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

Vol 10, No 4, Winter 2026

The Effect of Perturbation-agility Exercises on the Functional Status, Balance and Pain of the Elderly with Knee Osteoarthritis: A Systematic Review and Meta-analysis

Fereshteh Kazemi Pakdel[1], Ahmad Kazemi Pakdel[2], Parisa Sedaghati[3*]

1- MSc of Sport Injuries and Corrective Exercise, Faculty of Physical Educationand Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.
2- MSc of Sport Injuries and Corrective Exercise, Faculty of Physical Educationand Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.
3- Associate Professor Department of Sport Injurie and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education & Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.

Corresponding author: Parisa Sedaghati, Associate Professor Department of Sport Injurie and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education & Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.
Email: parisasedaghati@yahoo.com

Received: 2025/08/19 Accepted: 2025/09/21

Abstract

Introduction: Osteoarthritis, a prevalent joint condition, presents considerable public health challenges, particularly among the elderly population. Consequently, this systematic review investigates the impact of agility-based exercises on functional status, balance, and pain in older adults suffering from knee osteoarthritis.

Methods: Primary sources were collected from three databases: PubMed, SCOPUS, and Web of Science. The search encompassed all years up to August 17, 2025. For the analysis, standardized mean differences (SMD), weighted mean differences, and 95% confidence intervals (CIs) were calculated using either random or fixed-effect models, depending on the appropriateness of the data.

Results: Following the screening process, a total of 15 studies involving 647 participants were included in this systematic review. The meta-analysis results indicated that aerobic exercise training significantly enhanced functional status (p=0.001, [95% CI: 1.82-2.87]), balance (p=0.001, [95% CI: 1.33-1.08]), and pain levels (p=0.001, [95% CI: 1.52-1.74]) in elderly individuals with knee osteoarthritis.

Conclusions: The current meta-analysis demonstrates that agility-based exercises positively impact functional status, balance, and pain reduction in elderly individuals with knee osteoarthritis. These findings highlight the significance and necessity of agility exercises in enhancing the quality of life for this population and propose them as an effective approach for managing the symptoms of the condition. Based on these results, it is recommended that agility-based exercise programs be integrated as a therapeutic strategy in the management of knee osteoarthritis among the elderly. Furthermore, future research should investigate the specific mechanisms underlying the effects of this type of exercise and explore their long-term impacts.

Keywords: Physical activity, Agitation exercises, Aged, Knee osteoarthritis, Physical performance.

دوره ۱۰ شماره ٤، زمستان ١٤٠٤

تأثیر تمرینات مبتنی بر اغتشاشی–چابکی بر وضعیت عملکردی، تعادل و درد سالمندان دارای استئوآرتریت زانو: یک مطالعه مروری سیستماتیک و فراتحلیل

فرشته کاظمی پاکدل[۱]، احمد کاظمی پاکدل[۲]، پریسا صداقتی[۳*]

۱. کارشناسی ارشد آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۲. کارشناسی ارشد آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۳. دانشیار گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

نویسنده مسئول: پریسا صداقتی، دانشیار گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
ایمیل: parisasedaghati@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۵/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۶/۳۰

چکیده

مقدمه: استئوآرتریت به عنوان یک اختلال شایع مفصلی، به ویژه در میان افراد مسن، چالش‌های قابل توجهی را در زمینه سلامت عمومی ایجاد می‌کند؛ بنابراین، این مرور سیستماتیک تأثیر تمرینات مبتنی بر اغتشاشی–چابکی بر وضعیت عملکردی، تعادل و درد سالمندان دارای استئوآرتریت زانو را بررسی می‌کند.

روش کار: منابع اولیه از ۳ پایگاه داده شامل PubMed، SCOPUS و Web of Science به دست آمدند. دوره جستجو شامل تمامی سال‌ها تا ۱۷ آگوست ۲۰۲۵ بود. تفاوت‌های میانگین استاندارد شده (SMD)، تفاوت‌های میانگین وزنی و بازه‌های اطمینان ۹۵ درصد (CIs) با استفاده از مدل‌های تصادفی یا اثر ثابت برای نتایج محاسبه شدند.

یافته ها: پس از فرآیند غربالگری، در مجموع ۱۵ مطالعه شامل ۶۴۷ شرکت‌کننده در این مرور سیستماتیک گنجانده شدند. نتایج فراتحلیل نشان داد که تمرینات هوازی منجر به بهبود وضعیت عملکردی (p =/۰۰۱، CI:۱/۸۲–۲/۸۷ ٪۹۵ ۲/۳۵)، تعادل (p= ۰/۰۰۱، CI:۱/۰۸–۱/۵۸ ٪۹۵ ۱/۳۳)، و درد (p=۰/۰۰۱، CI:۱/۳۱–۱/۷۴ ٪۹۵ ۱/۵۲) سالمندان دارای استئوآرتریت زانو شده است.

نتیجه‌گیری: مطالعه مروری فراتحلیل حاضر نشان داد که تمرینات مبتنی بر اغتشاشی–چابکی تأثیر مثبتی بر وضعیت عملکردی، تعادل و کاهش درد در سالمندان مبتلا به استئوآرتریت زانو دارد. این نتایج نه‌تنها اهمیت و ضرورت تمرینات چابکی را در بهبود کیفیت زندگی سالمندان مورد تأکید قرار می‌دهند، بلکه به عنوان یک روش مؤثر در مدیریت علائم این بیماری مطرح می‌شوند. با توجه به این نتایج، پیشنهاد می‌شود که برنامه‌های تمرینی مبتنی بر چابکی به‌عنوان یک استراتژی درمانی در مدیریت استئوآرتریت زانو در سالمندان در نظر گرفته شود. همچنین، تحقیقات آینده باید بر روی مکانیزم‌های دقیق‌تر تأثیر این نوع تمرینات و همچنین بررسی اثرات بلندمدت آن‌ها تمرکز کنند.

کلیدواژه‌ها: فعالیت بدنی، تمرینات اغتشاشی، سالمند، استئوآرتریت زانو، عملکرد بدنی.

مقدمه

استئوآرتریت به عنوان یک اختلال شایع مفصلی، به ویژه در میان افراد مسن، چالش‌های قابل توجهی را در زمینه سلامت عمومی ایجاد می‌کند (۱). تأثیر اقتصادی این بیماری به طور قابل توجهی بالاست، به طوری که هزینه‌های مربوط به درمان و مدیریت آن به ده‌ها میلیارد دلار برای دولت‌ها می‌رسد (۲). استئوآرتریت زانو با نشانه‌های فیزیکی متنوعی از جمله درد، سفتی مفاصل، محدودیت در فعالیت‌های بدنی و کاهش تحرک مفاصل مشخص می‌شود. بیماران مبتلا به این بیماری معمولاً در سرعت و کیفیت راه رفتن، تعادل و وضعیت عملکردی دچار اختلال می‌شوند و همچنین در انجام فعالیت‌هایی مانند بالا رفتن از پله‌ها و بلند شدن از حالت نشسته با مشکل مواجه می‌گردند (۳). به منظور کاهش عوارض ناشی از استئوآرتریت زانو، مجموعه‌ای از استراتژی‌های مدیریتی مختلف پیشنهاد شده است.

این گزینه‌ها شامل روش‌های جراحی نظیر آرتروسکوپی ، استئوتومی و تعویض مفصل و همچنین مداخلات غیرجراحی مانند استفاده از دستگاه‌های ارتز و اصلاح سبک زندگی می‌باشند (۴). در میان این گزینه‌ها، تمرینات ورزشی به ویژه در مدیریت علائم و بهبود نتایج برای افراد مبتلا به آرتروز زانو به عنوان یک رویکرد مؤثر شناخته می‌شوند (۵, ۶). در این راستا، چندین مطالعه مروری به بررسی تأثیر روش‌های ورزشی مختلف بر روی بیماران مبتلا به آرتروز زانو پرداخته‌اند.

برنامه‌های ورزشی برای بیماران مبتلا به آرتروز زانو، به ویژه در افزایش تسکین درد و قدرت، به عنوان ایمن و مؤثر شناخته شده‌اند. به‌خصوص، تمرینات تعادلی به کاهش درد و سفتی مفاصل کمک کرده و در عین حال عملکرد فیزیکی را بهبود می‌بخشند (۷). جالب اینجاست که مزایای بالینی این روش‌های ورزشی با تغییرات در گشتاور نزدیک شدن زانو همبستگی ندارند، که نشان‌دهنده این است که بهبودها ممکن است ناشی از تغییرات در کنترل عصبی-عضلانی باشد تا بارگذاری مفصل (۸). علاوه بر این، درمان شناختی می‌تواند به عنوان یک مکمل ارزشمند برای درمان‌های مرسوم آرتروز زانو، به ویژه در مدیریت درد، عمل کند؛ با این حال، برای ارزیابی تأثیر آن بر کیفیت زندگی به دستورالعمل‌های بیشتری نیاز است (۹). ترکیب ورزش با مداخلات آموزشی نیز نشان داده است که می‌تواند سطح فعالیت بدنی را افزایش داده و درد را در بیماران مبتلا به آرتروز لگن و زانو کاهش دهد، اگرچه شواهد موجود به دلیل سوگیری دارای محدودیت‌هایی هستند (۵). در نهایت، اگرچه تمرینات تعادلی به‌طور قابل توجهی تعادل و عملکرد را در بیماران مبتلا به آرتروز زانو بهبود می‌بخشند، اثرات آن‌ها بر وضعیت عملکردی، درد و تعادل به دلیل تعداد محدود مطالعات موجود کمتر مشخص است.

فیتزجرالد و همکاران (۲۰۰۲) رویکرد اختلال تعادل را به منظور کمک به بیماران مبتلا به آرتروز زانو معرفی کردند که شامل تکنیک‌های آموزش چابکی و اختلال است. این رویکرد به چالش‌های حرکتی مختلفی که بیماران در فعالیت‌های روزمره با آن‌ها مواجه می‌شوند، می‌پردازد، از جمله توقف‌ها و شروع‌های سریع، چرخش‌ها و تغییرات در جهت حرکت، و عبور از موانع (۱۰). تمرینات چابکی به تقویت توانایی فرد در پاسخ به تغییرات ناگهانی محیط کمک می‌کند و شامل فعالیت‌هایی نظیر دویدن کوتاه، چرخش در حین حرکت و عبور از موانع است که به بهبود هماهنگی و کنترل حرکتی منجر می‌شود. از سوی دیگر، آموزش اختلال با استفاده از تخته‌های غلتان و مایل به تقویت تعادل و ثبات بیماران می‌پردازد. این تمرینات به بیماران کمک می‌کند تا در شرایط ناهموار و متغیر تعادل خود را حفظ کنند و شامل فعالیت‌هایی نظیر ایستادن و راه رفتن بر روی این تخته‌ها می‌باشد. مزایای این رویکرد شامل کاهش خطر سقوط، بهبود عملکرد روزمره و افزایش اعتماد به نفس در بیماران است (۱۱). با وجود این، نیاز به تحقیقات بیشتری برای مقایسه و ارزیابی اثرات این برنامه‌ها بر روی وضعیت عملکردی، تعادل و درد زندگی بیماران آرتروز زانو وجود دارد تا بتوان به توسعه برنامه‌های درمانی بهینه و شخصی‌سازی شده کمک کرد.

با توجه به چالش‌های قابل توجه سلامتی ناشی از آرتروز زانو، به ویژه در میان سالمندان، نیاز مبرمی به بررسی

استراتژی‌های مدیریتی مؤثر وجود دارد که می‌توانند نتایج بیمار را بهبود بخشند. بار اقتصادی آرتروز نیز قابل توجه است و این امر اهمیت یافتن مداخلات مقرون به صرفه را برجسته می‌کند. در حالی که مطالعات قبلی ایمنی و اثربخشی روش‌های مختلف ورزشی را در مدیریت آرتروز زانو نشان داده‌اند، هنوز شکافی در ادبیات وجود دارد که به‌طور خاص به تأثیر تمرینات اغتشاشی-چابکی بر وضعیت عملکردی، تعادل و درد در این جمعیت می‌پردازد؛ بنابراین، انجام یک بررسی سیستماتیک و فراتحلیل برای بررسی این اثرات ضروری است، زیرا می‌تواند بینش‌های ارزشمندی در مورد چگونگی استفاده از تمرینات مبتنی بر اغتشاش بر وضعیت عملکردی، تعادل و درد افراد مبتلا به آرتروز زانو ارائه دهد. این تحقیق در نهایت می‌تواند به استراتژی‌های توانبخشی هدفمندتر و مؤثرتر کمک کند، اتکا به درمان‌های تهاجمی‌تر را کاهش دهد و مراقبت از بیمار را بهبود بخشد.

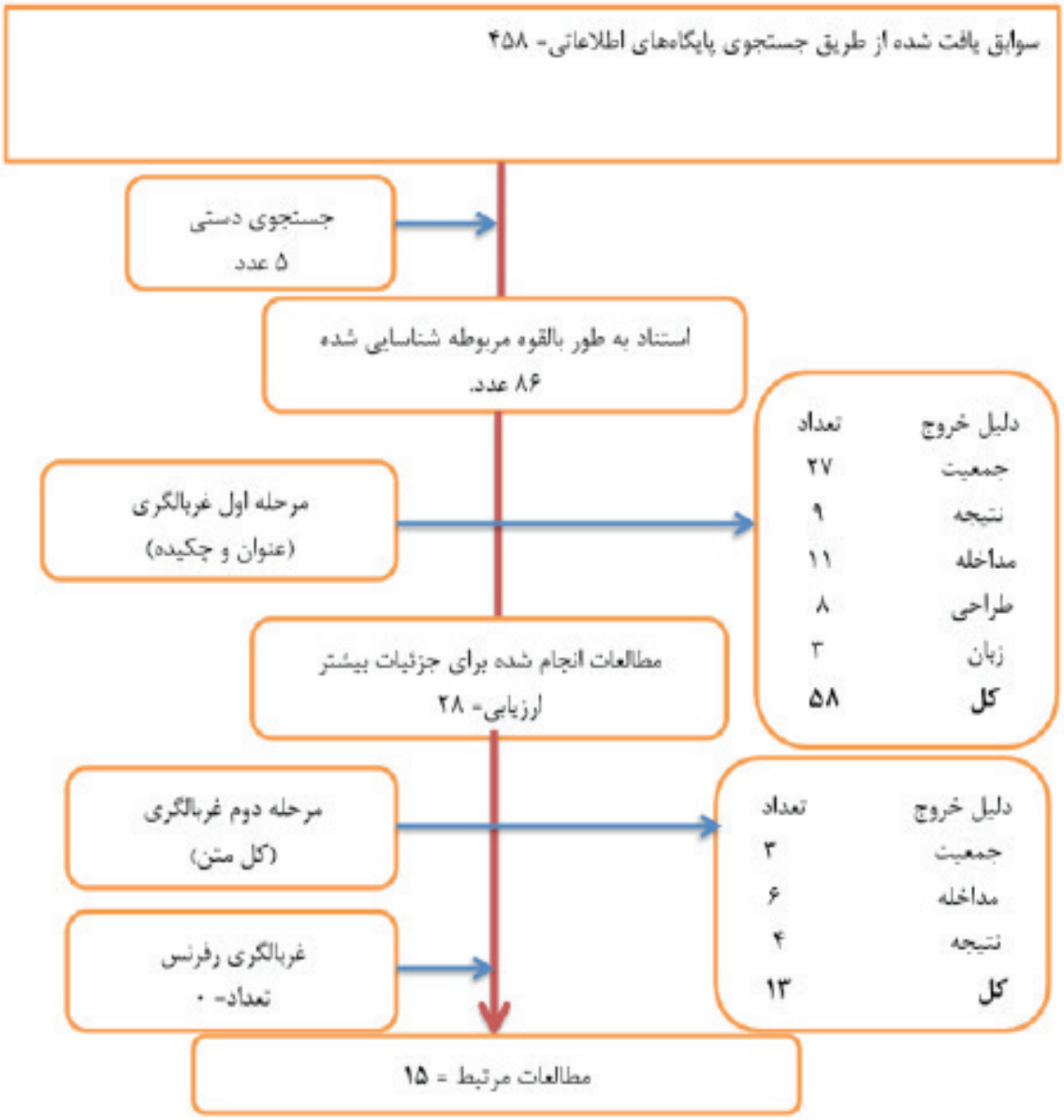
روش کار

این مرور سیستماتیک بر اساس راهنمایی‌های اقلام گزارش‌دهی ترجیحی برای مرورهای سیستماتیک و فراتحلیل‌ها (PRISMA) انجام شده است. PRISMA یک چارچوب معتبر است که هدف آن بهبود شفافیت و جامعیت گزارش‌های مربوط به مرورهای سیستماتیک و فراتحلیل‌ها می‌باشد. در این راستا، مراحل مختلف مرور شامل شناسایی، انتخاب و ارزیابی مطالعات مرتبط با موضوع مورد نظر به دقت مستند شده است. همچنین، معیارهای ورود و خروج، روش‌های جستجو، و فرآیند استخراج داده‌ها به‌طور واضح تعریف و توصیف گردیده‌اند. این رویکرد نه تنها اعتبار علمی مرور را افزایش می‌دهد، بلکه امکان تکرارپذیری و بررسی مجدد نتایج را برای پژوهشگران دیگر فراهم می‌آورد. با رعایت اصول PRISMA، این مرور سیستماتیک به دنبال ارائه یک نمای جامع و دقیق از شواهد موجود در زمینه موضوع مورد بررسی است.

استراتژی جستجو

منابع اولیه از سه پایگاه داده شامل PubMed، SCOPUS، و Web of Science جمع‌آوری شدند. دوره جستجو شامل تمامی سال‌ها تا ۱۷ آگوست ۲۰۲۵ بود. در ابتدا، اصطلاحات MeSH به‌عنوان مبنایی برای انتخاب کلمات کلیدی مورد استفاده قرار گرفتند و سپس برای شامل کردن تمامی مطالعات مرتبط تنظیم شدند. همچنین، برای گسترش دامنه جستجو، از Google Scholar بهره‌برداری شد که مقالاتی از منابع مختلف را در بر می‌گرفت. پس از مرحله انتخاب، مراجع مطالعات شامل‌شده مورد بررسی قرار گرفتند تا هرگونه ارجاع احتمالی که ممکن بود از دست رفته باشد، شناسایی شود. این پایگاه‌های داده الکترونیکی با استفاده از ترکیب‌های زیر از گروه‌های کلمات کلیدی جستجو شدند: (۱) elder OR old OR “older adult” OR senescent OR senile OR aged OR gray OR geriatric OR age OR aging OR older adults OR “oldest-old” OR “very old” OR “advancing age”; (۲) AND Perturbation Exercises” OR “Motor Perturbation Training” OR “Balance Training Knee Pain” OR “Knee” (۳) under Perturbation”; AND osteoarthritis” OR “Chronic Knee Pain” OR “Joint Pain in the Knee”.

همچنین در پایگاه‌های فارسی شامل MAGIRAN، IRANDOC، IranMedex، MedLib، SID و Google Scholar با استفاده از کلیدواژه‌های معادل جستجو انجام شد (شکل ۱).



شکل ۱. روند انتخاب مقالات تحقیق

معیارهای واجد شرایط بودن

معیارهـای ورود بـه مطالعـه بـه شـرح زیـر بـود: (۱) جمعیـت: سـالمندان دارای اسـتوآرتریت؛ (۲) مداخلـه: تمرینـات مبتنـی بـر اغتشـاش؛ (۳) مقایسـه‌کننده: تمرینـات مبتنـی بـر اغتشـاش در مقابـل کنتـرل غیـر تمرینـی؛ (۴) نتایـج: گـزارش وضعیـت عملکـردی، تعـادل و درد؛ (۵) طرح‌هـای مطالعـه: کارآزمایی‌هـای تصادفـی؛ (۶) زبـان مقـالات: مقـالات بررسـی شـده بایـد بـه زبان‌هـای انگلیسـی و فارسـی منتشـر شـده باشـند. دو محقـق مسـتقل جسـتجو را انجـام داده و به‌طـور جداگانـه عنـوان و چکیده‌هـا را بـا اسـتفاده از معیارهـای فـوق غربالگـری کردنـد و هرگونـه اختـلاف نظـر نیـز مـورد مذاکـره قـرار گرفـت. همچنیـن اختـلاف نظـر بیـن دو محقـق توسـط محقـق سـوم صـورت گرفـت.

استخراج داده‌ها

داده‌هـای مطالعـات به‌طـور مسـتقل توسـط محققـان بـا اسـتفاده از معیارهـای متنوعـی اسـتخراج شـد. ایـن معیارهـا شـامل نـام نویسـنده اول، طراحـی مطالعـه، ویژگی‌هـای شـرکت‌کنندگان (ماننـد حجـم نمونـه، محـدوده سـنی و مقادیـر میانگیـن و انحراف معیـار (SD) بـرای سـن و جنـس)، روش‌هـای اندازه‌گیـری و واحدهـای آن، برنامه‌هـای آموزشـی و ویژگی‌هـای آموزشـی بودنـد (جـدول ۱).

کیفیت شواهد

نمرات ارزیابی کیفیت برای مطالعات واجد شرایط با استفاده از پایگاه داده شواهد فیزیوتراپی (PEDro) محاسبه شد. نمره کل PEDro که در بازه ۰ تا ۱۱ قرار دارد، شامل عواملی مانند ارائه تحلیل‌های آماری و معیارهای ارزیابی اعتبار داخلی است. مطالعاتی که نمرات بین ۷ تا ۱۱ را کسب کردند، از نظر روش‌شناختی به‌عنوان «بالا» طبقه‌بندی شدند، در حالی که مطالعات با نمرات ۵ تا ۶ به‌عنوان «منصفانه» و مطالعات با امتیاز ≥۴ به‌عنوان «ضعیف» شناخته شدند (۱۲). (جدول ۲).

جدول ۱. اطلاعات اولیه مطالعات وارد شده به مطالعه مروری حاضر

آزمودنی‌ها			جزئیات پروتکل تمرینی گروه تجربی				
منبع، سال	اندازه نمونه	(مرد/زن)	(سن±انحراف استاندارد)	برنامه تمرینی	طول دوره تمرینی، (هفته/ جلسه در هفته)	برنامه تمرینی گروه کنترل	متغیرهای اندازه‌گیری	ابزارهای استفاده شده برای ارزیابی متغیر
وایتیانادانه و همکاران (۲۰۱۴) (۱۳)	۶۰	گزارش نشده است	کل آزمودنی= دامنه سنی ۴۰ تا ۷۰ سال	تمرینات اغتشاشی به همراه چابکی	۵/۶	برنامه‌های تمرینی مرسوم	– وضعیت عملکردی – تعادل	– مقیاس دانشگاه وسترن انتاریو مک مستر – زمان برخاستن و رفتن
تاکاس و همکاران (۲۰۱۷) (۱۴)	۳۶	۲۸/۸	گروه تجربی= ۶۶/۸±۱۰/۷۰ گروه کنترل= ۶۷/۵±۱۰/۴۰	تمرینات اغتشاشی	۴/۱۰	فعالیت‌های عملکردی روزانه	– وضعیت عملکردی – تعادل – درد	– مقیاس دانشگاه وسترن انتاریو مک مستر – مقیاس تعادل و تحرک اجتماعی – مقیاس VAS
رون و همکاران (۲۰۱۳) (۱۵)	۳۰	۱۵/۱۵	گروه تجربی= ۵۹/۵±۱۱/۲۵ گروه کنترل= ۶۱/۵±۱۲/۱۱	تمرینات اغتشاشی به همراه منئوال تراپی	۲/۴	فعالیت‌های عملکردی روزانه	– وضعیت عملکردی	– مقیاس دانشگاه وسترن انتاریو مک مستر
فیتزجرالد و همکاران (۲۰۱۱) (۱۱)	۱۸۳	۱۲۲/۶۱	گروه تجربی= ۶۴/۸±۴۰/۴ گروه کنترل= ۶۳/۸±۳۰/۹۰	تمرینات اغتشاشی به همراه چابکی	۲/۸	فعالیت‌های عملکردی روزانه	– وضعیت عملکردی – درد	– مقیاس دانشگاه وسترن انتاریو مک مستر – مقیاس VAS
سازو–رودریگز و همکاران (۲۰۱۷) (۱۶)	۲۲	۱۶/۶	کل آزمودنی= ۶۹/۱±۵۰/۶۰	تمرینات عصبی–عضلانی اغتشاشی	۳/۸	فعالیت‌های عملکردی روزانه	– وضعیت عملکردی – تعادل	– مقیاس دانشگاه وسترن انتاریو مک مستر – فورس پلیت
فوزی و همکاران (۲۰۲۵) (۱۷)	۴۲	گزارش نشده است	گروه تجربی= ۵۵/۴±۳/۸ گروه کنترل= ۵۵/۴±۹/۰۰	تمرینات مقاومتی اغتشاشی	۳/۴	فعالیت‌های عملکردی روزانه	– وضعیت عملکردی – تعادل	– مقیاس دانشگاه وسترن انتاریو مک مستر – سیستم تعادلی بایودکس
آشتیانی و همکاران (۲۰۱۸) (۱۸)	۳۰	۱۵/۱۵	گروه تجربی= ۴۹/۸±۲۰/۸۰ گروه کنترل= ۵۱/۶±۹۳/۶۴	تمرینات تعادلی– اغتشاشی	۵/۳	فعالیت‌های عملکردی روزانه	– درد	– مقیاس VAS
چودهاری و همکاران (۲۰۱۳) (۱۹)	۵۰	گزارش نشده است	کل آزمودنی= دامنه سنی ۵۰ تا ۶۰ سال	تمرینات اغتشاشی به همراه چابکی	۴/۴	برنامه‌های تمرینی مرسوم	– وضعیت عملکردی – درد	– مقیاس دانشگاه وسترن انتاریو مک مستر – مقیاس VAS
بهرا و همکاران (۲۰۱۹) (۲۰)	۲۰	۱۶/۴	گروه تجربی= ۵۳/۶±۱۱/۱۲ گروه کنترل= ۵۲/۵±۱۲/۳۶	تمرینات اغتشاشی به همراه چابکی	۴/۵	برنامه‌های تمرینی مرسوم	– وضعیت عملکردی – تعادل – درد	– مقیاس دانشگاه وسترن انتاریو مک مستر – آزمون تعادلی وای – مقیاس VAS

کراسیلشیکوف و همکاران (۲۰۱۸) (۲۱)	۳۰	۱۵/۱۵	گروه تجربی= ۵۴/۶±۸۹/۱۶ گروه کنترل= ۵۶/۵±۱۱/۴۹	تمرینات اغتشاشی به همراه چابکی	۳/۱۲	فعالیت‌های عملکردی روزانه	– وضعیت عملکردی – تعادل	– مقیاس دانشگاه وسترن انتاریو مک مستر – زمان برخاستن و رفتن
آپاروئو و همکاران (۲۰۱۵) (۲۲)	۳۰	۱۳/۱۷	گروه تجربی= ۵۷/۴±۰۷/۵۶ گروه کنترل= ۵۷/۵±۵۰/۵۷	تمرینات اغتشاشی به همراه چابکی	۳/۴	فعالیت‌های عملکردی روزانه	– وضعیت عملکردی – درد	– مقیاس دانشگاه وسترن انتاریو مک مستر – مقیاس VAS
راجرز و همکاران (۲۰۱۲) (۲۳)	۴۴	۱۶/۲۸	گروه تجربی= ۷۰/۱۰±۷۰/۷ گروه کنترل= ۷۱/۱۰±۲/۹	تمرینات اغتشاشی–تعادلی به همراه چابکی	۳/۸	فعالیت‌های عملکردی روزانه	– وضعیت عملکردی – تعادل – درد	– مقیاس دانشگاه وسترن انتاریو مک مستر – زمان برخاستن و رفتن – مقیاس VAS
پاتیل و همکاران (۲۰۲۳) (۲۴)	۴۰	۲۰/۲۰	کل آزمودنی= دامنه سنی ۴۰ تا ۶۰ سال	تمرینات تعدیل شده اغتشاشی به همراه چابکی	۳/۳	فعالیت‌های عملکردی روزانه	– وضعیت عملکردی – تعادل – درد	– مقیاس دانشگاه وسترن انتاریو مک مستر – زمان برخاستن و رفتن – مقیاس VAS
سیغامانی و همکاران (۲۰۱۸) (۲۵)	۳۰	۱۵/۱۵	کل آزمودنی= دامنه سنی ۵۰ تا ۷۰ سال	تمرینات اغتشاشی به همراه منئوال تراپی	۳/۳	فعالیت‌های عملکردی روزانه	– تعادل – درد	– زمان برخاستن و رفتن – مقیاس VAS
جوپودی و همکاران (۲۰۱۷) (۲۶)	۶۰	۳۰/۳۰	کل آزمودنی= دامنه سنی ۳۰ تا ۶۰ سال	تمرینات اغتشاشی به همراه منئوال تراپی	۳/۶	فعالیت‌های عملکردی روزانه	– وضعیت عملکردی – تعادل	– مقیاس دانشگاه وسترن انتاریو مک مستر – زمان برخاستن و رفتن

تحلیل‌های آماری

ناهمگنی با استفاده از شاخص I^2 و بر اساس آستانه‌های زیر ارزیابی شد: ۰٪ تا ۳۰٪ به‌عنوان «بدون ناهمگنی»، ۳۰٪ تا ۵۰٪ به‌عنوان «ناهمگنی کم»، ۵۰٪ تا ۷۵٪ به‌عنوان «ناهمگنی متوسط» و ۷۵٪ تا ۱۰۰٪ به‌عنوان «ناهمگنی زیاد» طبقه‌بندی شدند. در این مطالعه، از هر دو مدل اثرات تصادفی و ثابت برای بررسی ناهمگنی بین مطالعات استفاده شد. مدل اثرات تصادفی برای مقادیر I^2 بالای ۵۰٪ به کار گرفته شد (۲۷). تفاوت‌های میانگین استاندارد شده (SMDs)، تفاوت‌های میانگین وزنی و ۹۵٪ CI با استفاده از مدل‌های تصادفی یا اثر ثابت محاسبه شدند. سطح معنی‌داری $p\geq ۰/۰۵$ تعیین گردید. همچنین، برای شناسایی سوگیری‌های انتشار، تفسیر بصری نمودارهای قیف و آزمون‌های Egger مورد استفاده قرار گرفت (۲۸).

یافته ها

فرآیند انتخاب مطالعات در شکل ۱ نشان داده شده است.

با جستجو در منابع الکترونیکی، تعداد ۴۵۸ عنوان به‌دست آمد. همچنین، جستجوی دستی و بررسی منابع مقالات، ۵ عنوان دیگر را به ارمغان آورد. پس از حذف عناوین تکراری، تعداد ۸۶ چکیده برای مرور مشخص شد. بعد از بررسی عنوان و چکیده مقالات، ۵۸ مقاله حذف شدند و ۲۸ مقاله برای مطالعه متن کامل انتخاب گردیدند. پس از بررسی متن کامل این مقالات، ۱۵ مقاله که به بررسی اثر تمرینات هوازی بر عملکرد شناختی و فعالیت الکتریکی مغز در سالمندان مبتلا به اختلال شناختی پرداخته بودند، انتخاب و نتایج آن‌ها گزارش شد.

کیفیت شواهد

بر اساس مقیاس PEDro، از ۱۵ مطالعه‌ای که تأثیر تمرینات مبتنی بر اغتشاشی–چابکی بر وضعیت عملکردی، تعادل و درد سالمندان دارای استئوآرتریت زانو را مورد بررسی قرار دادند، ۸ مطالعه در محدوده امتیاز بالا (بین ۷ تا ۱۱) و ۷

مطالعـه امتیـاز منصفانـه (بیـن ۵ تـا ۶) را کسـب کردنـد. کیفیـت کلـی مقـالات تحـت تجزیه‌وتحلیـل PEDro از کیفیـت مناسـبی برخـوردار بـود کـه نشـان‌دهنده قابلیـت اطمینـان آن‌هـا در انجـام فراتحلیـل حاضـر اسـت (جـدول ۲).

جدول ۲. بررسی کیفیت مطالعات

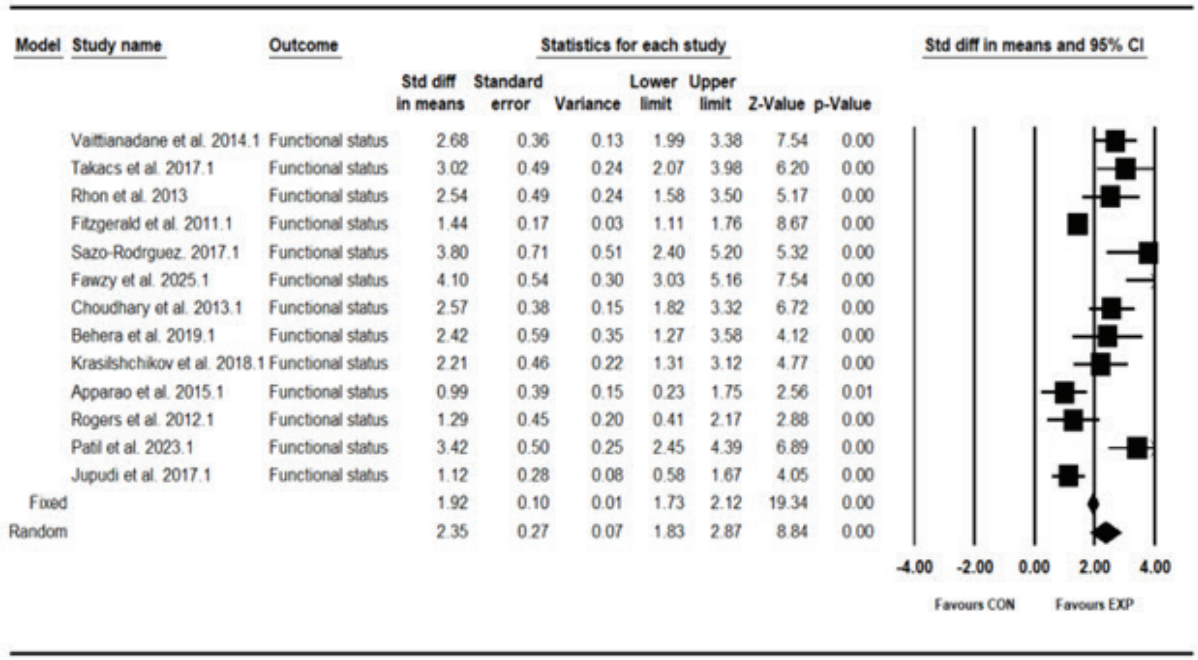
مطالعه	معیارهای ورود	تصادف سازی	مخفی سازی	گروه ها مشابه در پیش آزمون	کورسازی آزمودنی	کورسازی آزمونگر	کورسازی تحلیل گر	فالو آپ	تجزیه و تحلیل قصد درمان	مقایسه بین گروهی	اندازه گیری نقطه ای و تغییرپذیری	امتیاز کل
وایتیانادانه و همکاران (۲۰۱۴) (۱۳)	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۱۱/۶
تاکاس و همکاران (۲۰۱۷) (۱۴)	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱۱/۷
رون و همکاران (۲۰۱۳) (۱۵)	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱۱/۶
فیتزجرالد و همکاران (۲۰۱۱) (۱۱)	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۱۱/۶
سازو-رودریگز و همکاران (۲۰۱۷) (۱۶)	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۱	۱۱/۸
فوزی و همکاران (۲۰۲۵) (۱۷)	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۱	۱۱/۸
آشتیانی و همکاران (۲۰۱۸) (۱۸)	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱۱/۷
چودهاری و همکاران (۲۰۱۳) (۱۹)	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۱۱/۵
بهرا و همکاران (۲۰۱۹) (۲۰)	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱۱/۷
کراسیلشیکوف و همکاران (۲۰۱۸) (۲۱)	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱۱/۷
آپاروئو و همکاران (۲۰۱۵) (۲۲)	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۱۱/۶
راجرز و همکاران (۲۰۱۲) (۲۳)	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۱۱/۵
پاتیل و همکاران (۲۰۲۳) (۲۴)	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱۱/۸
سیغامانی و همکاران (۲۰۱۸) (۲۵)	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱۱/۷
جوپودی و همکاران (۲۰۱۷) (۲۶)	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۱۱/۶

فراتحلیل

وضعیت عملکردی

۱۳ مطالعـه بـرای تجزیه‌وتحلیـل تمرینـات مبتنـی بر اغتشاشـی-چابکـی در مقابـل گـروه کنتـرل بـر روی وضعیـت عملکـردی سـالمندان دارای اسـتئوآرتریت زانـو در دسـترس بـود. به‌طورکلـی تمرینـات مبتنـی بـر اغتشاشـی-چابکی باعـث بهبـود در وضعیـت عملکـردی ایـن افـراد شـد (p=۰/۰۰۱، [۹۵٪ CI:۱/۸۲-۲/۸۷ ۲/۳۵). همچنیـن ناهمگنـی بـالا (۸۳/۳۰) بیـن مطالعـات یافـت

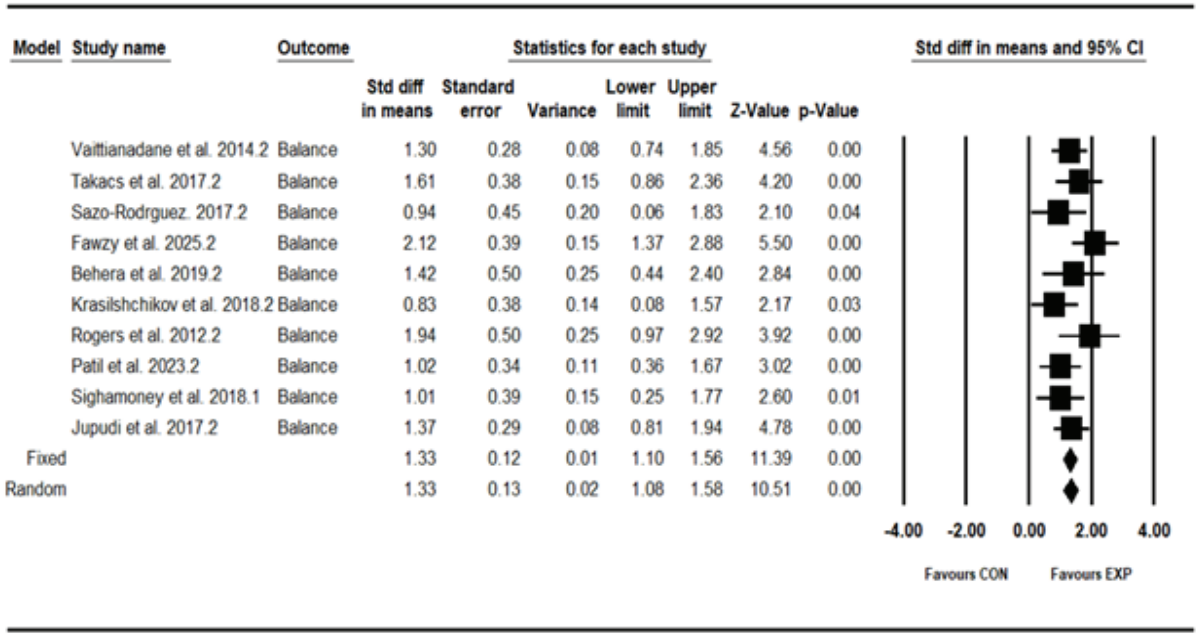
شـد. عـلاوه بـر ایـن، تفسـیر بصـری نمودارهـای قیفـی و نتایـج آزمـون Egger هیچ‌گونـه سـوگیری قابـل توجهـی در انتشـار مقـالات نشـان نـداد (p=۰/۷۵). (شـکل ۲).



شکل ۲. نمودار درختی تمرینات مبتنی بر اغتشاشی-چابکی در مقابل تجزیه‌وتحلیل گروه کنترل روی وضعیت عملکردی

تعادل

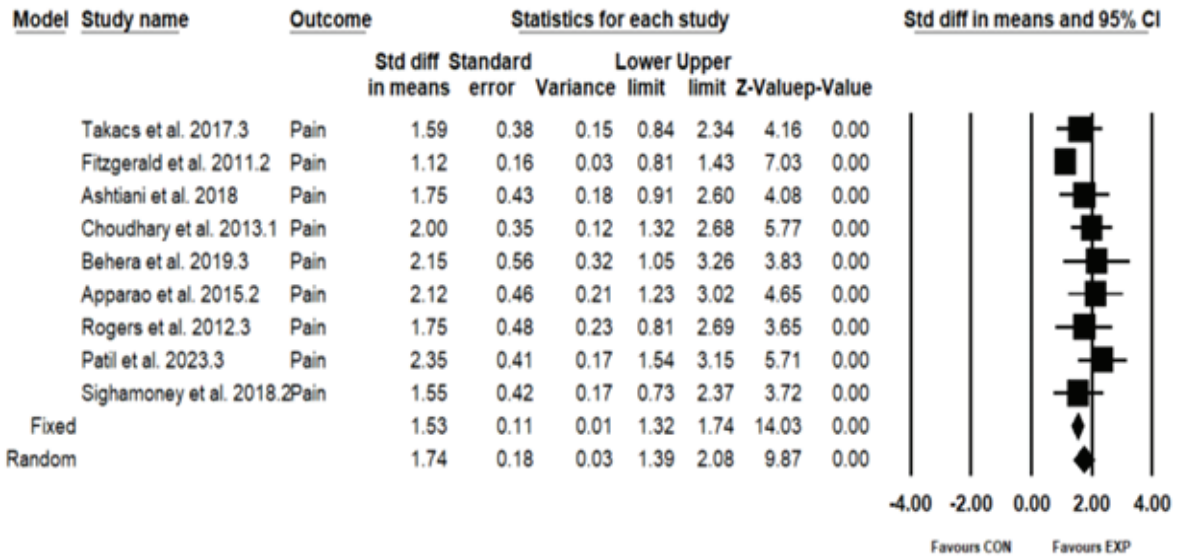
۱۰ مطالعـه بـرای تجزیه‌وتحلیـل تمرینـات مبتنـی بر اغتشاشـی-چابکـی در مقابـل گـروه کنتـرل بـر روی تعـادل سـالمندان دارای استئوآرتریت زانـو در دسـترس بـود. به‌طورکلـی تمرینـات مبتنـی بـر اغتشاشـی-چابکی باعـث بهبـود در تعـادل ایـن افـراد شـد (p=۰/۰۰۱، [CI:۱/۰۸-۱/۵۸ ٪۹۵ ۱/۳۳). همچنیـن ناهمگنـی (۱۳/۵۷) بیـن مطالعـات یافـت نشـد. عـلاوه بـر ایـن، تفسـیر بصـری نمودارهـای قیفـی و نتایـج آزمـون Egger هیچ‌گونـه سـوگیری قابـل توجهـی در انتشـار مقـالات نشـان نـداد (p=۰/۴۳). (شـکل ۳).



شکل ۳. نمودار درختی تمرینات مبتنی بر اغتشاشی-چابکی در مقابل تجزیه‌وتحلیل گروه کنترل روی تعادل

درد

۹ مطالعه برای تجزیه‌وتحلیل تمرینات مبتنی بر اغتشاشی–چابکی در مقابل گروه کنترل بر روی درد سالمندان دارای استئوآرتریت زانو در دسترس بود. به‌طورکلی تمرینات مبتنی بر اغتشاشی–چابکی باعث بهبود در درد این افراد شد (p=۰/۰۰۱، [CI:۱/۳۱–۱/۷۴ ٪۹۵ ۱/۵۲). همچنین ناهمگنی پایینی (۴۹/۸۵) بین مطالعات یافت شد. علاوه بر این، تفسیر بصری نمودارهای قیفی و نتایج آزمون Egger هیچ‌گونه سوگیری قابل توجهی در انتشار مقالات نشان نداد (p=۰/۳۵). (شکل ۴).



شکل ٤. نمودار درختی تمرینات مبتنی بر اغتشاشی–چابکی در مقابل تجزیه‌وتحلیل گروه کنترل روی درد

بحث

مطالعه مروری فراتحلیل حاضر به بررسی اثر تمرینات مبتنی بر اغتشاشی–چابکی بر وضعیت عملکردی، تعادل و درد سالمندان دارای استئوآرتریت زانو پرداخت. نتایج مطالعه نشان داد که تمرینات مبتنی بر اغتشاشی–چابکی تأثیر معنی‌داری بر وضعیت عملکردی، تعادل و درد سالمندان دارای استئوآرتریت زانو دارند. به دانش نویسندگان، تابه‌حال مطالعه مروری که به بررسی تأثیر تمرینات مبتنی بر اغتشاشی–چابکی بر وضعیت عملکردی، تعادل و درد سالمندان دارای استئوآرتریت زانو پرداخته باشد وجود نداشت. مطالعات مروری دیگر به بررسی تأثیر تمرینات مقاومتی (۲۹)، آموزش برنامه‌های تمرینی (۳۰)، تمرینات چرخشی (۳۱) و تمرینات مقاومتی با شدت بالا (۳۲) بر درد سالمندان دارای استئوآرتریت زانو پرداخته بودند که نتایج این مطالعات هم‌راستا با نتایج مروری حاضر می‌باشد. مطالعات همچنین از ابزارهایی با واحدهای استاندارد استفاده کرده‌اند که این امر امکان انجام فراتحلیل‌های مستقل برای هر متغیر را فراهم می‌کند. علاوه بر این، کیفیت روش‌شناختی تحقیقات در این مطالعه بسیار بالا بوده و این موضوع نشان‌دهنده اعتبار و قابلیت اطمینان قوی نتایج فراتحلیل کنونی است.

نتایج ۱۳ مطالعه نشان داد که تمرینات مبتنی بر اغتشاشی–چابکی بر وضعیت عملکردی سالمندان دارای استئوآرتریت زانو تأثیر معنی‌داری دارد (۱۱, ۱۳–۱۷, ۱۹–۲۴, ۲۶). در تحقیق حاضر فرض شده است که انجام تمرینات چابکی و اغتشاش برای مواجهه با چالش‌های حرکتی، که شامل ثبات زانو، تعادل، تغییرات سریع در جهت، توقف‌ها و شروع‌های ناگهانی است، می‌تواند به افراد کمک کند تا بهتر با این مشکلات در حین انجام فعالیت‌های روزمره مقابله کنند (۲۰). توضیح این است که رابطه نزدیکی بین قدرت عضلات چهارسر و نشانه‌های بالینی در سالمندان دارای استئوآرتریت زانو وجود دارد. آرتروز باعث ضعف عضلات چهارسر می‌شود که منجر به کاهش ظرفیت جذب شوک، کنترل عصبی–عضلانی تغییر یافته و ناپایداری مفصل زانو می‌شود و احتمال آسیب به یکپارچگی غضروف مفصل را افزایش می‌دهد (۴). به نظر می‌رسد که تکنیک‌های

تمرین اغتشاشی و چابکی می‌توانند برای بیماران مبتلا به استئوآرتریت زانو مفید باشند. اگرچه بسیاری از بیماران مبتلا به استئوآرتریت زانو ممکن است در فعالیت‌های ورزشی شرکت نکنند، اما بسیاری از فعالیت‌های روزمره نیز زانو را در معرض بارهای چرخشی، تغییرات ناگهانی در جهت حرکت، شروع و توقف ناگهانی و چالش‌های تعادل قرار می‌دهند. تمرینات چابکی و اغتشاشی ممکن است به بیماران مبتلا به استئوآرتریت زانو کمک کنند تا مهارت‌های حرکتی لازم را برای محافظت از زانوهای خود در برابر بارهای بالقوه مضر توسعه دهند و در عین حال قابلیت‌های عملکردی فیزیکی خود را افزایش دهند (۲۲).

همچنین نتایج ۱۰ مطالعه نشان داد که تمرینات مبتنی بر اغتشاشی-چابکی بر تعادل سالمندان دارای استئوآرتریت زانو تأثیر معنی‌داری دارد (۱۳, ۱۴, ۱۶, ۱۷, ۲۰, ۲۱, ۲۳-۲۶) و باعث بهبود تعادل در این افراد شده است. عدم تعادل با افزایش خطر سقوط، ناپایداری زانو و نقص عصبی-عضلانی که شامل ضعف عضلانی و نقص پروپریوسپشن است، مرتبط است و می‌تواند منجر به کاهش کنترل وضعیتی و فعالیت محدود شود (۳۳). با توجه به موارد ذکر شده، می‌توان بیان کرد که تمرینات تعادلی مبتنی بر اغتشاش در بیماران مبتلا به آرتروز زانو برای بهبود ناپایداری زانو و افزایش تعادل در این افراد مفید هستند. وقتی تکنیک‌های تمرین چابکی و اغتشاشی برای بیماران مبتلا به استئوآرتریت زانو به کار می‌روند، باید شدت تلاش کاهش یابد تا از بارگذاری بیش از حد ساختارهای مفصل زانو جلوگیری شود، که ممکن است منجر به درد، ورم و التهاب گردد. برای تمرین چابکی، این هدف می‌تواند با تغییر فعالیت‌ها از فعالیت‌های مبتنی بر دویدن به فعالیت‌های مبتنی بر پیاده‌روی حاصل شود (۱۷). نیروهای واکنش عمودی زمین در حین پیاده‌روی به‌طور قابل توجهی کمتر از زمان دویدن هستند؛ بنابراین، تغییر تکنیک‌های تمرین چابکی از فعالیت‌های مبتنی بر دویدن به فعالیت‌های مبتنی بر پیاده‌روی باید بارهای منتقل‌شده به زانو را در حین تمرین کاهش دهد. به همین ترتیب، تکنیک‌های تمرین اغتشاشی که معمولاً با حمایت یک‌پا برای برنامه‌های توانبخشی ورزشی انجام می‌شوند، می‌توانند به‌گونه‌ای اصلاح شوند که حمایت دوپا را برای بیماران مبتلا به استئوآرتریت زانو شامل شوند (۳۴). تکنیک‌های حمایت دوپا باید بارگذاری زانوی آسیب‌دیده را بهتر از تکنیک‌های حمایت یک‌پا کاهش دهند؛ با این حال، تعادل و پایداری زانو هنوز هم می‌تواند تحت تأثیر اغتشاشات سطوح حمایتی قرار گیرد. شدت برنامه تمرین چابکی و اغتشاشی برای بیماران مبتلا به استئوآرتریت زانو همچنین می‌تواند با کاهش زمان یا مسافت‌های استفاده‌شده برای هر تکنیک تمرینی و با فراهم کردن دوره‌های استراحت مکرر بین تکنیک‌ها در طول یک جلسه تمرینی کاهش یابد (۱۰).

علاوه بر این، نتایج ۹ مطالعه نشان داد که تمرینات مبتنی بر اغتشاشی-چابکی بر درد سالمندان دارای استئوآرتریت زانو تأثیر معنی‌داری دارد (۱۱, ۱۴, ۱۸-۲۰, ۲۲-۲۵)؛ و باعث کاهش درد در این افراد شده است. تمرینات مبتنی بر اغتشاش دارای پتانسیل درمانی هستند زیرا با بهبود حس عمقی و عملکرد عضلانی، به کاهش درد در این شرکت‌کنندگان کمک می‌کنند. گزارش شده است که تمرینات عصبی-عضلانی نظیر تمرینات اغتشاشی می‌توانند بهبودهای بالینی معناداری تا ۲۰٪ در عملکرد فیزیکی و درد ایجاد کنند (۲۳). علت بهبود در متغیرهای درد زانو ممکن است به این واقعیت نسبت داده شود که کنترل عصبی-عضلانی از طریق تعامل بین پروپریوسپشن و فعالیت عضلانی و سیستم‌های محدودکننده غیرفعال (لیگامان‌ها و کپسول) مسئول ثبات زانو است؛ بنابراین، زمانی که عضلات بالای پا ضعیف می‌شوند، سایر عوامل بیومکانیکی مؤثر در ثبات زانو نیز مختل می‌شوند که منجر به ناپایداری زانو و فعالیت‌های شدید محدود شده بر اساس مدل عصبی-عضلانی می‌شود (۱۸). درد می‌تواند منجر به اختلال عملکرد عضلات و ضعف شود و شرایطی را برای کاهش ثبات وضعیتی فراهم کند. از سوی دیگر، شواهد نشان می‌دهد که بین ناپایداری زانو و اختلالاتی مانند درد زانو و ضعف عضلات چهارسر رابطه وجود دارد؛ بنابراین، کاهش ناپایداری زانو ممکن است منجر به کاهش درد شود (۳۵)؛ بنابراین یک برنامه تمرینی همانند تمرینات مبتنی بر اغتشاش-چابکی که بر عوامل عصبی-عضلانی مؤثر در ثبات مفصل زانو تأثیر بگذارد، ممکن است برای این افراد مفید باشد و باعث کاهش درد مفصل زانو در این افراد شود.

این مطالعه چندین محدودیت روش‌شناختی را شناسایی کرده که نیاز به تحقیقات بیشتری را نشان می‌دهد. اولاً، هیچ‌یک از مطالعات مورد بررسی، تخصیص پنهان را به کار نگرفته‌اند که این مسأله خطر قابل توجهی از سوگیری انتخاب را به همراه دارد. ثانیاً، اگرچه شواهد به دست آمده

قـوی هسـتند، امـا در برخـی از نتایـج ناهمگونـی قابـل توجهـی مشـاهده می‌شـود کـه بایـد در تفسـیر و تعمیـم یافته‌هـا بـه انـواع مختلـف آمـوزش بـا احتیـاط برخـورد شـود. عـلاوه بـر این، در چندیـن تحلیـل، سـوگیری قابـل توجهـی در انتشـار نتایـج مشـاهده گردیـد. بـرای کاهش ایـن مشـکل، نویسـندگان از روش اصلاحـی trim-and-fill اسـتفاده کـرده و بیـان کردنـد کـه نتایج متا-تحلیـل به‌طـور قابـل توجهـی تحـت تأثیـر سـوگیری انتشـار مشاهده‌شـده قـرار نگرفتـه اسـت. بـا ایـن حـال، محدودیت‌هـای مـدل اثـرات تصادفـی در زمینـه ناهمگونـی، باعـث تأکیـد بیشـتر بـر روی مطالعـات کوچک‌تـر شـد و عـدم تقـارن در نمـودار قیفـی نتایـج را بـه سـمت ایـن مطالعـات کوچک‌تـر منحـرف کـرد. در نهایـت، دامنـه زبانـی جسـتجو در ایـن مـرور سیسـتماتیک بـه زبان‌هـای انگلیسـی و فارسـی محـدود بـود کـه نشـان‌دهنده نیـاز بـه انجـام مطالعـات آینـده بـه منظـور گنجانـدن دامنـه وسـیع‌تری از زبان‌هـا بـرای افزایـش جامعیـت یافته‌هـا اسـت.

نتیجه‌گیری

مطالعـه مـروری فراتحلیـل حاضـر نشـان داد کـه تمرینـات مبتنی بـر اغتشاشـی-چابکی تأثیـر مثبتـی بـر وضعیـت عملکـردی، تعـادل و کاهـش درد در سـالمندان مبتـلا بـه اسـتئوآرتریت زانـو دارد. ایـن یافته‌هـا نـه تنهـا تأییدکننـده اهمیـت تمرینـات چابکـی در بهبـود کیفیـت زندگـی ایـن گـروه سـنی هسـتند، بلکـه بـه عنـوان یـک روش مؤثـر در مدیریـت علائـم ایـن بیمـاری مطـرح می‌شـوند. بـا توجـه بـه فقـدان مطالعـات مشـابه در ایـن زمینـه، پیشـنهاد می‌شـود کـه تحقیقـات آینـده با تمرکـز بـر روی طراحی و اجـرای برنامه‌هـای تمرینـی مبتنـی بـر اغتشاشـی-چابکی، بـه بررسـی تأثیـرات بلندمـدت ایـن تمرینـات بـر کیفیـت زندگـی سـالمندان بپردازنـد. همچنیـن، توصیـه می‌شـود کـه مطالعـات آینـده شـامل گروه‌هـای سـنی و جنسـی متنوع‌تـری شـوند تـا نتایـج بـه دسـت آمـده قابـل تعمیم‌تـر باشـند و بـه درک بهتـری از اثـرات ایـن نـوع تمرینـات در جمعیت‌هـای مختلـف منجـر شـوند.

References

1. Sharma L. Osteoarthritis of the knee. New England Journal of Medicine. 2021;384(1):51-9. https://doi.org/10.1056/NEJMcp1903768
2. Malanga G, Niazi F, Kidd VD, Lau E, Kurtz SM, Ong KL, Concoff AL. Knee osteoarthritis treatment costs in the medicare patient population. American health & drug benefits. 2020;13(4):144.
3. Dantas LO, de Fátima Salvini T, McAlindon TE. Knee osteoarthritis: key treatments and implications for physical therapy. Brazilian journal of physical therapy. 2021;25(2):135-46. https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2020.08.004
4. Uivaraseanu B, Vesa CM, Tit DM, Abid A, Maghiar O, Maghiar TA, et al. Therapeutic approaches in the management of knee osteoarthritis. Experimental and therapeutic medicine. 2022;23(5):328. https://doi.org/10.3892/etm.2022.11257
5. Sasaki R, Honda Y, Oga S, Fukushima T, Tanaka N, Kajiwara Y, et al. Effect of exercise and/or educational interventions on physical activity and pain in patients with hip/knee osteoarthritis: a systematic review with meta-analysis. Plos one. 2022;17(11):e0275591. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0275591
6. Mo L, Jiang B, Mei T, Zhou D. Exercise therapy for knee osteoarthritis: a systematic review and network meta-analysis. Orthopaedic journal of sports medicine. 2023;11(5):23259671231172773. https://doi.org/10.1177/23259671231172773
7. Pirayeh N, Kazemi K, Rahimi F, Mostafaee N, Shaterzadeh-Yazdi M-J. The effect of balance training on functional outcomes in patients with knee osteoarthritis: a systematic review. Medical journal of the Islamic Republic of Iran. 2022;36:107. https://doi.org/10.47176/mjiri.36.107
8. Prabhakar AJ, Shruthi R, Thomas DT, Nayak P, Joshua AM, Prabhu S, Kamat YD. Effectiveness of balance training on pain and functional outcomes in knee osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. F1000Research. 2023;11:598. https://doi.org/10.12688/f1000research.111998.2 https://doi.org/10.12688/f1000research.111998.1
9. Pitsillides A, Stasinopoulos D, Giannakou K. The effects of cognitive behavioural therapy delivered by physical therapists in knee osteoarthritis pain: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Journal of Bodywork and Movement Therapies. 2021;25:157-64. https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2020.11.002
10. Fitzgerald GK, Childs JD, Ridge TM, Irrgang JJ. Agility and perturbation training for a physically

active individual with knee osteoarthritis. Physical therapy. 2002;82(4):372-82. https://doi.org/10.1093/ptj/82.4.372
11. Fitzgerald GK, Piva SR, Gil AB, Wisniewski SR, Oddis CV, Irrgang JJ. Agility and perturbation training techniques in exercise therapy for reducing pain and improving function in people with knee osteoarthritis: a randomized clinical trial. Physical therapy. 2011;91(4):452-69. https://doi.org/10.2522/ptj.20100188
12. Cashin AG, McAuley JH. Clinimetrics: physiotherapy evidence database (PEDro) scale. Journal of physiotherapy. 2020;66(1):59. https://doi.org/10.1016/j.jphys.2019.08.005
13. Vaittianadane K, Patel G, Vakhariya PM. A comparative study between the effect of agility and pertubation training versus conventional exercise in improving functional status in physically active individuals with knee osteoarthritis. Indian Journal of Physiotherapy and Occupational Therapy. 2014;8(3):64. https://doi.org/10.5958/0973-5674.2014.00358.X
14. Takacs J, Krowchuk NM, Garland SJ, Carpenter MG, Hunt MA. Dynamic balance training improves physical function in individuals with knee osteoarthritis: a pilot randomized controlled trial. Archives of physical medicine and rehabilitation. 2017;98(8):1586-93. https://doi.org/10.1016/j.apmr.2017.01.029
15. Rhon D, Deyle G, Gill N, Rendeiro D. Manual physical therapy and perturbation exercises in knee osteoarthritis. Journal of Manual & Manipulative Therapy. 2013;21(4):220-8. https://doi.org/10.1179/2042618613Y.0000000039
16. Sazo-Rodríguez S, Méndez-Rebolledo G, Guzmán-Muñoz E, Rubio-Palma P. The effects of progressive neuromuscular training on postural balance and functionality in elderly patients with knee osteoarthritis: a pilot study. Journal of physical therapy science. 2017;29(7):1229-35. https://doi.org/10.1589/jpts.29.1229
17. Fawzy AM, Al-Hamaky DMA, Ayad KE, Mohammed HA, Abdelsalam MS. Effects of Instability Resistance Training on Balance and Physical Function in Patients with Chronic Knee Osteoarthritis: A Randomized Clinical Trial. Cuestiones de Fisioterapia. 2025;54(2):3908-33.
18. Ashtiani A, Akbari NJ, Mohammadi M, Nouraisarjou S. The effect of balance exercises on knee instability and pain intensity in patients with knee osteoarthritis: a randomized clinical trial. J Res Med Dent Sci. 2018;6(2):74-82.
19. Choudhary N, Kishor A. Effectiveness of modified agility and perturbation training in patients with osteoarthritis knee-a case control study. 2013.
20. Behera TP, Kashyap D. Effect of Agility and Perturbation Training on Pain, Balance and Functional Ability in Subjects with Patellofemoral Pain Syndrome.
21. Krasilshchikov O, Subramanian SS, Hashim HA, Shihabuddin TMTM, Shokri AA, Ismail MS. Improving exercise capacity and reducing the risk of falls in osteoarthritis patients: The role of perturbation and functional training. Journal of Physical Education and Sport. 2018;18(3):1555-61.
22. Patchava Apparao C, Swamy G, Subramaniam S. Effectiveness of functional task exercises versus agility and perturbation training in osteoarthritis knee subjects. Int J Health Sci. 2015;5(9):328-37.
23. Rogers MW, Tamulevicius N, Semple SJ, Krkeljas Z. Efficacy of home-based kinesthesia, balance & agility exercise training among persons with symptomatic knee osteoarthritis. Journal of sports science & medicine. 2012;11(4):751. https://doi.org/10.70252/UFRW6901
24. Patil S, Somade OA, Kanase SB. Comparative Effectiveness of Modified Agility Training and Perturbation Training in Osteoarthritis Knee: A Randomized Controlled Trial Investigating Pain, Functionality, and Joint Stability.
25. Sighamoney R, Jain R, Yeole UL, Tendulkar S. The effect of manual physical therapy and perturbation exercises on balance in knee osteoarthritis.
26. Jupudi M, Kumar S, Mohan L. Effects of Mulligan's Mobilization Adjunct to Agility and Perturbation Exercises in Subjects with Knee Osteoarthritis. International Journal for Advance Research and Development. 2017;2(11):58-64.
27. Migliavaca CB, Stein C, Colpani V, Barker TH, Ziegelmann PK, Munn Z, et al. Meta-analysis of prevalence: I 2 statistic and how to deal with heterogeneity. Research synthesis methods. 2022;13(3):363-7. https://doi.org/10.1002/jrsm.1547
28. Langan D. Assessing heterogeneity in random-effects meta-analysis. Meta-research: methods

and protocols: Springer; 2021. p. 67-89. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1566-9_4

29. Li Y, Su Y, Chen S, Zhang Y, Zhang Z, Liu C, et al. The effects of resistance exercise in patients with knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. Clinical rehabilitation. 2016;30(10):947-59. https://doi.org/10.1177/0269215515610039
30. Goff AJ, Silva DDO, Merolli M, Bell EC, Crossley KM, Barton CJ. Patient education improves pain and function in people with knee osteoarthritis with better effects when combined with exercise therapy: a systematic review. Journal of Physiotherapy. 2021;67(3):177-89. https://doi.org/10.1016/j.jphys.2021.06.011
31. Al-Mhanna SB, Mohamed M, Mohd Noor N, Aldhahi MI, Afolabi HA, Mutalub YB, et al., editors. Effects of circuit training on patients with knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. Healthcare; 2022: MDPI. https://doi.org/10.3390/healthcare10102041
32. Hua J, Sun L, Teng Y. Effects of high-intensity strength training in adults with knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. American journal of physical medicine & rehabilitation. 2023;102(4):292-9. https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000002088
33. Labanca L, Barone G, Zaffagnini S, Bragonzoni L, Benedetti MG. Postural stability and proprioception abnormalities in patients with knee osteoarthritis. Applied Sciences. 2021;11(4):1469. https://doi.org/10.3390/app11041469
34. Bang D-H, Bong S-Y. Effects of Dynamic Balance Training on Pain, Physical Function, and Balance Ability in Patients with Chronic Knee Osteoarthritis. 2018.
35. Alshahrani MS, Reddy RS. Quadriceps strength, postural stability, and pain mediation in bilateral knee osteoarthritis: a comparative analysis with healthy controls. Diagnostics. 2023;13(19):3110. https://doi.org/10.3390/diagnostics13193110