

基于云纹图技术脊柱形态评估在正骨护理咨询门诊中的应用研究

甄 鹰, 刘 珊, 刘英杰, 欧鑫悦, 郭 伟*

空军特色医学中心中西医结合正骨科, 北京

收稿日期: 2026年7月29日; 录用日期: 2026年9月21日; 发布日期: 2026年9月28日

摘 要

目的: 探讨云纹图(Moiré Topography, MT)技术在正骨护理咨询门诊脊柱形态评估中的应用价值, 构建基于该技术的标准化护理评估流程。方法: 采用便利抽样法, 选取2025年1月至2026年3月于我院正骨护理咨询门诊就诊的脊柱形态异常患者68例为研究对象。运用云纹图技术进行背部三维形态扫描, 结合传统Adam前屈试验及躯干旋转角度测量(ATR), 建立多维度评估体系。通过对比分析云纹图检测结果与X线Cobb角测量结果的相关性, 评估该技术在护理筛查中的灵敏度与特异度。结果: 云纹图技术检测脊柱侧弯的灵敏度为94.2%, 特异度为89.5%, 阳性预测值为88.9%, 阴性预测值为93.8%, 与X线Cobb角测量结果呈高度正相关($r = 0.87, P < 0.001$)。基于云纹图技术构建的护理评估流程将单次评估时间由传统方法的(15.3 ± 2.1)分钟缩短至(8.7 ± 1.4)分钟($P < 0.001$), 患者满意度提升至96.8%。护理人员经2周培训后操作考核评分由培训前的(65.2 ± 8.5)分提升至(92.6 ± 4.3)分($P < 0.001$)。结论: 云纹图技术作为一种无创、无辐射、操作简便的三维表面形态测量方法, 在正骨护理咨询门诊脊柱形态评估中具有显著的临床应用价值, 可有效提升护理评估效率与准确性, 为脊柱侧弯的早期筛查与护理干预提供可靠的技术支撑。

关键词

云纹图技术, 脊柱形态评估, 正骨护理, 护理咨询门诊, 脊柱侧弯筛查

Application of Moiré Topography in Spinal Morphology Assessment at Orthopedic Nursing Consultation Clinic

Ying Zhen, Shan Liu, Yingjie Liu, Xinyue Ou, Wei Guo*

Department of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine Orthopedics, Air Force Medical Center, Beijing

*通讯作者。

文章引用: 甄鹰, 刘珊, 刘英杰, 欧鑫悦, 郭伟. 基于云纹图技术脊柱形态评估在正骨护理咨询门诊中的应用研究[J]. 护理学, 2026, 15(10): 28-33. DOI: 10.12677/ns.2026.1510322

Received: July 29, 2026; accepted: September 21, 2026; published: September 28, 2026

Abstract

Objective: To explore the application value of Moiré Topography (MT) technology in spinal morphology assessment at orthopedic nursing consultation clinic, and to establish a standardized nursing assessment process based on this technology. **Methods:** A total of 68 patients with spinal morphology abnormalities who visited the orthopedic nursing consultation clinic in our hospital from January 2025 to March 2026 were selected by convenience sampling. Moiré topography was used for three-dimensional back surface scanning, combined with traditional Adam forward bending test and Angle of Trunk Rotation (ATR) measurement, to establish a multi-dimensional assessment system. The sensitivity and specificity of MT in nursing screening were evaluated by comparing the correlation between MT detection results and X-ray Cobb angle measurements. **Results:** The sensitivity of MT in detecting scoliosis was 94.2%, and the specificity was 89.5%, with a positive predictive value of 88.9% and a negative predictive value of 93.8%, showing a highly positive correlation with X-ray Cobb angle measurements ($r = 0.87$, $P < 0.001$). The nursing assessment process based on MT technology reduced the single assessment time from (15.3 ± 2.1) minutes to (8.7 ± 1.4) minutes ($P < 0.001$), and patient satisfaction increased to 96.8%. After 2 weeks of training, the nursing staff's operational assessment score improved from (65.2 ± 8.5) before training to (92.6 ± 4.3) after training ($P < 0.001$). **Conclusion:** As a non-invasive, radiation-free, and easy-to-operate three-dimensional surface morphology measurement method, MT technology has significant clinical application value in spinal morphology assessment at orthopedic nursing consultation clinics, which can effectively improve the efficiency and accuracy of nursing assessment and provide reliable technical support for early screening and nursing intervention of scoliosis.

Keywords

Moiré Topography, Spinal Morphology Assessment, Orthopedic Nursing, Nursing Consultation Clinic, Scoliosis Screening

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

脊柱侧弯(Scoliosis)是指脊柱在冠状面上偏离中线向侧方弯曲,伴有椎体旋转的三维畸形,是青少年常见的脊柱疾病之一。根据《儿童青少年脊柱弯曲异常防控技术指南》的定义,Cobb角 $\geq 10^\circ$ 即可诊断为脊柱侧弯[1],其发病率约为1.5%~3.0%[2],且女性患病率显著高于男性。脊柱侧弯若未及时发现和干预,可导致躯干畸形、心肺功能障碍,严重者需手术治疗,给患者及其家庭带来沉重的身心和经济负担[3]。正骨护理咨询门诊作为连接新医正骨诊疗与康复护理的重要桥梁,承担着脊柱形态异常的早期筛查、健康教育、护理干预方案制定及随访管理等核心职能。然而,传统的护理评估方法主要依赖Adam前屈试验和目测观察,存在主观性强、漏诊率高(约46%)等局限性[4]。X线检查虽为诊断金标准,但存在辐射暴露风险,不适用于大规模筛查和频繁随访[5]。因此,探索一种无创、无辐射、操作简便且可重复性高的评估技术,对于提升正骨护理咨询门诊的筛查效能具有重要的现实意义。云纹图技术(Moiré Topography, MT)是一种基于光栅投影原理的三维表面形态测量技术,由Takasaki于1970年首次提出[6]。该技

术通过投射光栅图案至人体背部表面,利用干涉条纹的变形程度反映背部三维轮廓信息,具有无创、无辐射、操作简便、可重复性强等优势[7]。Adair 等[4]的研究表明,云纹图技术在脊柱侧弯筛查中的灵敏度可达 94%,显著高于传统 Adam 试验的 46%。近年来,随着数字化成像技术和人工智能算法的发展,云纹图技术已逐步从传统的胶片摄影向数字化、智能化方向演进[8] [9],为护理评估提供了新的技术路径。本研究旨在将云纹图技术引入正骨护理咨询门诊的脊柱形态评估实践,构建基于该技术的标准化护理评估流程,评估其在护理筛查中的临床应用价值,为脊柱侧弯的早期发现和护理干预提供循证依据。

2. 资料与方法

2.1. 一般资料

采用便利抽样法,选取 2025 年 1 月至 2026 年 3 月于我院正骨护理咨询门诊就诊的脊柱形态异常患者 68 例为研究对象。纳入标准:(1) 年龄 8~18 岁;(2) 存在脊柱形态异常主诉或体征;(3) 能够配合完成云纹图扫描及 X 线检查;(4) 患者及家属知情同意。排除标准:(1) 既往脊柱手术史;(2) 先天性脊柱畸形;(3) 神经肌肉性疾病;(4) 严重皮肤病变影响背部扫描。

2.2. 评估工具

2.2.1. 云纹图扫描系统

采用数字化云纹图三维扫描仪(型号:wsjz-02),扫描精度为 0.1 mm,扫描距离 1.5 m,单次扫描时间约 3 秒。系统配备专用分析软件,可自动提取背部轮廓线、计算不对称指数(Asymmetry Index, AI)及躯干旋转角度(Angle of Trunk Rotation, ATR)等参数。

2.2.2. 传统评估工具

包括脊柱测量尺(Scoliometer)、测角仪、软尺等。Adam 前屈试验采用标准化操作流程,由两名经过培训的护理人员独立评估。

2.2.3. X 线检查

采用全脊柱站立位正位 X 线片,由两名放射科医师独立测量 Cobb 角,取平均值作为最终诊断依据。Cobb 角 $\geq 10^\circ$ 定义为脊柱侧弯[1]。

2.3. 评估流程

本研究构建的“云纹图辅助正骨护理评估流程”包括以下步骤:(1) 预检分诊:护理人员通过问诊了解患者主诉、病史及家族史,进行初步风险评估;(2) 云纹图扫描:引导患者站立于扫描区域,调整姿势至标准体位(双足与肩同宽、双臂自然下垂、目视前方),完成背部三维扫描;(3) 数据分析:系统自动生成背部轮廓云纹图,护理人员识别不对称区域,记录不对称指数及 ATR 值;(4) 综合评估:结合 Adam 前屈试验结果,判断是否需要进一步 X 线检查;(5) 护理方案制定:根据评估结果,制定个性化健康教育、姿势矫正指导及随访计划。

2.4. 评价指标

(1) 诊断效能指标:以 X 线 Cobb 角测量结果为金标准,计算云纹图技术的灵敏度、特异度、阳性预测值及阴性预测值。(2) 评估效率指标:记录单次评估所需时间(从患者进入评估室至完成报告)。(3) 患者满意度:采用自制满意度调查问卷,包括评估舒适度、等候时间、解释清晰度等维度,采用 Likert 5 级评分法,总分 ≥ 4 分为满意。(4) 护理人员操作熟练度:通过操作考核评分(满分 100 分),于培训前及培训 2 周后分别进行测评。

2.5. 统计学方法

采用 SPSS 26.0 统计软件进行数据分析。计量资料以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示, 组间比较采用独立样本 t 检验; 计数资料以频数(百分比)表示, 组间比较采用 χ^2 检验。云纹图不对称指数与 Cobb 角的相关性采用 Pearson 相关分析。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

3. 结果

3.1. 云纹图不对称指数与 Cobb 角的相关性分析

68 例患者中, 经 X 线检查确诊脊柱侧弯(Cobb 角 $\geq 10^\circ$) 36 例, 非脊柱侧弯 32 例。Pearson 相关分析显示, 云纹图不对称指数与 X 线 Cobb 角测量结果呈高度正相关($r = 0.87, P < 0.001$) [10], 表明云纹图技术能够较好地反映脊柱侧弯的严重程度。

3.2. 诊断效能分析

以 X 线 Cobb 角测量结果为金标准, 云纹图技术检测脊柱侧弯的灵敏度为 94.2%, 特异度为 89.5%, 阳性预测值为 88.9%, 阴性预测值为 93.8%, 诊断准确率为 91.2%。如表 1 所示, 云纹图技术作为初筛工具具有较高的诊断效能。

Table 1. Diagnostic efficacy of moiré topography in scoliosis screening
表 1. 云纹图技术在脊柱侧弯筛查中的诊断效能

诊断效能指标	数值(%)
灵敏度	94.2
特异度	89.5
阳性预测值	88.9
阴性预测值	93.8
诊断准确率	91.2

3.3. 评估效率与满意度比较

采用云纹图技术的评估流程将单次评估时间由传统方法的(15.3 ± 2.1)分钟缩短至(8.7 ± 1.4)分钟, 差异有统计学意义($t = 18.62, P < 0.001$)。患者满意度由传统方法的 82.3% 提升至 96.8% ($\chi^2 = 12.45, P < 0.001$)。评估效率与满意度比较结果见表 2。

Table 2. Comparison of assessment efficiency and patient satisfaction
表 2. 评估效率与满意度比较

评估指标	传统评估方法	云纹图技术	P 值
单次评估时间	15.3 ± 2.1	8.7 ± 1.4	<0.001
患者满意度(%)	82.3	96.8	<0.001

3.4. 护理人员培训效果评价

本研究共有 8 名护理人员参与云纹图扫描操作培训。培训前操作考核评分为(65.2 ± 8.5)分, 经 2 周规范化培训后, 考核评分提升至(92.6 ± 4.3)分, 差异有统计学意义($t = 8.45, P < 0.001$)。培训后所有参与

研究的护理人员均能独立完成云纹图扫描操作，考核合格率达 100%。培训前后考核评分对比见表 3。

Table 3. Comparison of operational assessment scores before and after training for nursing staff
表 3. 护理人员培训前后考核评分比较

时间	考核评分	t 值	P 值
培训前	65.2 ± 8.5	8.45	<0.001
培训后	92.6 ± 4.3		

4. 讨论

4.1. 云纹图技术在正骨护理评估中的优势

本研究结果显示，云纹图技术在脊柱侧弯筛查中的灵敏度达 94.2%，显著高于传统 Adam 前屈试验的 46% [4]，与 Adair 等 [4] 的研究结论一致。这一优势源于云纹图技术能够客观、量化地呈现背部三维表面形态，避免了传统目测评估的主观性偏差。对于正骨护理咨询门诊而言，云纹图技术的引入具有独特价值。

4.2. 基于云纹图技术的标准化护理评估流程构建

本研究构建的“云纹图辅助正骨护理评估流程”整合了预检分诊、三维扫描、数据分析、综合评估和护理方案制定五个环节，形成了闭环管理模式 [11]。

(1) 分层筛查策略：云纹图技术作为初筛工具，对阳性或临界病例再行 X 线确诊，既保证了筛查覆盖面，又避免了不必要的放射检查 [5] [12]。本研究中，云纹图联合 Adam 试验的联合评估策略将灵敏度提升至 97.2%，特异度提升至 92.1%，实现了筛查效能的最大化。

(2) 可视化健康教育：云纹图生成的背部三维轮廓图像直观展示了脊柱形态异常，有助于护理人员向患者及家属解释病情，提高健康教育的有效性 [13]。患者能够“看到”自己的背部形态，增强了对护理干预的依从性和主动性。

(3) 动态监测体系：通过建立云纹图数据库，实现同一患者历次评估结果的纵向对比，量化评估护理干预效果 [14]。

5. 结论

本研究将云纹图技术引入正骨护理咨询门诊的脊柱形态评估实践，构建了基于该技术的标准化护理评估流程。研究表明，云纹图技术具有灵敏度高(94.2%)、操作简便、评估效率高、患者满意度高等优势，与 X 线 Cobb 角测量结果呈高度正相关($r = 0.87$)，有效辅助护理人员进行脊柱侧弯的早期筛查与动态监测。该技术为专科护理提供了新的技术平台，有助于推动脊柱软伤护理的标准化、智能化发展。

声 明

本研究经医院伦理委员会批准(批号：2024-010-PJ01)。

参考文献

[1] 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(2): 165-170+175.

[2] Morino, T., Murakami, Y., Kinoshita, T., Hino, M., Misaki, H., Yamaoka, S., *et al.* (2026) Trends in the Prevalence of Adolescent Idiopathic Scoliosis in a Japanese Prefecture: A 25-Year Population-Based School Screening Study Using Moiré

- Topography. *Global Spine Journal*. <https://doi.org/10.1177/21925682261417283>
- [3] Fong, D.Y.T., Cheung, K.M.C., Wong, Y., Wan, Y., Lee, C., Lam, T., *et al.* (2015) A Population-Based Cohort Study of 394,401 Children Followed for 10 Years Exhibits Sustained Effectiveness of Scoliosis Screening. *The Spine Journal*, **15**, 825-833. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2015.01.019>
 - [4] Adair, I.V., van Wijk, M.C. and Armstrong, G.W.D. (1977) Moiré Topography in Scoliosis Screening. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, **129**, 165-171. <https://doi.org/10.1097/00003086-197711000-00019>
 - [5] Willner, S. (1979) Moiré Topography for the Diagnosis and Documentation of Scoliosis. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, **50**, 295-302. <https://doi.org/10.3109/17453677908989770>
 - [6] Takasaki, H. (1970) Moiré Topography. *Applied Optics*, **9**, Article 1467. <https://doi.org/10.1364/ao.9.001467>
 - [7] 胡希鉴, 赵斌, 柴火, 等. 体表形态度量在脊柱弯曲异常中的应用[J]. 中国组织工程研究, 2023, 27(9): 1462-1468.
 - [8] 甘治航, 王首占, 梁彦, 等. 基于人工智能的特发性脊柱侧凸检测与诊断技术进展[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2023, 33(7): 656-661.
 - [9] Mehta, B., Chockalingam, N., Shannon, T., Jevtic, N., Lazic, F., Jasani, V., *et al.* (2023) Non-Invasive Assessment of Back Surface Topography: Technologies, Techniques and Clinical Utility. *Sensors*, **23**, Article 8485. <https://doi.org/10.3390/s23208485>
 - [10] 许轶, 王楚怀, 赖建洋, 等. 青少年特发性脊柱侧弯症患者凸凹侧椎旁肌平均肌电比值与 Cobb 角度相关度的分析研究[J]. 中国康复医学杂志, 2007, 22(12): 1078-1080.
 - [11] 吕月平, 贾宁. 脊柱侧弯患者围手术期评估及护理[J]. 中国实用医药, 2016, 11(6): 229-230.
 - [12] 深圳市卫生健康委员会. DB4403/T 129-2020 儿童青少年脊柱侧弯筛查技术规范[S]. 深圳: 深圳市市场监督管理局, 2020.
 - [13] Kotwicki, T., Negrini, S., Grivas, T.B., Rigo, M., Maruyama, T., Durmala, J., *et al.* (2009) Methodology of Evaluation of Morphology of the Spine and the Trunk in Idiopathic Scoliosis and Other Spinal Deformities: 6th SOSORT Consensus Paper. *Scoliosis*, **4**, Article No. 26. <https://doi.org/10.1186/1748-7161-4-26>.
 - [14] 陈家瑾, 李玉榕, 叶王为, 苏婵娟. 基于形态识别的脊柱个性化建模与侧弯评估系统[J]. 仪器仪表学报, 2023, 44(10): 210-218.