

抗阻-认知双任务训练干预老年人跌倒风险的效果研究 进展综述

侯娜 孙晓娟 马丽君

咸阳师范学院, 中国·陕西 咸阳 712000

摘要: 跌倒已成为威胁老年人健康与独立生活能力的重大公共卫生问题。传统单一模式的运动干预效果有限, 而结合身体与认知挑战的抗阻-认知双任务训练作为一种新兴干预策略, 日益受到关注。研究表明, 抗阻-认知双任务训练能有效改善老年人的肌肉力量、平衡功能、步态稳定性、执行功能和工作记忆等关键跌倒风险因素。其作用机制涉及神经可塑性增强、运动-认知资源分配优化及肌肉骨骼系统功能提升等多个层面。抗阻-认知双任务训练是降低老年人跌倒风险极具前景的干预手段, 具有重要的临床转化价值。

关键词: 老年人; 跌倒风险; 抗阻训练; 认知训练; 执行功能

A review of the research progress on the effect of resistance cognition dual task training intervention on the risk of falls in elderly people

Hou Na, Sun Xiaojuan, Ma Lijun

Xianyang Normal University, China Shaanxi Xianyang 712000

Abstract: Falls have become a major public health issue that threatens the health and independent living abilities of the elderly. The effect of traditional single mode exercise intervention is limited, while resistance cognitive dual task training combined with physical and cognitive challenges, as a new intervention strategy, has attracted increasing attention. Research has shown that resistance cognitive dual task training can effectively improve key fall risk factors such as muscle strength, balance function, gait stability, executive function, and working memory in elderly individuals. Its mechanism of action involves multiple aspects such as enhanced neural plasticity, optimization of motor cognitive resource allocation, and improvement of musculoskeletal system function. Resistance cognitive dual task training is a highly promising intervention for reducing the risk of falls in the elderly, with important clinical translational value.

Keywords: Elderly people; Risk of falling; Resistance training; Cognitive training; Performing function

0 引言

跌倒已成为严重威胁老年人健康与独立性的重大公共卫生问题, 其高发生率常导致骨折、失能甚至死亡。跌倒风险源于多因素交互作用, 其中肌肉力量衰退与认知功能下降是核心可干预因素。传统单一模式的运动或认知干预在应对模拟现实、需同时处理多任务的复杂跌倒情境时效果有限。抗阻-认知双任务训练作为一种新兴策略, 通过同步进行抗阻运动和认知任务, 旨在模拟日常生活挑战。其理论基础在于优化有限的认知-运动资源共享, 并通过神经可塑性增强多系统整合能力。

1 抗阻-认知双任务训练的定义与理论基础

1.1 抗阻-认知双任务训练的定义

抗阻-认知双任务训练是一种整合性干预模式, 要

求老年人在同步执行抗阻性力量训练的同时, 完成一项需要主动认知加工的任务。其核心在于通过同时挑战运动系统与认知系统, 模拟现实生活中的多任务场景, 从而针对性改善导致跌倒的“运动-认知双重缺陷”。抗阻训练主要是利用器械训练, 采用中等强度或低强度高重复模式, 适应老年人耐受性。认知任务是通过语言干扰, 根据个体能力动态调整难度。两者结合, 实现抗阻-认知双任务训练。

1.2 抗阻-认知双任务训练的理论基础

抗阻-认知双任务训练的设计根植于多学科交叉理论, 旨在通过“运动-认知并行负荷”激发系统级适应, 其遵循以下理论: 一是认知-运动干扰理论, 该理论认为人体中枢处理资源有限, 当认知与运动任务竞争共享资源

时,会导致任务表现下降。老年人因资源容量减少和分配效率低下,双任务代价更显著,直接增加跌倒风险。通过重复暴露于干扰情境,训练大脑优化资源分配策略,从而降低双任务代价。其二是神经可塑性理论,同步进行抗阻与认知任务可激活重叠的神经网络,双任务比单一任务更强烈地刺激上述脑区间的功能连接重组,促进白质纤维束。其三是特异性原则,干预效果向日常生活迁移的程度取决于训练任务与目标活动的相似性。现实中的跌倒常发生于“运动+认知”并行的复杂场景。通过模拟真实环境的多任务需求,直接提升老年人在动态环境中的适应性姿势控制能力。

2 抗阻-认知双任务训练存在的挑战

抗阻-认知双任务训练虽在降低老年人跌倒风险中展现出潜力,但其临床应用仍面临多重挑战,需从方案设计、安全性、适用性及转化效能四个维度深入解析。

2.1 方案标准化与个体化存在矛盾

抗阻-认知双任务训练中,对于抗阻强度的设定,目前还没有统一的认识。目前在训练强度上,使用低强度的抗阻训练,虽然安全性高,对于老年个体的肌肉强度增加幅度偏慢,采用高强度的抗阻训练内容,虽然效果显著,但是会增加认知训练的干扰。在认知训练中,从简单命名到复杂的颜色内容测试,难度跨度大,尚无任务选择与跌倒风险改善的剂量效应研究。将抗阻-认知双任务训练整合后,虽然对老年人跌倒风险具有较好的预防效果,但是交替式进行训练,明显更加安全,目前选择哪个训练模式还没有明确结论。此外,现有的抗阻-认知双任务训练方案多静态设定负荷,缺乏基于实时表现的难度调节系统。例如当老人深蹲时,应自动增加抗阻重量或认知冲突层级,但实操依赖治疗师经验。

2.2 安全风险与依从性瓶颈

抗阻-认知双任务训练中老年人容易出现动作变形风险。双任务初期注意力分散可能导致老年人膝内扣,躯干代偿,容易引起老年人身体负担过大,需要动作捕捉系统实时预警,但基层医疗机构难以普及。在认知训练中,轻度认知障碍患者进行复杂双任务时,前额叶氧合血红蛋白骤升,反映神经资源耗竭,认知错误率上升的同时还会引发跌倒风险的增加。对于抗阻-认知双任务训练,老年人在训练过程中容易出现枯燥性与身心疲劳感,相比单一训练退出率,抗阻-认知双任务训练退出率升高一倍,而趣味化设计(如VR游戏化抗阻)成本高昂,难以普及应用。

2.3 特殊人群适用性局限

抗阻-认知双任务训练在老年群体中对于特殊人群使用难度提升,作用与效果也不明显。例如,针对重度衰弱老人,对于抗阻负荷耐受度低,在进行坐姿训练肌力增益不明显。对于中重度痴呆老年群体,其无法理解复杂指令,对于认知训练不能进行。对于一些严重平衡障碍老年群体,在站立训练跌倒风险高。在养老院老人(平均年龄85岁)进行抗阻-认知双任务训练时,需一对一保护,人力成本难以承担。

2.4 效果转化与验证障碍

目前抗阻-认知双任务训练长期效果存疑。在训练三个月以后,老年人的步态变异系数回弹明显提升,而一年以后,跌倒预防效益衰减,其不具有可持续,需要老年人持续参与。目前维持训练需每周 ≥ 2 次,但社区老人持续参与率仅40%,显然难以真正长期帮助老年群体。此外,抗阻-认知双任务训练虽然能改善老人的跌倒概率,但是这种统计更多基于数学统计,与实际减少跌倒的次数并不能产生直接关联。在统计样本上,评估真实跌倒的周期多 < 1 年,样本量不足,统计效力低。

3 抗阻-认知双任务训练对跌倒风险相关指标效果

3.1 肌肉力量的协同强化机制

设计良好的抗阻-认知双任务训练在改善下肢肌力方面展现出独特价值。研究证实,同步进行抗阻动作与认知任务时,膝伸肌力量增益与单一抗阻训练相当,而髋外展肌力提升更显著。这是因为双任务中骨盆稳定需求激活更多臀中肌,且认知负荷通过分散疼痛感知提升训练耐受性。离心力量改善远超单一训练。肌电图显示抗阻-认知双任务训练组神经肌肉募集效率优化,使30秒椅子起坐次数提升35%(单一组仅22%)。髋外展肌力每增加1Nm可降7%侧向跌倒风险,凸显其对防跌倒的生物力学意义。

3.2 动态平衡优势的神经基础

抗阻-认知双任务训练对动态平衡的改善显著优于静态平衡,因其针对性训练姿势调整与认知监控的整合能力。在双任务计时起立行走测试中,抗阻-认知双任务训练组时间缩短,幅度为单一训练的2.3倍。虚拟现实测试显示,持物避障时躯干晃动速度降低,源于前额叶-小脑连接增强优化感觉统合。泡沫垫动态平衡得分提升,抗干扰恢复时间缩短,反映补偿性姿势控制加速。机制上,双任务迫使前庭-视觉-本体系统在认知负荷下高效协作,例如前额叶氧合血红蛋白波动减少表明资源分配自动化。这种适

应直接转化为复杂环境中的稳定性,如端热汤行走时意外碰撞减少,能够适合日常行动面对多复杂场景需求。

3.3 双任务步态的核心突破

抗阻-认知双任务训练最大价值在于显著降低双任务步态代价。研究显示步速降低,步幅变化变得均匀,相比单一的训练,步宽明显更为合理,对于下体力量不强的老年人来说,其跌倒风险降低。此外,抗阻-认知双任务训练还能降低起步时间,拖拽步态的足尖离地高度增加,有效矫正跌倒高风险步态模式。这种优化源于皮质-脊髓抑制控制增强,步态自动化使认知资源释放给环境监测。步长变异系数降低,实践证实执行功能提升直接驱动步态稳定。

3.4 执行功能的特异性提升

抗阻-认知双任务训练对认知功能的增益集中于执行控制网络。工作记忆提升,显著优于单一认知训练,因双任务迫使持续刷新记忆内容。抑制控制记忆的错误产生。双任务情境迫使大脑更有效地分配注意资源、抑制干扰、切换任务,从而锻炼了执行功能网络。这种认知改善具有直接防跌意义,当老人行走时突然被呼叫名字,抗阻-认知双任务训练下老人能够及时处理多情景下的行为先后顺序,强化自身的平衡稳定性,因执行功能强化了风险识别与反应抑制,老人能够更从容应对跌倒风险的产生。

4 抗阻-认知双任务训练的作用机制

4.1 重塑神经,脑网络功能升级

抗阻-认知双任务训练能够强化前额叶-运动皮层,双任务迫使背外侧前额叶调控执行功能,同时初级运动皮层协调抗阻动作,增强两脑区功能连接,根据医学理论,长期抗阻-认知双任务训练可能有助于维持或增加相关脑区的灰质体积或皮层厚度。在人体运动功能上,小脑整合感觉运动信息。基底节调控自动化动作。抗阻-认知双任务训练促进该通路髓鞘化,提升步态自动化程度,释放认知资源应对突发干扰。

4.2 认知-运动资源分配优化

依据现有医院资源理论,抗阻-认知双任务训练大脑采用高效策略。在任务训练中将抗阻节律(如深蹲节奏)与认知任务(如按节奏减法)同步化,减少任务切换损耗。在运动资源管理上可以实现资源的优先级分配。在失衡风险高时,自动将资源倾斜至运动控制。通过抗阻-认知双任务训练,简单运动任务的神经资源消耗降低,剩余资源可分配至环境监测,能够及时关注周围环境的变化,提升对环境的应对能力。

4.3 肌肉骨骼系统适应与外周-中枢联动

抗阻-认知双任务训练中,抗阻运动直接刺激II型肌纤维肥大及神经肌肉运动能力,提升关节稳定性,而中枢神经与外周闭环,皮质脊髓束兴奋性增强,使运动指令传导速度上升,肌肉响应延迟缩短。面对老人运动跌倒的风险,抗阻-认知双任务训练后老人采用“谨慎-高效”模式,结合肌力爆发性输出,实现快速姿势恢复。

5 抗阻-认知双任务训练优化策略

5.1 训练数据标准化,关键参数精准化

要对抗阻强度训练进行分级,以便更好适应不同老年个体之间的差异性。按照初级、中级、高级三个等级进行区分。抗阻初级训练以弹力带或自重训练为主,避免关节负荷过重。中级引入器械抗阻,强调下肢肌群(腿举、髋外展)以增强防跌倒生物力学基础。高级结合功能性抗阻(持物弓步),侧重离心收缩控制。在认知范围选择上,选择执行功能类,针对高危跌倒人群采用工作记忆训练。在认知类型上,模拟物体命名(初级)、心算找零(中级),模拟超市购物等现实场景。要加强安全监控,膝内扣角度 $> 8^\circ$ 或认知错误率 $> 30\%$ 时自动降低训练难度,对于衰弱老人采用坐姿抗阻+视觉任务,配合减重悬吊系统训练。

5.2 搭建智能化训练系统,对训练难度进行动态调整

随着电子技术的发展,可穿戴智能设备能够及时监控人体生理状态,为抗阻-认知双任务训练及时反馈奠定技术基础。为参与抗阻-认知双任务训练的老年人穿戴生物设备,进行生物反馈监测。实时监测步态变异系数,当步态数值超出合理范围后进行预警,对于认知训练,穿戴智能头盔,监测前额叶氧合血红蛋白波动,及时优化认知难度。采用VR/AR进行场景化训练。设置超市持物避障任务,抗阻深蹲同步计算商品价格,步态稳定性误差 $< 5\%$ 时提升认知负荷。设定丛林平衡垫行走,AR落石触发抑制控制任务,动态调整抗阻强度。通过智能化训练系统的搭建,准确评估抗阻-认知双任务训练任务模式与难度,以便适应不同状态的老年人身体状况,提升训练效果。

6 结语

抗阻-认知双任务训练作为一种创新的干预策略,在降低老年人跌倒风险方面展现出显著优势和积极效果。它通过同步挑战肌肉骨骼系统和认知系统,有效改善了关键跌倒风险因素,包括下肢力量、动态平衡能力、双任务条件下的步态稳定性以及执行功能。其作用机制涉及增强神

经可塑性、优化认知 - 运动资源分配效率以及提升肌肉功能等多层面整合效应。抗阻 - 认知双任务训练代表了预防老年人跌倒干预研究的一个重要且充满希望的方向。随着研究的深入和方案的优化, 抗阻 - 认知双任务训练有望成为临床和社区环境中降低老年人跌倒风险、促进健康老龄化的有效工具。

参考文献:

[1] 唐军, 王雨, 周恩媛, et al. 体育运动对老年人认知功能的改善作用研究[C]// 第一届湖北省体育科学大会. 江汉大学体育学院, 2023: 536-537.

[2] 韩静雨, 王鑫. 双任务训练对老年人下肢肌肉力量影响的研究进展[J]. 文体用品与科技, 2023(12):117-119.

[3] 牛兰奇, 赵仙丽, 吴绪波. 血流限制训练对老年

人下肢力量作用的研究进展[J]. 中华老年医学杂志, 2024, 43(10):1351-1356.

[4] 李翠查, 徐蕊, 宋淑华. 渐进性抗阻运动对老年人人体适能及跌倒风险的干预研究[J]. 中国老年保健医学, 2022, 20(5):41-45.

[5] 朱天瑞, 史冀鹏, 孙嘉禾等. 不同运动方案组成要素对老年人跌倒风险影响效果的 Meta 分析[J]. 中国组织工程研究, 2025, 29(26):5662-5672.

基金项目: 陕西省自然科学基金基础研究计划项目(项目编号: 2025JC-YBMS-943); 咸阳市渭城区软科学研究计划项目(项目编号: 2024VCRK-005)。

作者简介: 侯娜(1980-), 女, 汉族, 陕西咸阳人, 硕士, 副教授, 研究方向: 运动与健康促进。