Journal of Gerontology (joge) **Original Article**

Vol 11, No 3, Autumn 2026

Association of Functional Balance and Ankle Muscle Strength with Fall History Among Community-Dwelling Older Adults: A Cross-Sectional Study

Safoora Sabbaghian Rad[1], Fereshteh Kazemi Pakdel[2*], Ahmad Kazemi Pakdel[3], Mostafa Pourkiani[4]

1- Assistant Professor, Department of Physical Education and Sports Sciences, Faculty of Literature and Humanities University of Qom, Qom, Iran.
2- MSc of Sport Injuries and Corrective Exercise, Faculty of Physical Educationand Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.
3- MSc of Sport Injuries and Corrective Exercise, Faculty of Physical Educationand Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.
4- Assistant Professor of Department of Physical Education and Sport Sciences, Shahab Danesh University, Qom, Iran.

Corresponding Author: Fereshteh Kazemi Pakdel, MSc of Sport Injuries and Corrective Exercise, Faculty of Physical Educationand Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.
Email: fereshteh.kazemi.pakdel@gmail.com

Received: 2026/10/10 Accepted: 2026/10/27

Abstract

Introduction: Falls are a major public health concern among older adults, with severe physical and psychological consequences. While balance and ankle muscle strength are recognized as critical factors in fall risk, their combined role in fall history among community-dwelling older adults remains unclear. This study aimed to investigate the association of functional balance and ankle muscle strength with fall history.

Methods: A cross-sectional study was conducted with 196 community-dwelling older adults (mean age: 70.8 ± 5.1 years; 50% male) in Iran. Functional balance was assessed using the Berg Balance Scale and the Functional Reach Test. Isometric ankle muscle strength (plantarflexion and dorsiflexion) was measured bilaterally using a handheld dynamometer. Fall history was obtained through self-report over the preceding 12 months. Data were analyzed using independent t-tests and binary logistic regression.

Results: Older adults with a history of falls demonstrated significantly poorer functional balance (BBS: 44.7±4.2 vs. 51.8 ± 3.1; $p< 0.001$) and lower right ankle plantarflexor strength (36.5 ± 9.1 N vs. 45.3 ± 8.5 N; $p<0.001$) compared to non-fallers. Binary logistic regression revealed that functional balance was the strongest independent correlate of fall history (OR = 0.85; 95% CI: 0.78–0.92; $p< 0.001$), followed by right ankle plantarflexor strength (OR = 0.94; 95% CI: 0.91–0.98; $p = 0.003$). However, left ankle plantarflexor strength and dorsiflexor strength did not reach statistical significance.

Conclusion: Functional balance and ankle plantarflexor strength are significant independent correlates of fall history in community-dwelling older adults, with functional balance emerging as the strongest correlate. These findings highlight the importance of comprehensive balance and ankle strength assessments in fall risk screening and targeted rehabilitation programs.

Keywords: Accidental Falls; Postural Balance; Muscle Strength; Aged; Cross-Sectional Studies.

ارتباط تعادل عملکردی و قدرت عضلات مچ پا با سابقه افتادن سالمندان ساکن جامعه: مطالعه مقطعی

صفورا صباغیان راد[۱]، فرشته کاظمی پاکدل[۲*]، احمد کاظمی پاکدل[۳]، مصطفی پورکیانی[۴]

۱. استادیار گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه قم، قم، ایران.
۲. کارشناسی ارشد آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
۳. کارشناسی ارشد آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
۴. استادیار گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهاب دانش، قم، ایران.

نویسنده مسئول : فرشته کاظمی پاکدل، کارشناسی ارشد آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
ایمیل: fereshteh.kazemi.pakdel@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۷/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۸/۵

چکیده

مقدمه: افتادن از مهم‌ترین دغدغه‌های سلامت عمومی در سالمندان با پیامدهای جسمی و روانی شدید است. در حالی که تعادل و قدرت عضلات مچ پا به‌عنوان عوامل کلیدی در خطر افتادن شناخته می‌شوند، نقش ترکیبی آن‌ها در سابقه افتادن سالمندان ساکن جامعه مشخص نیست. این مطالعه با هدف بررسی ارتباط تعادل عملکردی و قدرت عضلات مچ پا با سابقه افتادن انجام شد.

روش کار: این مطالعه مقطعی بر روی ۱۹۶ سالمند ساکن جامعه (میانگین سنی ۷۰/۸ ± ۵/۱ سال؛ ۵۰ درصد مرد) در ایران انجام شد. تعادل عملکردی با مقیاس تعادل برگ و آزمون دسترسی عملکردی ارزیابی شد. قدرت ایزومتریک عضلات مچ پا (پلانتار فلکسور و دورسی فلکسور) به‌صورت دوطرفه با دینامومتر دستی اندازه‌گیری شد. سابقه افتادن از طریق خودگزارشی در ۱۲ ماه گذشته به دست آمد. داده‌ها با آزمون t مستقل و رگرسیون لجستیک دوحالته تحلیل شدند.

یافته‌ها: سالمندان با سابقه افتادن در مقایسه با گروه غیرافتاده، تعادل عملکردی به‌طور معناداری ضعیف‌تر (۴/۲± ۴۴/۷ در مقابل ۳/۱ ± ۵۱/۸؛ P< ۰/۰۰۱) و قدرت پلانتار فلکسور راست کمتری (۹/۱ ± ۳۶/۵ نیوتن در مقابل ۸/۵ ± ۴۵/۳ نیوتن؛ P< ۰/۰۰۱) داشتند. تحلیل رگرسیون لجستیک نشان داد که تعادل عملکردی، قوی‌ترین همبسته مستقل سابقه افتادن است (نسبت شانس = ۰/۸۵؛ فاصله اطمینان ۹۵٪: ۰/۷۸ تا ۰/۹۲؛ P<۰/۰۰۱). و پس از آن، قدرت پلانتار فلکسور راست قرار دارد (نسبت شانس = ۰/۹۴؛ فاصله اطمینان ۹۵٪: ۰/۹۱ تا ۰/۹۸؛ P=۰/۰۰۳). با این حال، قدرت دورسی فلکسور و پلانتار فلکسور چپ به سطح معنی‌داری آماری نرسیدند.

نتیجه‌گیری: تعادل عملکردی و قدرت عضله پلانتار فلکسور مچ پا، همبسته‌های مستقل مهمی برای سابقه افتادن در سالمندان ساکن جامعه هستند و تعادل عملکردی، قوی‌ترین همبسته محسوب می‌شود. این یافته‌ها بر اهمیت ارزیابی جامع تعادل و قدرت عضلات مچ پا در برنامه‌های غربالگری و طراحی مداخلات توانبخشی هدفمند برای پیشگیری از افتادن تأکید می‌کنند.

کلیدواژه ها: افتادن تصادفی؛ تعادل وضعیتی؛ قدرت عضلانی؛ سالمند؛ مطالعه مقطعی.

مقدمه

افزایش سریع جمعیت سالمندان در دهه‌های اخیر، آسیب‌های ناشی از افتادن را به یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های نظام‌های سلامت عمومی در سراسر جهان تبدیل کرده است (۱). بر اساس برآوردها، سالانه حدود یک‌سوم از سالمندان ساکن جامعه که ۶۵ سال و بالاتر هستند، حداقل یک بار زمین می‌خورند و این میزان با افزایش سن به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد (۲). پیامدهای ناشی از افتادن بسیار فراتر از آسیب‌های فیزیکی اولیه است و شامل شکستگی‌های ناتوان‌کننده، از دست دادن استقلال در فعالیت‌های روزمره، افزایش بستری در بیمارستان و حتی مرگ‌ومیر می‌شود (۳). از این رو، شناسایی عوامل خطر قابل تعدیل و درک مسیرهای پیچیده‌ای که سالمندان را مستعد افتادن می‌کند، به یک ضرورت علمی و بالینی فوری تبدیل شده است. با این حال، در حالی که پژوهش‌های گسترده‌ای به بررسی عوامل بیومکانیکی و فیزیولوژیکی افتادن پرداخته‌اند، هنوز شکاف قابل‌توجهی در درک ما از عوامل همبسته که بتوانند به‌طور دقیق و کاربردی، خطر افتادن را در این جمعیت شناسایی کنند، وجود دارد.

از میان عوامل متعدد مؤثر بر افتادن، شواهد قوی و مستندی وجود دارد که نشان می‌دهد اختلال در کنترل وضعیتی و تعادل، یکی از قوی‌ترین و مستقیم‌ترین همبسته‌های ناپایداری در سالمندان است (۴). مقیاس تعادل برگ به‌عنوان یک ابزار استاندارد و معتبر، به‌طور گسترده برای ارزیابی تعادل عملکردی در وظایف روزمره زندگی مورد استفاده قرار می‌گیرد و نمرات پایین‌تر در این مقیاس، به‌طور مداوم با افزایش خطر افتادن همراه بوده است (۵). علاوه بر این، کاهش قدرت عضلانی اندام تحتانی، به‌ویژه در عضلات مچ پا، توانایی سالمند را برای اجرای استراتژی‌های اصلاحی سریع و حفظ تعادل در مواجهه با اغتشاشات خارجی تضعیف می‌کند (۶). عضلات پلانتار فلکسور مچ پا نقش حیاتی در تولید نیروی پیش‌برنده در فاز اتکای راه رفتن و حفظ پایداری بدن ایفا می‌کنند و ضعف در این عضلات، به‌عنوان یک عامل خطر مهم برای زمین خوردن شناخته شده است (۷). با وجود اهمیت انکارناپذیر این شاخص‌های فیزیکی، مطالعات اندکی به‌طور همزمان ارتباط تعادل عملکردی و قدرت عضلات مچ پا را با سابقه افتادن سالمندان ساکن جامعه مورد بررسی قرار داده‌اند.

در کنار تعادل و قدرت عضلانی، سرعت راه رفتن و تحرک عملکردی نیز به‌عنوان شاخص‌های کلیدی سلامت جسمانی در سالمندان شناخته می‌شوند. آزمون برخاستن و رفتن زمان‌دار به‌عنوان یک ابزار ساده و در عین حال معتبر، توانایی فرد را در انجام وظایف حرکتی مرکب مانند برخاستن از صندلی، راه رفتن و چرخیدن ارزیابی می‌کند (۸). مطالعات نشان داده‌اند که افزایش زمان اجرای آزمون زمان برخاست و رفتن با افزایش خطر افتادن و کاهش کیفیت زندگی در سالمندان مرتبط است (۹). از سوی دیگر، انعطاف‌پذیری اندام تحتانی، به‌ویژه در ناحیه همسترینگ و کمر، نقش مهمی در حفظ الگوهای حرکتی طبیعی و پیشگیری از اختلالات تعادلی ایفا می‌کند (۱۰). با این حال، بررسی همزمان این عوامل در قالب یک مدل همبستگی جامع، کمتر مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است و این مسئله نیاز به مطالعات بیشتر را برجسته می‌سازد.

با وجود پیشرفت‌های قابل‌توجه در شناسایی عوامل خطر افتادن، یکی از چالش‌های اصلی در این حوزه، عدم یکپارچگی در انتخاب ابزارهای ارزیابی و تحلیل‌های آماری است. بسیاری از مطالعات، صرفاً به مقایسه‌ی ساده بین دو گروه افتاده و غیرافتاده بسنده کرده‌اند و از بررسی نقش همزمان همبستگی متغیرهای کلیدی غافل شده‌اند (۱۱). این در حالی است که رویکرد همبستگی ، امکان شناسایی سالمندان در معرض خطر را پیش از وقوع افتادن فراهم می‌کند و می‌تواند به طراحی برنامه‌های مداخله‌ای هدفمند و زودهنگام کمک کند (۱۲). بنابراین، انجام مطالعاتی که به‌طور مشخص به بررسی نقش ارتباط متغیرهای فیزیکی با سابقه افتادن بپردازند، یک ضرورت پژوهشی محسوب می‌شود.

بر این اساس، مطالعه‌ی حاضر با هدف بررسی ارتباط تعادل عملکردی و قدرت عضلات مچ پا با سابقه افتادن سالمندان ساکن جامعه طراحی شده است. به‌طور مشخص، دو هدف اصلی برای این پژوهش تعیین شده است: نخست، مقایسه‌ی تعادل عملکردی و قدرت عضلات مچ پا (پلانتار فلکسور و دورسی فلکسور) در سالمندان با و بدون سابقه افتادن؛ و دوم، تعیین سهم مستقل هر یک از این متغیرها در تبیین سابقه افتادن، پس از کنترل اثر سن و جنسیت. بر اساس شواهد موجود و چارچوب نظری کنترل وضعیتی، فرض بر آن است که هم تعادل عملکردی ضعیف‌تر و هم قدرت کمتر عضلات مچ پا، به‌طور مستقل با سابقه افتادن در سالمندان مرتبط خواهند بود و تعادل عملکردی، قوی‌ترین همبسته خواهد بود. با شناسایی این عوامل همبستگی، امید است که گامی مؤثر در جهت طراحی برنامه‌های غربالگری و مداخلات توانبخشی هدفمند برای پیشگیری از افتادن و حفظ استقلال سالمندان برداشته شود.

روش کار

شرکت‌کنندگان

شرکت‌کنندگان این مطالعه از میان سالمندان ساکن جامعه در شهر شیراز، به روش نمونه‌گیری در دسترس هدفمند انتخاب شدند. حجم نمونه مورد نیاز با استفاده از نرم‌افزار G*Power (نسخه ۳.۱.۹.۷) و با استناد به یک مطالعه مشابه پیشین در زمینه عوامل خطر افتادن در سالمندان (۱۳) تعیین شد. محاسبه با سطح اطمینان ۹۵ درصد، توان آماری ۸۰ درصد و اندازه اثر متوسط مورد انتظار (Cohen›s f^2=۰/۱۵) برای تحلیل رگرسیون لجستیک انجام شد. با در نظر گرفتن احتمال ریزش ۱۰ درصد، حجم نمونه نهایی حداقل ۱۷۵ نفر برآورد شد؛ در نهایت، ۱۹۶ سالمند واجد شرایط در مطالعه ثبت‌نام کردند و ارزیابی‌های پایه را به‌طور کامل انجام دادند.

معیارهای ورود به مطالعه شامل سن ۶۰ سال یا بیشتر، سکونت در جامعه، و توانایی راه رفتن مستقل با یا بدون وسایل کمکی بود. همچنین، شرکت‌کنندگان باید نمره‌ای برابر یا بالاتر از ۲۴ در آزمون کوتاه وضعیت ذهنی کسب می‌کردند تا از ظرفیت شناختی کافی برای درک دستورالعمل‌ها و انجام ارزیابی‌های تعادل و قدرت برخوردار باشند (۱۴). از سوی دیگر، معیارهای خروج شامل ابتلا به بیماری‌های حاد یا ناپایدار (مانند سکته قلبی اخیر، فشار خون کنترل‌نشده)، اختلالات شدید عصبی–عضلانی یا اسکلتی که می‌توانست به‌طور عمیق بر راه رفتن و تعادل تأثیر بگذارد (مانند بیماری پارکینسون، سکته مغزی با همی‌پارزی باقی‌مانده، استئوآرتریت شدید زانو یا لگن در انتظار جراحی)، سابقه جراحی اندام تحتانی یا ستون فقرات در شش ماه گذشته، و افرادی که در حین انجام ارزیابی‌ها دچار تشدید درد یا ناراحتی می‌شدند، بود. علاوه بر این، شرکت‌کنندگانی که تمایلی به ادامه همکاری نداشتند یا دارای اختلالات شدید بینایی یا شنوایی بودند که می‌توانست با پروتکل‌های آزمون تداخل ایجاد کند، از مطالعه حذف شدند.

پیش از آغاز مطالعه، شرکت‌کنندگان به‌طور کامل در مورد روش‌های پژوهش مطلع شدند و رضایت‌نامه کتبی آگاهانه از آن‌ها اخذ گردید. این مطالعه تأییدیه اخلاقی خود را با کد اخلاق (IR.REC.۱۴۰۱.۰۰۵) از کمیته اخلاق در پژوهش دریافت کرده است.

طراحی مطالعه

این پژوهش به‌صورت یک مطالعه مقطعی همبستگی طراحی و اجرا شد. شرکت‌کنندگان از طریق اطلاعیه‌هایی در مراکز بهداشت جامعه، کانون‌های سالمندان و باشگاه‌های ورزشی عمومی دعوت به همکاری شدند و از داوطلبان خواسته شد برای غربالگری اولیه واجد شرایط بودن با تیم پژوهش تماس بگیرند. در تماس اولیه، واجد شرایط بودن بر اساس معیارهای ورود و خروج تعیین‌شده از طریق یک مصاحبه تلفنی کوتاه تأیید شد. افراد واجد شرایط سپس به آزمایشگاه تحلیل حرکتی دانشگاه در زمان مقرر دعوت شدند. پس از حضور، اهداف و روش‌های مطالعه مجدداً به‌طور دقیق توضیح داده شد و رضایت‌نامه کتبی آگاهانه از تمامی شرکت‌کنندگان اخذ گردید. سپس اطلاعات دموگرافیک و سوابق پزشکی شخصی جمع‌آوری شد. پس از آن، مجموعه‌ای جامع از ارزیابی‌های پایه به‌منظور به‌حداقل‌رساندن اثر خستگی، به ترتیب استاندارد انجام شد. این ارزیابی‌ها شامل اندازه‌گیری‌های آنتروپومتریک، غربالگری شناختی، ثبت سابقه افتادن، ارزیابی‌های تعادل و کنترل وضعیتی، و اندازه‌گیری قدرت عضلات مچ پا بود.

ابزارهای اندازه‌گیری

قد شرکت‌کنندگان با استفاده از یک قدسنج دیواری (Seca 222، Terre Haute، IN، آمریکا) و با دقت ۰/۵ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. جرم بدن با استفاده از یک ترازوی دیجیتال (Tanita، BC-418MA، توکیو، ژاپن) و با دقت ۰/۱ کیلوگرم اندازه‌گیری شد. شاخص توده بدنی متعاقباً به صورت وزن بر حسب کیلوگرم تقسیم بر مجذور قد بر حسب متر محاسبه شد.

ارزیابی عملکرد شناختی

وضعیت شناختی کلی با استفاده از آزمون کوتاه وضعیت ذهنی (MMSE) ارزیابی شد. این ابزار ۳۰ نمره‌ای شامل زیرمقیاس‌های جهت‌یابی زمانی (۵ نمره) و مکانی (۵ نمره)، ثبت اطلاعات (۳ نمره)، توجه و محاسبه (۵ نمره)، یادآوری (۳ نمره)، و زبان و توانایی‌های سازنده (۹ نمره) است. نمرات بالاتر نشان‌دهنده عملکرد شناختی بهتر است. نقطه برش ۲۴ برای ورود به مطالعه در نظر گرفته شد تا از ظرفیت شناختی کافی برای درک دستورالعمل‌ها و انجام ارزیابی‌های تعادل و قدرت اطمینان حاصل شود. نسخه فارسی این آزمون از روایی و پایایی قابل‌قبول (آلفای کرونباخ = ۷۸/۰) در جمعیت سالمندان ایرانی برخوردار است (۱۴).

ارزیابی سابقه افتادن

سابقه افتادن به‌صورت گذشته‌نگر از طریق یک مصاحبه ساختاریافته به دست آمد که در آن از شرکت‌کنندگان خواسته شد تا تعداد زمین خوردن‌های خود را در ۱۲ ماه گذشته به

یـاد آورنـد. افتـادن به‌صـورت «یـک رویـداد پیش‌بینی‌نشـده کـه در آن فـرد به‌طـور ناخواسـته بـر روی زمیـن، کـف یـا سـطح پایین‌تـر قـرار می‌گیـرد» تعریـف شـد (۱۵). شـرکت‌کنندگان متعاقباً بـه دو گـروه تقسـیم شـدند: افـرادی کـه سـابقه حداقـل یـک بـار افتـادن داشـتند (گـروه بـا سـابقه سـقوط) و افـرادی کـه هیـچ سـابقه‌ای از افتـادن نداشـتند (گـروه بـدون سـابقه سـقوط).

ارزیابی تعادل و کنترل وضعیتی

مقیـاس تعـادل بـرگ بـرای ارزیابـی تعـادل عملکـردی مـورد اسـتفاده قـرار گرفـت. ایـن مقیـاس شـامل ۱۴ وظیفـه عملکـردی اسـت کـه هـر کـدام در یـک مقیـاس ترتیبـی از ۰ (قـادر بـه انجـام نیسـت) تـا ۴ (مسـتقل انجـام می‌دهـد) نمره‌دهـی می‌شـود. دامنـه نمـره کل از ۰ تـا ۵۶ اسـت و نمـرات پایین‌تـر نشـان‌دهنده تعـادل ضعیف‌تـر اسـت (۱۶). ایـن مقیـاس از پایایـی بین‌ارزیـاب عالـی (ICC=۰/۹۸) و روایـی سـازه‌ای در جمعیـت سـالمندان برخـوردار اسـت (۱۶).

آزمـون دسترسـی عملکـردی بـرای ارزیابـی تعـادل پویـا بـه کار رفـت. شـرکت‌کنندگان به‌طـور راحـت در کنـار دیـوار ایسـتادند و انـدام فوقانـی غالـب آن‌هـا در سـطح شـانه ۹۰ درجـه خـم شـده بـود. یـک خط‌کـش در سـطح آکرومیـون بـر روی دیـوار نصـب شـد. از شـرکت‌کننده خواسـته شـد تـا حـد امـکان بـه جلـو دسترسـی پیـدا کنـد، بـدون آنکـه قدمـی بـردارد یـا تعـادل خـود را از دسـت بدهـد. حداکثـر فاصلـه دسترسـی بـه جلـو (بـر حسـب سـانتی‌متر) به‌عنـوان اختـلاف بیـن موقعیـت شـروع و پایـان ثبـت شـد. سـه تـلاش انجـام شـد و میانگیـن دو تـلاش آخـر بـرای تحلیـل اسـتفاده شـد (۱۷).

ارزیابی قدرت عضلات مچ پا

حداکثـر قـدرت ایزومتریـک عضـلات پلانتـار فلکسـور و دورسـی فلکسـور مـچ پـا به‌صـورت دوطرفـه بـا اسـتفاده از یـک دینامومتر دسـتی اندازه‌گیـری شـد. شـرکت‌کنندگان در حالـی کـه ران و زانـوی آن‌هـا ۹۰ درجـه خـم شـده بـود و مـچ پـا در زاویـه خنثـی (۰ درجـه) قـرار داشـت، نشسـتند. دینامومتـر ثابـت شـد و از شـرکت‌کننده خواسـته شـد تـا بـه مـدت ۵ ثانیـه حداکثـر انقبـاض ارادی را در برابـر مقاومـت انجـام دهـد. سـه تـلاش بـرای هـر گـروه عضلانـی (پلانتـار فلکشـن و دورسـی فلکشـن) در هـر دو سـمت راسـت و چـپ انجـام شـد و بیـن تلاش‌هـا ۳۰ ثانیـه اسـتراحت داده شـد. حداکثـر گشـتاور (نیوتن–متـر) ثبـت شـد. ضرایـب همبسـتگی درون‌رده‌ای بـرای ایـن اندازه‌گیری‌هـا در جمعیت‌هـای مشـابه سـالمندان عالـی (بیشـتر از ۰/۹۰) گـزارش شـده اسـت (۱۸).

تحلیل آماری

تمامـی تحلیل‌هـای آمـاری بـا اسـتفاده از نرم‌افـزار SPSS (نسـخه ۰/۲۷، IBM Corp.، Armonk، NY، آمریـکا) انجام شـد. نرمـال بـودن توزیـع داده‌هـا بـرای تمامـی متغیرهـای پیوسـته بـا اسـتفاده از آزمـون شـاپیرو–ویلک بررسـی شـد. داده‌هـای بـا توزیـع نرمـال به‌صـورت میانگیـن ± انحـراف معیـار ارائـه شـدند. بـرای مقایسـه بیـن گروه‌هـا (سـابقه سـقوط در مقابـل بـدون سـابقه سـقوط)، از آزمـون t مسـتقل بـرای متغیرهـای پیوسـته و از آزمـون کای دو (χ^2) بـرای متغیرهـای اسـمی اسـتفاده شـد. بـرای تعییـن همبسـته‌های مسـتقل سـابقه افتـادن، یـک تحلیـل رگرسـیون لجسـتیک دوحالتـه (Binary Logistic Regression) انجـام شـد. سـابقه افتـادن (سـابقه سـقوط در مقابـل بـدون سـابقه سـقوط) به‌عنـوان متغیـر وابسـته تعییـن شـد و نمـره آزمـون تعادلـی بـرگ، قـدرت پلانتـار فلکسـور پـای راسـت و چـپ، قـدرت دورسـی فلکسـور پـای راسـت و چـپ ، سـن و جنسـیت به‌عنـوان متغیرهـای مسـتقل وارد مـدل شـدند. نسـبت شـانس (OR) بـا فاصلـه اطمینـان ۹۵٪ گـزارش شـد. آزمـون هاسمر–لمشـو (Hosmer-Lemeshow) بـرای ارزیابـی بـرازش مـدل نهایـی اسـتفاده شـد. سـطح معنـاداری آمـاری به‌صـورت پیشـینی در $P\leq ۰/۰۵$ (دوطرفـه) بـرای تمامـی تحلیل‌هـا تعییـن شـد.

یافته ها

نمونـه تحلیلـی نهایـی شـامل ۱۹۶ سـالمند سـاکن جامعـه بـا میانگیـن سـنی ۷۰/۸ سـال بـود کـه دقیقـاً نیمـی از آن‌هـا (۹۸ نفـر) مـرد بودنـد. بـر اسـاس خودگزارشـی گذشـته‌نگر از افتـادن در ۱۲ مـاه گذشـته، شـرکت‌کنندگان بـه دو گـروه بـدون سـابقه سـقوط (۱۲۴ نفـر، ۶۳/۵ درصـد) و بـا سـابقه سـقوط (۷۲ نفـر، ۳۶/۵ درصـد) تقسـیم شـدند.

همان‌طـور کـه در جـدول ۱ نشـان داده شـده اسـت، دو گـروه از نظـر توزیـع جنسـیت بـا یکدیگـر قابـل مقایسـه بودنـد؛ بـا ایـن حـال، گـروه بـا سـابقه سـقوط دارای سـن تقویمـی به‌طـور معنـی‌داری بالاتـری بودنـد (۴/۹ ± ۷۳/۵ سـال در مقابـل ۴/۸ ± ۶۹/۲ سـال؛ $P<۰/۰۰۱$). از نظـر عملکـرد تعـادل، افـراد بـا سـابقه سـقوط توانایی‌هـای به‌طـور چشـمگیری ضعیف‌تـری نشـان دادنـد کـه بـا نمـرات به‌مراتـب پایین‌تـر در مقیـاس تعـادل بـرگ (۴/۲± ۴۴/۷ در مقابـل ۳/۱ ± ۵۱/۸؛ $P<۰/۰۰۱$) و آزمـون دسترسـی عملکـردی (۴/۰ ± ۲۲/۶ سـانتی‌متر در مقابـل ۳/۵ ± ۲۶/۸ سـانتی‌متر؛ $P< ۰/۰۰۱$) مشـهود بـود. عـلاوه بـر ایـن، گـروه افتـاده کاهـش قابل‌توجهـی در حداکثـر قـدرت ایزومتریـک عضـلات پلانتـار فلکسـور مـچ پـا در هـر دو انـدام تحتانـی راسـت (۹/۱ ± ۳۶/۵ نیوتـن در مقابـل ۸/۵ ± ۴۵/۳ نیوتـن؛ $P< ۰/۰۰۱$) و چـپ (۹/۰ ± ۳۴/۹ نیوتـن در مقابـل

۹/۲ ± ۴۴/۱ نیوتن؛ P<۰/۰۰۱) نشان دادند. این مقایسه‌های دو متغیره در مجموع نشان می‌دهد که سالمندان با سابقه سقوط، مشخصات آشکاری از ضعف فیزیکی در تعادل و قدرت عضلانی را تجربه می‌کنند.

جدول ۱. مقایسه ویژگی‌های دموگرافیک، تعادل عملکردی و قدرت عضلات مچ پا در سالمندان با و بدون سابقه سقوط

متغیر	کل نمونه (۱۹۶ نفر)	بدون سابقه سقوط (۱۲٤ نفر)	با سابقه سقوط (۷۲ نفر)	مقدار P
سن (سال)	۷۰/۸±۵/۱	۶۹/۲±۴/۸	۷۳/۵±۴/۹	۰/۰۰۱
جنسیت (زن / مرد)	۹۸/۹۸	۶۰/۶۴	۳۸/۳۴	۰/۵۵۱
آزمون تعادلی برگ (نمره)	۴۹/۲±۴/۸	۵۱/۸±۳/۱	۴۴/۷±۴/۲	۰/۰۰۱
آزمون دسترسی عملکردی (سانتی متر)	۲۵/۳±۴/۱	۲۶/۸±۳/۵	۲۲/۶±۴/۰	۰/۰۰۱
قدرت پلانتار فلکسور راست (نیوتن)	۴۲/۱±۹/۷	۴۵/۳±۸/۵	۹/۱±۳۶/۵	۰/۰۰۱
قدرت پلانتار فلکسور چپ (نیوتن)	۴۰/۸±۱۰/۱	۴۴/۱±۹/۲	۹/۰±۳۴/۹	۰/۰۰۱
قدرت دورسی فلکسور راست (نیوتن)	۱۳/۲±۵/۶	۱۳/۵±۵/۸	۱۲/۸±۵/۳	۰/۱۲۴
قدرت دورسی فلکسور چپ (نیوتن)	۱۲/۵±۵/۲	۱۲/۹±۵/۴	۱۲/۱±۴/۹	۰/۲۱۵

داده‌ها به‌صورت میانگین ± انحراف معیار یا تعداد (درصد) ارائه شده‌اند. مقادیر P برای متغیرهای پیوسته از آزمون t مستقل و برای متغیرهای اسمی از آزمون کای دو پیرسون به دست آمده‌اند. مقادیر معنی‌دار آماری پررنگ شده‌اند.

تحلیل رگرسیون لجستیک: همبسته‌های مستقل سابقه افتادن

برای تعیین اینکه کدام متغیرها به‌طور مستقل در خطر سابقه افتادن نقش دارند، یک تحلیل رگرسیون لجستیک دوحالته انجام شد. نتایج در جدول ۲ خلاصه شده است. مدل رگرسیون از نظر آماری معنی‌دار بود. (آزمون هاسمر–لمشو: P=۰/۴۲ ؛ χ^2= ۸/۱۲) و ۴۱ درصد از واریانس سابقه افتادن را تبیین کرد (R^2 ناگلکرک = ۰/۴۱).

از میان همبسته‌ها، نمره تعادلی برگ قوی‌ترین همبسته مستقل سابقه افتادن بود (نسبت شانس = ۰/۸۵؛ فاصله اطمینان ۹۵٪: ۰/۷۸ تا ۰/۹۲؛ P<۰/۰۰۱). این بدان معناست که با هر یک نمره افزایش در تعادل عملکردی، شانس سابقه افتادن حدود ۱۵ درصد کاهش می‌یابد. قدرت پلانتار فلکسور راست نیز به‌عنوان دومین همبسته معنی‌دار شناخته شد (نسبت شانس = ۰/۹۴؛ فاصله اطمینان ۹۵٪: ۰/۹۱ تا ۰/۹۸؛ P=۰/۰۰۳). با این حال، قدرت پلانتار فلکسور چپ (OR =۰/۹۶؛ P= ۰/۲۸)، قدرت دورسی فلکسور راست (OR=۰/۹۸؛ P =۰/۶۵)، قدرت دورسی فلکسور چپ (OR =۰/۹۹؛ P=۰/۷۸)، سن (OR =۱/۰۵؛ P=۰/۱۹) و جنسیت (OR=۰/۹۱؛ P =۰/۷۶) به سطح معنی‌داری آماری نرسیدند.

جدول ۲. تحلیل رگرسیون لجستیک برای تعیین همبسته‌های سابقه افتادن

متغیر	نسبت شانس	فاصله اطمینان ۹۵٪	مقدار P
آزمون تعادلی برگ (نمره)	۰/۸۵	۰/۹۲ – ۰/۷۸	۰/۰۰۱
قدرت پلانتار فلکسور راست (نیوتن)	۰/۹۴	۰/۹۸ – ۰/۹۱	۰/۰۰۳
قدرت پلانتار فلکسور چپ (نیوتن)	۰/۹۶	۱/۰۳ – ۰/۸۹	۰/۲۸۰
قدرت دورسی فلکسور راست (نیوتن)	۰/۹۸	۱/۰۶ – ۰/۹۱	۰/۶۵۰
قدرت دورسی فلکسور چپ (نیوتن)	۰/۹۹	۱/۰۷ ۰/۹۲	۰/۷۸۰
سن (سال)	۱/۰۵	۱/۱۴ – ۰/۹۷	۰/۱۹۰
جنسیت (زن در مقابل مرد)	۰/۹۱	۱/۴۲ – ۰/۵۸	۰/۷۶۰
—	ناگلکرک = R^2 ۰/۴۱	—	—
—	آزمون هاسمر–لمشو: P=۰/۴۲	—	—

بحث

هدف اصلی این مطالعه بررسی ارتباط تعادل عملکردی و قدرت عضلات مچ پا با سابقه سقوط سالمندان ساکن جامعه بود. نتایج نشان داد که تعادل عملکردی قوی‌ترین همبسته مستقل سابقه سقوط است و پس از آن، قدرت عضله پلانتار فلکسور راست قرار دارد. در مقابل، قدرت

دورسی فلکسور و پلانتار فلکسور چپ به سطح معنی‌داری نرسیدند. این الگوی یافته‌ها نیازمند تفسیر مکانیسمی دقیق و مقایسه تحلیلی با ادبیات پژوهش است؛ زیرا از یک سو برتری تعادل عملکردی بر قدرت عضلانی را نشان می‌دهد و از سوی دیگر، نقش متمایز پلانتار فلکسور در برابر دورسی فلکسور را برجسته می‌کند.

یافته‌ی حاضر مبنی بر اینکه آزمون تعادلی برگ قوی‌ترین همبسته‌ی سابقه افتادن است، با شواهد طولی معتبری همسو است که ارزش پیش‌بینی‌کننده‌ی این ابزار را تأیید کرده‌اند. ماری و همکاران (۲۰۰۸) در یک مطالعه‌ی کوهورت آینده‌نگر نشان دادند که آزمون تعادلی برگ به‌طور مستقل با خطر افتادن (هر افتادن) و افتادن‌های مکرر در سالمندان ساکن جامعه مرتبط است (۱۹). هوهتاری-کیویماکی و همکاران (۲۰۱۶) در یک پیگیری ۳۶ ماهه گزارش کردند که نمره‌ی آزمون تعادلی برگ برابر یا کمتر از ۳۲، با نسبت بروز ۲/۵۶ برای افتادن‌های نیازمند درمان همراه است (۲۰). اهمیت این مقایسه در آن است که مطالعات مذکور، برخلاف مطالعه‌ی حاضر که مقطعی است، طراحی آینده‌نگر داشته‌اند و بنابراین تأیید می‌کنند که آزمون تعادلی برگ نه‌تنها با سابقه‌ی افتادن گذشته مرتبط است، بلکه از ارزش پیش‌بینی‌کننده‌ی واقعی برای افتادن‌های آینده نیز برخوردار است. این همسویی، اعتبار بیرونی یافته‌ی حاضر را تقویت می‌کند و نشان می‌دهد که آزمون تعادلی برگ صرفاً یک همبسته‌ی مقطعی نیست، بلکه بازتابی از یک اختلال پایدار در کنترل وضعیتی است که خطر افتادن را در طول زمان افزایش می‌دهد.

مکانیسم زیربنایی این ارتباط را می‌توان در ماهیت چندوجهی آزمون تعادلی برگ جستجو کرد. این مقیاس نه‌تنها تعادل ایستا، بلکه انتقال وزن، چرخش، و ایستادن روی یک پا را نیز ارزیابی می‌کند وظایفی که هر یک به زیرسیستم‌های عصبی-عضلانی متفاوتی متکی هستند. اختلال در هر یک از این زیرسیستم‌ها (حس عمقی، بینایی، دهلیزی، یا کنترل حرکتی) می‌تواند نمره‌ی آزمون تعادلی برگ را کاهش دهد و همزمان احتمال افتادن را افزایش دهد. از این منظر، آزمون تعادلی برگ یک شاخص ترکیبی از «ذخیره‌ی عملکردی» فرد است و نمره‌ی پایین‌تر در آن، حاشیه‌ی ایمنی فرد را در مواجهه با اغتشاشات محیطی کاهش می‌دهد (۲۱, ۲۲). مکانیسم زیربنایی ارتباط تعادل عملکردی با سابقه افتادن را می‌توان در ماهیت چندوجهی کنترل وضعیتی جستجو کرد. تعادل عملکردی نه‌تنها به یکپارچگی حس عمقی، بینایی و دهلیزی وابسته است، بلکه به توانایی سیستم عصبی-عضلانی در تولید پاسخ‌های اصلاحی سریع و متناسب با اغتشاشات محیطی نیاز دارد. با افزایش سن، تأخیر در زمان واکنش عضلانی و کاهش توانایی تعدیل نیروی پاسخ‌های اصلاحی رخ می‌دهد که منجر به ناتوانی در بازیابی تعادل پیش از وقوع افتادن می‌شود. از این منظر، نمره پایین‌تر در آزمون تعادلی برگ بازتابی از کاهش «ذخیره عملکردی» فرد در مواجهه با اغتشاشات است و بنابراین، نه صرفاً یک همبسته آماری، بلکه شاخصی از ظرفیت واقعی سیستم کنترل وضعیتی برای جلوگیری از افتادن محسوب می‌شود (۲۱).

دومین یافته‌ی مهم مطالعه‌ی حاضر، ارتباط مستقل قدرت پلانتار فلکسور راست با سابقه افتادن بود. این یافته با شواهد مکانیسمی قوی حمایت می‌شود. عضلات پلانتار فلکسور (به‌ویژه سه‌سر ساقی) در فاز اتکای پایانی راه رفتن، نیروی پیش‌برنده‌ی اصلی را تولید می‌کنند و در پاسخ‌های اصلاحی به اغتشاشات (مانند لغزش به جلو) نقش محوری دارند (۲۳). کرامر و همکاران (۲۰۲۴) در مطالعه‌ای نشان دادند که در سالمندان با سابقه‌ی افتادن، قدرت مچ پا کمتر از نصف گروه کنترل بود و این تفاوت در دورسی فلکسورها بارزتر از پلانتار فلکسورها بود (۲۴). این یافته با نتیجه‌ی حاضر که تنها پلانتار فلکسور و نه دورسی فلکسور، همبسته‌ی مستقل بود در ظاهر تناقض دارد. با این حال، این تناقض ظاهری را می‌توان با تفاوت در نوع نمونه و طراحی مطالعه تبیین کرد: مطالعه‌ی کرامر بر ساکنان خانه‌های سالمندان متمرکز بود که سطوح بسیار بالاتری از ضعف عملکردی را تجربه می‌کنند، در حالی که نمونه‌ی حاضر از سالمندان ساکن جامعه و نسبتاً مستقل تشکیل شده است. در جمعیت با عملکرد بالاتر، ممکن است قدرت پلانتار فلکسور که برای تولید نیروی پیش‌برنده و حفظ پویایی گام ضروری است نقش تعیین‌کننده‌تری در جلوگیری از افتادن ایفا کند، در حالی که در جمعیت با ناتوانی شدیدتر، ضعف دورسی فلکسور (که بر کنترل افتادگی پنجه و جلوگیری از گیرکردن پا تأثیر می‌گذارد) نیز به همان اندازه اهمیت پیدا می‌کند (۶, ۲۵).

علاوه بر این، یافته‌ی حاضر مبنی بر عدم معنی‌داری قدرت دورسی فلکسور، با برخی مطالعات اخیر همسو است. دل کوئرپو و همکاران (۲۰۲۶) در سالمندان ساکن خانه‌های

سالمندان گزارش کردند که افراد افتاده نه‌تنها ضعف در دورسی فلکسور نداشتند، بلکه قدرت دورسی فلکسور بالاتری نشان دادند و این را به‌عنوان یک مکانیسم جبرانی برای نقص در فعال‌سازی عضلات پروکسیمال تفسیر کردند (۲۶). این یافته نشان می‌دهد که رابطه‌ی قدرت دورسی فلکسور با افتادن، لزوماً خطی و منفی نیست و ممکن است تحت تأثیر عوامل جبرانی پیچیده‌ای قرار گیرد. در مقابل، یک مطالعه‌ی مقطعی مقایسه‌ای در سالمندان ساکن جامعه نشان داد که گروه بدون سابقه‌ی افتادن، قدرت دورسی فلکسور بالاتری داشتند (۲۷). این تناقض در ادبیات، نشان‌دهنده‌ی آن است که نقش دورسی فلکسور در خطر افتادن احتمالاً وابسته به زمینه و سطح عملکرد پایه‌ی جمعیت مورد مطالعه است و نمی‌توان آن را به‌صورت یک قاعده‌ی جهانی در نظر گرفت. یک مرور سیستماتیک و فراتحلیل تازه بر روی پژوهش‌های هم‌گروهی آینده‌نگر، پیوند میان ضعف عضلات درونی پا (خم‌کننده‌های کف‌پایی شست پا و خم‌کننده‌های کف‌پایی انگشتان کوچک‌تر) و افزایش خطر افتادن را تأیید کرد (۲۸). این یافته هرچند بر عضلات درونی پا و نه عضلات ساق متمرکز است از این ایده حمایت می‌کند که عملکرد عضلانی ناحیه‌ی مچ و پا، یک مسیر مستقل و مهم برای خطر افتادن است. اهمیت این مقایسه در آن است که فراتحلیل مذکور بر طراحی آینده‌نگر استوار است و بنابراین، یافته‌ی مقطعی حاضر را در چارچوب شواهد علّی قوی‌تری قرار می‌دهد.

از منظر بالینی، یافته‌ی حاضر دلالت‌های روشنی دارد. نخست، از آنجایی که آزمون تعادلی برگ قوی‌ترین همبسته بود، این ابزار ساده و در دسترس باید به‌عنوان یک جزء استاندارد از غربالگری دوره‌ای سالمندان در نظر گرفته شود. مطالعات آینده‌نگر نشان داده‌اند که آزمون تعادلی برگ با نقطه‌ی برش مشخص، توانایی پیش‌بینی افتادن‌های آینده را دارد و بنابراین، شناسایی زودهنگام افراد در معرض خطر را ممکن می‌سازد. دوم، تقویت هدفمند عضلات پلانتار فلکسور از طریق تمرینات مقاومتی مانند بلند کردن پاشنه باید در برنامه‌های توانبخشی سالمندان گنجانده شود. سوم، با توجه به اینکه قدرت دورسی فلکسور در مطالعه‌ی حاضر همبسته‌ی مستقل نبود، تمرکز صرف بر تقویت دورسی فلکسور ممکن است کافی نباشد و باید بر پلانتار فلکسور نیز تأکید شود.

محدودیت‌ها و پیشنهادهای پژوهشی

این مطالعه دارای محدودیت‌هایی است که تفسیر یافته‌ها را مشروط می‌کند. نخست، طراحی مقطعی امکان استنباط علّی را محدود می‌کند؛ اگرچه یافته‌ها با شواهد آینده‌نگر همسو هستند، جهت‌گیری رابطه بین تعادل و افتادن را نمی‌توان قطعی تعیین کرد. دوم، نمونه به سالمندان ساکن جامعه در شیراز محدود بود و تعمیم‌پذیری به جمعیت‌های با سطوح عملکردی متفاوت (مانند سالمندان ناتوان یا ساکن خانه‌های سالمندان) محدود است. سوم، اتکا به خودگزارشی سابقه‌ی افتادن ممکن است با سوگیری یادآوری همراه باشد. چهارم، متغیرهای مخدوش‌گر بالقوه‌ای مانند مصرف دارو، چندارویی، و سطوح فعالیت بدنی کنترل نشدند. پژوهش‌های آینده باید از طراحی‌های طولی با اندازه‌گیری‌های مکرر استفاده کنند و اثربخشی مداخلات ترکیبی تعادل و تقویت پلانتار فلکسور را در قالب کارآزمایی‌های تصادفی‌شده ارزیابی نمایند.

نتیجه‌گیری

یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که در سالمندان ساکن جامعه، تعادل عملکردی و قدرت عضله پلانتار فلکسور مچ پا، حتی پس از کنترل سن و جنسیت، با سابقه افتادن مرتبط هستند. از منظر بالینی، این یافته‌ها بر ضرورت ادغام ارزیابی تعادل عملکردی (به‌ویژه با ابزار ساده و در دسترس آزمون تعادلی برگ) در برنامه‌های غربالگری دوره‌ای سالمندان تأکید می‌کنند. همچنین، برنامه‌های توانبخشی پیشگیری از افتادن باید بر تقویت هدفمند عضلات پلانتار فلکسور (از طریق تمرینات مقاومتی مانند بلند کردن پاشنه) متمرکز شوند، در حالی که تقویت صرف دورسی فلکسور ممکن است کافی نباشد. با توجه به طراحی مقطعی مطالعه، انجام مطالعات طولی آینده‌نگر برای تأیید روابط علّی و تعیین ارزش پیش‌آگهی‌کننده این عوامل توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

نویسندگان از تمامی سالمندان شرکت‌کننده در این مطالعه که در فرآیند نمونه‌گیری همکاری نمودند، صمیمانه سپاسگزاری می‌کنند.

References

1. James SL, Lucchesi LR, Bisignano C, Castle CD, Dingels ZV, Fox JT, et al. The global burden of falls: global, regional and national estimates of morbidity and mortality from the Global Burden of Disease Study 2017. Injury prevention. 2020;26(Suppl 2):i3-i11.
2. Ambrose AF, Cruz L, Paul G. Falls and fractures: a systematic approach to screening and prevention. Maturitas. 2015;82(1):85-93. https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2015.06.035
3. Colón-Emeric CS, McDermott CL, Lee DS, Berry SD. Risk assessment and prevention of falls in older community-dwelling adults: a review. Jama. 2024;331(16):1397-406. https://doi.org/10.1001/jama.2024.1416
4. Yin L, Nam H, Wei Y, Feng T, Li F, Wang Y, et al. Gait and balance metrics comparison among different fall risk groups and principal component analysis for fall prediction in older people. Age and Ageing. 2025;54(4):afaf076. https://doi.org/10.1093/ageing/afaf076
5. Xiong X, Zang J, Zhu C, Wei W, Wang P, Wang J, Gao Q. Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation technique on balance function and muscle health in older adults with high fall risk. Journal of gerontological nursing. 2024;50(8):37-44. https://doi.org/10.3928/00989134-20240702-03
6. Smith RE, Shelton AD, Sawicki GS, Franz JR. The effects of plantarflexor weakness and reduced tendon stiffness with aging on gait stability. PLoS one. 2024;19(4):e0302021. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0302021
7. Liang SG, Chow JCM, Leung NM, Mo YN, Ng TMH, Woo CLC, Lam FMH. The effects of ankle and foot exercises on ankle strength, balance, and falls in older people: a systematic review and meta-analysis. Physical Therapy. 2025;105(1):pzae157. https://doi.org/10.1093/ptj/pzae157
8. Kim J, Choi S. Association of timed up and go test results with future injurious falls among older adults by sex: a population-based cohort study. BMC geriatrics. 2024;24(1):1035. https://doi.org/10.1186/s12877-024-05588-9
9. Sumigawa K, Koike Y. Correlation between fall experience and life functions among community-dwelling older adults in Japan. Dialogues in Health. 2024;5:100198. https://doi.org/10.1016/j.dialog.2024.100198
10. de Lima AB, Faber MA, Peralta M, Vila-Suárez H, Henriques-Neto D, editors. Functional fitness of low-income community-dwelling older adults in Amazonian Brazilian. Healthcare; 2025: MDPI. https://doi.org/10.3390/healthcare13202575
11. Kohler-Voinov LC, Sayyid ZN, Cullen KE. Multifactorial predictors of falls in older adults: a decade of data from the National Health and Aging Trends Study. BMC geriatrics. 2025;25(1):950. https://doi.org/10.1186/s12877-025-06515-2
12. Capodici A, Fanconi C, Curtin C, Shapiro A, Noci F, Giannoni A, Hernandez-Boussard T. A scoping review of machine learning models to predict risk of falls in elders, without using sensor data. Diagnostic and Prognostic Research. 2025;9(1):11. https://doi.org/10.1186/s41512-025-00190-y
13. Faul F, Erdfelder E, Lang A-G, Buchner A. G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. Behavior research methods. 2007;39(2):175-91. https://doi.org/10.3758/BF03193146
14. Ansari NN, Naghdi S, Hasson S, Valizadeh L, Jalaie S. Validation of a Mini-Mental State Examination (MMSE) for the Persian population: a pilot study. Applied neuropsychology. 2010;17(3):190-5.
15. Jehu DA, Skelton DA. The measurement and reporting of falls: recommendations for research and practice on defining faller types. Journal of frailty, sarcopenia and falls. 2023;8(4):200. https://doi.org/10.22540/JFSF-08-200
16. Salavati M, Negahban H, Mazaheri M, Soleimanifar M, Hadadi M, Sefiddashti L, et al. The Persian version of the berg balance scale: Inter and intra-rater reliability and construct validity in elderly adults. Disability and rehabilitation. 2012;34(20):1695-8. https://doi.org/10.3109/09638288.2012.660604
17. Rosa MV, Perracini MR, Ricci NA. Usefulness, assessment and normative data of the Functional Reach Test in older adults: a systematic review and meta-analysis. Archives of Gerontology and Geriatrics. 2019;81:149-70. https://doi.org/10.1016/j.archger.2018.11.015
18. Spink MJ, Fotoohabadi MR, Menz HB. Foot and ankle strength assessment using hand-held dynamometry: reliability and age-related

differences. Gerontology. 2010;56(6):525-32. https://doi.org/10.1159/000264655
19. Muir SW, Berg K, Chesworth B, Speechley M. Use of the Berg Balance Scale for predicting multiple falls in community-dwelling elderly people: a prospective study. Physical therapy. 2008;88(4):449-59. https://doi.org/10.2522/ptj.20070251
20. Hohtari-Kivimäki U, Salminen M, Vahlberg T, Kivelä S-L. Predicting value of nine-item Berg balance scale among the aged: a 3-year prospective follow-up study. Experimental aging research. 2016;42(2):151-60. https://doi.org/10.1080/0361073X.2016.1132881
21. Lima C, Ricci N, Nogueira E, Perracini MR. The Berg Balance Scale as a clinical screening tool to predict fall risk in older adults: a systematic review. Physiotherapy. 2018;104(4):383-94. https://doi.org/10.1016/j.physio.2018.02.002
22. Park S-H. Tools for assessing fall risk in the elderly: a systematic review and meta-analysis. Aging clinical and experimental research. 2018;30(1):1-16. https://doi.org/10.1007/s40520-017-0749-0
23. Francis CA, Lenz AL, Lenhart RL, Thelen DG. The modulation of forward propulsion, vertical support, and center of pressure by the plantarflexors during human walking. Gait & posture. 2013;38(4):993-7. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2013.05.009
24. Kramer PA, Zamora E, Barnes HN, Strotmeyer ES, Glynn NW, Lane NE, et al. The association of skeletal muscle energetics with recurrent falls in older adults within the study of muscle, mobility and aging. The Journals of Gerontology, Series A: Biological Sciences and Medical Sciences. 2024;79(4):glae018. https://doi.org/10.1093/gerona/glae018
25. Gao H, Hu S, Hou S, Song Q, Shen P, Liu Y, Ding L. Sex differences in the relationship of muscle strength, proprioception, and postural stability in older adults. Motor Control. 2025;1(aop):1-19.
26. del-Cuerpo I, Jiménez-Lupión D, Rubio-Oltra J, Chirosa-Ríos I, Chirosa-Ríos LJ, Jerez-Mayorga D. Push-Pull Ratio and Ankle Dorsiflexion Strength in Nurse Home Residents: Novel Insights Into Fall Prevention Strategies. Physiotherapy Research International. 2026;31(1):e70132. https://doi.org/10.1002/pri.70132
27. Al-Sayyid Salman ZAAN, Roshani S. Comparison of hip abduction range of motion and strength and ankle dorsiflexion in older adults with and without a history of falls. BMC Geriatrics. 2026. https://doi.org/10.1186/s12877-026-07940-7
28. Valeriani S, Melotto G, Tunprasert T. Foot and Ankle Risk Factors for Future Falls in Older Adults: A Systematic Review With Meta-Analysis of Prospective Cohort Studies. Health Science Reports. 2026;9(8):e73007. https://doi.org/10.1002/hsr2.73007