

低握力与老年人跌倒发生的相关性 ——基于队列和孟德尔随机化的研究

夏贤霆¹, 王卫明¹, 徐锋², 吴晓峰², 高峰², 林华³, 汪青²

1. 昆山市第六人民医院骨科, 江苏 昆山 215300; 2. 昆山市中医医院骨科, 江苏 昆山 215300; 3. 南京鼓楼医院骨科

摘要: **目的** 探讨低握力与老年人跌倒发生之间的关系。**方法** 利用中国健康与养老追踪调查 (China Health and Retirement Longitudinal Study, CHARLS) 数据库进行队列研究, 纳入 2011 年基线无跌倒史的人群, 搜集受试者的人口学特征、慢性病史、握力等信息, 根据 2013—2020 年随访是否出现跌倒进行分组, 多因素 logistic 回归分析低握力与跌倒发生的关系。使用双样本孟德尔随机化研究 (Mendelian randomization, MR) 评估低握力数据集与跌倒数据集的因果关系。数据集来自 IEUGWAS 数据库。用逆方差加权法、MR-Egger 回归、加权中位值、简单众数法和加权模型法进行 MR 分析, 采用 Cochran Q 检验、MR-pleiotropy、留一法 (leave-one-out) 等评价多效性、敏感性、及异质性。**结果** 在校正了年龄、性别、婚姻状态、疾病状态等相关混杂因素后, 低握力与跌倒的发生有关。相比于握力正常组, 低握力组发生跌倒的风险增加 ($OR=1.29, 95\%CI: 1.06 \sim 1.56, P=0.01$)。MR 的结果同样表明, 低握力增加了跌倒的发生。**结论** 低握力与跌倒发生具有相关性。低握力老年人群跌倒发生的风险更高。

关键词: 老年人群; 握力; 跌倒; 孟德尔随机化

中图分类号: R592 文献标志码: A 文章编号: 1003-8507(2025)19-3609-06

DOI: 10.20043/j.cnki.MPM.202502178

The association between low grip strength and falling in the elderly: a study based on cohort and Mendelian randomization

XIA Xian-ting*, WANG Wei-ming, XU Feng, WU Xiao-feng, GAO Feng, LIN Hua, WANG Qing

*Department of Orthopedics, Kunshan Sixth People's Hospital, Kunshan, Jiangsu 215300, China

Abstract: **Objective** To explore the relationship between low grip strength and the occurrence of falling in the elderly. **Methods** A cohort study was conducted using the China Health and Retirement Longitudinal Study (CHARLS) database, including individuals without a history of falling at the 2011 baseline. Demographic characteristics, chronic disease history, and grip strength information of the subjects were collected. Subjects were grouped based on whether they experienced falling during the follow-up from 2013 to 2020. Multivariable logistic regression analysis was used to examine the relationship between low grip strength and falling occurrence. The causal relationship between low grip strength and falling was assessed using two-sample MR based on the corresponding datasets. Datasets were sourced from the IEUGWAS database. MR analysis was conducted using inverse variance weighting (IVW), MR-Egger regression, weighted median estimation (WME), simple mode, and weighted mode methods. Cochran's Q test, MR-pleiotropy, and leave-one-out methods were employed to evaluate pleiotropy, sensitivity, and heterogeneity. **Results** After adjusting for age, gender, marital status, disease status and other related confounding factors, low grip strength was still associated with the occurrence of falling. Compared with the normal grip group, the low grip group had an increased risk of falling ($OR=1.29, 95\% CI: 1.06-1.56, P=0.01$). The results of MR also showed that low grip strength increased the occurrence of falling. **Conclusion** Low grip strength is associated with falling in the elderly. The elderly with low grip strength have a higher risk of falling.

Keywords: Elderly population; Grip strength; Falling; Mendelian randomization

跌倒是老年人意外损伤和死亡的主要原因之一。近年的流行病学研究发现, 全球范围内老年人跌倒的发生率高达 26.5%, 其中 10% 的跌倒会导致严重损

基金项目: 昆山市医学高层次人才培养项目 (昆卫 [2024]9 号); 昆山市中医医院金杏优才项目 (03rczc-25)

作者简介: 夏贤霆 (1988—), 男, 本科, 主治医师, 研究方向: 骨关节疾病及骨质疏松症的研究

通信作者: 汪青, E-mail: doctorwq1983@163.com

伤, 包括髌部骨折、创伤性脑损伤或硬膜下血肿等^[1]。跌倒的风险因素较为复杂, 主要有年龄、认知障碍、行动能力、步态及疾病等, 其中肌力下降是一个关键因素^[2]。握力是指手部力量的总和, 可作为一种客观、简便的肌力测量工具, 在一定程度上反映了全身肌力状态。一些研究发现, 低握力是糖尿病、脑卒中、恶性肿瘤等疾病预后不良的标志^[3-5]。目前, 国外的横断面观

察性研究发现,低握力与跌倒具有关联^[6],然而,在中国老年人群,低握力是否会增加跌倒风险,低握力与跌倒是否存在因果关系,目前仍不十分清楚。本研究利用中国健康与养老追踪调查(China Health and Retirement Longitudinal Study, CHARLS)数据库进行队列研究,并结合孟德尔随机化(Mendelian randomization, MR)分析,探讨老年人低握力与跌倒发生的相关性及因果关系,为老年人跌倒的评估及防治提供新的思路。

1 资料与方法

1.1 队列研究

1.1.1 资料来源 研究资料来源于 CHARLS 数据库 2011—2020 年的随访结果。本研究基线数据采集于 2011 年,随访数据(跌倒)来源 2013—2020 年。CHARLS 调查已经过北京大学生物医学伦理审查委员会批准(伦理号:IRB0001052-11015)。

1.1.2 研究对象 纳入标准:(1)2011 年基线无跌倒史的人群。排除标准:(1)年龄 <60 周岁或者年龄数据缺失的个体;(2)2013—2015 年跌倒随访资料缺失的个体;(3)2011 年基线握力数据缺失的个体;(4)2011 年基线协变量数据,如身高、体重、性别数据缺失的个体。

1.1.3 变量 人口学特征包括年龄、性别、受教育程度(小学以下、小学、中学、高中以上)、婚姻(已婚、其他)、居住地(农村、城市)、吸烟情况(正在吸烟,不吸烟)、饮酒情况(正在饮酒、不饮酒)、退休情况(已退休、未退休)、夜间睡眠时间、跌倒(有、无)。慢性病病史包括视力障碍、听力障碍、糖尿病、高血压、血脂异常、恶性肿瘤、慢性肺病、肝病、心脏病、肾脏病、消化系统疾病、精神及记忆相关疾病、关节炎及哮喘。握力的测量方法:由训练有素的志愿者使用标准化测力计(中国粤建 WL-1000,南通悦健物理测量仪器有限公司,中国南通)进行测量,单位为公斤。受试者站立并使用惯用手或非惯用手开始测试,同时接受口头鼓励。每个受试者以直角(90°)握住测力计并挤压手柄几秒钟,对左右手进行两次测量,本研究采取测量结果的最大值^[7]。根据测量结果,男性 <28 kg,女性 <18 kg,定义为低握力^[8]。身体质量指数(body mass index, BMI)(kg/m^2)= 体重 / 身高的二次方。

1.1.4 研究方法 纳入的基线数据包括性别、年龄、BMI、居住地、学历及婚姻状态、吸烟饮酒状况、慢性病患病情况、退休情况、夜间睡眠时间、握力情况。结局指标为 2013—2020 年随访出现跌倒。依据研究对象在 2013—2020 年是否出现过跌倒,分为新发跌倒组及无跌倒组。本研究最终纳入研究对象 4 049 例,其中新发跌倒组 1 525 例,无跌倒组 2 524 例。分

析低握力对于跌倒发生的影响。

1.1.5 统计学方法 本研究采用 SPSS 25.0 统计软件进行数据分析。符合正态分布的连续变量使用($\bar{x} \pm s$)表示,不符合正态分布连续变量以中位数 $[M(P_{25}, P_{75})]$ 表示。分类变量采用百分比(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验。两组正态分布连续变量使用 t 检验比较,两组非正态分布的连续变量使用非参数检验比较。使用 logistic 回归模型分析跌倒的发生与各因素之间的关系。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

1.2 MR 研究

1.2.1 一般资料 本研究为双样本 MR,遵循国际 STROBE-MR 报道标准。数据集来自 IEUGWAS 数据库(<https://gwas.mrcieu.ac.uk/>)。低握力数据来自欧洲生物信息研究所(GWAS ID:ebi-a-GCST90007526)。该研究提供了 256 523 例欧洲人群的分析数据,包括 48 596 例患者及 207 927 例对照。9 336 415 个 SNPs 用于 GWAS 分析。跌倒数据来自英国生物银行(UK Biobank)(GWAS ID:ukb-b-2535)。该研究提供了 461 725 例欧洲人群的分析数据,9 851 867 个 SNPs 用于 GWAS 分析。

1.2.2 工具变量选择 将 SNPs 作为工具变量,须满足关联性、独立性及排他性三个核心假说。在本项研究中,SNP 成为工具变量的标准是:(1)SNP 与低握力密切相关;(2)SNP 独立于影响握力和跌倒的混杂因素;(3)SNP 与跌倒无直接关系,只能通过低握力对跌倒产生作用。基于常规 GWAS 显著阈值($P<5 \times 10^{-8}$),连锁不平衡参数设置为 10 000 kb, $r^2<0.001$,最终筛选出 16 个低握力关联的 SNPs,在 LDlink 数据库中(<https://ldlink.nih.gov/>)查询,剔除与混杂因素及结局变量有关的 SNP,最后计算弱工具变量 F 值, $F=[R^2 \times (N-1-K)]/[K \times (1-R^2)]$,剔除 $F<10$ 的 SNPs。

1.2.3 统计学方法 采用 R 语言(4.4.2 版本)及 TwoSampleMR 程序包进行计算。以逆方差加权法(inverse variance weighted,IVW)作为主要因果效应估计。MR-Egger 回归、加权中位值(weighted median estimator, WME)、简单众数法(simple mode)和加权模型法(weighted mode)作为辅助,检验结果的可靠性及稳定性。比值比(odds ratio, OR)及 95%置信区间(confidence interval, CI)描述因果效应。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

1.2.4 敏感性、异质性及多效性分析 采用 Cochran Q 检验计算截距和 P 值,分析 IVW 和 MR-Egger 的 SNP 异质性。MR-pleiotropy 函数进行水平多效性检验,常用 MR-Egger 法的截距项表示, $P<0.05$ 为存在异质性及水平多效性。采用留一法(leave-one-out)逐一去除各个 SNP 并计算剩余 SNPs 的合并效应,分别评估每个 SNP 对总因果效应的影响。

2 结果

2.1 队列研究结果

2.1.1 两组一般资料比较 本研究共纳入研究对象共 4 049 例。其中男性 1 961 例,女性 2 088 例,平均年龄为 66.00 (62.00, 71.00)岁,筛选方法见图 1。新发跌倒组的年龄、女性占比、低学历(初中及初中以下)占比、慢性病史(中风、精神疾病、关节炎、肾脏疾病、消化系统疾病)及低握力占比高于无跌倒组,见表 1。

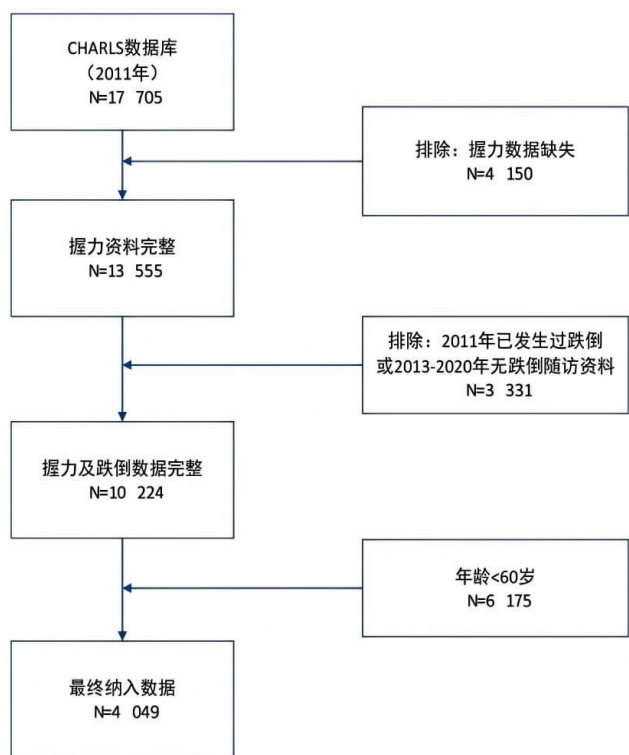


图 1 研究人群筛选流程图

Figure 1 Research population screening process

表 1 两组一般资料比较 $[(\bar{x} \pm s), n(\%), M(P_{25}, P_{75})]$

Table 1 Comparison of general data between the two groups

变量	无跌倒组 (n=2 524)	新发跌倒组 (n=1 525)	t/Z/ χ^2 值	P 值
BMI(kg/m ²)	23.00 ± 3.98	22.99 ± 3.96	0.11	0.914
晚上睡眠时间(h)	6.37 ± 1.90	6.17 ± 1.94	3.28	0.001
年龄(岁)	65.00 (62.00, 70.00)	66.00 (63.00, 72.00)	2.94	0.003
性别			62.10	<0.001
女性	1 101 (43.62)	860 (56.39)		
男性	1 423 (56.38)	665 (43.61)		
婚姻			17.46	<0.001
其他	442 (17.51)	349 (22.89)		
已婚并与配偶生活	2 082 (82.49)	1 176 (77.11)		
居住地			2.63	0.105
城市	936 (37.08)	527 (34.56)		
农村	1 588 (62.92)	998 (65.44)		
高血压			0.63	0.428
无	1 742 (69.15)	1 033 (67.96)		
有	777 (30.85)	487 (32.04)		

(续表)

变量	无跌倒组 (n=2 524)	新发跌倒组 (n=1 525)	t/Z/ χ^2 值	P 值
糖尿病			2.83	0.092
无	2 345 (93.80)	1 404 (92.43)		
有	155 (6.20)	115 (7.57)		
肿瘤			1.01	0.316
无	2 487 (99.04)	1 510 (99.34)		
有	24 (0.96)	10 (0.66)		
肺病			0.10	0.757
无	2 212 (87.95)	1 331 (87.62)		
有	303 (12.05)	188 (12.38)		
心脏病			1.62	0.203
无	2 163 (86.31)	1 290 (84.87)		
有	343 (13.69)	230 (15.13)		
中风			6.51	0.011
无	2 456 (97.54)	1 464 (96.13)		
有	62 (2.46)	59 (3.87)		
精神疾病			7.95	0.005
无	2 492 (99.20)	1 489 (98.22)		
有	20 (0.80)	27 (1.78)		
关节炎			63.29	<0.001
无	1 749 (69.43)	869 (57.10)		
有	770 (30.57)	653 (42.90)		
血脂异常			0.06	0.807
无	2 243 (90.30)	1 358 (90.53)		
有	241 (9.70)	142 (9.47)		
肝脏疾病			1.44	0.231
无	2 443 (97.29)	1 463 (96.63)		
有	68 (2.71)	51 (3.37)		
肾脏疾病			7.31	0.007
无	2 389 (95.22)	1 413 (93.21)		
有	120 (4.78)	103 (6.79)		
消化系统疾病			15.63	<0.001
无	2 048 (81.30)	1 156 (76.10)		
有	471 (18.70)	363 (23.90)		
哮喘病			0.08	0.772
无	2 371 (94.16)	1 426 (93.94)		
有	147 (5.84)	92 (6.06)		
记忆疾病			2.47	0.116
无	2 475 (98.33)	1 482 (97.63)		
有	42 (1.67)	36 (2.37)		
现在是否饮酒			1.00	0.002
否	1 708 (67.67)	1 104 (72.39)		
是	816 (32.33)	421 (27.61)		
现在是否吸烟			18.163	<0.001
否	1 658 (65.69)	1 100 (72.13)		
是	866 (34.31)	425 (27.87)		
是否退休			11.36	<0.001
否	1 977 (80.07)	1 251 (84.36)		
是	492 (19.93)	232 (15.64)		
教育			35.24	<0.001
小学以下	1 312 (52.02)	925 (60.66)		
小学	678 (26.88)	374 (24.53)		
中学	349 (13.84)	154 (10.10)		
高中及以上	183 (7.26)	72 (4.72)		
低握力			17.71	<0.001
否	2 202 (87.24)	1 257 (82.43)		
是	322 (12.76)	268 (17.57)		
视力障碍			3.20	0.074
无	178 (7.06)	131 (8.60)		
有	2 345 (92.94)	1 393 (91.40)		
听力障碍			2.70	0.100
无	292 (11.57)	203 (13.32)		
有	2 231 (88.43)	1 321 (86.68)		

2.1.2 低握力与跌倒发生的相关性 以是否发生跌倒作为因变量,以单因素($P<0.1$)为标准,将年龄、性别、婚姻状态、糖尿病、中风、精神疾病、关节炎、肾脏、消化系统、吸烟饮酒、退休、教育及握力状态作为自变

量,进行多因素 logistic 回归分析,结果表明,低握力与跌倒的发生具有相关性 ($OR=1.29, 95\%CI: 1.06 \sim 1.56, P=0.01$)。见表 2。

表 2 多因素 logistic 回归分析低握力与跌倒发生的关系

Table 2 Multivariable logistic regression analysis of the relationship between low grip strength and falling occurrence

Variables	Model1		Model2		Model3	
	OR (95%CI)	P 值	OR (95%CI)	P 值	OR (95%CI)	P 值
低握力						
否	1.00 (Reference)		1.00 (Reference)		1.00 (Reference)	
是	1.46 (1.22 ~ 1.74)	<0.001	1.39 (1.15 ~ 1.67)	<0.001	1.29 (1.06 ~ 1.56)	0.010

注:Model1 未校正;Model2 校正性别、年龄;Model3 校正性别、年龄、婚姻状态、慢性病(糖尿病、中风、精神疾病、关节炎、肾脏疾病、消化系统疾病)、吸烟饮酒状态、退休状态及教育。

2.2 MR 分析 以低握力作为暴露因素,共提取到 16 个 SNPs,剔除与混杂因素相关的 SNPs 后留有 10 个 SNPs 纳入研究。F 统计量计算结果显示所有 SNPs 的 F 统计量均大于 10。IVW 的结果显示,低握力与跌倒发生的概率增加有关 ($OR=1.02, 95\%CI: 1.01 \sim 1.04, P=0.038$),见图 2。5 种统计方法的回归斜率方向一致,见图 3A。Cochran Q 检验未观测到异质性 ($P_{ivw} = 0.78, P_{MR-Egger} = 0.69$),因此 IVW 采用固定效应模型结果。多效性分析证实,截距为 0.000 4,不存在多效性($P=0.79$)。逐步剔除法证实,排除单个 SNP 后结果稳定,见图 3C。上述结果均证实低握力增加了跌倒的发生。

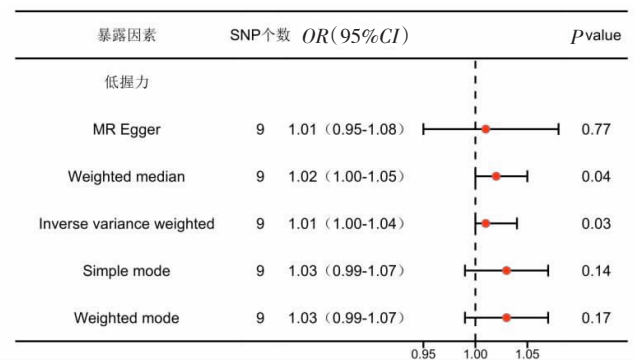
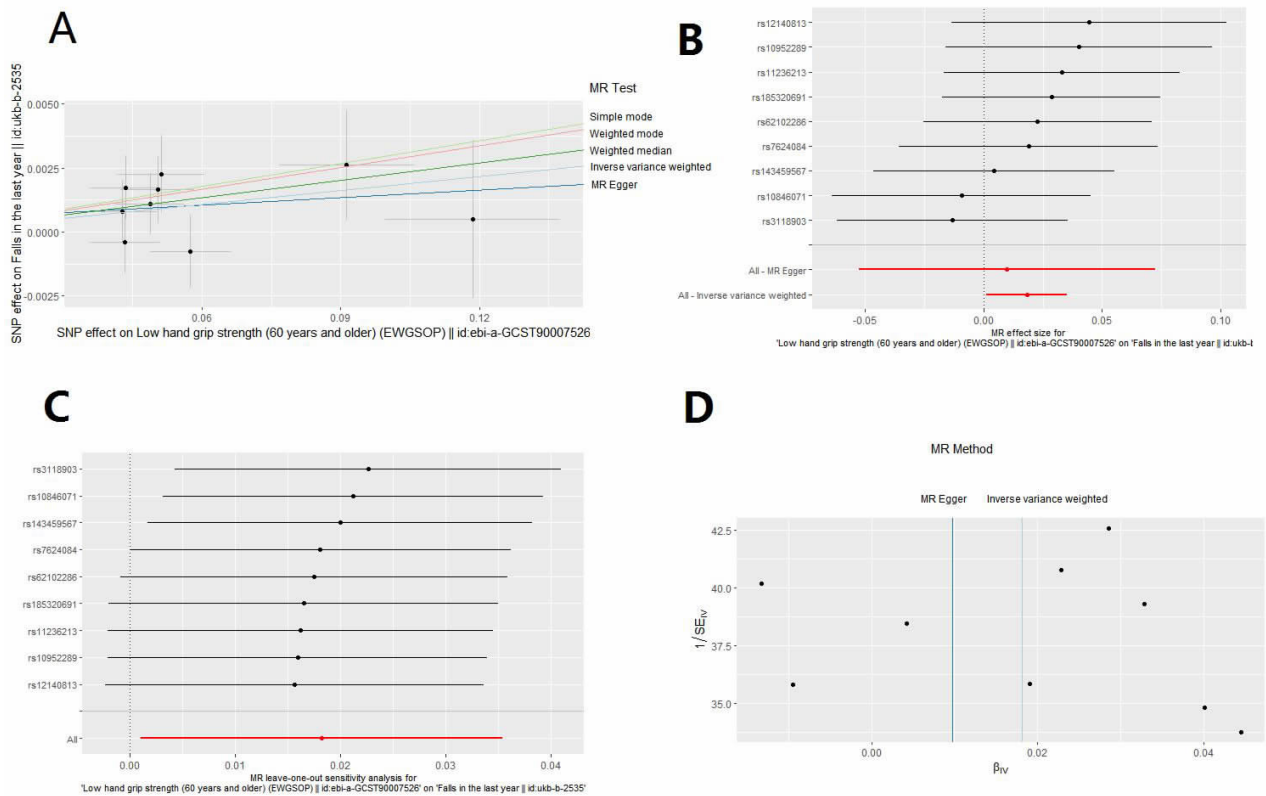


图 2 MR 结果
Figure 2 MR results



注:A 为 MR 效应量散点图;B 为 MR 森林图;C 为 MR 留一法结果图;D 为 MR 漏斗图。

图 3 MR 结果

Figure 3 MR results

3 讨论

据世界卫生组织报告,每年大约有三分之一的 65 岁及以上老年人至少会发生一次跌倒,且随着年龄增长,这一比率会更高^[9-10]。跌倒会造成老年人意外损伤、残疾、甚至死亡^[11]。既往的一些研究发现,运动系统的退变或疾病,如下肢肌力下降、骨关节炎会导致老年人跌倒风险增加^[12-14]。此外,前庭功能及感官功能下降也会增加跌倒风险^[15-16]。最后,心血管、糖尿病及精神类疾病也与老年人跌倒风险增加有关^[17-19]。

我们的研究发现,低握力与跌倒的发生具有相关性,在校正了年龄、性别、婚姻状态、疾病状态等相关混杂因素后,低握力仍与跌倒的发生有关。相比于握力正常组,低握力组发生跌倒的风险增加($OR=1.29, 95\%CI: 1.06 \sim 1.56, P=0.01$)。MR 的结果同样表明,低握力增加了跌倒的发生。现有的研究表明,低握力与跌倒风险增加之间的关联可能通过多种机制实现,涉及神经肌肉、认知及慢性疾病等方面,包括:(1)整体肌肉功能下降的反映。握力是全身肌肉力量的可靠指标,低握力常提示肌肉质量和功能下降,下肢肌肉力量减弱会直接影响平衡和步态稳定性,增加跌倒风险^[20]。Strandkvist^[21]的研究发现,下肢肌肉群功能与握力显著相关,握力是评估老年人下肢力量的有效方法。Neri^[22]的研究也发现,握力可能代表整体肌肉力量,而整体肌肉力量是比绝对肌肉力量更敏感的跌倒风险标志物。(2)平衡与步态受损。低握力可能反映整体运动功能退化,随着个体年龄的增长,下肢的肌肉功能、平衡能力和前庭稳定性会发生变化,步行活动能力随着年龄增长而降低,因此增加了跌倒的风险^[23]。握力不仅与核心肌群力量存在关联、影响身体姿势控制,国外的一些研究还发现,握力和前庭功能都会随着年龄增长自然下降,两者的变化可同步出现,提示着相似的老化机制,因此握力在一定程度上可反映前庭功能及整体平衡能力^[24-25]。(3)认知能力下降。认知障碍早期即出现步速减慢、步幅变异性增大,同时认知受损者识别危险(如湿滑地面)和反应能力降低,导致跌倒风险增加^[26]。Cui^[27]的一项荟萃分析发现,握力与老年人认知障碍及痴呆发生风险呈相关性,握力可能是认知能力下降及痴呆发作的早期间接非认知标志物。Marques^[28]的研究也发现,在 65 岁以上老年人中,握力与抑郁症的发生存在显著的负相关性。Kim^[29]的研究发现,低握力水平与视听功能受损程度显著相关,且感官功能下降越严重,其与肌无力的相关性越高。(4)慢性疾病与炎症的影响。一些慢性疾病(如糖尿病、关节炎或心血管疾病)可能会损害感觉功能(如周围神经病变)或运动功能,间接增加跌倒风险,有研究发现,慢性疾病数量与跌倒风险正性

相关^[30]。Chen^[31]的研究发现,握力与 OA 的发生呈显著的负相关性,握力越低的老年人群 OA 的患病率越高。许多研究还发现,握力与心血管疾病、糖尿病、慢性肾病等慢性疾病的发生发展具有显著的负相关性^[32-34]。可见,握力下降对老年人来说,不仅仅意味着手部功能的退化,还可能对他们的独立生活能力以及整体健康状况产生深远影响,从而导致了该人群跌倒风险的增加。

本研究的优点及不足之处:一是,本研究是一项基于中国健康与养老追踪调查数据库的纵向队列研究,纳入的样本数量大,且具有全国代表性,因此本文的研究结果可以推广到中国中老年普通人群。二是,本研究在纵向队列研究的基础上结合了 MR 研究,使得低握力增加跌倒风险的因果关系更加明确。本研究也存在一定的不足之处。一方面,运动、饮食、生活环境等与跌倒有关的混杂因素并未全部纳入。另一方面,队列研究的数据来自中国人群,而 MR 的数据来自欧洲,人种的差异可能会存在一定的偏倚。

综上,本研究的结果表明,老年人群中低握力与跌倒的发生具有因果关系。低握力可能会增加跌倒的风险。增强肌肉功能,提高握力是否有助于减少跌倒的发生,仍需要开展进一步的前瞻性研究。

利益冲突声明 本研究不存在任何利益冲突

参考文献

- [1] Salari N, Darvishi N, Ahmadipناه M, et al. Global prevalence of falls in the older adults: a comprehensive systematic review and meta-analysis [J]. Journal of Orthopaedic Surgery and Research, 2022, 17(1): 334.
 - [2] Yeung SSY, Reijnierse EM, Pham VK, et al. Sarcopenia and its association with falls and fractures in older adults: A systematic review and meta-analysis [J]. Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle, 2019, 10(3): 485-500.
 - [3] Xie H, Ruan G, Wei L, et al. Hand grip strength-based cachexia index as a predictor of cancer cachexia and prognosis in patients with cancer [J]. Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle, 2023, 14(1): 382-390.
 - [4] Matsushita T, Nishioka S, Yamanouchi AN, et al. Predictive ability of hand-grip strength and muscle mass on functional prognosis in patients rehabilitating from stroke[J]. Nutrition, 2022, 102: 111724.
 - [5] Hamasaki H. What can hand grip strength tell us about type 2 diabetes?: mortality, morbidities and risk of diabetes [J]. Expert Review of Endocrinology & Metabolism, 2021, 16(5): 237-250.
 - [6] Nagai T, Okano I, Ishikawa K, et al. The serum 25 (OH)D level and hand grip strength for fall risk assessment among osteoporotic elderly Japanese women[J]. Archives of Osteoporosis, 2021, 16(1): 42.
 - [7] 时雨, 武迪, 依里帕·依力哈木, 等. 疼痛和睡眠质量在慢性病和握力关系中的作用 —— 基于 CHARLS 数据分析[J]. 现代预防医学, 2024, 51(8): 1524-1529.
- Shi Y, Wu D, Yi LP-YLHM, et al. The role of pain and sleep quality

- in the relationship between chronic diseases and grip strength: a analysis based on CHARLS data [J]. *Modern Preventive Medicine*, 2024, 51(8): 1524–1529.(In Chinese)
- [8] Chen LK, Woo J, Assantachai P, et al. Asian working group for sarcopenia: 2019 consensus update on sarcopenia diagnosis and treatment[J]. *Journal of the American Medical Directors Association*, 2020, 21(3): 300–307.e2.
- [9] Kim T, Choi SD, Xiong SP.Epidemiology of fall and its socioeconomic risk factors in community–dwelling Korean elderly [J]. *PLOS One*, 2020, 15(6): e0234787.
- [10] Almeida L, Meucci RD, Dumith SC. Prevalence of falls in elderly People: a population based study [J]. *Revista da Associacao Medica Brasileira*, 2019, 65(11): 1397–1403.
- [11] 张鑫,杨大威. 预防老年人跌倒[J]. *创伤外科杂志*, 2023, 25(4):320.
Zhang X, Yang DW. Prevent falls among the elderly [J]. *Journal of Traumatic Surgery*, 2023, 25(4): 320.(In Chinese)
- [12] Deng ZH, Xu J, Long LJ, et al. Association between hip and knee osteoarthritis with falls: A systematic review and meta–analysis[J]. *International Journal of Clinical Practice*, 2021, 75(10): e14537.
- [13] Simpkins C, Yang F. Muscle power is more important than strength in preventing falls in community–dwelling older adults[J]. *Journal of Biomechanics*, 2022, 134: 111018.
- [14] Ofori–Asenso R, Ackerman IN, Soh SE. Prevalence and correlates of falls in a middle–aged population with osteoarthritis: Data from the Osteoarthritis Initiative [J]. *Health & Social Care in the Community*, 2021, 29(2): 436–444.
- [15] Mahoney JR, Cotton K, Verghese J. Multisensory integration predicts balance and falls in older adults [J]. *The Journals of Gerontology. Series a, Biological Sciences and Medical Sciences*, 2019, 74(9): 1429–1435.
- [16] Donovan J, De Silva L, Cox H, et al. Vestibular dysfunction in People who fall: A systematic review and meta–analysis of prevalence and associated factors [J]. *Clinical Rehabilitation*, 2023, 37(9): 1229–1247.
- [17] Rivani NFM, Singh DKA, Shahar S, et al. Cognitive frailty is a robust predictor of falls, injuries, and disability among community–dwelling older adults[J]. *BMC Geriatrics*, 2021, 21(1): 593.
- [18] Zhang L, Ding ZH, Qiu LY, et al. Falls and risk factors of falls for urban and rural community–dwelling older adults in China [J]. *BMC Geriatrics*, 2019, 19(1): 379.
- [19] 张炜,张晓颖,王丽娜,等. 老年 2 型糖尿病患者双重任务行走步态特征与跌倒风险的相关性 [J]. *中国临床保健杂志*, 2023, 26(4):504–507.
Zhang W, Zhang XY, Wang LN, et al. Correlation between dual–task walking gait characteristics and fall risk in elderly patients with type 2 diabetes mellitus[J]. *Chinese Journal of Clinical Healthcare*, 2023, 26(4): 504–507.(In Chinese)
- [20] Bobowik P, Wiszomirska I.Diagnostic dependence of muscle strength measurements and the risk of falls in the elderly [J]. *International Journal of Rehabilitation Research*, 2020, 43(4): 330–336.
- [21] Strandkvist V, Larsson A, Pauelsen M, et al. Hand grip strength is strongly associated with lower limb strength but only weakly with postural control in community–dwelling older adults [J]. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 2021, 94: 104345.
- [22] Neri SG, Lima RM, Ribeiro HS, et al. Poor handgrip strength determined clinically is associated with falls in older women [J]. *J frailty Sarcopenia Falls*, 2021, 6(2): 43.
- [23] Jia S, Si Y, Guo C, et al. The prediction model of fall risk for the elderly based on gait analysis [J]. *BMC Public Health*, 2024, 24(1): 2206.
- [24] Wiczorek ME, Souza CMD, Klahr PDS, et al. Analysis of the association between hand grip strength and functionality in community old People [J]. *Rev Bras Geriatr Gerontol*, 2021, 23: e200214.
- [25] Sousa RFD, Gazzola JM, Ganan?a MM, et al. Correlation between the body balance and functional capacity from elderly with chronic vestibular disorders [J]. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 2011, 77: 791–798.
- [26] Simpkins C, Khalili SM, Yang F. Meta–Analysis–Based comparison of annual fall risk between older adults with Alzheimer's disease and mild cognitive impairment [J]. *Adv Geriatr Med Res*, 2024, 6(1): e240002.
- [27] Cui MZ, Zhang SW, Liu YJ, et al. Grip strength and the risk of cognitive decline and dementia: a systematic review and Meta–Analysis of longitudinal cohort studies [J]. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 2021, 13: 625551.
- [28] Marques A, Gaspar de Matos M, Henriques–Neto D, et al. Grip strength and depression symptoms among Middle–Age and older adults [J]. *Mayo Clinic Proceedings. Mayo Clinic*, 2020, 95(10): 2134–2143.
- [29] Kim SH, Hurh K, Park Y, et al. Synergistic associations of visual and self–reported hearing acuity with low handgrip strength in older adults: a population–based cross–sectional study[J]. *BMC Geriatrics*, 2021, 21(1): 513.
- [30] Yang X, Li LX, Xie F, et al. A prospective cohort study of the impact of chronic disease on fall injuries in middle–aged and older adults[J]. *Open Med (Wars)*, 2023, 18(1): 20230748.
- [31] Chen S, Han HW, Jin J, et al. Osteoarthritis and sarcopenia–related traits: the cross–sectional study from NHANES 2011–2014 and Mendelian randomization study [J]. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 2023, 18(1): 502.
- [32] Hwang SH, Lee DH, Min J, et al. Handgrip strength as a predictor of All–Cause mortality in patients with chronic kidney disease undergoing dialysis: a Meta–Analysis of prospective cohort studies[J]. *Journal of Renal Nutrition: the Official Journal of the Council on Renal Nutrition of the National Kidney Foundation*, 2019, 29(6): 471–479.
- [33] Yeung CHC, Au Yeung SL, Fong SSM, et al. Lean mass, grip strength and risk of type 2 diabetes: a bi–directional Mendelian randomisation study[J]. *Diabetologia*, 2019, 62(5): 789–799.
- [34] Peralta M, Dias CM, Marques A, et al. Longitudinal association between grip strength and the risk of heart diseases among European middle–aged and older adults [J]. *Experimental Gerontology*, 2023, 171: 112014.