

# 老年人跌倒风险评估工具与干预策略的研究进展

王玉坤<sup>1</sup>, 范葵钰<sup>2\*</sup>, 廖喜琳<sup>3</sup>, 李妮<sup>1</sup>, 黎燕<sup>4</sup>

<sup>1</sup>广西中医药大学护理学院, 广西 南宁

<sup>2</sup>广西中医药大学第二附属医院感染一科, 广西 南宁

<sup>3</sup>广西中医药大学附设中医学校护理专业部, 广西 南宁

<sup>4</sup>广西中医药大学第二附属医院心血管内一科, 广西 南宁

收稿日期: 2026年8月4日; 录用日期: 2026年9月1日; 发布日期: 2026年9月14日

## 摘要

目的: 系统梳理老年人跌倒风险评估工具及预防策略的研究进展, 为临床护理实践提供循证依据。方法: 检索PubMed、Web of Science、Cochrane Library及中国知网等数据库, 纳入近年来关于老年人跌倒风险评估与预防的相关文献, 对风险因素、评估工具及干预策略进行归纳分析。结果: 老年人跌倒是多因素共同作用的结果, 主要包括个体因素、环境因素及行为因素。现有评估工具如Morse跌倒风险评估量表、Berg平衡量表、Hendrich II模型等各具特色, 但在预测效度和适用性方面存在差异。预防策略以运动干预、环境改造、药物管理及辅助设备应用为主, 其中运动干预证据最为充分。近年来, 人工智能、可穿戴设备及虚拟现实技术在跌倒风险监测与干预中展现出良好的应用前景。结论: 现有跌倒风险评估工具尚难全面覆盖多维风险因素, 联合评估及个体化干预是发展趋势。未来应加强多源数据整合与智能预测模型构建, 推动技术转化与临床应用, 以提升老年人跌倒预防效果。

## 关键词

老年, 跌倒, 风险评估, 预防, 综述

# Research Progress on Fall Risk Assessment Tools and Intervention Strategies for Older Adults

Yukun Wang<sup>1</sup>, Kuiyu Fan<sup>2\*</sup>, Xilin Liao<sup>3</sup>, Ni Li<sup>1</sup>, Yan Li<sup>4</sup>

<sup>1</sup>School of Nursing, Guangxi University of Chinese Medicine, Nanning Guangxi

<sup>2</sup>Department of Infectious Diseases I, The Second Affiliated Hospital of Guangxi University of Chinese Medicine, Nanning Guangxi

\*通讯作者。

文章引用: 王玉坤, 范葵钰, 廖喜琳, 李妮, 黎燕. 老年人跌倒风险评估工具与干预策略的研究进展[J]. 护理学, 2026, 15(9): 122-130. DOI: 10.12677/ns.2026.159296

<sup>3</sup>Department of Nursing, Affiliated Chinese Medicine School, Guangxi University of Chinese Medicine, Nanning Guangxi

<sup>4</sup>Department of Cardiology I, The Second Affiliated Hospital of Guangxi University of Chinese Medicine, Nanning Guangxi

Received: August 4, 2026; accepted: September 1, 2026; published: September 14, 2026

## Abstract

**Objective:** To systematically review the research progress on fall risk assessment tools and prevention strategies in older adults, and to provide evidence-based references for clinical nursing practice. **Methods:** Relevant literature on fall risk assessment and prevention in older adults was retrieved from PubMed, Web of Science, Cochrane Library, and China National Knowledge Infrastructure (CNKI). The included studies were analyzed to summarize risk factors, assessment tools, and intervention strategies. **Results:** Falls in older adults result from multiple interacting factors, mainly including individual, environmental, and behavioral factors. Commonly used assessment tools, such as the Morse Fall Risk Scale, Berg Balance Scale, and Hendrich II Fall Risk Model, have their own characteristics but differ in predictive validity and applicability. Prevention strategies primarily include exercise interventions, environmental modification, medication management, and the use of assistive devices, among which exercise interventions have the strongest evidence. In recent years, artificial intelligence, wearable devices, and virtual reality technologies have shown promising applications in fall risk monitoring and intervention. **Conclusion:** Existing fall risk assessment tools are insufficient to comprehensively cover multidimensional risk factors. Combined assessment and individualized interventions represent future trends. Further efforts are needed to integrate multi-source data and develop intelligent predictive models, as well as to promote the translation of technologies into clinical practice to improve fall prevention outcomes in older adults.

## Keywords

Older Adults, Fall, Risk Assessment, Prevention, Review

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

人口老龄化已成为全球共同面临的客观现实，它正从人口结构、社会形态到经济格局等多个层面引发深刻变革[1]。据联合国预测，到 2050 年，60 岁及以上人口数量将突破 20 亿，占全球总人口的比例超过 20% [2]。在老年群体中，跌倒是一个不容忽视的问题。相关报告显示，在 65 岁以上人群里，每年约有 1000 万例伤害与跌倒相关，每 100 人中就有大约 5 人会因跌倒受伤[3]。世界卫生组织将“跌倒”定义为导致人躺在地面或另一个较低水平上的意外事件。而这一事件已成为老年人面临的最严重公共卫生问题之一[4]。跌倒给老年人带来的影响极大，约 20%~30%的跌倒者会因此受伤，进而导致行动能力下降，最终限制了他们后续的独立生活能力[5]。同时，老年人跌倒还会造成巨大的社会经济负担，仅在美国，每年用于应对老年人跌倒相关问题的支出就超过 500 亿美元[6]。除了社会经济层面，跌倒在个人和人群层面也产生着重大影响。最近一项研究估计，跌倒已导致 1670 万年的寿命损失、1930 万年的伤残生存年，以及 3590 万伤残调整生命年[7]。由此可见，早期识别跌倒风险显得尤为重要。本研究采用主题词与

自由词相结合的方式,以“老年人”“跌倒”“风险评估”“预防”等为中文关键词,以“elderly”“falls”“risk assessment”“prevention”等为英文关键词,系统检索 PubMed、Web of Science、Cochrane Library 及中国知网数据库,检索时限为建库至 2025 年 12 月,对纳入文献进行归纳分析。系统梳理老年人跌倒风险评估工具及预防策略的研究进展,为临床管理与干预提供循证依据。跌倒不仅影响老年人的生活质量,也是导致骨折、失能甚至死亡的重要原因,已成为老年医学领域的重要研究热点。

## 2. 老年人跌倒的风险因素

跌倒风险因素可系统划分为个人因素与环境因素。个人因素主要包含个体特征,如年龄、功能能力状态及慢性疾病等;环境风险因素则特指家庭及周边环境中存在的潜在危险,包括绊倒性隐患、楼梯或通道缺乏栏杆/扶手、家具稳定性不足及光照条件欠佳等[5]。就个体特征而言,年龄相关的感觉输入、中枢整合及运动功能衰退,会导致机体代偿反应延迟。因此,当老年人遭遇环境隐患(如松动地毯)时,无法迅速调整身体姿态以规避跌倒。这种反应能力的受损可使衰老相关合并症进一步加重,包括糖尿病、关节炎、帕金森病、中风等神经系统疾病,以及重度神经认知障碍等。此外,部分药物可通过影响血压、引发嗜睡、头晕或视力模糊等途径,干扰平衡与协调功能[8]。一项全国性调查报告显示,79%的跌倒事件发生于家庭环境,其中卧室(25%)、楼梯(22.9%)及浴室(22.7%)为高发场所[9]。该数据提示,家庭环境是跌倒预防的关键干预场景。但是 WHO 指出[10]老年人跌倒很少由单一原因引起,而是生物、行为、环境和社会经济等多种危险因素相互作用的结果。同时有研究表明,跌倒风险会随相关风险因素的累积而显著升高[11]。鉴于上述多因素影响,不同专科及诊疗场景的临床医生均可能接触跌倒高风险患者。由于跌倒成因具有多因素叠加特性,需通过跨领域协作开展精细化评估与干预。

## 3. 跌倒风险评估工具

跌倒风险评估是医疗护理实践中的重要环节,尤其对老年人、住院患者及高风险人群具有关键意义。目前国际常用的跌倒风险评估工具在适用场景、目标人群及评估维度上各具特色。本研究通过系统综述国际常用的老年人跌倒风险评估量表,旨在为临床实践提供科学、可靠的评估工具,以促进跌倒风险的早期识别与干预,降低老年人跌倒发生率。各评估工具、开发者、年份、评估维度、评分范围、临床参考价值、局限性与适用场景见表 1。

## 4. 跌倒预防策略与最新发展及未来方向

### 4.1. 当前跌倒预防策略

#### 4.1.1. 运动预防

大量研究一致证实,积极参与体育活动,无论是结构化的针对性训练还是日常休闲锻炼,都是老年人维持良好平衡能力并有效预防跌倒的关键策略[30]。其作用机制涵盖多层面:首先,体育活动直接提升平衡能力及功能性表现。平衡与功能训练使跌倒率降低 23%,并将跌倒人数减少 15%[31];积极运动的生活方式能有效增强静态与动态平衡能力,这对维持姿势控制和预防跌倒风险至关重要[32]。其次,规律性体力活动通过改善身体机能对抗衰老影响,包括增强运动技能与整体活动能力。结合抗阻训练可有效缓解肌少症,增强肌肉力量,结合平衡练习则直接优化姿势稳定性[33]。另外,规律的体力活动可通过增强运动技能、改善心理健康状态及优化心血管功能等多重路径,对老年人活动能力与独立生活能力的维持产生积极促进作用[34]。综上所述,无论是结构化训练或融入生活的日常活动,均通过协同提升平衡功能、增强生理机能及改善心理状态等多重途径显著降低跌倒风险。因此,建议老年人将规律性身体活动纳入日常生活,选择适宜方式,并遵循循序渐进与安全第一原则,持之以恒以维护自身安全及独立生活能力。

**Table 1.** Characteristics and clinical application of fall risk assessment tools  
**表 1.** 跌倒风险评估工具的特征与临床应用

| 评估工具                        | 开发者与年份                                               | 核心评估维度                         | 评分范围               | 临床参考价值                                      | 局限性与适用场景                                               |
|-----------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Morse 跌倒风险评估量表(MFS)         | Morse 等, 1989 [12]                                   | 跌倒史、医疗诊断、移动辅助器具、步态、静脉输液、认知状态   | 0~125              | 评估基本的跌倒相关临床指标; 简单快速 (1~3 分钟)                | 特异度低[13]; 未纳入环境/用药因素; 仅适用于住院患者的初步筛查, 不适用于社区人群或风险分级     |
| Berg 平衡量表 (BBS)             | Berg 等, 1989 [14]                                    | 静态与动态平衡 (14 项功能性任务: 伸手、弯腰、转移等) | 0~56               | 平衡功能评估的金标准; 静态平衡评估信度良好                      | 耗时; 在复杂环境中对动态平衡的评估有限 [15]; 仅用于平衡功能评估, 不能用于整体跌倒风险评分     |
| Hendrich II 跌倒风险评估模型 (HFRM) | Hendrich 等, 2003 [16]                                | 认知状态、情绪、排泄、头晕、性别、用药、起立行走试验     | 0~16               | 评估与用药及认知相关的跌倒因素                             | 低估神经康复患者的风险[17]-[19]; 仅适用于急性期住院患者筛查                    |
| Tinetti 平衡与步态量表(POMA)       | Tinetti, 1986 [20]                                   | 平衡(10 项)与步态 (8 项)              | 平衡: 0~16; 步态: 0~12 | 对平衡与步态进行综合评估; 适用于轻至中度功能障碍的老年人               | 存在天花板/地板效应 [21] [22]; 在帕金森病患者中效度有限                     |
| 约翰霍普金斯跌倒风险评估工具 (JHFRAT)     | Poe 等, 2007 [23]                                     | 年龄、跌倒史、用药、认知、医疗设备、排泄、移动能力      | 0~35               | 对住院患者进行多维度评估                                | 不同场景下预测效度不一致[24] [25]; 专为临时住院环境设计未包含社区环境因素; 阳性预测值低[26] |
| 计时起立行走试验 (TUGT)             | Podsiadlo 等, 1991 [27]在 Mathias 等[28]“起立-行走”测试的基础上修订 | 基本功能性移动 (起立、行走 3 米、转身、坐下)      | 计时(秒)              | 快速评估下肢力量与移动能力; ≤10 秒 = 正常, >30 秒 = 平衡功能严重受损 | 对社区跌倒的预测效度有限[29]; 仅用于移动能力筛查, 不能作为独立的跌倒风险评估工具           |

4.1.2. 环境改造

跌倒的环境风险因素主要包括湿滑或不平的地面、环境杂乱、照明不足、不合适的鞋具、台阶设计隐患、扶手不安全以及松动的垫子等[35]。研究表明[36], 针对性地改善家庭环境安全能有效降低老年人跌倒风险。具体的预防性干预策略可分为四大类: 1) 家庭跌倒隐患减少干预: 由职业治疗师等专业人员主导, 通过家访完成系统性干预。使用验证过的评估工具排查家庭隐患, 包括地面湿滑、杂物堆积、照明不足、地毯松动等; 随后针对性实施环境改造, 并指导安全行为。部分情况下可提供辅助器具, 并通过电话随访或二次家访跟进整改效果。2) 辅助技术干预: 根据个体需求精准配置眼镜、防眩光镜、防摔夜灯、床边感应灯、助行器、防滑鞋套、冬季防滑鞋底、紧急报警按钮、远程监控设备等, 并提供使用培训, 确保设备可及性与适用性。3) 教育干预: 通过互动讲座、模型演练、家庭隐患自查清单及个性化整改任务开展; 配套发放预防手册与视频, 指导老年人自主识别整改隐患, 并建立家庭安全档案及定期复评机制。4) 家庭环境改造: 实施结构性无障碍设计, 包括浴室防滑地面、无障碍淋浴间、加宽门和坡道、设置固定扶手、低位开关、感应照明、紧急呼叫系统等措施, 确保改造方案个性化, 符合老年人身体功

能与生活习惯，并配套施工验收与使用培训。综上，老年人跌倒的环境风险因素涉及多方面，改善家庭环境安全可有效降低风险。四类干预各有侧重、形成互补，其中家庭跌倒隐患减少干预为优先推广的核心策略。

#### 4.1.3. 药物管理

多项研究明确揭示了药物使用是老年人跌倒的重要可干预风险因素。研究指出[37]，258种药物与跌倒风险增加显著相关。这些药物主要集中于神经系统药物包括抗精神病药、抗抑郁药、抗帕金森病药物、中枢神经系统药物、抗癫痫药和催眠镇静药等，同时也涉及其他系统药物。研究进一步确认[38]，抗帕金森药、阿片类药物、抗癫痫药、抗精神病药、抗抑郁药、催眠药和镇静剂、抗焦虑药、肌肉松弛剂以及非甾体抗炎药和抗风湿药等显著增加了老年人跌倒损伤的风险。其作用机制在于这些药物可能诱发头晕、嗜睡、意识模糊、视力模糊或直立性低血压等不良反应[39]，损害平衡与认知功能。鉴于药物性跌倒风险的高发性与可干预性，药物管理已被确立为预防跌倒相关伤害的关键措施之一，其核心干预策略包括：1) 全面药物审查与风险评估：系统审查患者当前使用的所有处方药、非处方药及草药补充剂，评估其潜在的跌倒风险及相互作用。2) 个体化用药方案优化：在评估基础上，制定个体化用药调整计划，目标是在控制原发疾病的前提下，尽可能减少或停用高风险药物，或选择风险更低的替代品。3) 副作用监测与管理计划：为必须使用高风险药物的患者，制定并实施针对潜在副作用如直立性低血压、过度镇静等专项监测与管理计划。整合非药物干预策略：4) 结合非药物治疗手段如运动疗法、行为干预等管理原发疾病、解决患者依从性障碍，从而在减少药物风险的同时，协同降低整体跌倒风险。综上，将循证、系统的药物管理纳入老年人跌倒预防的综合干预体系，对于识别风险源头、优化治疗方案、减少药物相关伤害至关重要。

#### 4.1.4. 辅助设备应用

辅助设备被世界卫生组织界定为[40]“旨在维持或改善个体功能与独立性并促进健康参与的技术与器具”。但其防跌倒效应呈总体有益、类别差异、受多因素调节的特点。依据功能差异，可分为以下主要类型：1) 移动辅助类：手杖、助行器及滚轮助行器可显著改善平衡与步态，降低跌倒发生率[41]；然而，老年人擅自停用上述装置时跌倒风险反而升高[42]。2) 视觉辅助类：放大镜、白色手杖等虽能补偿视觉缺陷，但研究提示其在预防跌倒方面的效益尚不明确[36]。3) 鞋类与足部装置类：防滑鞋垫及矫形鞋垫在部分试验中显示获益，然总体证据不一致，提示需个体化评估[36]。4) 环境与自我护理辅助：床边感应灯、扶手等设施需与家庭无障碍改造协同实施，其独立防跌倒效应证据有限[43]。综上，辅助设备的防跌倒效果受到老年人身体功能、使用依从性及环境因素的共同调节；未来应聚焦于以患者为中心的设备适配、行为培训与家庭环境整合的综合干预模式，以最大化其安全效益。

### 4.2. 跌倒预防的最新发展

随着科技发展，老年人跌倒预防技术已形成“监测 - 预警 - 干预”三位一体的闭环防护体系。在多模态传感器融合与智能监测预警方面，2023年 Fernández-Bermejo Ruiz 等[44]提出的睡前跌倒风险综合监测系统，融合可穿戴生物传感器与床垫嵌入式压力传感阵列，能实时监测老年人在床上的位置及移动情况，实现了高精度监测；2024年 Paramasivam 等[45]研发的基于人工智能边缘计算的可穿戴设备，通过加速度传感器采集数据，经预处理和深度学习模型分析，可实时识别老年人的日常活动，如跌倒、下床等，并构建起闭环风险管理框架，借助 Twilio 服务发送短信警报，大幅缩短了响应时间。过去十年，可穿戴传感器如 MEMS 惯性传感器在跌倒检测领域取得显著进展[46]，传感器技术如三轴加速度计、陀螺仪等与机器学习算法结合，算法也从传统的阈值法、浅层学习快速演进至复杂的深度神经网络模型，显

著提升了检测效果,增强了对复杂、细微跌倒模式及日常活动混淆项的区分能力。同时,沉浸式虚拟现实技术也成为有效干预策略,越来越多的研究表明[47]-[49],像为老年人设计的模拟在不平坦路面行走的定制化 VR 平衡训练程序,能改善老年人的平衡能力和身体表现,实现从被动响应到主动预防的转变。综上:预防老年人跌倒从基础可穿戴传感与算法优化,到近期多模态传感器融合与嵌入式人工智能驱动的实时、全流程智能监测预警体系的构建,并同步发展出利用沉浸式 VR 技术进行主动功能增强训练的创新干预模式。这些技术进展的价值体现在显著提升风险识别的精准度与时效性,为高风险个体构建全天候防护网络;同时通过主动式功能训练,从根源上增强个体抗跌倒能力,最终实现降低跌倒发生率、减轻伤害严重程度的目标。

### 4.3. 传统量表与可穿戴设备数据的融合策略

当前跌倒风险评估正经历从单一量表或单模态传感的“分立式”评价范式,向传统临床量表与多源可穿戴数据深度整合的综合性范式转型。该融合策略的核心逻辑在于,借助可穿戴设备提供的连续、客观、生态效度良好的瞬时行为数据,弥补传统量表评估中固有的主观偏差、时滞性及仅反映单一时点功能状态的片段化缺陷,进而构建兼具时间动态性与临床相关性的立体风险评估体系。

#### 融合模型构建及临床转化实施路径

实现量表与传感数据的实质性融合,需在数据层、特征层及决策层分别解决异构数据对齐、互补特征提取及冲突置信度仲裁等关键技术问题。数据级融合需建立统一时间戳框架以弥合离散量表评分与连续传感器信号间的采样频率差异;特征级融合旨在从原始信号中提取与量表条目对应的生物标志物,构建联合特征嵌入空间;决策级融合则通过推理或证据理论动态权衡多源评估结果,综合历史基线作出最终判定。算法层面,需引入连续时间建模方法整合两类数据演化规律,并内嵌注意力机制或反事实推理等可解释模块,将模型输出转化为临床可理解的决策依据。在实施路径上,短期应利用公开数据集开展回顾性融合分析,验证模型增量预测效能;中期需推广轻量化设备与电子病历的自动关联录入,构建标准化配对数据库;长期需边缘端完成信号预处理与特征提取,于云端执行融合推理,最终通过轻量化接口输出个性化风险评估与干预建议,形成从数据采集到临床决策的完整闭环。

### 4.4. 现有的主要问题

尽管近年来老年人跌倒相关研究不断增多,但整体仍存在一定局限。一方面,不同研究在评估工具选择及结局指标方面缺乏统一标准,导致研究结果可比性较差;同时,多数评估工具侧重单一维度,如功能状态或病史,难以全面反映跌倒风险的多因素特征,加之研究样本来源差异较大(如社区与住院人群混杂),进一步影响结果的外推性。另一方面,临床实践中普遍存在“评估与干预分离”现象,现有评估工具多用于风险分级,缺乏与具体干预措施的有效衔接,限制了其对护理决策的指导作用。此外,不同评估工具之间缺乏统一标准,也增加了护理人员选择与应用的难度,影响其推广应用。随着人工智能、可穿戴设备及虚拟现实技术的发展,尽管其在跌倒预防中展现出良好的应用前景,但在实际应用中仍面临成本较高、老年人依从性不足以及复杂环境下误报或漏报等问题,其稳定性与可及性仍有待进一步提升。因此,有必要从老年医学整体管理角度出发,构建覆盖评估、干预与随访的连续性防控体系。

## 5. 小结

在全球人口老龄化背景下,老年人跌倒已成为重要的公共卫生问题,其发生受个体、环境及行为等多因素共同影响。现有跌倒风险评估工具虽应用广泛,但在评估维度及预测效度方面仍存在局限,尚难满足复杂临床需求。当前预防策略以运动干预为核心,结合环境改造、药物管理及辅助设备应用,可在

一定程度上降低跌倒风险。随着人工智能及可穿戴技术的发展,跌倒预防逐步向智能化与精准化方向演进。然而,技术应用仍面临成本、依从性及推广等现实挑战。未来应进一步优化评估体系,强化多学科协作,推动技术成果向临床转化,构建以个体化为导向的综合跌倒预防模式。

## 参考文献

- [1] Ismail, Z., Wan Ahmad, W.I., Hamjah, S.H. and Astina, I.K. (2021) The Impact of Population Ageing: A Review. *Iranian Journal of Public Health*, **50**, 2451-2460. <https://doi.org/10.18502/ijph.v50i12.7927>
- [2] WHO (2024) Ageing and Health. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>
- [3] Verma, S.K., Willetts, J.L., Corns, H.L., Marucci-Wellman, H.R., Lombardi, D.A. and Courtney, T.K. (2016) Falls and Fall-Related Injuries among Community-Dwelling Adults in the United States. *PLOS ONE*, **11**, e0150939. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150939>
- [4] Alsaiif, A.A. and Ahmed Alsenany, S. (2018) Balance and Prevention of Fall among Elderly. *MOJ Gerontology & Geriatrics*, **3**, 1-6. <https://doi.org/10.15406/mojgg.2018.03.00087>
- [5] Stevens, J.A. (2005) Falls among Older Adults—Risk Factors and Prevention Strategies. *Journal of Safety Research*, **36**, 409-411. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2005.08.001>
- [6] Li, F., Harmer, P., Eckstrom, E., Fitzgerald, K., Akers, L., Chou, L., *et al.* (2019) Cost-Effectiveness of a Therapeutic Tai Ji Quan Fall Prevention Intervention for Older Adults at High Risk of Falling. *The Journals of Gerontology: Series A*, **74**, 1504-1510. <https://doi.org/10.1093/gerona/glz008>
- [7] James, S.L., Lucchesi, L.R., Bisignano, C., Castle, C.D., Dingels, Z.V., Fox, J.T., *et al.* (2020) The Global Burden of Falls: Global, Regional and National Estimates of Morbidity and Mortality from the Global Burden of Disease Study 2017. *Injury Prevention*, **26**, i3-i11. <https://doi.org/10.1136/injuryprev-2019-043286>
- [8] Colón-Emeric, C.S., McDermott, C.L., Lee, D.S. and Berry, S.D. (2024) Risk Assessment and Prevention of Falls in Older Community-Dwelling Adults. *JAMA*, **331**, 1397-1406. <https://doi.org/10.1001/jama.2024.1416>
- [9] Merchant, R.A., Chen, M.Z., Wong, B.L.L., Ng, S.E., Shirooka, H., Lim, J.Y., *et al.* (2020) Relationship between Fear of Falling, Fear-Related Activity Restriction, Frailty, and Sarcopenia. *Journal of the American Geriatrics Society*, **68**, 2602-2608. <https://doi.org/10.1111/jgs.16719>
- [10] WHO (2007) WHO Global Report on Falls Prevention in Older Age. WHO.
- [11] Centers for Disease Control and Prevention (2017) Risk Factors for Falls. National Center for Injury Prevention and Control. <https://www.cdc.gov/steadi/media/pdfs/STEADI-FactSheet-RiskFactors-508.pdf>
- [12] Morse, J.M., Black, C., Oberle, K. and Donahue, P. (1989) A Prospective Study to Identify the Fall-Prone Patient. *Social Science & Medicine*, **28**, 81-86. [https://doi.org/10.1016/0277-9536\(89\)90309-2](https://doi.org/10.1016/0277-9536(89)90309-2)
- [13] Kim, Y.J., Choi, K.O., Cho, S.H. and Kim, S.J. (2022) Validity of the Morse Fall Scale and the Johns Hopkins Fall Risk Assessment Tool for Fall Risk Assessment in an Acute Care Setting. *Journal of Clinical Nursing*, **31**, 3584-3594. <https://doi.org/10.1111/jocn.16185>
- [14] Berg, K., Wood-Dauphinee, S., Williams, J.I. and Gayton, D. (1989) Measuring Balance in the Elderly: Preliminary Development of an Instrument. *Physiotherapy Canada*, **41**, 304-311. <https://doi.org/10.3138/ptc.41.6.304>
- [15] Boulgarides, L.K., McGinty, S.M., Willett, J.A. and Barnes, C.W. (2003) Use of Clinical and Impairment-Based Tests to Predict Falls by Community-Dwelling Older Adults. *Physical Therapy*, **83**, 328-339. <https://doi.org/10.1093/ptj/83.4.328>
- [16] Hendrich, A.L., Bender, P.S. and Nyhuis, A. (2003) Validation of the Hendrich II Fall Risk Model: A Large Concurrent Case/Control Study of Hospitalized Patients. *Applied Nursing Research*, **16**, 9-21. <https://doi.org/10.1053/apnr.2003.yapnr2>
- [17] Campanini, I., Bargellini, A., Mastrangelo, S., Lombardi, F., Tolomelli, S., Lusuadi, M., *et al.* (2021) Performance of the Hendrich Fall Risk Model II in Patients Discharged from Rehabilitation Wards. A Preliminary Study of Predictive Ability. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **18**, Article 1444. <https://doi.org/10.3390/ijerph18041444>
- [18] Patterson, B.W., Repplinger, M.D., Pulia, M.S., Batt, R.J., Svenson, J.E., Trinh, A., *et al.* (2018) Using the Hendrich II Inpatient Fall Risk Screen to Predict Outpatient Falls after Emergency Department Visits. *Journal of the American Geriatrics Society*, **66**, 760-765. <https://doi.org/10.1111/jgs.15299>
- [19] Castaldi, S., Principi, N., Carnevali, D., Tiwana, N., Pietronigro, A., Mosillo, M., Marrazzo, M., Colombo, R., Avanzi, G.M. and Corna, S. (2022) Correlation between Fall Risk Increasing Drugs (FRIDs) and Fall Events at a Rehabilitation Hospital. *Acta Biomedica Atenei Parmensis*, **92**, e2021397.

- [20] Tinetti, M.E. (1986) Performance-Oriented Assessment of Mobility Problems in Elderly Patients. *Journal of the American Geriatrics Society*, **34**, 119-126. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1986.tb05480.x>
- [21] Behrman, A.L., Light, K.E. and Miller, G.M. (2002) Sensitivity of the Tinetti Gait Assessment for Detecting Change in Individuals with Parkinson's Disease. *Clinical Rehabilitation*, **16**, 399-405. <https://doi.org/10.1191/0269215502cr494oa>
- [22] Krzysztóń, K., Stolarski, J. and Kochanowski, J. (2018) Evaluation of Balance Disorders in Parkinson's Disease Using Simple Diagnostic Tests—Not So Simple to Choose. *Frontiers in Neurology*, **9**, Article 932. <https://doi.org/10.3389/fneur.2018.00932>
- [23] Poe, S.S., Cvach, M., Dawson, P.B., Straus, H. and Hill, E.E. (2007) The Johns Hopkins Fall Risk Assessment Tool. *Journal of Nursing Care Quality*, **22**, 293-298. <https://doi.org/10.1097/01.ncq.0000290408.74027.39>
- [24] Hong, S., Kim, J. and Choi, Y. (2024) Predictive Validity of the Johns Hopkins Fall Risk Assessment Tool for Older Patients in Stroke Rehabilitation. *Healthcare*, **12**, Article 791. <https://doi.org/10.3390/healthcare12070791>
- [25] Strini, V., Schiavolin, R. and Prendin, A. (2021) Fall Risk Assessment Scales: A Systematic Literature Review. *Nursing Reports*, **11**, 430-443. <https://doi.org/10.3390/nursrep11020041>
- [26] Damoiseaux-Volman, B.A., van Schoor, N.M., Medlock, S., Romijn, J.A., van der Velde, N. and Abu-Hanna, A. (2023) External Validation of the Johns Hopkins Fall Risk Assessment Tool in Older Dutch Hospitalized Patients. *European Geriatric Medicine*, **14**, 69-77. <https://doi.org/10.1007/s41999-022-00719-0>
- [27] Podsiadlo, D. and Richardson, S. (1991) The Timed "Up & Go": A Test of Basic Functional Mobility for Frail Elderly Persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, **39**, 142-148. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x>
- [28] Mathias, S., Nayak, U.S. and Isaacs, B. (1986) Balance in Elderly Patients: The "Get-Up and Go" Test. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, **67**, 387-389.
- [29] Wang, J., Chen, X., Sun, X., Ma, H., Yu, Y., Yao, C., *et al.* (2021) The Application of 'Timed up and Go' Test in Fall Screening of Elderly People in Shanghai: A Cross-Sectional Study. *Iranian Journal of Public Health*, **50**, 2567-2575. <https://doi.org/10.18502/ijph.v50i12.7940>
- [30] Thomas, E., Battaglia, G., Patti, A., Brusa, J., Leonardi, V., Palma, A., *et al.* (2019) Physical Activity Programs for Balance and Fall Prevention in Elderly: A Systematic Review. *Medicine*, **98**, e16218. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000016218>
- [31] Zhong, Y., Meng, Q. and Su, C. (2024) Mechanism-Driven Strategies for Reducing Fall Risk in the Elderly: A Multidisciplinary Review of Exercise Interventions. *Healthcare*, **12**, Article 2394. <https://doi.org/10.3390/healthcare12232394>
- [32] Sarto, F., Pizzichemi, M., Chiossi, F., Bisiacchi, P.S., Franchi, M.V., Narici, M.V., *et al.* (2022) Physical Active Lifestyle Promotes Static and Dynamic Balance Performance in Young and Older Adults. *Frontiers in Physiology*, **13**, Article 986881. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.986881>
- [33] Wickramarachchi, B., Torabi, M.R. and Perera, B. (2023) Effects of Physical Activity on Physical Fitness and Functional Ability in Older Adults. *Gerontology and Geriatric Medicine*, **9**, 1-10.
- [34] Sadaqa, M., Németh, Z., Makai, A., Prémusz, V. and Hock, M. (2023) Effectiveness of Exercise Interventions on Fall Prevention in Ambulatory Community-Dwelling Older Adults: A Systematic Review with Narrative Synthesis. *Frontiers in Public Health*, **11**, Article 1209319. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1209319>
- [35] Boonkhao, L., Puangjan, K., Ouengprasert, I., Laosupap, K., Bootsorn, A., Junsiri, S., *et al.* (2024) Home Environmental Factors Associated with Falls among Elderly in Ubon Ratchathani, Thailand. *Journal of Multidisciplinary Healthcare*, **17**, 1363-1373. <https://doi.org/10.2147/jmdh.s456128>
- [36] Clemson, L., Stark, S., Pighills, A.C., Fairhall, N.J., Lamb, S.E., Ali, J., *et al.* (2023) Environmental Interventions for Preventing Falls in Older People Living in the Community. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, No. 3, CD013258. <https://doi.org/10.1002/14651858.cd013258.pub2>
- [37] Zhou, S., Jia, B., Kong, J., Zhang, X., Lei, L., Tao, Z., *et al.* (2022) Drug-Induced Fall Risk in Older Patients: A Pharmacovigilance Study of FDA Adverse Event Reporting System Database. *Frontiers in Pharmacology*, **13**, Article 1044744. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.1044744>
- [38] Jung, Y., Suh, D., Kim, E., Park, H., Suh, D. and Jung, S. (2023) Medications Influencing the Risk of Fall-Related Injuries in Older Adults: Case-Control and Case-Crossover Design Studies. *BMC Geriatrics*, **23**, Article No. 452. <https://doi.org/10.1186/s12877-023-04138-z>
- [39] Ming, Y., Zecevic, A.A., Hunter, S.W., Miao, W. and Tirona, R.G. (2021) Medication Review in Preventing Older Adults' Fall-Related Injury: A Systematic Review & Meta-Analysis. *Canadian Geriatrics Journal*, **24**, 237-250. <https://doi.org/10.5770/cgj.24.478>
- [40] World Health Organization Regional Office for Europe (2021) Assistive Technology. <https://www.who.int/westernpacific/health-topics/assistive-technology>
- [41] Fernandes, J.B., Domingos, J., Fernandes, S., Ferreira, N., Almeida, A.S., Chalaça, A., *et al.* (2025) Barriers and Strategies

- Affecting the Use of Assistive Devices for Falls Prevention among People with Parkinson's Disease: A Qualitative Pilot Study. *BMC Geriatrics*, **25**, Article No. 352. <https://doi.org/10.1186/s12877-025-06022-4>
- [42] Cruz, A.d.O., Santana, S.M.M., Costa, C.M., Gomes da Costa, L.V. and Ferraz, D.D. (2020) Prevalence of Falls in Frail Elderly Users of Ambulatory Assistive Devices: A Comparative Study. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, **15**, 510-514. <https://doi.org/10.1080/17483107.2019.1587016>
- [43] Gell, N.M., Wallace, R.B., LaCroix, A.Z., Mroz, T.M. and Patel, K.V. (2015) Mobility Device Use in Older Adults and Incidence of Falls and Worry about Falling: Findings from the 2011-2012 National Health and Aging Trends Study. *Journal of the American Geriatrics Society*, **63**, 853-859. <https://doi.org/10.1111/jgs.13393>
- [44] Fernández-Bermejo Ruiz, J., Dorado Chaparro, J., Santofimia Romero, M.J., Villanueva Molina, F.J., del Toro García, X., Bolaños Peño, C., *et al.* (2022) Bedtime Monitoring for Fall Detection and Prevention in Older Adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **19**, Article 7139. <https://doi.org/10.3390/ijerph19127139>
- [45] Paramasivam, A., Ferlin Deva Shahila, D., Jenath, M., Sankaran, S., Pittu, P.S.K.R., Vijayalakshmi, S., *et al.* (2024) Development of Artificial Intelligence Edge Computing Based Wearable Device for Fall Detection and Prevention of Elderly People. *Heliyon*, **10**, e28688. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28688>
- [46] Li, Y., Liu, P., Fang, Y., Wu, X., Xie, Y., Xu, Z., *et al.* (2025) A Decade of Progress in Wearable Sensors for Fall Detection (2015-2024): A Network-Based Visualization Review. *Sensors*, **25**, Article 2205. <https://doi.org/10.3390/s25072205>
- [47] Zahedian-Nasab, N., Jaber, A., Shirazi, F. and Kavousipor, S. (2021) Effect of Virtual Reality Exercises on Balance and Fall in Elderly People with Fall Risk: A Randomized Controlled Trial. *BMC Geriatrics*, **21**, Article No. 509. <https://doi.org/10.1186/s12877-021-02462-w>
- [48] Kim, S.H. and Cho, S.H. (2022) Benefits of Virtual Reality Program and Motor Imagery Training on Balance and Fall Efficacy in Isolated Older Adults: A Randomized Controlled Trial. *Medicina*, **58**, Article 1545. <https://doi.org/10.3390/medicina58111545>
- [49] Lee, K. (2020) Virtual Reality Gait Training to Promote Balance and Gait among Older People: A Randomized Clinical Trial. *Geriatrics*, **6**, Article 1. <https://doi.org/10.3390/geriatrics6010001>