学指标与心肺功能相关性

影像学指标与心肺功能存在多方面相关性。其中，Cobb 角与 PeakVO₂、FVC 呈强负相关（P<0.005），与 RR 呈正相关；胸椎后凸角与 FVC 弱正相关；Nash-Moe 旋转角度与 PeakVO₂、FVC 呈显著负相关（P<0.005）；Risser 征与 FVC 显著正相关（P<0.05），详细数据见表 2。

表 2 影像学指标与心肺功能参数的相关系数

变量	PeakV O ₂	FVC	RR	VEma x
Cobb 角	-0.319*	-0.432*	0.043	0.042
胸椎后凸角	0.423*	0.182*	-0.054	0.036
Nash-Moe 旋转角度	-0.429*	-0.412*	0.088	-0.005

Risser 征	0.012	0.351*	-0.06 7	0.021
----------	-------	--------	------------	-------

注：*P<0.005

2.3 影响 FFVC 的多元回归分析

在对 FVC 的多元线性回归分析中，以 FVC 作为因变量，纳入了 Cobb 角、胸椎后凸角、单胸弯和胸腰双弯作为自变量。模型整体的 F 值为 5.394，P=0.012，表明模型具有统计学意义。结果显示，其中 Cobb 角对 FVC 有显著的负向影响（ $\beta = -0.267$ ， $P = 0.013$ ），即 Cobb 角每增加一个单位，在控制其他变量的情况下，FVC 预计减少 0.267 个单位，95% 置信区间为（-0.672, -0.010）；而胸椎后凸角、单胸弯、胸腰双弯对 FVC 的影响不显著（P 值分别为 0.712、0.564、0.444）。此外，各变量的 VIF 均小于 5，表明不存在严重的多重共线性，模型稳定性良好，详细数据见表 3。

表 3 FVC 多元线性回归模型结果

自变量	SE	β	t 值	P 值	95% CI	VIF
常量	0.163	—	9.637	<0.001	(1.58 2,1.8 76)	—
Cobb 角	0.002	-0.267	-3.578	0.013	(-0.6 72,-0 .010)	1.29
胸椎后凸角	0.011	-0.026	-0.567	0.712	(-0.0 14,0. 002)	1.35
单胸弯	0.105	0.154	1.379	0.564	(-0.0 71,0. 231)	1.12
胸腰双弯	0.349	-0.15	-0.761	0.444	(-0.4 01,0. 764)	1.46

3 讨论

AIS 作为一种常见的脊柱畸形，对患者心肺功能的影响已成为临床关注焦点^[5]。本研究通过分析中度

AIS 患者的影像学指标与心肺功能参数的相关性，深入探讨了影响患者心肺功能的关键因素，旨在为临床评估与康复干预提供更具针对性的依据。

从研究结果来看，Cobb 角与 FVC 呈显著负相关，与 RR 呈正相关，这与以往部分研究结果相呼应。Cobb 角作为衡量脊柱侧凸严重程度的关键指标，其增大意味着脊柱畸形程度的加重。随着 Cobb 角的增加，胸廓的形态和结构发生改变，胸腔容积减小，肺组织受到挤压，进而导致肺通气功能受限，表现为 FVC 的降低。为了维持正常的通气需求，患者不得不通过增加 RR 来代偿，这也是 RR 随 Cobb 角增大而升高的生理机制。多元回归分析进一步证实了 Cobb 角对 FVC 的独立负向影响，提示在康复治疗过程中，需重点关注脊柱畸形的矫正，通过早期干预措施，控制 Cobb 角的进展，从而改善患者的通气功能。

Risser 征与 FVC、VEmax、PeakVO₂ 等指标呈显著正相关，表明骨骼成熟度与心肺功能状态密切相关。在骨骼生长发育过程中，Risser 征分级较低意味着骨骼成熟度较低，此时骨骼的生长潜力较大，但与此同时，脊柱侧凸的进展风险也相对较高。较低的 Risser 征分级可能导致胸廓发育受限，影响肺组织的正常生长和扩张，进而对心肺功能产生负面影响。而随着骨骼成熟度的增加，胸廓的稳定性增强，心肺功能也相应得到改善。因此，在临床实践中，对于 Risser 征分级较低的患者，应加强监测和干预，促进骨骼的正常发育，预防和减缓心肺功能的下降。

本研究还对影响 FVC 的因素进行了多元回归分析，结果显示，Cobb 角是影响 FVC 的关键因素。这一发现进一步强调了脊柱畸形程度对肺功能的重要性。FVC 作为评估肺通气功能的重要指标，反映了肺的最大通气能力。Cobb 角的增大导致胸廓活动受限，肺的扩张和收缩受到阻碍，从而降低了 FVC。这提示在临床评估 AIS 患者的肺功能时，应将 Cobb 角作为重要的参考因素之一，同时结合其他影像学指标，综合判断患者的肺功能状态，制定个性化的康复治疗方案。

然而，本研究也存在一定的局限性。首先，样本量相对较小，且仅纳入了中度 AIS 患者，可能在一定程度上限制了研究结果的普遍性。未来研究可扩大样

本量，并涵盖不同严重程度 AIS 患者，以进一步验证研究结论的稳定性。其次，本研究为横断面研究，无法明确因果关系，对于脊柱侧凸与心肺功能变化之间的动态演变过程尚需进一步的纵向研究进行探讨。此外，尽管本研究控制了年龄、性别、体脂率等混杂因素，但仍可能存在其他未测量的混杂因素对结果产生影响，如患者的运动习惯、肺部疾病史等，这些因素在后续研究中应加以考虑和控制。

结论

本研究明确了 Cobb 角增大和骨骼成熟度低是 AIS 患者通气功能下降的独立影响因素，为临床针对 AIS 患者心肺功能的康复治疗提供了重要依据。在未来的临床实践中，应根据患者的个体化特征，制定综合的康复治疗策略，包括脊柱矫正训练、呼吸功能锻炼、运动疗法等，以改善患者的心肺功能，提高生活质量。同时，进一步深入研究 AIS 对心肺功能影响的机制，探索更有效的干预措施，仍是未来研究的重要方向。

参考文献

- [1] 夏纪元, 杨云飞, 黄立军, 夏庆福, 张玉双. Halo-骨盆牵引治疗重度脊柱侧弯畸形的效果及其对肺功能的影响. 武警医学. 2024. 35(03): 230-234.
- [2] 李连泰, 胡华, 王书君等. 三法联合治疗青少年特发性脊柱侧弯的疗效及对肺功能的影响. 安徽医药. 2023. 27(09): 1766-1771.
- [3] 唐洋洋, 林远方, 李楚, 卢泽阳. 针灸联合脊柱推拿治疗特发性脊柱侧弯的疗效及对脊柱功能、肺功能的影响. 环球中医药. 2024. 17(11): 2351-2354.
- [4] 李柯蓉, 赵智, 陈莱弦, 敖丽娟, 孟繁媛. 轻中度青少年特发性脊柱侧弯患者肺功能与呼吸肌力分析. 昆明医科大学学报. 2023. 44(07): 88-93.
- [5] 韩雪, 邵玮. 中医正骨联合有氧运动、抗阻训练对青少年特发性脊柱侧弯肺功能、运动耐力及生活质量的影响. 河北中医. 2022. 44(10): 1670-1675.

第一作者简介：陈增，（1987--），男，广东中山，硕士，主治医师，研究方向：中西医结合心肺康复。

通讯作者介绍：王建强，（1984--），男，海南海口，大学本科，主管治疗师，研究方向：心肺康复治疗及科研工作。

基金项目：海南省卫生健康行业科研项目项目编号（22A200282）；海南省自然科学基金：项目编号（820MS155）；海南省临床医学中心建设项目：康复医学科。