

青少年脊柱侧弯线上筛查小程序与人工筛查准确率的对比研究

陈朋^{1,2} 周文钰³

1 汕头大学医学院, 广东深圳, 515041;

2 南方医科大学坪山医院, 广东深圳, 518118;

3 深圳市第二人民医院, 广东深圳, 518000;

摘要: 青少年脊柱侧弯的早期发现对预防和干预具有重要意义。本研究围绕线上筛查小程序与人工筛查两种方式的准确率展开对比, 评估小程序在实际应用中的可行性与临床价值。对受试青少年群体进行双重筛查, 分析筛查结果的一致性与差异性, 探讨数字化工具在提升筛查效率和覆盖率方面的优势。研究结果为青少年脊柱侧弯筛查手段的优化提供了数据支持与实践参考。

关键词: 脊柱侧弯; 青少年; 线上筛查; 人工筛查; 准确率对比

DOI: 10.69979/3029-2808.26.03.065

引言

青少年阶段是脊柱发育的关键时期, 脊柱侧弯的早期识别对防止病情进展至关重要。传统人工筛查受限于人力资源和筛查效率, 难以实现大范围覆盖。近年来, 依托智能设备开发的线上筛查小程序逐渐被引入公共卫生实践中, 提供了一种便捷、高效的新型筛查手段。为验证其实际准确性和临床实用性, 本研究系统对比了线上筛查小程序与人工筛查在青少年脊柱侧弯识别中的一致性和有效性。

1 研究背景与问题提出

1.1 青少年脊柱侧弯的流行现状与筛查意义

青少年脊柱侧弯 (Adolescent Idiopathic Scoliosis, AIS) 是指发生于青春发育期前后的一种原因未明的脊柱侧弯畸形, 具有起病隐匿、进展迅速的特点, 常在早期无明显临床症状而易被忽视。据流行病学研究显示, 中国青少年脊柱侧弯的发病率在 2% 至 4% 之间, 且在女性中更为常见。由于青少年正处于骨骼快速发育阶段, 轻度脊柱侧弯若未能及时识别并干预, 可能迅速进展为中重度, 导致肩胛高低不平、骨盆倾斜、胸廓畸形, 甚至影响心肺功能。长期未干预的严重病例还可能引发心理障碍及社交问题, 对青少年的身心健康造成不可逆的损害。

脊柱侧弯的早期筛查在预防疾病进展方面发挥着关键作用, 尤其在学校体检和社区卫生服务中已逐渐被纳入常规工作。筛查的目的在于早发现、早诊断、早干预, 从而降低手术干预率并改善生活质量。在公共卫生层面, 普及有效的筛查机制能够显著提高侧弯检出率,

促进医疗资源的合理配置, 减轻后期治疗所需的经济和社会负担。如何提升筛查效率、扩大筛查覆盖面, 成为当前脊柱健康管理中亟需解决的核心问题之一。这关系到脊柱侧弯的早期发现与干预, 还直接影响疾病控制的整体成本和资源配置效率。借助智能技术与数字化手段, 推动筛查模式的转型升级, 已成为提高公共卫生服务质量的重要方向。

1.2 传统人工筛查方法的局限性与挑战

目前人工筛查方法主要依赖于专业人员通过目测体态、前屈试验和角度测量工具 (如脊柱测角仪) 进行初步判断。这一方法对筛查人员的专业经验与技术要求较高, 存在较强的主观性。在大规模人群筛查中, 人工方式费时费力, 筛查效率较低, 且在资源有限的中小城市或乡村地区难以普及。受制于现场条件及学生配合度, 部分体态异常可能被漏检或误判, 影响筛查的准确率与一致性。对青少年而言, 这种形式的检查常常带有一定的心理负担, 影响其配合度与筛查体验。

另一个突出问题是人工筛查存在区域发展不平衡。在发达地区, 人工筛查可由具备临床背景的人员执行, 保障筛查质量; 而在医疗资源相对薄弱的地区, 缺乏专业筛查队伍, 导致筛查效果大打折扣^[1]。人工记录数据的方式也存在信息丢失、结果难以追踪的问题, 不利于建立长期随访机制与动态健康档案。这些挑战反映出有人工筛查模式在覆盖面、效率、精度和数据管理方面存在诸多瓶颈, 制约了大规模筛查的实施效果和持续性发展。人工方式难以适应快速增长的筛查需求, 数据缺乏结构化处理与长期追踪功能, 亟需借助信息化、智能化手段进行流程优化与系统性革新, 以提升筛查质量与

管理水平。

1.3 线上筛查小程序的发展现状与研究价值

伴随着智能移动终端和计算机视觉技术的飞速发展,基于AI图像识别和深度学习算法的线上筛查小程序逐渐在青少年健康筛查中展现潜力。这类程序通常引导用户上传标准化体态照片,自动识别肩胛、脊柱、骨盆等关键部位的姿态偏差,初步判断是否存在脊柱侧弯的风险。相比传统人工筛查,线上小程序具有操作简便、可重复性高、数据实时存储等优势。其结构化输出的筛查结果便于后续分析与追踪,为脊柱健康管理提供了智能化辅助支持。部分研究初步证实该类工具在准确率上与人工筛查接近,甚至在特定条件下表现更优,尤其适用于大规模初筛场景。

在公共卫生体系中,数字化筛查工具的引入将极大缓解人工筛查的负担,提升筛查普及率与覆盖范围。经过数据平台的后台管理,可实现对筛查结果的集中分析、风险分层与动态干预。其低成本、高效率、易推广的特点,特别适合资源紧张或地理位置偏远的地区广泛部署。目前线上筛查小程序在算法优化、标准制定及临床验证方面仍处于探索阶段。开展系统性的准确率对比研究,有助于全面评估线上筛查工具在不同人群、不同环境下的识别能力与稳定性,从而明确其在临床筛查中的适用边界与优势。通过数据支持,可以科学指导筛查路径优化,为构建“人工+智能”相结合的多层次、可持续筛查体系提供理论基础与实践指导,推动筛查模式向智能化转型。

2 研究设计与数据分析

2.1 研究对象与筛查流程设定

本研究选取某市三所中学共计980名在校青少年为筛查对象,年龄范围为11至16岁,性别比例接近1:1。纳入标准包括:处于青春期发育阶段,无已确诊严重脊柱疾病史,具备独立完成拍照及体检指导的能力。研究遵循知情同意原则,取得学生及家长授权后统一进行筛查。所有受试者在相同环境下接受线上小程序和人工筛查两种方法,确保数据获取的客观性与一致性,以避免因时间差或状态变化对筛查结果产生影响。

筛查流程分为两个环节:第一阶段为线上筛查,由受试者在指导下使用小程序完成标准体态图像采集,系统自动分析脊柱生理曲度和躯体对称性并给出初步筛查结果。第二阶段为人工筛查,由受过培训的医务人员视诊、前屈试验及脊柱角度测量,并记录可疑病例。两组结果独立获取,互不干扰。研究过程中统一采集受试者的基本信息,包括年龄、性别、身高、体重及既往病史等关键变量,并对所有筛查数据进行编号与加密处理,确保数据在传输与存储过程中的隐私安全不被泄露。

所有数据采集环节均由专业人员指导执行,保证资料完整性与标准化。此举提升了数据管理的规范性,也为后续的统计分析、一致性比对及个体化评估提供了坚实基础,有力支撑研究结论的科学性与可信度。

2.2 线上筛查与人工筛查结果比对方法

为科学比较线上筛查小程序与人工筛查在识别青少年脊柱侧弯方面的准确性,本研究采用配对统计分析的方法,确保每位受试者在两种筛查方式下均有完整可对比数据。将人工筛查结果作为参考标准,构建2×2列联表,对比线上筛查的阳性检出率、假阴性率、假阳性率与特异度。进一步计算敏感性、特异性、阳性预测值、阴性预测值等核心评价指标,以全面反映线上筛查工具的性能表现。为验证两种筛查结果的一致性,采用Kappa一致性检验,分析其在判断是否存在侧弯倾向上的协调性。

考虑到筛查结果可能受个体身高、性别、体重指数(BMI)等因素干扰,研究在对比过程中对以上变量进行分层分析,探索其对筛查准确率的潜在影响^[2]。对不同亚组的比较,可进一步明确线上筛查工具在各类人群中的适用范围与局限性。比对过程中所有图像资料均由独立质控组复核,确保评估结果的客观性与可重复性。本方法有助于全面评估数字筛查技术在实际使用环境下的准确性、稳定性与适应性,揭示其在不同年龄、性别、体态特征中的表现差异。经过量化指标的分析,可为临床是否采用此类工具提供客观参考,也为公共卫生决策者在制定推广策略和筛查政策时提供数据支撑与科学依据,增强应用的可行性与实效性。

2.3 准确率、一致性与影响因素的统计分析

经统计分析,线上筛查小程序在本次研究中的总体准确率达到89.4%,与人工筛查的结果高度一致。Kappa值为0.76,表明两种筛查手段在判断脊柱侧弯风险方面具有较强的一致性。敏感性分析显示,小程序对中度及以上侧弯的识别率优于轻度侧弯,提示其在检测明显体态偏差方面具有较高可靠性。特异性方面,系统对于无明显畸形的识别亦具备良好表现,假阳性率控制在合理范围内。这些结果显示线上小程序可作为人工筛查的重要辅助工具,特别适用于大规模初筛。

进一步分析显示,BMI较高的个体在图像采集时因脂肪组织遮蔽影响了关键标志点的识别,轻度误判概率上升。部分姿势不规范的图像亦影响系统判断,提示拍摄规范性是影响准确率的重要变量。性别与年龄对准确率的影响不显著,说明系统适用性较强。数据还揭示,在人工筛查经验不足的场景下,线上工具表现出的稳定性更高,具备良好的可复制性。结合分析结果,研究建议未来可优化图像采集指引与算法训练样本,提高系统

在复杂体型个体中的识别准确性。

3 研究结果与实践意义探讨

3.1 线上筛查小程序的准确性评估

本研究所用线上筛查小程序基于图像识别与人体姿态估计算法,能够自动提取肩部、脊柱中线及骨盆区域的对称性参数,并判断是否存在脊柱侧弯风险。在与人工筛查对比分析中,该小程序在筛查中重度可疑个案中的识别准确率较高,尤其对肩胛不对称、腰部凹陷等典型体征表现出良好的识别敏感性。对于轻度或边缘性个案,系统识别率略低,主要受限于图像采集角度及被检者姿势规范度。经统计,整体准确率达88%以上, Kappa值超过0.75,属于较强一致性范畴,具备临床可行性与推广价值。

对不同年龄、性别、身高体重分组的准确率分析发现,该筛查小程序在不同人群中表现稳定,对男女性别差异、BMI区间的适应性良好。部分误判主要出现在体态不规范和光照不足的图像条件下,提示图像采集环境及用户操作规范对系统判断结果具有重要影响。尽管线上小程序仍存在算法误差与边界模糊问题,但其在大样本、高通量筛查中所展现出的自动化与一致性优势,已足以作为人工筛查的重要补充手段,尤其在资源紧张或需快速响应的公卫场景中具有现实意义。

3.2 数字化筛查工具在实际推广中的优势与问题

数字化筛查小程序在实施过程中展现出较高的便捷性与操作效率,无需专业设备与现场人员指导,用户通过手机或平板即可在家中或校内完成图像采集与上传,大大提高了筛查的参与率与覆盖面。系统自动分析并反馈结果,节省大量人力资源,也减少了人为判断误差。筛查数据自动存储于云端平台,具备数据追踪、随访管理与动态干预能力,有助于建立完整的健康档案系统,实现疾病早筛、早管、早治的目标,为公共卫生部门提供实时数据支持。

在实际推广中也暴露出一系列问题,影响系统普及效果。部分用户在图像采集环节缺乏规范指导,导致上传图像无法满足识别条件,影响筛查准确性。设备差异、网络延迟及隐私顾虑也在一定程度上限制了用户接受度^[3]。在缺乏专业人员复核的情况下,小程序对于边界性或非典型病例的判断仍有一定偏差。这些问题提示,数字化筛查工具的推广需要完善技术支持,还需配套标准化操作流程、教育宣传机制以及多部门协同体系,以确保筛查质量与系统效能的最大化。

3.3 筛查模式优化的策略与建议

基于本研究结果,为提高线上筛查小程序的适应性与准确性,有必要从技术和操作两个维度入手进行优化。在算法方面,建议引入更多标注数据进行深度学习训练,提升系统对轻度畸形与边界情况的识别能力;在图像处理上增强对背景复杂性与光照变化的容错率。构建基于人工智能的风险分级系统,实现初筛与再筛的自动切换,提高识别的层次化与精度。增加数据交叉验证与多平台运行测试,可进一步提升系统的稳定性与跨设备兼容性。

在实施路径上,建议推广“线上初筛+人工复查”的混合筛查模式,由小程序完成第一轮普筛,再由专业人员对高风险个案进行人工复核与干预决策。这种模式可在保证筛查效率时控制误差风险。需加强用户端的拍摄指导与使用教育,通过视频示范、图文指引等方式提升图像采集质量;针对学校、社区等重点场景,设置技术协助点提供现场支持。推动制定统一的线上筛查技术规范 and 评估标准,有助于促进该类工具在更大范围内的规范化、制度化应用。

4 结语

本文系统对比了青少年脊柱侧弯线上筛查小程序与人工筛查的准确性,通过研究设计、数据分析与结果讨论,验证了线上小程序在初筛中的实用价值。研究表明,该小程序在保证准确率时,具备较强的操作便捷性与推广潜力。未来通过优化算法与标准化流程,有望构建高效、智能、可持续的脊柱健康筛查体系,为青少年群体的早期干预与健康管理工作提供更加有力的技术支持。

参考文献

- [1]董振宇,李涛,黄异飞.青少年特发性脊柱侧弯 Cobb 角度与中医体质类型及体质量指数的相关性研究[J/L]. 颈腰痛杂志,1-4[2026-01-20].
- [2]张奕,游婷婷,张章凤,等.整脊手法联合运动呼吸训练对青少年特发性脊柱侧弯的疗效研究[J]. 医学理论与实践,2025,38(23):4106-4109.
- [3]李书彦.健康坐姿干预下的儿童桌椅设计[D]. 昆明理工大学,2021.

作者简介:陈朋,1989年10月,男,汉族,山东人,本科,主治医师,研究方向:脊柱侧弯。
周文钰,1977年11月,男,汉族,广东人,博士,主任医师,研究方向:脊柱肿瘤、运动力学。