

骨质疏松症合并腰椎病变临床影响因素分析

杨楠 赵炫玲 李惠颖
宁夏医科大学总医院 宁夏 银川 750001

摘要：随着人口老龄化的加剧，骨质疏松症合并腰椎病变发生率逐年上升，而西部地区由于其地域、饮食和医疗情况等特殊性，缺少适应本土人群的风险评估模型。本研究筛选1692例患者，通过对不同指标分别从人口学、骨代谢标志物、影像微结构、生活行为、疾病治疗等方面进行综合衡量，结合Logistic回归与XGBoost算法建立了本文的风险预测模型，本研究基于多维度因素考虑年龄、跌倒史、缺乏维生素D以及激素使用等危险因子，结果表明，本研究的风险预测模型经内外科均能够较好反映出其区分度、校准度水平。本研究补充了单一指标评估存在的局限性与现有模型的地域偏差问题，可作为实施针对西部地区中老年人群骨质疏松合并腰椎病变的早期筛查和风险预警与个体化防控的依据。

关键词：骨质疏松症；腰椎病变；临床影响因素

引言

骨质疏松症合并腰椎病变是中老年人群高发的慢性骨骼疾病，容易造成椎体压缩骨折、脊柱畸形和慢性腰背痛等后果严重影响患者躯体功能和生活质量，加重社会医疗负担。临床常用骨密度这个指标评价患者疾病程度及风险程度而忽略了其他因素对其影响，如骨代谢状态、骨微结构和个体的生活、疾病特征可能也有所不同，故诊断方式较单一。目前针对基层开展精准防控多数以东部人群进行建立，无法适应西部地区独特的饮食、日照与慢病流行特点，缺少工具。

1 研究背景与意义

骨质疏松症与腰椎病变存在共病机制如骨代谢紊乱、微结构退化和行为风险等，临床发展异质性和复杂性。近年来随着人口老龄化趋势加剧，该疾病的发病率越来越高，成为影响中老年人生活质量及医疗资源负担的重要公共卫生问题之一；特别是对于大龄人群而言，其间发生较多骨质疏松性椎体压缩骨折（OVCF）并且伴有慢性腰背痛、脊柱畸形和功能障碍，跌倒的风险增大，死亡率上升。因此深入分析骨质疏松症合并腰椎病变发病的临床影响因素，建立区域适配性强的预测模型对于早筛、早治、早治具有十分重要意义。

1.1 临床研究现状与瓶颈

目前针对骨质疏松症合并腰椎病变的研究主要是在单一指标上展开，比较常用的方法为双能X线吸收检测（DXA）获得的骨密度（BMD）。这些结果通过诊断后可重复性很强，但无法反映出骨质量的实时情况；而骨转换标志物如血清骨形成标志物Ⅰ型原胶原氨基端前肽（PINP）和骨吸收标志物Ⅰ型胶原交联羧基末端肽

（CTX）能够显著地表明骨代谢状态，它们异常与骨折有关；另外影像学微结构参数包括骨小梁评分也提供了定量的骨微结构完整性信息，用于预测骨折。不难看出，以往的研究尚缺乏这三者融合的思路来预测骨折；且大多模型仅进行内部验证，没有独立的外部队列验证；亦未引入决策曲线分析（DCA）来评估其临床意义。

1.2 区域研究空白与创新需求

在我国西部地区，如宁夏等民族聚居、医疗资源分布不均的地方，基于本土特征对高龄人群骨质疏松症和腰椎病变进行本土化研究仍处于起步阶段。从现有的文献来看，大多数是运用东部或城市中心的人群数据构建模型，没有考虑到西部地区具有特殊饮食结构、日照、体力劳动、慢性病谱的差异性等情况，导致很难应用在实际工作中^[1]。尤其是基层医疗机构缺少可操作性强且适宜程度高的风险评估手段，阻碍了分级诊疗与医防融合体系的推进；同时真实世界的多中心数据无法形成较好的整合机制，难以得出具有代表性、普遍性的研究结论。因此需要进一步探讨设计基于本土人群特点的多维度风险预测模型，使模型更加符合西部高龄人群。

1.3 多维度融合研究趋势

近年来，结合生物标志物、影像微结构特征和行为因素等多种方式开展的疾病预测更加精准且能被解释。将PINP、CTX、TBS等生物影像指标与年龄、跌倒史、维生素D水平、糖皮质激素使用史等行为变量相结合，利用机器学习算法（LASSO回归、随机森林或XGBoost）可以更快识别关键的影响因素，建立性能较好的模型，不仅增强了模型敏感性与特异性，也能更好地支持个体化风险分层。这些研究符合“健康中国2030”战略倡导

开展慢性病综合防控、个性化健康管理的需求，有助于从被动治疗过渡到主动干预，进一步落实"早筛—预警—干预"闭环管理体系^[2]。尤其对于医疗资源贫乏的西部地区而言，采取具有高区分度及稳健性的手段建立具备优良预测功能的工具对于促进资源配置、提升基层诊疗能力具有重要意义。

2 研究设计与方法

利用宁夏医科大学总医院临床数据和真实世界研究，选取多个影响因素对骨质疏松症合并腰椎病变的机制进行分析，采用结构化分类、标准化编码等技术手段，将生物-行为-疾病三重维度的信息相结合，使变量更系统表达且更具有可解释性。通过建模多因素和机器学习改善提出风险预测工具作用于临床。

2.1 临床影响因素分类体系

临床影响因素主要包括人口学、生理、行为、疾病与治疗五大类，反映了生物-行为-疾病的交互作用。其中，人口学方面包含年龄和性别这是随着骨代谢变化而变化的一种重要类型，绝经后女性及高龄者骨量流失速

度加快；生理方面包含骨密度（BMD）、骨转换标志物（PINP、CTX）以及TrabecularBoneScore（TBS）等，反映出骨微结构完整性以及代谢活性等。其中PINP是成骨标志物，如果成骨标志物水平下降会提示骨形成功能减弱，CTX是破骨标志物，升高则增强对骨的吸收。TBS是评价骨小梁质量的影像学参数，可独立于BMD预测骨折风险；行为方面包含运动频率、饮食习惯、吸烟饮酒史或跌倒史等行为因素，此外，跌倒史也是椎体压缩性骨折的直接诱发原因，尤其是在骨密度较低的群体更易患椎体压缩性骨折；疾病方面包括既往有过骨折史，糖尿病、高血压、甲状腺功能异常等因素，导致钙磷代谢紊乱，或者骨代谢不平衡或出现跌倒，从而加剧骨骼脆弱性^[3]。治疗方面包括糖皮质激素使用情况、抗骨质疏松药物使用情况以及维生素D补充情况。其中，糖皮质激素显著抑制成骨细胞的活性有助于骨的吸收，长期应用糖皮质激素的患者椎体骨折的概率上升3.2倍。维生素D缺乏会导致肠道吸收钙质滞缓进一步削弱骨矿化能力。

表1 临床影响因素分类与定义表

影响因素类别	核心变量	定义描述	文献依据
人口学因素	年龄、性别	年龄增长与绝经期致骨代谢变化	《2022年诊疗指南》
生理指标	骨密度、维生素D、甲状旁腺素	骨量减少与代谢异常标志	骨代谢异常研究
行为因素	跌倒史、体力活动、吸烟饮酒	跌倒风险与骨强度关联	真实世界研究
疾病共病	糖尿病、高血压、慢性肾病	共病干扰骨代谢	多病共管视角
治疗相关	糖皮质激素、抗骨质疏松药	药物影响骨微结构	用药依从性分析

2.2 多维度影响因素编码体系

为了更加便于人工智能的建模和对不同中心数据集集成，将变量进行统一编码以方便不同系统之间的识别与追踪。具体包括生物、行为、疾病与治疗四个维度，且采用"维度+序号"形式，使得变量语义清晰、逻辑规范。其中，生物维度为B01-年龄、B02-性别、B03-BMD、B04-PINP、B05-CTX、B06-TBS，表示每位个体当前的身体状况以及骨代谢情况。行为维度设置H01-运动频

率、H02-饮食习惯、H03-吸烟史、H04-饮酒史、H05-跌倒史，反映出日常行为习惯对骨骼健康影响；疾病维度设立D01-既往有过骨折经历、D02-糖尿病、D03-高血压、D04-甲状腺功能异常，反映慢性疾病负荷给骨组织带来的持续扰动；治疗维度设置T01-糖皮质激素使用、-抗骨质疏松药物使用、T02-补充维生素，反映干预措施后的效果以及依从性。这样可在录入数据时结合自然语言做进一步分析，更好地支撑后续训练。

表2 多维度影响因素分类编码表

维度	子维度	编码标签	典型表现
生物维度	骨代谢标志物	PINP、CTX	骨转换动态
生物维度	影像学特征	TBS、椎体骨折	微结构破坏
行为维度	跌倒行为	跌倒史、平衡能力	高危识别
行为维度	生活方式	运动频率、膳食摄入	干预基础
疾病维度	共病状态	糖尿病、肾病	慢性病叠加
疾病维度	治疗依从性	药物使用、随访频率	闭环管理

2.3 研究方法与模型构建

本研究采用回顾性队列研究方法,选取2020年1月至2023年12月收治的1863例患者为研究对象,剔除关键数据缺失病例后,最终纳入1692例开展分析,将椎体压缩性骨折发生情况设定为主要结局变量。研究纳入年龄、跌倒史、骨代谢标志物、影像微结构参数等多项核心观察指标,先通过单因素分析筛选具有统计学差异的变量,再采用多因素Logistic回归构建基础预测模型,模型整体拟合效果良好。为进一步提升预测精准度、挖掘变量潜在关联,本研究引入XGBoost算法优化模型,有效识别各指标间的非线性交互关系,弥补传统回归模型的分析局限。经10折交叉验证结果显示,模型AUC达0.86,具备较高的灵敏度与特异度,且在特定阈值区间内可产生显著临床净收益,临床应用价值突出^[4]。本研究额外采用2024年320例独立队列数据完成外部验证,模型评分与校准度表现优异,泛化能力良好,适配西部地区人群疾病特征。该模型整合多维度评估指标,彻底突破传统单一骨密度检测的评估局限,能够实现疾病风险的精准分层,可为西部地区高龄人群骨质疏松合并腰椎病变的早期风险筛查、个体化干预与精准防控提供科学、有效的临床参考依据。

3 讨论

本研究发现,骨质疏松症合并腰椎病变的发生和发展与生理代谢、行为习惯、临床治疗等方面均有关联。其中,年龄增长、既往跌倒史、维生素D缺乏以及糖皮质激素使用是导致疾病进一步恶化的独立危险因素,高龄人群由于骨量持续性流失、骨小梁结构退行性改变等生理性问题,加之糖皮质激素抑制成骨活性、促进骨吸收的作用会大幅降低椎体稳定性,极易诱发骨折,而跌倒可直接造成外部损伤,与骨强度下降共同起到作用,进一步恶化了腰椎病变;规律运动以及较高的PINP成骨活性可起到积极保护骨骼,延缓骨结构破坏过程,降低恶化风险;此外,传统评价多依据单一骨密度指标,但不能完全反映骨质量和骨微结构水平,存在一定局限性。通过PINP骨代谢标志物及TBS骨微结构参数可准确判断出潜在骨转换异常、骨小梁细微损伤等隐匿性疾病问题,弥补了传统筛查上的短板,帮助临床甄别具有隐匿性高风险者。本研究综合各种临床指标建立的风险预测

模型经内部验证和外部队列验证,区分度与校准性好,符合西部地区高龄人群疾病特点,突破传统单一指标评价的片面性,可为实施诊疗前后精准定位、分层干预、闭环管理提供科学可靠工具支撑。本研究为单中心回顾性研究,患者自述信息偏倚、数据维度有限等不足存在一定的局限性^[5]。未来可通过开展多中心前瞻性队列研究进一步扩大样本范围及结合多组学技术与智能算法持续优化预测模型性能,将预测模型应用于智能诊疗和医养结合服务场景之中,逐渐实现中老年骨骼疾病精准化、智能化、常态化防控。

结语

本研究分析了骨质疏松症合并腰椎病变的各类临床影响因素,包括年龄、跌倒史、维生素D缺乏、糖皮质激素使用等多方面因素,提出骨代谢标志物和骨微结构指标对病情评估有重要作用,建立适应西部人群相关风险预测模型,能够弥补单一指标评估存在的不足。可为区域中老年骨骼疾病筛查与风险分层和个体化干预提供科学依据。本文属于单中心回顾性研究,存在样本局限性及信息偏倚问题,未来可开展多中心前瞻性研究完善模型参数,通过多组学技术、智能算法优化预测效果,推进模型嵌入基层智能诊疗平台,促进骨骼疾病精准防控体系的智能发展。

参考文献

- [1]谢榕,朱立国,金子开,等.绝经后骨质疏松症合并血脂异常患者临床特征及影响因素分析[J].中国骨伤,2025(05):487-493.
- [2]张银银,张宇楷,田瀚,等.腰椎间盘突出与骨质疏松症的关系及其影响因素分析[J].中国骨质疏松杂志,2024(11):1633-1636.
- [3]傅青,李巧平,李璟,等.老年骨质疏松症患者腰椎间盘突出症患病情况调查及影响因素分析[J].中国临床保健杂志,2024(04):543-546.
- [4]韩涛,孙凯,孙传睿,等.骨质疏松症与腰椎间盘突出症共病调查及影响因素分析[J].中国全科医学,2022(35):4375-4380.
- [5]杨文龙,李敏,石运潮,等.骨质疏松性胸腰椎骨折患者的临床特征及漏诊影响因素分析[J].临床医学研究与实践,2022(09):21-24.