Iranian Journal of Rehabilitation Research in Nursing Original Article

Spring 2026, Volume 12, Issue 3 10.22034/ijrn.12.3.5

The Effect of 12 Weeks of Balance–Strength Exercise on Postural Stability in Postmenopausal Women with Osteoporosis

Ava Mahdizadeh[1], Heydar Sadeghi[2,3*], Pedram Tehrani[4]

1- Department of Sports Biomechanics, CT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2- Department of Sport Biomechanics and Injuries, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.
3- Department of Sport Biomechanics and Rehabilitation, Kinesiology Research Center, Kharazmi University, Tehran, Iran.
4- Department of Mechanical Engineering, CT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.

***Corresponding Author:** Heydar Sadeghi, Department of Sport Biomechanics and Injuries, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.
E-Mail: h.sadeghi@khu.ac.ir

Received: 2025/05/18 Accepted: 2026/01/28

Abstract

Introduction: Osteoporosis is the most prevalent skeletal disorder, characterized by reduced bone mineral density. Physical activity has increasingly been acknowledged as a non-pharmacological approach in recent years, with research highlighting its contribution to the improvement of functional indicators related to the disorder. The purpose of this study was to investigate the effectiveness of a 12-week balance–strength training program on postural stability in postmenopausal women with osteoporosis.

Methods: 24 postmenopausal women aged 50 to 65 years diagnosed with osteoporosis were randomly assigned to either an experimental or a control group (n = 12 per group). Participants in the experimental group engaged in a balance–strength training program for 12 weeks (3 sessions per week). Functional balance was assessed using the Berg Balance Scale (BBS), and clinical balance was evaluated by measuring center of pressure (COP) sway in the anterior–posterior (AP) and medial–lateral (ML) directions using a force plate across four tests: two-legged stance with eyes open (TLEO), two-legged stance with eyes closed (TLEC), semi-tandem stance with eyes open (STEO), and semi-tandem stance with eyes closed (STEC).

Results: The results demonstrated significant improvements in BBS scores and mean COP velocity in the AP direction during STEO and STEC tests in the experimental group ($p< 0.001$). However, no significant changes were observed in the ML direction across tests ($p> 0.05$). Additionally, after 12 weeks of balance–strength training, both functional and clinical balance improved significantly in the intervention group compared with controls ($p< 0.001$).

Conclusions: A 12-week balance–strength training program led to significant improvements in postural stability measures among postmenopausal women with osteoporosis. Exercise training reduces balance impairments by positively influencing the factors and systems involved in balance control. Since balance exercises predominantly emphasize the anterior–posterior plane, their effects on COP sway are more pronounced in the AP direction.

Keywords: Osteoporosis, Postmenopausal, Exercise, Postural Balance.

[Downloaded from ijrn.ir on 2026-09-15]

[DOI: 10.22034/ijrn.12.3.5]

نشریه پژوهش توانبخشی در پرستاری
مقاله پژوهشی

بهار ۱۴۰۵، دوره ۱۲، شماره ۳

10.22034/ijrn.12.3.5

تاثیر دوازده هفته تمرینات تعادلی–قدرتی بر پایداری قامتی زنان یائسه مبتلا به پوکی استخوان

آوا مهدی زاده [۱]، حیدر صادقی [۲،۳*]، پدرام طهرانی [۴]

۱- گروه بیومکانیک ورزشی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۲- استاد، گروه بیومکانیک و آسیب شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
۳- استاد، گروه بیومکانیک ورزشی و توانبخشی، پژوهشکده علوم حرکتی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
۴- گروه مهندسی مکانیک، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

***نویسنده مسئول:** حیدر صادقی، استاد، گروه بیومکانیک و آسیب شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
ایمیل: h.sadeghi@khu.ac.ir

دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۲/۲۸ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۱۱/۱۸

چکیده

مقدمه: پوکی استخوان شایع ترین بیماری سیستم اسکلتی است که با کاهش تراکم مواد معدنی استخوان شناخته می شود. در سال های اخیر، ورزش و فعالیت بدنی به عنوان یک رویکرد غیردارویی، مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است و نقش آن در ارتقاء برخی شاخص های عملکردی مرتبط با این بیماری گزارش شده است. هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر بخشی یک دوره تمرین ۱۲ هفته ای تعادلی–قدرتی بر پایداری قامتی زنان یائسه مبتلا به پوکی استخوان بود.

روش کار: ۲۴ زن ۵۰ تا ۶۵ سال مبتلا به استئوپروز به صورت تصادفی در دو گروه تمرینی و کنترل (با حجم نمونه ۱۲ نفر در هر گروه)، قرار گرفتند. طی یک دوره ۱۲ هفته ای، آزمودنی های گروه تجربی در برنامه تمرینی تعادلی–قدرتی که شامل ۳ جلسه تمرینی در هفته بود، شرکت نمودند. تعادل عملکردی توسط مقیاس تعادل برگ (Berg Balance Scale; BBS) و تعادل کلینیکی توسط ثبت نوسانات مرکز فشار (Center of Pressure; COP) در جهت های قدامی–خلفی (Anterior-Posterior; AP) و داخلی–خارجی (Medial-lateral; ML) توسط فورس پلیت در چهار تست مختلف شامل ایستاده روی دو پا با چشمان باز (Two-legged stand with eyes open; TLEO)، ایستاده روی دو پا با چشمان بسته (Two-legged stand with eyes closed; TLEC)، ایستاده به صورت نیمه پشت سر هم با چشمان باز (Semi-tandem stand with eyes open; STEO) و ایستاده به صورت نیمه پشت سر هم با چشمان بسته (Semi-tandem stand with eyes closed; STEC) اندازه گیری شد.

یافته ها: یافته ها نشان داد امتیازات BBS آزمودنی های گروه تجربی و همچنین میانگین سرعت نوسان COP این آزمودنی ها در تست های STEO و STEC در جهت AP بهبود معناداری داشته است ($p>۰/۰۰۱$)، اما در جهت ML، تفاوت بین امتیازات پیش آزمون و پس آزمون گروه تجربی، در هیچ یک از تست ها معنادار نبود ($p>۰/۰۵$). همچنین پس از ۱۲ هفته تمرین تعادلی–قدرتی، تعادل عملکردی و کلینیکی آزمودنی های گروه مداخله نسبت به گروه کنترل به صورت معناداری بهبود یافت ($p>۰/۰۰۱$).

نتیجه گیری: اجرای یک دوره تمرین ۱۲ هفته ای تعادلی–قدرتی منجر به بهبود معنادار شاخص های تعادل در زنان یائسه مبتلا به استئوپروز گردید. تمرینات ورزشی از طریق ایجاد تاثیرات مثبت بر فاکتورها و سیستم های درگیر در تعادل منجر به کاهش اختلالات تعادلی می شوند و از آن جایی که، تمرینات تعادلی بیشتر در جهت قدامی–خلفی متمرکز هستند، تاثیر آن ها بر نوسانات COP در جهت AP مشهود تر است.

کلیدواژه ها: پوکی استخوان، یائسگی، تمرینات ورزشی، پایداری قامتی.

[Downloaded from ijrn.ir on 2026-09-15]

[DOI: 10.22034/ijrn.12.3.5]

مقدمه

پوکی استخوان (استئوپروز) شایع ترین بیماری متابولیک سیستم اسکلتی است که با کاهش تراکم استخوان و اختلال در ساختار میکروسکوپی آن، مشخص می شود (۱). این بیماری منجر به کاهش چگالی و افت قدرت مکانیکی استخوان و درنتیجه افزایش خطر شکستگی استخوان حتی در اثر ضربات کوچک می گردد (۲, ۳). شیوع پوکی استخوان در زنان، به ویژه پس از یائسگی، بسیار بیشتر از مردان است، به طوری که زنان ۸ برابر بیشتر از آقایان در معرض ابتلا به این بیماری قرار دارند (۴, ۵).

شکستگی های ناشی از پوکی استخوان، به ویژه شکستگی گردن استخوان ران، از مهم ترین عوامل ناتوانی عملکردی، کاهش استقلال فردی و افزایش نرخ مرگ و میر در سالمندان محسوب می شوند (۶, ۷). این نوع شکستگی ها عمدتا در اثر زمین خوردن رخ می دهند، پیامدی که خود نتیجه ی مستقیم اختلال در سیستم های کنترل تعادل است. مطالعات متعدد، همبستگی معنادار و مثبتی را میان کاهش توانایی های تعادلی و افزایش احتمال افتادن گزارش کرده اند (۸, ۹). شواهد پژوهشی همچنین نشان می دهند افراد مبتلا به استئوپورز حتی در صورت بهره گیری از درمان های دارویی، در مواجهه با زمین خوردن، همچنان در معرض خطر شکستگی قرار دارند (۱۰, ۱۱). این واقعیت، اهمیت توجه به مداخلات پیشگیرانه با محوریت بهبود تعادل را آشکار می سازد.

تعادل حاصل تعامل پیچیده ای میان سیستم های عصبی-عضلانی، بینایی و حس عمقی است. با افزایش سن، تغییرات ساختاری و عملکردی در این سیستم ها رخ می دهد که منجر به کاهش توانایی حفظ تعادل ایستا و پویا می شود. ثابت شده است که برخی از این تغییرات، از طریق تمرینات ورزشی منظم و مناسب قابل پیشگیری هستند و حتی معکوس می شوند (۱۲, ۱۳). در همین راستا نیهال و کاسه هاسانگولاری مری (۲۰۲۴) به بررسی و مقایسه تاثیر تمرینات تعادلی به صورت بازی های واقعیت مجازی و تمرینات قدرتی-تعادلی در منزل، بر تعادل زنان مبتلا به پوکی استخوان، پرداختند. این محققان متوجه شدند که اجرای تمرینات مذکور به مدت ۱۲ هفته، تاثیرات مثبت معناداری بر تعادل آزمودنی ها و ترس آن ها از افتادن دارد و از سوی دیگر در مقام مقایسه، آزمودنی های گروه تمرینات واقعیت مجازی، موفق شدند به صورت معناداری، امتیازات بالاتری را در مقیاس تعادل برگ به دست بیاورند (۱۴). سان و همکاران (۲۰۲۳) به تعیین تاثیر ۲۴ هفته تمرین بادوان جین که نوعی هنر رزمی چینی است و شامل تمرینات جسمی و ذهنی می باشد بر تعادل زنان مبتلا به پوکی استخوان پرداختند، این تمرینات شامل ۸ تمرین هوازی و قدرتی می باشد. پژوهشگران مذکور، تعادل آزمودنی ها را با استفاده از تست تعادل برگ ارزیابی کردند و متوجه بهبود معناداری در وضعیت تعادل آزمودنی های گروه تجربی بعد از اتمام جلسات تمرینی شدند (۳). کاکاوندی و همکاران (۲۰۲۰) تاثیر ۶ ماه تمرینات بادی پامپ را بر تراکم استخوان مهره های کمری و تعادل زنان یائسه مورد بررسی قرار دادند. این پژوهشگران تعادل آزمودنی ها را با استفاده از آزمون لک لک بررسی کردند و تاثیرات معنادار مثبتی را در بهبود تعادل مشاهده کردند (۱۵). ایبولیا و همکاران (۲۰۱۸) به ارزیابی تاثیر ۱۲ ماه تمرینات تعادلی بر تعادل ایستا و پویا، در زنان مبتلا به استئوپروز پرداختند. آنها تعادل آزمودنی ها را توسط تست های برگ (Berg Balance Scale; BBS) و Time Up and GO(TUG) و همچنین با استفاده از فورس پلیت مورد سنجش قرار دادند. نتایج این مطالعه حاکی از بهبود معنادار تعادل آزمودنی های گروه مداخله بود (۱۶). مونتسرات اوترو (۲۰۱۷) تاثیر تمرینات تعادلی-قدرتی را بر تعادل و قدرت اندام فوقانی و تحتانی زنان ۵۵ تا ۶۰ سال مبتلا به پوکی استخوان بررسی کردند. این محققان تعادل ایستا را با تست لک لک و تعادل پویا را با استفاده از تست TUG مورد ارزیابی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که ۶ ماه بهره گیری از تمرینات مذکور، منجر به بهبود تعادل ایستا و تعادل پویا می گردد (۱۷). توماس و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهشی به ارزیابی میزان تاثیر پذیری یک دوره ۸ هفته ای برنامه تمرینی تعادلی-قدرتی بر وضعیت پایداری قامت و قدرت عضلات افراد مبتلا به پوکی استخوان پرداختند، این پژوهشگران تعادل آزمودنی ها را با استفاده از میانگین سرعت مرکز فشار (Center of Pressure; COP) توسط فورس پلیت اندازه گیری کردند و نتیجه گرفتند که تمرینات ذکر شده تعادل و قدرت عضلات را به صورت معناداری بهبود می بخشد (۱۸). الن اسمالدر و همکاران (۲۰۱۰) به ارزیابی تاثیر تمرینات ترکیبی شامل پیاده روی و تمرینات تحمل وزن و

[Downloaded from ijm.ir on 2026-09-15]

[DOI: 10.22034/ijm.12.3.5]

همچنین آموزش شیوه صحیح راه رفتن، بر توانایی های تعادلی افراد مبتلا به پوکی استخوان پرداختند. نرخ افتادن و میزان اعتماد به نفس تعادل آزمودنی های این پژوهش، قبل و پس از ۵/۵ هفته تمرین بررسی شد و نتایج حاصل نشان داد تمرینات مذکور می تواند تاثیر مثبت معنادار بر هر دو متغیر اندازه گیری شده داشته باشد (۱۹). گانندی و همکاران (۲۰۰۸) مدعی شدند که ۴ هفته برنامه تمرین هوازی روی تردمیل می تواند منجر به بهبود تعادل ایستا و تعادل عملکردی زنان مبتلا به پوکی استخوان شود. این محققان تعادل گروه کنترل و تجربی را با استفاده از تست های TUGو BBS مورد بررسی قرار دادند و شاهد تفاوت معناداری در امتیازات پیش آزمون و پس آزمون برای گروه تجربی و همچنین تفاوت معنادار در امتیازات پس آزمون گروه مداخله و کنترل بودند (۲۰). مادورریا و همکاران (۲۰۰۷) اثر تمرینات تعادلی را بر کاهش خطر افتادن در افراد مبتلا به استئوپروز بررسی کردند. تعادل ایستا و پویا را قبل و پس از تمرینات با استفاده از تست های BBS، TUG و CTSIB (Clinical Test of Sensory Interaction on Balance) مورد سنجش قرار دادند. این مطالعه نشان داد برنامه تمرین تعادلی ۱۲ ماهه در بهبود تعادل ایستا، تعادل پویا و کاهش تعداد دفعات افتادن آزمودنی ها موثر است (۱۰). جاپ اسوانبرگ (۲۰۰۷) در پژوهشی تاثیر ۱۲ ماه تمرینات تعادلی، استقامتی و قدرتی را بر تعادل قامتی و ریسک خطر افتادن سالمندان ۶۵ سال به بالا که دچار کاهش تراکم استخوان بودند، مورد آزمون قرار دادند. این محققان تعادل آزمودنی ها را با استفاده از فورس پلیت و ریسک خطر افتادن را با استفاده از تست تعادل برگ اندازه گیری کردند. نتیجه مطالعه آن ها حاکی از کاهش ریسک خطر افتادن بود، همچنین میزان نوسانات COP در جهت قدامی-خلفی (Anterior-Posterior; AP) کاهش یافت اما در جهت داخلی-خارجی (Medial-Lateral; ML) تغییر معناداری نداشت (۲۱).

با وجود شواهد مستند مبنی بر اثر بخشی تمرینات ورزشی در ارتقاء تعادل افراد مبتلا به پوکی استخوان، بررسی دقیق تر ابعاد مداخله، روش های ارزیابی و نحوه اجرای برنامه های تمرینی همچنان از جایگاه ویژه ای برخوردار است. چرا که از یک سو، در بخش عمده ای از پژوهش های پیشین، از تمرینات طراحی شده توسط پژوهشگران به عنوان روش مداخله استفاده شده است، بی آن‌که ایمنی و اثربخشی این تمرینات، پیش تر به طور مستقل، مورد ارزیابی قرار گرفته باشد. از سوی دیگر هر یک از مطالعات انجام شده از شیوه تمرینی متفاوتی بهره گرفته اند، در نتیجه تاکنون تمرین مشخص، بی خطر و موثری که بتوان آن را به افراد مبتلا به استئوپروز پیشنهاد کرد ارائه نشده است. از سوی دیگر، بسیاری از این مطالعات فاقد ارزیابی های دقیق آزمایشگاهی هستند و سنجش تعادل در آن ها عمدتاً با بهره گیری از آزمون های عملکردی صورت گرفته است، آزمون هایی که با وجود فراهم آوردن اطلاعات ارزشمند، توانایی تشخیص تغییرات ظریف در پایداری قامتی را ندارند. افزون بر این، در مواردی که به منظور ایجاد چالش بیشتر در حفظ تعادل، از آزمون هایی با شرایط کاهش سطح اتکا استفاده شده است، انتخاب تست های مناسب و ایمن تا حدود زیادی مورد غفلت قرار گرفته است. در حالی‌که بهره گیری از تست های استاندارد و ایمن، به ویژه برای سالمندان و افراد در معرض خطر شکستگی ناشی از سقوط، از اهمیت بالایی برخوردار است.

بر همین مبنا، مطالعه حاضر با هدف بررسی تاثیر یک دوره ۱۲ هفته ای تمرینات تعادلی-قدرتی، مطابق پروتکل های استاندارد، بر پایداری قامتی زنان یائسه مبتلا به پوکی استخوان طراحی شده است. این پژوهش با بهره گیری از تجهیزات آزمایشگاهی پیشرفته و آزمون های چند حالته با سطح اتکای کنترل شده، درصدد است تا تغییرات ظریف در تعادل را به صورت دقیق، ایمن و مبتنی بر شواهد مورد سنجش قرار دهد.

روش کار

مطالعه حاضر به لحاظ روش نیمه تجربی و به لحاظ موضوع یک تحقیق کاربردی است که با طرح پیش آزمون و پس آزمون و همراه با گروه کنترل انجام شده است. این پژوهش دارای کد اخلاق به شماره IR-KHU.KRC.1000.220 از پژوهشکده علوم حرکتی می باشد. جامعه آماری مطالعه، شامل تمامی زنان ۵۰ تا ۶۵ ساله مبتلا به استئوپروز است که در سه ماهه منتهی به آغاز مطالعه، تراکم استخوان آن ها در مراکز درمانی شرق تهران اندازه گیری شده است. حجم نمونه با بهره گیری از نرم افزار G*Power و با در نظر گرفتن سطح معناداری

[Downloaded from ijm.ir on 2026-09-15]

[DOI: 10.22034/ijm.12.3.5]

۰۵/۰، تـوان آزمـون ۸۰/۰ و انـدازه اثـر ۳۵/۰، برابـر بـا ۲۴ نفـر برآورد گردیـد. بـه منظـور انتخـاب نمونـه، ابتـدا فهرسـت افـراد واجـد شـرایط از مراکـز مذکـور گـردآوری شـد، سـپس بـا اسـتفاده از تابـع RAND در نـرم افـزار Microsoft Excel، تعـداد ۲۴ نفـر بـه روش نمونـه گیـری تصادفـی انتخـاب و جهـت مشـارکت در پژوهـش دعـوت شـدند. از آن جایـی کـه تمامـی ۲۴ بیمـار، تمایل بـه شـرکت در ایـن پژوهـش را نداشـتند، فراینـد نمونـه گیـری تصادفـی تـا تکمیـل نهایـی آزمودنـی هـا، ۶ مرتبـه تکـرار گردید. صلاحیـت شـرکت آزمودنـی هـا در پژوهـش حاضـر توسـط یـک پزشـک ارتوپـد، بـا توجـه بـه معیارهـای ورود بـه پژوهـش و معیارهـای خـروج از پژوهـش، مـورد تاییـد قـرار گرفـت. معیارهای ورود بـه پژوهـش عبـارت بودنـد از جنسـیت زن، محـدوده سـنی ۵۰ تـا ۶۵ سـال، یائسـگی بیشـتر از ۵ سـال و ابتـلا به اسـتئوپروز، از سـوی دیگـر معیارهـای خـروج از پژوهـش شـامل ابتـلا بـه پوکـی اسـتخوان ثانویـه، ابتـلا بـه بیمـاری هایـی از جملـه: قلبی-عروقـی، ریـوی، عصبی-عضلانـی، روانـی، پـرکاری یـا کـم کاری تیروئیـد، آرتـروز شـدید، دیابـت و سـرطان، داشـتن مشـکلات بینایـی، شـنوایی، سیسـتم دهلیـزی و یـا سیسـتم حسـی-حرکتی، داشـتن سـابقه شکسـتگی ضربه ای در اسـتخوان بنـدی ضمیمـه ای، اسـتفاده از داروهـای هورمونـی تاثیرگـذار بـر متابولیسـم اسـتخوان یـا داروهـای اعصـاب، سـابقه فعالیـت ورزشـی منظـم و یـا شـرکت در یـک برنامـه فیزیوتراپـی در ۶ مـاه اخیـر، منـع پزشـکی بـرای تمریـن ورزشـی، سـایز پـای کمتـر از ۳۶ و بیشـتر از ۴۱ بـود.

آزمودنـی هـا بـه صـورت تصادفـی در گـروه تمرینـی و گـروه کنتـرل قـرار گرفتنـد، فـرم رضایـت نامـه را تکمیـل کردنـد و از آن هـا دعـوت شـد کـه بـرای ارزیابـی متغیرهـای وابسـته در آزمایشـگاه تحلیـل حرکـت حاضـر شـوند. بـه آزمودنـی هـا گفتـه شـد کـه در روز انجـام ارزیابـی هـا، بـا پوششـی سـبک و بـدون هـر گونـه وسـیله فلـزی حضـور بـه هـم رسـانند، وعـده غذایـی خـود را حداقـل دو سـاعت قبـل از آزمـون میـل کننـد و همچنیـن بعـد از ایـن زمـان، هیـچ نوشـیدنی (بـه جـزء آب) ننوشـند.

ابزار و روش گردآوری اطلاعات

متغیرهـای وابسـته پژوهـش قبـل و پـس از مداخلـه، در آزمایشـگاه تحلیـل حرکـت انـدازه گیـری شـد. تعـادل عملکـردی آزمودنـی هـا بـا اسـتفاده از BBS سـنجیده شـد و بـرای ارزیابـی تعـادل کلینیکـی، از دسـتگاه فـورس پلیـت مـدل AA6 ۹۲۶۰ شـرکت Kistler اسـتفاده گردیـد. بـه طـوری که میانگین سـرعت COP در جهـت هـای قدامی-خلفـی (Anterior-Posterior; AP) و داخلی-خارجـی (Medial-Lateral; ML)، ثبـت، آنالیـز و کمـی سـازی شـد (۱۲, ۲۲). داده هـا بـا فرکانـس نمونـه بـرداری ۱۰۰ هرتـز، در چهـار وضعیـت، کـه در آن شـرایط بینایـی و شـیوه ایسـتادن فـرد، متغیـر بـود انـدازه گیـری شـد ۱. ایسـتاده روی دو پـا بـا چشـمان بـاز (Two-legged stand with eyes open; TLEO)، ۲. ایسـتاده روی دو پـا بـا چشـمان بسـته (Two-legged stand with eyes closed; TLEC)، ۳. ایسـتاده بـه صـورت نیمـه پشـت سـر هـم بـا چشـمان بـاز (Semi-tandem stand with eyes open; STEO) و ۴. ایسـتاده بـه صـورت نیمـه پشـت سـر هـم بـا چشـمان بسـته (Semi-tandem stand with eyes closed; STEC)، (تصویـر ۱). از آزمودنـی هـا خواسـته شـد کـه در طـول اجـرای تسـت هـا، دسـت هـا را در کنـار بـدن قـرار دهنـد. در تسـت هـای TLEO و TLEC وضعیـت پاهـا بـه اختیـار شـخص آزمودنـی قـرار داده شـد (۱۲, ۲۲, ۲۳). در تسـت-هـای STEO و STEC، بـا توجـه بـه اینکـه پـای برتـر شـرکت کننـدگان توسـط تکنیـک شـوت فوتبـال، از قبـل مشـخص شـده بـود، آزمودنـی پـای برتـر خـود را عقـب مـی گذاشـت و پاشـنه پـای دیگـر را در محلـی کـه از قبـل نشـانه گـذاری شـده بـود (نصـف طـول پـای برتـر) قـرار مـی داد (۲۴). در تسـت هـای بـا چشـمان بـاز، فـرد بـه یـک نشـانگر مشـکی بـا قطـر ۵ سـانتی متـر کـه در فاصلـه ۳/۵ متـری از فورس پلیـت، در ارتفاع چشـمان او قـرار داشـت، نـگاه مـی کـرد و در کوشـش هـای بـا چشـمان بسـته از وی خواسـته شـد کـه چشـم بنـد را روی چشـمان خـود قـرار دهـد. در تمـام طـول اجـرای تسـت هـا یـک اپراتـور در کنار آزمودنـی هـا مـی ایسـتاد تـا از احتمـال افتـادن آن هـا جلوگیـری شـود. هـر یـک از تسـت هـا ۳ بـار انجـام مـی شـد و در کل هـر شـخص، ۱۲ کوشـش را اجـرا مـی نمـود. آزمودنـی هـا بعـد از هـر ۳ کوشـش، ۱ دقیقـه روی صندلـی کـه در نزدیکـی فـورس پلیـت قـرار داشـت، اسـتراحت مـی کردنـد. جهـت جلوگیـری از تاثیـر یادگیـری، ترتیـب اجـرای تسـت هـا بـه صـورت تصادفـی انتخـاب مـی شـد. هـر تسـت بـرای مـدت ۶۰ ثانیـه انـدازه گیری شـد و بـا توجـه بـه اینکـه احتمـالا در ابتـدای تسـت هـا، آزمودنی در حـال یافتـن وضعیـت متعـادل اسـت، داده هـای مربـوط بـه ۱۰ ثانیـه اول حـذف مـی گردیـد (۲۲,۲۴).

[Downloaded from ijm.ir on 2026-09-15]

[DOI: 10.22034/ijm.12.3.5]

تصویر ۱. تست های تعادل آزمایشگاهی با استفاده از فورس پلیت

قبل از اعمال مداخله تمرینی، به جهت اطمینان از قابل مقایسه بودن گروه ها، از آزمون تی دو گروه مستقل، استفاده شد. نتایج این آزمون نشان داد که بین دو گروه تجربی و کنترل از نظر میانگین سن (p =۰/۲۹۰)، شاخص توده بدنی (p=۰/۹۱۳)، تعداد سال های گذشته از یائسگی (p=۰/۲۲۱)، درصد کیفوز (p= ۰/۵۷۰)، تراکم استخوان فمور (p=۰/۸۴۷)، و تراکم استخوان مهره های کمری (p=۰/۶۹۶)، تفاوت معناداری وجود ندارد (جدول ۱).

جدول ۱. مشخصات دموگرافیک، آنتروپومتریک و بالینی شرکت کنندگان

متغیر	گروه تجربی میانگین ± انحراف معیار	گروه کنترل میانگین ± انحراف معیار	P – مقدار** (آزمون تحلیل واریانس)
سن (سال)	۵۸/۱۷ ± ۳/۸۳	۵۵/۷۵ ± ۳/۵۱	۰/۲۹۰
شاخص توده بدنی (کیلوگرم / متر مربع)	۲۷/۷۹ ± ۲/۱۷	۲۷/۶۷ ± ۲/۷۱	۰/۹۱۳
تعداد سال های گذشته از یائسگی	۹/۱۷ ± ۲/۴۴	۸/۶۷ ± ۲/۸۴	۰/۲۲۱
درصد کیفوز	۱۳/۲۴ ± ۳/۶۲	۱۳/۳۷ ± ۲/۵۸	۰/۵۷۰
تراکم استخوان فمور	۲/۹۴ ± ۰/۱۸	-۲/۹۳ ± ۰/۲۵	۰/۸۴۷
تراکم استخوان مهره های کمری	۲/۸۷±۰/۲۱	- ۲/۸۷ ± ۰/۲۲	۰/۶۹۶

پروتکل تمرینی

آزمودنی های گروه تجربی به مدت ۱۲ هفته و هر هفته ۳ جلسه از برنامه تمرینی ویژه (تمرینات تعادلی-قدرتی)، بهره گرفتند. مدت زمان برنامه تمرینی از ۵۰ دقیقه در هفته های نخست تا ۷۵ دقیقه در هفته های پایانی، متغیر بود. تمرینات تعادلی این مطالعه بر اساس پروتکل استاندارد Otago طراحی گردید، روشی که تاثیر آن بر بهبود تعادل سالمندان در مطالعات گذشته به اثبات رسیده است. همچنین تمرینات قدرتی اجرا شده در این پژوهش برگرفته از تمرینات استاندارد ROPE است، پروتکلی تخصصی که برای افراد مبتلا به پوکی استخوان تدوین شده است (۲, ۲۵). زمانبندی و سایر ویژگی های این برنامه تمرینی با نظارت متخصصین علم تمرین تنظیم گردید. هر جلسه با پیاده روی آغاز می شد تا زمینه‌ی لازم برای اجرای تمرینات اصلی فراهم شود. مدت زمان پیاده روی از ۱۰ دقیقه در هفته های نخست تا ۲۰ دقیقه در هفته های پایانی متغیر بود. همچنین شدت پیاده روی آزمودنی ها، در سطح متوسط، معادل نمره ۵ تا ۷ مقیاس آنالوگ دیداری (Visual Analog Scale; VAS)، نگه داشته می شد. پس از پایان مرحله‌ی پیاده روی، تمرینات تعادلی شامل راه رفتن روی خط صاف، راه رفتن به صورت مارپیچ، ایستادن روی یک پا، راه رفتن روی پنجه و پاشنه و بالا

[Downloaded from ijm.ir on 2026-09-15]
[DOI: 10.22034/ijm.12.3.5]

رفتن از استپ اجرا می شد. این تمرینات در هفته های اول با حمایت (نگه داشتن تکیه گاه) و به تدریج بدون حمایت انجام می شدند. تعداد تکرار و ست تمرینات تعادلی طبق اصول علم تمرین، به تدریج افزایش می یافت. از سوی دیگر تمرینات قدرتی با استفاده از وزنه های مقاومتی و بر اساس درصدی از یک تکرار بیشینه اجرا می گردید. در هفته نخست اجرای هر تمرین، آزمودنی ها تحت آزمون تعیین یک تکرار بیشینه، قرار گرفتند و شدت تمرینات در هفته های بعدی بر اساس درصدی از این مقدار تنظیم شد. تمرینات قدرتی شامل اکستنشن ران، اکستنشن شانه، اکستنشن آرنج، قایقی نشسته و انقباض ایزومتریک عضلات شکمی بود. نرخ حضور آزمودنی های گروه تجربی در جلسات تمرینی ۹۳,۹۸ درصد بود.

تحلیل داده ها

داده های خروجی دستگاه فورس پلیت در پیش آزمون و پس آزمون با استفاده از فیلتر پایین گذر باترورث، مرتبه ۴ و فرکانس قطع ۱۰ هرتز، فیلتر شدند (۱۲, ۲۶). میانگین سرعت COP برحسب متر بر ثانیه با استفاده از فرمول های زیر محاسبه گردید.

Mean Velocity ML= Sway length ML/T

(Sway length ML= $\sum n|Xn+1 - Xn|$)

Mean Velocity AP= Sway length AP/T

(Sway length AP= $\sum n|Yn+1 - Yn|$)

معادله ها، در نرم افزار متلب (MATLAB) کد نویسی و محاسبه شد. از آن جایی که هر یک از کوشش ها سه مرتبه توسط آزمودنی ها انجام شده بود، پس از به دست آوردن داده های مربوط به هر یک از متغیرهای بالا، میانگین سه کوشش برای محاسبه های بعدی و آزمون های آماری در نظر گرفته شد.

آنالیز داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۱ انجام شد. با توجه به نرمال بودن توزیع داده ها (بررسی شده با آزمون شاپیرو–ویلک)، برای ارزیابی تغییرات درون گروهی و بررسی اختلاف میانگین ها قبل و پس از مداخله در هر گروه، از آزمون t زوجی استفاده شد. همچنین، برای مقایسه میانگین های پس آزمون بین گروه ها با کنترل اثر نمرات پیش آزمون، از تحلیل کوواریانس (ANCOVA) استفاده گردید.

یافته ها

جدول ۲ نتایج مربوط به میانگین سرعت COP و مقیاس تعادل برگ آزمودنی های هر دو گروه در پیش آزمون و پس آزمون را نشان می دهد.

جدول ۲. میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای وابسته آزمودنی ها در پیش آزمون و پس آزمون

متغیر	نام تست	جهت	گروه تجربی		گروه کنترل	
			پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون
میانگین سرعت COP* (cm.s-1)	TLEO**	ML******	۰/۶۷۴± ۰/۱۷۷	۰/۶۶۳ ± ۰/۱۸۷	۰/۷۹۸ ± ۰/۲۳۰	۰/۸۵۵ ± ۰/۲۴۶
		AP*******	۰/۹۴۶± ۰/۲۸۶	۰/۹۳۵ ± ۰/۳۱۷	۱/۰۰۹ ± ۰/۲۸۳	۱/۰۷۰ ± ۰/۲۴۷
	TLEC***	ML	۰/۷۵۷± ۰/۱۶۶	۰/۷۴۶ ± ۰/۱۷۰	۰/۸۸۰ ± ۰/۲۹۱	۰/۹۳۳ ± ۰/۲۵۳
		AP	۱/۲۳۶± ۰/۲۸۲	۱/۰۴۵ ± ۰/۳۵۲	۱/۲۳۵ ± ۰/۲۰۹	۱/۳۴۹ ± ۰/۳۴۰
	STEO****	ML	۱/۷۰۳± ۰/۲۰۵	۱/۶۶۲ ± ۰/۱۹۰	۱/۷۷۶ ± ۰/۱۵۰	۱/۸۴۱ ± ۰/۲۲۲
		AP	۱/۳۰۳± ۰/۱۲۱	۱/۲۰۵ ± ۰/۰۹۹	۱/۲۵۱ ± ۰/۱۳۲	۱/۲۷۳ ± ۰/۱۴۱
	STEC*****	ML	۱/۹۶۳± ۰/۵۵۳	۱/۹۲۱± ۰/۵۲۳	۲/۲۰۰ ± ۰/۳۵۵	۲/۴۱۶ ± ۰/۳۶۴
		AP	۱/۷۵۷± ۰/۱۶۴	۱/۶۴۸ ± ۰/۱۵۶	۱/۷۳۳ ± ۰/۲۱۰	۱/۹۱۴ ±۰/۲۴۰
امتیاز ******** BBS			۳۷/۱۸۲± ۳/۰۱۳	۴۱/۰۸۳ ± ۲/۱۷۸	۳۹/۳۶۴ ± ۲/۰۶۰	۳۸/۷۵۰ ± ۲/۰۰۵

* مرکز فشار (Center of Pressure; COP)
** تست ایستاده روی دو پا با چشمان باز (Two legged stand with eyes open; TLEO)
*** تست ایستاده روی دو پا با چشمان بسته (Two legged. stand with eyes closed; TLEC)
**** تست ایستاده به صورت نیمه پشت سر هم با چشمان باز (Semi tandem stand with eyes open; STEO)
***** تست ایستاده به صورت نیمه پشت سر هم با چشمان بسته (Semi tandem stand with eyes closed; STEC)
****** داخلی–خارجی (Medial–lateral; ML) ******* قدامی–خلفی (Anterior–Posterior; AP)
******** مقیاس تعادل برگ (Berg Balance Scale; BBS)

[Downloaded from ijm.ir on 2026-09-15]

[DOI: 10.22034/ijm.12.3.5]

– نتایج آزمون تی دو گروه همبسته، جهت مقایسه امتیازات تعادل آزمودنی های گروه تمرینی، قبل و بعد از اعمال تمرینات در جدول ۳ آورده شده است. این نتایج حاکی از آن است که در جهت AP میانگین سرعت COP گروه تمرینی، در تست STEO (p=۰/۰۰۰) و تست STEC (p=۰/۰۰۰) به صورت معناداری کاهش یافته است، این تغییر بیانگر بهبود تعادل است. اما میانگین سرعت COP در تست STEO جهت ML (p=۰/۱۵۱)، تست STEC جهت ML (p=۰/۰۹۷)، تست TLEO جهت ML (p =۰/۰۹۳)، تست TLEO جهت AP (p=۰/۸۱۳)، تست TLEC جهت ML (p=۰/۰۷۲) و تست TLEC جهت AP (p= ۰/۰۶۳)، تغییر معناداری نداشته است. از سوی دیگر نتایج حاصل در خصوص تعادل عملکردی، نشان دهنده وجود تفاوت معنادار بین امتیازات BBS آزمودنی های گروه تمرینی، قبل و پس از اعمال تمرینات می باشد (p=۰/۰۰۰).

جدول ۳. نتایج آزمون تی دو گروه همبسته، جهت مقایسه امتیازات تعادل آزمودنی های گروه تمرینی قبل و بعد از اعمال تمرینات

متغیر (واحد)	نام تست	جهت	همبستگی بین پیش آزمون-پس آزمون	سطح معناداری همبستگی	میانگین تفاوت پیش آزمون- پس آزمون	آماره t	درجه آزادی	سطح معناداری دو سویه
میانگین سرعت COP* ($cm.s^{-1}$)	TLEO	ML******	۰/۹۹۵	۰/۰۰۰	۰/۰۱۱	۱/۸۴۰	۱۱	۰/۰۹۳
		AP*******	۰/۸۷۹	۰/۰۰۰	۰/۰۱۱	۰/۲۴۲	۱۱	۰/۸۱۳
	TLEC	ML	۰/۹۹۴	۰/۰۰۰	۰/۰۱۱	۱/۹۹۳	۱۱	۰/۰۷۲
		AP	۰/۵۵۶	۰/۰۶۰	۰/۱۹۰	۲/۰۶۸	۱۱	۰/۰۶۳
	STEO	ML	۰/۹۲۱	۰/۰۰۰	۰/۰۳۷	۱/۵۴۴	۱۱	۰/۱۵۱
		AP	۰/۸۵۳	۰/۰۰۰	۰/۰۹۷	۵/۱۳۹	۱۱	۰/۰۰۰
	STEC	ML	۰/۹۹۱	۰/۰۰۰	۰/۰۴۲	۱/۸۱۲	۱۱	۰/۰۹۷
		AP	۰/۹۲۶	۰/۰۰۰	۰/۱۰۸	۵/۸۲۲	۱۱	۰/۰۰۰
امتیاز* **BBS**			۰/۷۸۰	۰/۰۰۳	– ۳/۵۰۰	– ۶/۱۳۲	۱۱	۰/۰۰۰

* مرکز فشار (Center of Pressure; COP)
** تست ایستاده روی دو پا با چشمان باز (Two legged stand with eyes open; TLEO)
*** تست ایستاده روی دو پا با چشمان بسته (Two legged stand with eyes closed; TLEC)
**** تست ایستاده به صورت نیمه پشت سر هم با چشمان باز (Semi tandem stand with eyes open; STEO)
***** تست ایستاده به صورت نیمه پشت سر هم با چشمان بسته (Semi tandem stand with eyes closed; STEC)
****** داخلی-خارجی (Medial-lateral; ML) ******* قدامی-خلفی (Anterior-Posterior; AP)
******** مقیاس تعادل برگ (Berg Balance Scale; BBS)

– نتایج آزمون تحلیل کواریانس، جهت مقایسه امتیازات تعادل آزمودنی های گروه تمرینی و گروه کنترل، در جدول ۴ آورده شده است. در این جدول مشخص است که در تمامی مقادیر اندازه گیری شده مربوط به میانگین سرعت COP، تفاوت معناداری بین گروه تمرینی و گروه کنترل وجود دارد ($p\leq$۰/۰۵) و این تفاوت به نفع گروه تمرینی می باشد. مقادیر p برای هر یک از تست ها به شرح زیر است. تست TLEO جهت ML (p=۰/۰۰۵)، تست TLEO جهت AP (p=۰/۰۰۰)، تست TLEC جهت ML (p=۰/۰۰۰)، تست TLEC جهت AP (p=۰/۰۰۰)، تست STEO جهت ML (p=۰/۰۰۰)، تست STEO جهت AP (p=۰/۰۰۰)، تست STEC جهت ML (p=۰/۰۱۰)، تست STEC جهت AP (p=۰/۰۰۰). همچنین با دقت در مقادیر به دست آمده، می توان متوجه شد که امتیازات BBS دو گروه، پس از اعمال متغیر مستقل، تفاوت معناداری با یکدیگر داشته است و آزمودنی های گروه تمرینی موفق شده اند امتیازات بهتری را به دست بیاورند (p=۰/۰۰۰). بنابراین با اطمینان بیش از ۹۵ درصد می توان گفت تمرینات قدرتی-تعادلی استفاده شده در این مطالعه تاثیر معناداری در بهبود تعادل زنان یائسه مبتلا به پوکی استخوان داشته است.

[Downloaded from ijm.ir on 2026-09-15]

[DOI: 10.22034/ijm.12.3.5]

جدول ٤. نتایج آزمون تحلیل کواریانس، جهت مقایسه امتیازات تعادل آزمودنی های گروه تمرینی و گروه کنترل، پس از اعمال متغیر مستقل و با در نظر گرفتن امتیازات اولیه هر آزمودنی

متغیر (واحد)	نام تست	جهت	تاثیر عمل آزمایشی (گروه آزمودنی)			تاثیر امتیازات پیش آزمون		
			درجه آزادی	آماره F	سطح معناداری	درجه آزادی درون گروهی	آماره F	سطح معناداری
میانگین سرعت *COP ($cm.s^{-1}$)	TLEO**	ML	۱	۱۵۱/۴۶۷	۰/۰۰۰	۱ (۲۱)	۱۰/۰۵۵	۰/۰۰۵
		AP	۱	۴۵/۶۷۹	۰/۰۰۰	۱ (۲۱)	۲۶/۴۸۳	۰/۰۰۰
	TLEC***	ML	۱	۳۴/۲۷۴	۰/۰۰۰	۱ (۲۱)	۴۱/۶۴۷	۰/۰۰۰
		AP	۱	۱۷/۰۵۸	۰/۰۰۰	۱ (۲۱)	۲۰/۹۲۶	۰/۰۰۰
	STEO****	ML	۱	۳۸/۲۵۵	۰/۰۰۰	۱ (۲۱)	۲۶/۲۶۸	۰/۰۰۰
		AP	۱	۴۵/۷۴۹	۰/۰۰۰	۱ (۲۱)	۲۶/۵۸۴	۰/۰۰۰
	STEC*****	ML	۱	۵۶/۵۸۵	۰/۰۰۰	۱ (۲۱)	۸/۰۱۳	۰/۰۱۰
		AP	۱	۱۷/۴۷۷	۰/۰۰۰	۱ (۲۱)	۱۸/۸۲۷	۰/۰۰۰
امتیاز BBS********			۱	۳۳/۴۸۵	۰/۰۰۰	۱ (۲۱)	۲۷/۶۵۷	۰/۰۰۰

* مرکز فشار (Center of Pressure; COP)
** تست ایستاده روی دو پا با چشمان باز (Two legged stand with eyes open; TLEO)
*** تست ایستاده روی دو پا با چشمان بسته (Two legged stand with eyes closed; TLEC)
**** تست ایستاده به صورت نیمه پشت سر هم با چشمان باز (Semi tandem stand with eyes open; STEO)
***** تست ایستاده به صورت نیمه پشت سر هم با چشمان بسته (Semi tandem stand with eyes closed; STEC)
****** داخلی-خارجی (Medial-lateral; ML) ******* قدامی-خلفی (Anterior-Posterior; AP)
******** مقیاس تعادل برگ (Berg Balance Scale; BBS)

بحث

هدف از پژوهش حاضر تعیین تاثیر ۱۲ هفته تمرین تعادلی-قدرتی بر ثبات قامتی زنان مبتلا به پوکی استخوان بود. نتایج حاصل از آزمون ها با توجه به امتیازات BBS، نشان دهنده بهبود معنادار تعادل عملکردی آزمودنی های گروه تمرینی می باشد. این یافته ها با نتایج پژوهش های پیشین هم راستا است. مطالعاتی که سابقا به بررسی تاثیر تمرینات بر امتیازات BBS زنان مبتلا به پوکی استخوان پرداخته اند، فارغ از نوع و مدت زمان تمرینات اجرایی، بهبود معنادار تعادل را در این افراد گزارش کرده اند. برای نمونه، نیهال و کاسه هاسانگولاری مری (۲۰۲۴) از ۱۲ هفته تمرینات واقعیت مجازی و تمرینات قدرتی-تعادلی در منزل استفاده کرده بودند (۱۴). سان و همکاران (۲۰۲۳) ۲۴ هفته تمرینات بادوان جین (هوازی و قدرتی) را به عنوان مداخله در نظر گرفته بودند (۳). ایبولیا و همکاران (۲۰۱۸) از ۱۲ ماه تمرینات تعادلی بهره گرفته بودند (۱۶) و آزمودنی های تحقیق گانندی و همکاران (۲۰۰۸) در یک دوره ۴ هفته ای از تمرینات هوازی روی تردمیل شرکت کرده بودند (۲۰). آزمون BBS به‌گونه‌ای طراحی شده که نسبت به بهبودهای کوچک در عملکرد تعادلی، به‌ویژه در فعالیت های روزمره، واکنش نشان می دهد، بنابراین حتی مداخلات کوتاه مدت یا با شدت متوسط نیز می توانند منجر به تغییرات قابل اندازه‌گیری در امتیاز این آزمون شوند (۲۷). از سوی دیگر تمرینات ورزشی، علاوه بر اثرات فیزیولوژیک، موجب افزایش اعتماد به نفس حرکتی و کاهش ترس از افتادن می‌شوند و این عوامل روان شناختی نیز می توانند در بهبود عملکرد آزمون برگ نقش داشته باشند (۲۸). بنابراین، همگرایی نتایج مطالعات پیشین را می‌توان ناشی از ویژگی های ابزار اندازه گیری (BBS)، ماهیت تمرینات و ویژگی‌های جمعیت مورد مطالعه دانست. این موضوع نشان می دهد که مداخلات تمرینی، حتی با تنوع بالا، می توانند در بهبود کیفیت زندگی حرکتی زنان مبتلا به استئوپروز مؤثر باشند. اما به طور خاص در خصوص تمرینات تعادلی-قدرتی این مطالعه، به نظر می رسد که بهبود مشاهده شده در تعادل عملکردی آزمودنی ها، علاوه بر تأثیر مستقیم تمرینات بر قدرت عضلانی و کنترل قامتی، از طریق مکانیسم های عصبی-عضلانی نیز قابل توجیه باشد. تمرینات تعادلی با تحریک آوران های محیطی و افزایش ورودی های حسی به سیستم

[Downloaded from ijm.ir on 2026-09-15]
[DOI: 10.22034/ijm.12.3.5]

عصبی مرکزی، موجب بهبود هماهنگی حرکتی بین عضلات آگونیست و آنتاگونیست و همچنین افزایش سرعت واکنش می‌شوند (۲۹, ۳۰). از سوی دیگر مطالعات نشان داده‌اند تمرینات قدرتی با تقویت عضلات دیستال اندام تحتانی، به‌ویژه دورسی فلکسورها، موجب افزایش توانایی تولید گشتاور در مفصل مچ پا و کاهش زمان آغاز انقباض عضلانی می‌شوند. این تغییرات منجر به کاهش وابستگی به راهبردهای جبرانی مانند استراتژی ران شده و استفاده از راهبرد مؤثرتر مچ پا را تسهیل می کنند، که در نهایت می تواند به بهبود تعادل عملکردی و کاهش ریسک افتادن در سالمندان منجر شود (۳۱-۳۳).

با توجه به اهمیت بررسی دقیق تر نوسانات قامتی و محدودیت های آزمون های عملکردی در ارزیابی جزئیات کنترل تعادل، در پژوهش حاضر، میانگین سرعت COP جهت ارزیابی تعادل کلینیکی انتخاب شد. این پارامتر به عنوان یکی از معتبرترین متغیرهای COP شناخته می شود که می تواند جهت سنجش تاثیر مداخلات تمرینی استفاده شود و همچنین توانایی تشخیص افراد در معرض خطر افتادن از طریق اندازه گیری این متغیر وجود دارد (۱۲). در مطالعه حاضر، متغیر میانگین سرعت COP در چهار تست مختلف مورد آنالیز و تحلیل قرار گرفت. نتایج به دست آمده از آزمون تی دو گروه همبسته که جهت مقایسه امتیازات پیش آزمون و پس آزمون آزمودنی های گروه تمرینی به کار گرفته شد (جدول ۳)، حاکی از بهبود معنادار میانگین سرعت COP در تست های STEO و STEC در جهت AP می باشد. از سوی دیگر در تست های STEO و STEC در جهت ML و در تست های TLEO و TLEC در هر دو جهت ML و AP تفاوت معناداری بین امتیازات پیش آزمون و پس آزمون آزمودنی های گروه تمرینی وجود نداشت. اما با دقت در امتیازات ذکر شده در جدول شماره ۱، می توان مشاهده کرد که تمامی امتیازات پس آزمون گروه تجربی نسبت به امتیازات قبل از مداخله بهبود یافته است. احتمالا علت عدم معنادار بودن این اختلاف ها به دلیل کوتاه بودن مدت زمان تمرینی بوده است. از طرفی نتایج حاصل از آزمون تحلیل کواریانس که به جهت مقایسه امتیازات تعادل آزمودنی های گروه تمرینی و گروه کنترل، پس از اعمال متغیر مستقل استفاده شد، حاکی از تاثیر مثبت و معنادار تمرینات به کار گرفته شده در این مطالعه، بر تعادل آزمودنی ها بوده است. بنابراین می توان گفت این تمرینات دوازده هفته ای تعادلی-قدرتی، تعادل زنان مبتلا به پوکی استخوان را ارتقاء داده است.

تعداد پژوهش هایی که تاکنون تعادل آزمودنی های مبتلا به پوکی استخوان را توسط آنالیز نوسانات COP مورد سنجش قرار داده اند، بسیار محدود است، از سوی دیگر این مطالعات در روش اجرا، نوع تست های به کار گرفته شده، تعداد کوشش های انجام شده، فرکانس نمونه برداری و نوع پارامترهای COP، با هم متفاوت می باشند. بنابراین مقایسه مستقیم این پژوهش ها با یکدیگر و با مطالعه حاضر با محدودیت های تحلیلی مواجه است و چالش برانگیز می باشد. از جمله مطالعات قابل اشاره، پژوهش ابیولیا میکو و همکاران (۲۰۱۸) می باشد که از تست رومبرگ در حالت چشم باز و چشم بسته برای ارزیابی تعادل ایستای آزمودنی ها استفاده کردند و میزان جابه جایی COP را برای ارزیابی نوسانات COP انتخاب نمودند، نتیجه مطالعه ی این پژوهشگران حاکی از آن بود که میزان جابه جایی هم در جهت ML، هم در جهت AP بعد از ۱۲ ماه تمرینات تعادلی کاهش یافته است (۱۶). در مطالعه مذکور از متغیر میزان جابه جایی COP بهره گرفته شده است و تغییرات گزارش شده، هم در جهت ML و هم در جهت AP مشاهده شده است، حال آن که در مقایسه درون گروهی تحقیق حاضر، بهبود معنادار متغیر میانگین سرعت COP، تنها در جهت AP و در تست هایی است که سطح اتکا کاهش یافته است (STEO و STEC) مشاهده گردید. اما در مقایسه بین گروهی که با استفاده از آزمون تحلیل کواریانس و با در نظر گرفتن امتیازات پیش آزمون انجام گرفته است، آزمودنی های گروه تجربی توانسته اند در تمامی تست ها و در هر دو جهت ML و AP امتیازات پس آزمون بالاتری نسبت به گروه کنترل به دست بیارونـد (جدول ۴). لازم به ذکر است در تحقیق ابیولیا میکو و همکاران (۲۰۱۸) علاوه بر اینکه نوع پارامتر COP و تست انتخاب شده (رومبرگ) با مطالعه حاضر متفاوت است، مدت زمان تمرین (۱۲ ماه) نیز به طور واضح بیشتر از پژوهش حاضر (۱۲ هفته) می باشد. پژوهش دیگری که به ارزیابی تعادل افراد مبتلا به پوکی استخوان با استفاده از روش های آزمایشگاهی پرداخته است توسط بارک توماس و همکاران (۲۰۱۰) انجام شده است. این محققان برای سنجش تعادل ایستا از تست (LOS Limit of Stability) استفاده کرده اند، با استفاده از سرعت میانگین COP، به ارزیابی وضعیت تعادلی آزمودنی ها پرداختند

[Downloaded from ijm.ir on 2026-09-15]

[DOI: 10.22034/ijm.12.3.5]

و متوجه شدند که ۸ هفته تمرینات تعادلی و قدرتی می تواند به طور موثری تعادل افراد مبتلا به پوکی استخوان را بهبود ببخشد (۱۸). نتایج این پژوهش نیز با مطالعه حاضر هم سو می باشد. از سوی دیگر جاپ اسوانبرگ و همکاران (۲۰۰۷) نیز تاثیر ۳ ماه تمرین ترکیبی (قدرتی، تعادلی، هماهنگی و استقامتی) را بر تعادل ایستای آزمودنی ها با استفاده از تست ایستادن روی دو پا در وضعیت با چشمان باز بررسی کردند. این پژوهشگران تعادل آزمودنی ها را بلافاصله بعد از اتمام جلسات تمرینی و همچنین ۶ و ۱۲ ماه بعد، مورد سنجش قرار دادند و متوجه شدند که دامنه جا به جایی COP در ماه سوم و ششم ارزیابی ها، نسبت به اندازه گیری های پیش آزمون در جهت AP کاهش یافته است، اما تغییر معناداری در جهت ML رخ نداده است (۲۱). نتایج این مطالعه نیز با نتایج پژوهش حاضر که نشان دهنده پیشرفت مشهود تر آزمودنی های گروه تجربی در جهت AP در تست های STEO و STEC بود، همسو می باشد.

ثابت شده است که همراه با افزایش سن، تغییرات فیزیولوژیکی در بدن روی می دهد و این تغییرات با کاهش قدرت عضلات، کاهش دامنه حرکتی مفاصل و تاخیر در زمان عکس العمل همراه می باشند (۲۵, ۲۶). از طرفی حجم ماده خاکستری مغز همراه با افزایش سن کاهش می یابد و بین حجم ماده خاکستری و توانایی انجام وظایف شناختی همبستگی مثبت و معناداری وجود دارد (۳۴). هر یک از موارد ذکر شده می تواند تاثیر منفی بر عملکرد تعادلی فرد داشته باشد. به طور مثال در پژوهش های مختلف گزارش شده است که ریسک خطر افتادن در سالمندان و قدرت عضلات اندام تحتانی همبستگی مثبت و بالایی دارند (۱۵, ۳۵). بنابراین اجرای تمرینات ورزشی مقاومتی و تعادلی منظم، مناسب و پیشرونده، از طریق افزایش تعادل و قدرت عضلانی آزمودنی ها، می تواند خطر افتادن را کاهش دهد. همچنین ثابت شده است که بین توانایی انجام وظایف شناختی و توانایی های تعادلی سالمندان نیز همبستگی مثبتی وجود دارد چرا که هر دو از مسیرهای مشترک عصبی برخوردار هستند. پژوهشگران نشان داده اند تمرینات مقاومتی، تعادلی و یا ترکیبی از هر دو نوع، می تواند زوال عملکردهای شناختی مرتبط با سن را به تاخیر بیندازد و از این طریق منجر به بهبود تعادل شوند (۳۴). از سوی دیگر ترس از افتادن و کاهش اعتماد به نفس تعادل که در بسیاری از بیماران مبتلا به پوکی استخوان نیز مشاهده می شود، هر دو از جمله مشکلات روانی هستند که سطح فعالیت فیزیکی فرد را کاهش می دهند و در نتیجه منجر به اختلال عملکرد فیزیکی می شوند. ضعف عملکرد فیزیکی، به نوبه خود، بر توانایی عصبی-عضلانی، افزایش ریسک از دست دادن تعادل و متعاقبا ترس از افتادن تاثیر می گذارد و در نتیجه این چرخه معیوب، ادامه دار می شود. گزارش شده است تمرینات مقاومتی، تعادلی و یا ترکیبی از هر دو می تواند اعتماد به نفس تعادل را بهبود بخشند و ترس از افتادن را کاهش دهند (۲۵, ۲۶, ۳۴). با توجه به تمام موارد گفته شده و با عنایت به اینکه تمرینات به کار گرفته شده در این مطالعه برگرفته از برنامه های تمرینی Otago و ROPE هستند که به طور ویژه بر روی پارامترهای قدرت عضلانی و تعادل آزمودنی ها متمرکز می باشند، می توان بهبود تعادل آزمودنی ها را از طریق اجرای تمرینات به کار گرفته شده در پژوهش حاضر انتظار داشت.

با دقت در اطلاعات جدول ۳ متوجه می شویم که تاثیر تمرینات در تست های STEO و STEC، در جهت AP مشهود تر از جهت ML می باشد. با توجه به اینکه کنترل قامت در جهت ML بیشتر توسط عضلات آبداکتور و آداکتور ران انجام می شود، اما در جهت AP توسط عضلات پلنتار فلکسور و دورسی فلکسور مچ پا انجام می گیرد، همچنین آناتومی مچ پا به گونه ای است که درجه آزادی حرکات در جهت AP نسبت به جهت ML بیشتر است. از طرفی ماهیت تمرینات تعادلی به گونه ای است که به طور بالقوه تاثیر بیشتری روی عضلاتی می گذارند که وظیفه کنترل نوسانات قامت در جهت AP را بر عهده دارند نسبت به عضلاتی که این وظیفه را در جهت ML ایفا می کنند (۳۵, ۳۶). بنابراین منطقی به نظر می رسد که تاثیر تمرینات در جهت AP مشهودتر از جهت ML باشد.

در مطالعه حاضر، کاهش در تعادل آزمودنی های گروه کنترل که در برنامه تمرینی شرکت نمی کردند، مشاهده شد بنابراین می توان گفت افراد مبتلا به پوکی استخوان در صورتی که از تمرینات منظم و مناسب ورزشی بهره نگیرند به مرور زمان تعادل آن ها کاهش و متعاقباً احتمال افتادن ایشان افزایش می یابد.

در نهایت، یافته‌های این پژوهش با تأکید بر اثربخشی تمرینات تعادلی-قدرتی مبتنی بر پروتکل های استاندارد، نشان می دهند که مداخلات ورزشی هدفمند و ایمن می

[Downloaded from ijm.ir on 2026-09-15]

[DOI: 10.22034/ijm.12.3.5]

توانند نقش مؤثری در ارتقاء کنترل قامتی و کاهش خطر افتادن در سالمندان مبتلا به پوکی استخوان ایفا کنند. بهره گیری از آزمون های معتبر و ایمن، با تمرکز بر کاهش سطح اتکا در آزمودنی های در معرض خطر شکستگی ناشی از افتادن، جهت ارزیابی تعادل کلینیکی و همچنین استفاده هم زمان از شاخص های آزمایشگاهی و عملکردی، زمینه را برای ارائه داده هایی فراهم کرده است که می توانند در تدوین برنامه های پیشگیرانه و توانبخشی برای جمعیت های آسیب‌پذیر مورد استفاده قرار گیرند.

نتیجه گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که اجرای دوازده هفته تمرینات تعادلی-قدرتی می تواند منجر به بهبود تعادل زنان مبتلا به استئوپروز شود، بنابراین به افراد مبتلا به این بیماری پیشنهاد می شود جهت پیشگیری از افتادن، شکستگی های مرتبط با آن و مشکلات و ناتوانی های حاصل از شکستگی های پوکی استخوانی از تمرینات تعادلی-قدرتی بهره بگیرند. پیشنهاد می شود در مطالعات بعدی تمریناتی طراحی و به کار گرفته شوند که به طور ویژه بر روی پارامترهای موثر بر تعادل در جهت داخلی-خارجی موثر هستند، تاثیر این تمرینات در تست های مختلف تعادلی در جهت AP و ML مورد بررسی قرار گیرد و با سایر شیوه های تمرینی مقایسه گردد.

سپاسگزاری

از تمام بیماران و افراد شرکت کننده در پژوهش حاضر و عزیزانی که ما را در این پژوهش یاری رسانده اند، تشکر و قدردانی می شود.

ملاحظات اخلاقی

این مقاله برگرفته از رساله دکترای تخصصی آوا مهدی زاده، گروه بیومانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی است. در اجرای پژوهش ملاحظات اخلاقی مطابق با دستورالعمل کمیته اخلاق پژوهشکده علوم حرکتی دانشگاه خوارزمی در نظر گرفته شده و کد اخلاق به شماره (IR-KHU.KRC.1000.220) دریافت شده است.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع نداد.

References

1. Ghasemi S RA, Basiri Z. The effect of combined exercise on bone mineral density of premenopausal females. Education and Community Health. 2016;9(3):36-42. https://doi.org/10.21859/jech-03015
2. Braddom RL. Physical medicine and rehabilitation e-book: Elsevier Health Sciences; 2010. 690-714 p.
3. Sun C, Chen M, Wang X, Qi B, Yin H, Ji Y, et al. Effect of Baduanjin exercise on primary osteoporosis: study protocol for randomized controlled trial. BMC Complement Med Ther. 2023;23(1):325. https://doi.org/10.1186/s12906-023-04161-y
4. Zhu Z, Yu P, Wu Y, Tan Z, Ling J, Ma J, et al. Sex specific global burden of osteoporosis in 204 countries and territories, from 1990 to 2030: an age-period-cohort modeling study. The Journal of nutrition, health and aging. 2023;27(9):767-74. https://doi.org/10.1007/s12603-023-1971-4
5. Hadji P, Esterberg E, Obermüller D, Bartsch R. Bone evaluation study-2: update on the epidemiology of osteoporosis in Germany. Archives of osteoporosis. 2024;19(1):26. https://doi.org/10.1007/s11657-024-01380-9
6. Gillespie LD, Robertson MC, Gillespie WJ, Sherrington C, Gates S, Clemson L, et al. Interventions for preventing falls in older people living in the community. Cochrane database of systematic reviews. 2012(9). https://doi.org/10.1002/14651858.CD007146.pub3
7. Pisani P, Renna MD, Conversano F, Casciaro E, Di Paola M, Quarta E, et al. Major osteoporotic fragility fractures: Risk factor updates and societal impact. World journal of orthopedics. 2016;7(3):171. https://doi.org/10.5312/wjo.v7.i3.171
8. Berk E, Koca TT, Güzelsoy SS, Nacitarhan V, Demirel A. Evaluation of the relationship between osteoporosis, balance, fall risk, and audiological parameters. Clinical rheumatology. 2019;38:3261-8. https://doi.org/10.1007/s10067-019-04655-6
9. Miko I, Szerb I, Szerb A, Bender T, Poor G. Effect of a balance-training programme on postural balance, aerobic capacity and frequency of falls

[Downloaded from ijm.ir on 2026-09-15]

[DOI: 10.22034/ijm.12.3.5]

in women with osteoporosis: A randomized controlled trial. J Rehabil Med. 2018;50(6):542-7. https://doi.org/10.2340/16501977-2349

10. Madureira MM, Takayama L, Gallinaro A, Caparbo V, Costa R, Pereira RM. Balance training program is highly effective in improving functional status and reducing the risk of falls in elderly women with osteoporosis: a randomized controlled trial. Osteoporosis international. 2007;18:419-25. https://doi.org/10.1007/s00198-006-0252-5
11. Berry SD, Miller RR. Falls: epidemiology, pathophysiology, and relationship to fracture. CurrOsteoporosisRep. 2008;6(4):149-54. https://doi.org/10.1007/s11914-008-0026-4
12. Quijoux F, Nicolaï A, Chairi I, Bargiotas I, Ricard D, Yelnik A, et al. A review of center of pressure (COP) variables to quantify standing balance in elderly people: Algorithms and open-access code. PhysiolRep. 2021;9(22):e15067. https://doi.org/10.14814/phy2.15067
13. Zemková E. Physiological mechanisms of exercise and its effects on postural sway: Does sport make a difference? Frontiers in physiology. 2022;13:792875. https://doi.org/10.3389/fphys.2022.792875
14. Yilmaz N, Kösehasanoğulları M. The effectiveness of virtual reality exercise games on balance functions and fear of falling in women with osteoporosis. Rheumatol Int. 2024;44(6):1071-6. https://doi.org/10.1007/s00296-024-05569-6
15. Ahmadi Kakavandi M, Alikhani S, Azizbeigi K. The Effect of Body Pump Training on Bone Mineral Density and Balance in Postmenopausal Women. Iranian Journal of Health Education and Health Promotion. 2019;7(3):316-27. https://doi.org/10.29252/ijhehp.7.3.316
16. Miko I, Szerb I, Szerb A, Bender T, Poor G. Effect of a balance-training programme on postural balance, aerobic capacity and frequency of falls in women with osteoporosis: A randomized controlled trial. Journal of rehabilitation medicine. 2018;50(6):542-7. https://doi.org/10.2340/16501977-2349
17. Otero M, Esain I, González-Suarez ÁM, Gil SM. The effectiveness of a basic exercise intervention to improve strength and balance in women with osteoporosis. Clinical interventions in aging. 2017:505-13. https://doi.org/10.2147/CIA.S127233
18. Burke TN, França FJR, de Meneses SRF, Cardoso VI, Marques AP. Postural control in elderly persons with osteoporosis: efficacy of an intervention program to improve balance and muscle strength: a randomized controlled trial. Am J Phys Med Rehabil. 2010;89(7):549-56. https://doi.org/10.1097/PHM.0b013e3181ddccd2
19. Smulders E, Weerdesteyn V, Groen BE, Duysens J, Eijsbouts A, Laan R, et al. Efficacy of a short multidisciplinary falls prevention program for elderly persons with osteoporosis and a fall history: a randomized controlled trial. Archives of physical medicine and rehabilitation. 2010;91(11):1705-11. https://doi.org/10.1016/j.apmr.2010.08.004
20. Gunendi Z, Ozyemisci-Taskiran O, Demirsoy N. The effect of 4-week aerobic exercise program on postural balance in postmenopausal women with osteoporosis. Rheumatol Int. 2008;28:1217-22. https://doi.org/10.1007/s00296-008-0651-3
21. Swanenburg J, de Bruin ED, Stauffacher M, Mulder T, Uebelhart D. Effects of exercise and nutrition on postural balance and risk of falling in elderly people with decreased bone mineral density: randomized controlled trial pilot study. ClinRehabil. 2007;21(6):523-34. https://doi.org/10.1177/0269215507075206
22. Riemann BL, Piersol K. Intersession reliability of self-selected and narrow stance balance testing in older adults. Aging Clin Exp Res. 2017;29:1045-8.https://doi.org/10.1007/s40520-016-0687-2
23. Rhea CK, Kiefer AW, Wright WG, Raisbeck LD, Haran FJ. Interpretation of postural control may change due to data processing techniques. Gait Posture. 2015;41(2):731-5. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.01.008
24. Alsubaie SF, Whitney SL, Furman JM, Marchetti GF, Sienko KH, Sparto PJ. Reliability of postural sway measures of standing balance tasks. Journal of applied biomechanics. 2019;35(1):11-8. https://doi.org/10.1123/jab.2017-0322
25. Jorgensen MG. Assessment of postural balance in community-dwelling older adults. DanMedJ. 2014;61(1):B4775.
26. Hsu W-L, Chen C-Y, Tsauo J-Y, Yang R-S. Balance control in elderly people with osteoporosis. Journal of the Formosan Medical Association. 2014;113(6):334-9. https://doi.org/10.1016/j.jfma.2014.02.006

[Downloaded from ijm.ir on 2026-09-15]

[DOI: 10.22034/ijm.12.3.5]

27. Ayvat E, Doğan M, Ayvat F, Kılınç ÖO, Sütçü G, Kılınç M, et al. Usefulness of the Berg Balance Scale for prediction of fall risk in multiple sclerosis. Neurological sciences. 2024;45(6):2801-5. https://doi.org/10.1007/s10072-024-07318-w
28. Savvakis I, Adamakidou T, Kleisiaris C. Physical-activity interventions to reduce fear of falling in frail and pre-frail older adults: a systematic review of randomized controlled trials. European geriatric medicine. 2024;15(2):333-44. https://doi.org/10.1007/s41999-024-00944-9
29. Clark VM, Burden AM. A 4-week wobble board exercise programme improved muscle onset latency and perceived stability in individuals with a functionally unstable ankle. Physical therapy in sport. 2005;6(4):181-7. https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2005.08.003
30. Alfieri FM, Riberto M, Gatz LS, Ribeiro CPC, Lopes JAF, Battistella LR. Comparison of multisensory and strength training for postural control in the elderly. Clinical interventions in aging. 2012:119-25. https://doi.org/10.2147/CIA.S27747
31. Fujimoto M, Hsu W-L, Woollacott MH, Chou L-S. Ankle dorsiflexor strength relates to the ability to restore balance during a backward support surface translation. Gait Posture. 2013;38(4):812-7. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2013.03.026
32. Mackey DC, Robinovitch SN. Mechanisms underlying age-related differences in ability to recover balance with the ankle strategy. Gait Posture. 2006;23(1):59-68. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2004.11.009
33. Pijnappels M, Reeves ND, Maganaris CN, Van Dieen JH. Tripping without falling; lower limb strength, a limitation for balance recovery and a target for training in the elderly. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2008;18(2):188-96. https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2007.06.004
34. Chiu H-L, Yeh T-T, Lo Y-T, Liang P-J, Lee S-C. The effects of the Otago Exercise Programme on actual and perceived balance in older adults: A meta-analysis. PLoS one. 2021;16(8):e0255780. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0255780
35. Board D, Stemper BD, Yoganandan N, Pintar FA, Shender B, Paskoff G. Biomechanics of the aging spine. Biomedical sciences instrumentation. 2006;42:1-6.
36. Fransz DP, Huurnink A, de Boode VA, Kingma I, van Dieën JH. The effect of the stability threshold on time to stabilization and its reliability following a single leg drop jump landing. Journal of biomechanics. 2016;49(3):496-501. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2015.12.048

[Downloaded from ijm.ir on 2026-09-15]

[DOI: 10.22034/ijm.12.3.5]