



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 Pakdel¹, Ahmad Kazemi Pakdel², Parisa Sedaghati^{3*}

1- MSc of Sport Injuries and Corrective Exercise, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.

2- MSc of Sport Injuries and Corrective Exercise, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.

3- Associate Professor Department of Sport Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education & Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.

Corresponding author: Parisa Sedaghati, Associate Professor Department of Sport Injuries 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, Agility exercises, Aged, Knee osteoarthritis, Physical performance.



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 پذیرش: ۱۴۰۴/۶/۳۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۵/۲۸

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.

یافته‌ها: 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 ($P = 0.001$)، تعادل ($P = 0.001$)، درد ($P = 0.001$)، و چابکی ($P = 0.001$) در 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 نه تنها 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 به عنوان 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

استثوآرتريت 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). استثوآرتريت 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 استثوآرتريت 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. به خصوص، 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 به طور 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

فرشته کاظمی پاکدل و همکاران

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 شامل شده 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:

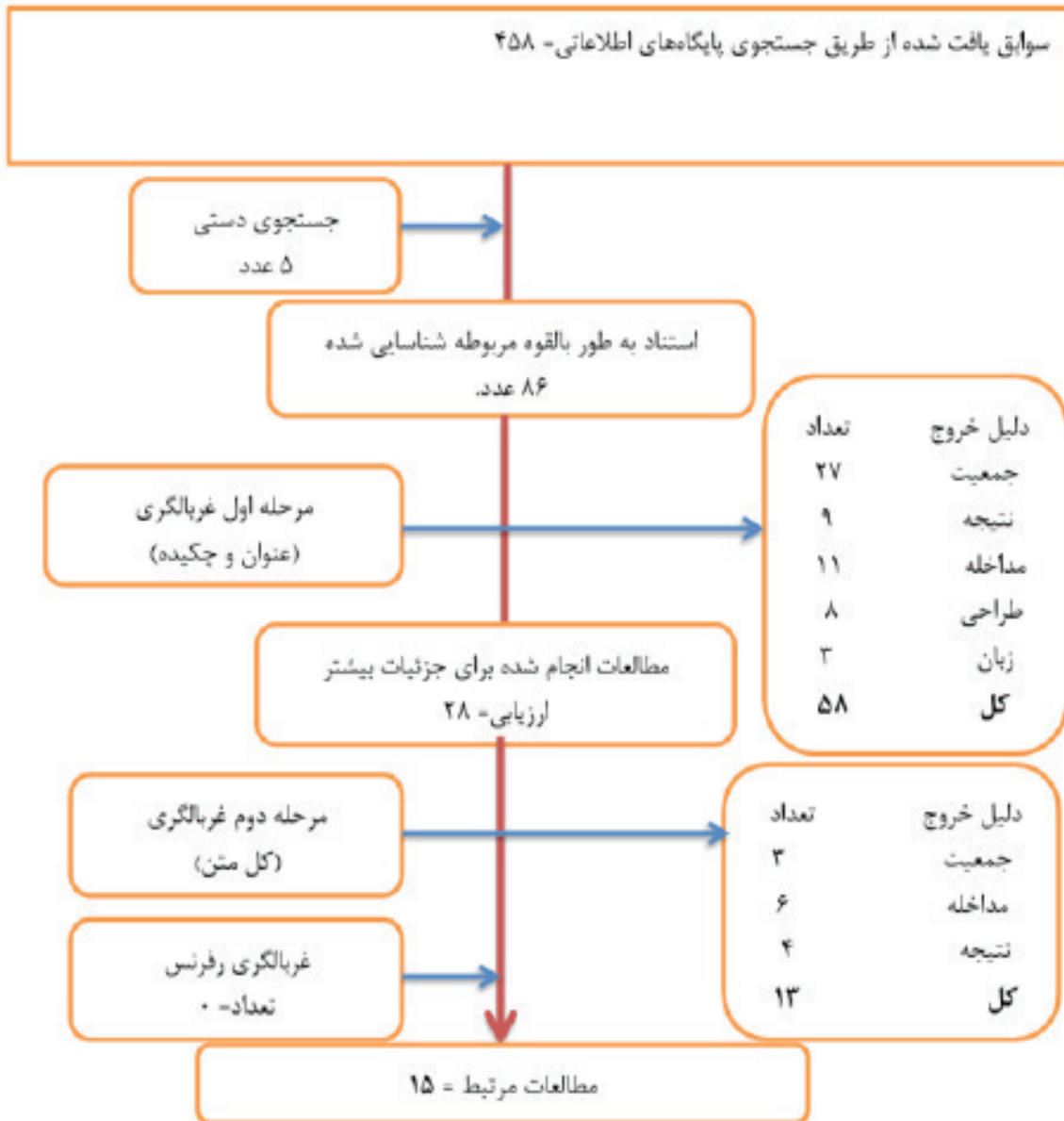
elder OR old OR "older adult" OR senescent OR (۱) senile OR aged OR gray OR geriatric OR age OR aging OR older adults OR "oldest-old" OR "very old" OR "Perturbation Exercises" OR (۲) "advancing age"; AND "Motor Perturbation Training" OR "Balance Training Knee Pain" OR "Knee" (۳) under Perturbation"; 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).

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



شکل ۱. روند انتخاب مقالات تحقیق

اختلاف نظر بین دو محقق توسط محقق سوم صورت گرفت.

استخراج داده‌ها

داده‌های مطالعات به‌طور مستقل توسط محققان با استفاده از معیارهای متنوعی استخراج شد. این معیارها شامل نام نویسنده اول، طراحی مطالعه، ویژگی‌های شرکت‌کنندگان (مانند حجم نمونه، محدوده سنی و مقادیر میانگین و انحراف معیار (SD) برای سن و جنس)، روش‌های اندازه‌گیری و واحدهای آن، برنامه‌های آموزشی و ویژگی‌های آموزشی بودند (جدول ۱).

معیارهای واجد شرایط بودن

معیارهای ورود به مطالعه به شرح زیر بود: (۱) جمعیت سالمندان دارای استوآتریت؛ (۲) مداخله: تمرینات مبتنی بر اغتشاش؛ (۳) مقایسه‌کننده: تمرینات مبتنی بر اغتشاش در مقابل کنترل غیر تمرینی؛ (۴) نتایج: گزارش وضعیت عملکردی، تعادل و درد؛ (۵) طرح‌های مطالعه: کارآزمایی‌های تصادفی؛ (۶) زبان مقالات: مقالات بررسی شده باید به زبان‌های انگلیسی و فارسی منتشر شده باشند. دو محقق مستقل جستجو را انجام داده و به‌طور جداگانه عنوان و چکیده‌ها را با استفاده از معیارهای فوق غربالگری کردند و هرگونه اختلاف نظر نیز مورد مذاکره قرار گرفت. همچنین

فرشته کاظمی پاکدل و همکاران

است. مطالعاتی که نمرات بین ۷ تا ۱۱ را کسب کردند، از نظر روش شناختی به عنوان «بالا» طبقه‌بندی شدند، در حالی که مطالعات با نمرات ۵ تا ۶ به عنوان «منصفانه» و مطالعات با امتیاز ≥ 4 به عنوان «ضعیف» شناخته شدند (جدول ۲).

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

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

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

کراسلیشکوف 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
آپارونو 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
سیگامانی و همکاران (۲۰۱۸) (۲۵)	۳۰	۱۵/۱۵	کل آزمودنی = دامنه سنی ۵۰ تا ۷۰ سال	تمرینات اغتشاشی به همراه متوال 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 متوال تراپی	۳/۶	فعالیت‌های عملکردی روزانه	- وضعیت عملکردی - تعادل	- مقیاس دانشگاه وسترن انتاریو مک مستر - زمان برخاستن و رفتن

تحلیل‌های آماری

فرآیند انتخاب مطالعات در شکل ۱ نشان داده شده است. با جستجو در منابع الکترونیکی، تعداد ۴۵۸ عنوان به دست 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 هوای 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

ناهمگنی با استفاده از شاخص I^2 و بر اساس آستانه‌های زیر ارزیابی شد: ۰٪ تا ۳۰٪ به عنوان «بدون ناهمگنی»، ۳۰٪ تا ۵۰٪ به عنوان «ناهمگنی کم»، ۵۰٪ تا ۷۵٪ به عنوان «ناهمگنی متوسط» و ۷۵٪ تا ۱۰۰٪ به عنوان «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 $p \geq 0.05$ تعیین گردید. همچنین، برای شناسایی سوگیری‌های انتشار، تفسیر بصری نمودارهای قیف و آزمون‌های Egger مورد استفاده قرار گرفت (۲۸).

یافته‌ها

فرشته کاظمی پاکدل و همکاران

مطالعه امتیاز منصفانه (بین ۵ تا ۶) را کسب کردند. کیفیت کلی مقالات تحت تجزیه و تحلیل PEDro از کیفیت مناسبی برخوردار بود که نشان دهنده قابلیت اطمینان آن‌ها در انجام فراتحلیل حاضر است (جدول ۲).

جدول ۲. بررسی کیفیت مطالعات

امتیاز کل	اندازه گیری نقطه ای و تغییر پذیری	مقایسه بین گروهی	تجزیه و تحلیل قصد درمان	فالو آپ	کورسازی تحلیل گر	کورسازی آزمونگر	کورسازی آزمودنی	گروه ها مشابه در بیش از ۳ آزمون	مخفی سازی	تصادف سازی	معیارهای ورود	مطالعه
۱۱/۶	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	وایتیانادانه و همکاران (۲۰۱۴) (۱۳)
۱۱/۷	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	تاکاس و همکاران (۲۰۱۷) (۱۴)
۱۱/۶	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۱	رون و همکاران (۲۰۱۳) (۱۵)
۱۱/۶	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	فیتزجرالد و همکاران (۲۰۱۱) (۱۱)
۱۱/۸	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	سازو-رودریگز و همکاران (۲۰۱۷) (۱۶)
۱۱/۸	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	فوزی و همکاران (۲۰۲۵) (۱۷)
۱۱/۷	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	آشتیانی و همکاران (۲۰۱۸) (۱۸)
۱۱/۵	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	چودهاری و همکاران (۲۰۱۳) (۱۹)
۱۱/۷	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	بهرا و همکاران (۲۰۱۹) (۲۰)
۱۱/۷	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	کراسلیشکوف و همکاران (۲۰۱۸) (۲۱)
۱۱/۶	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	آپاروئو و همکاران (۲۰۱۵) (۲۲)
۱۱/۵	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	راجرز و همکاران (۲۰۱۲) (۲۳)
۱۱/۸	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	پاتیل و همکاران (۲۰۲۳) (۲۴)
۱۱/۷	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	سیغامانی و همکاران (۲۰۱۸) (۲۵)
۱۱/۶	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	جوپودی و همکاران (۲۰۱۷) (۲۶)

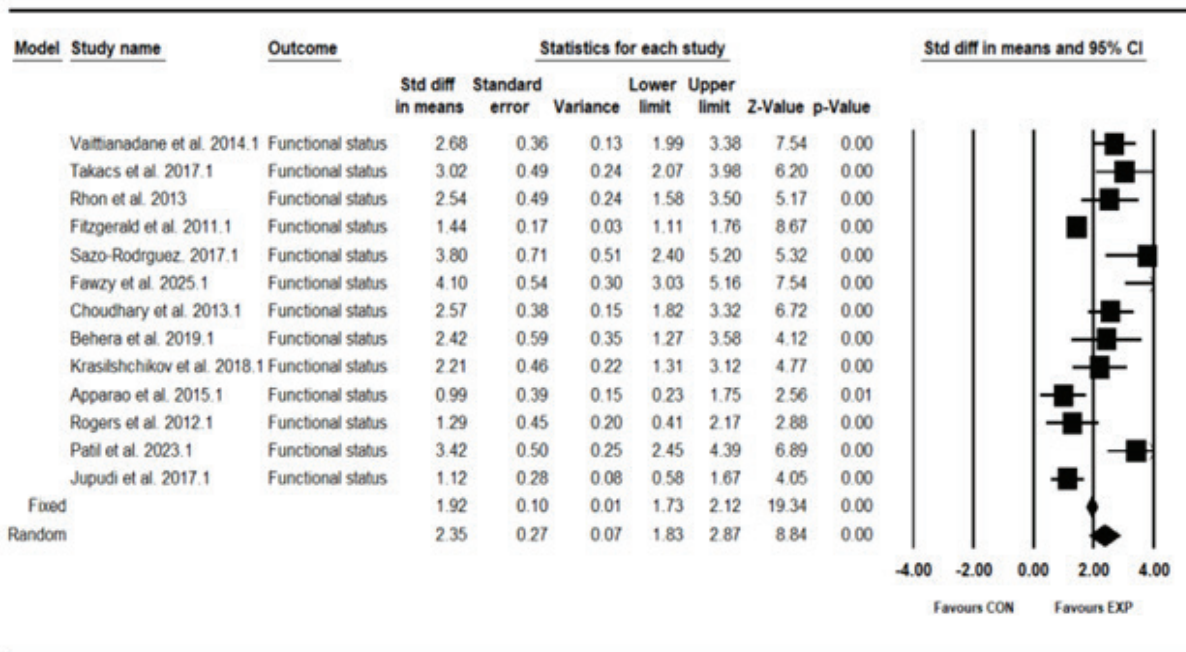
فراتحلیل

وضعیت عملکردی

۱۳ مطالعه برای تجزیه و تحلیل تمرینات مبتنی بر اغتشاشی - چابکی در مقابل گروه کنترل بر روی وضعیت عملکردی

سالمندان دارای استئوآرتریت زانو در دسترس بود. به طور کلی تمرینات مبتنی بر اغتشاشی - چابکی باعث بهبود در وضعیت عملکردی این افراد شد ($p=0/001$, CI: ۱/۸۲-۲/۸۷, ۹۵%). همچنین ناهمگنی بالا (۸۳/۳۰) بین مطالعات یافت

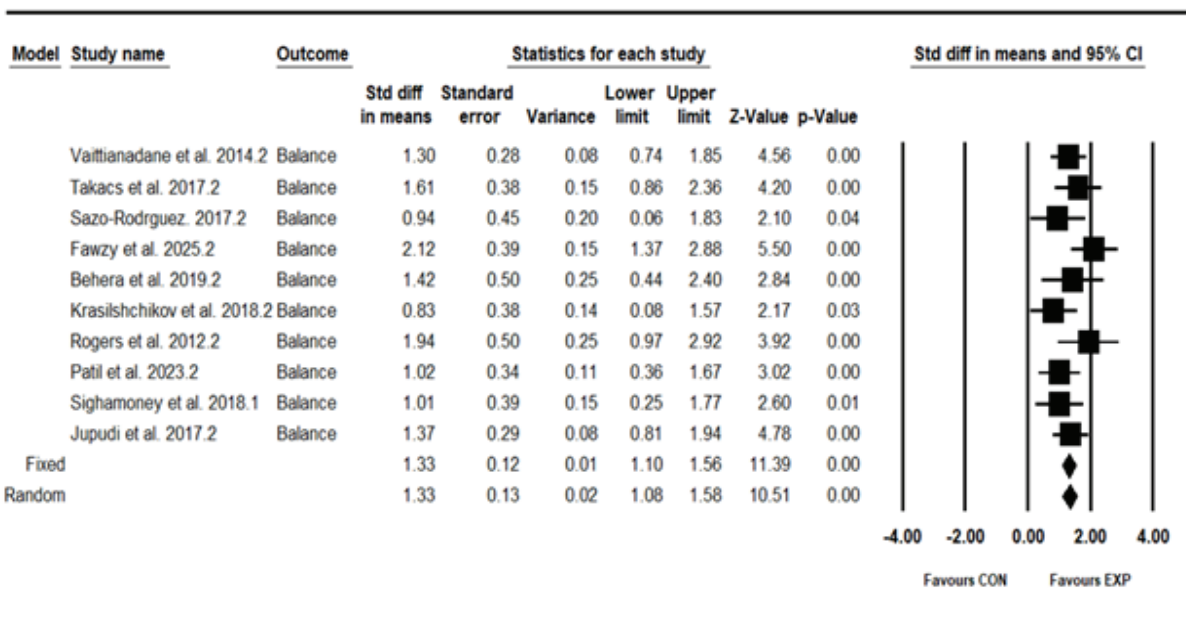
شد. علاوه بر این، تفسیر بصری نمودارهای کیفی و نتایج آزمون Egger هیچ‌گونه سوگیری قابل توجهی در انتشار مقالات نشان نداد ($p=0/75$). (شکل ۲).



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

تعادلی (همچنین ناهمگنی $p=0/001$ ، $CI: 1/08-1/58$ ، 95% ، $1/33$). همچنین ناهمگنی $(13/57)$ بین مطالعات یافت نشد. علاوه بر این، تفسیر بصری نمودارهای کیفی و نتایج آزمون Egger هیچ‌گونه سوگیری قابل توجهی در انتشار مقالات نشان نداد ($p=0/43$). (شکل ۳).

۱۰ مطالعه برای تجزیه و تحلیل تمرینات مبتنی بر اغتشاشی-چابکی در مقابل گروه کنترل بر روی تعادل سالمندان دارای استئوآرتریت زانو در دسترس بود. به‌طور کلی تمرینات مبتنی بر اغتشاشی-چابکی باعث بهبود در تعادل این افراد شد



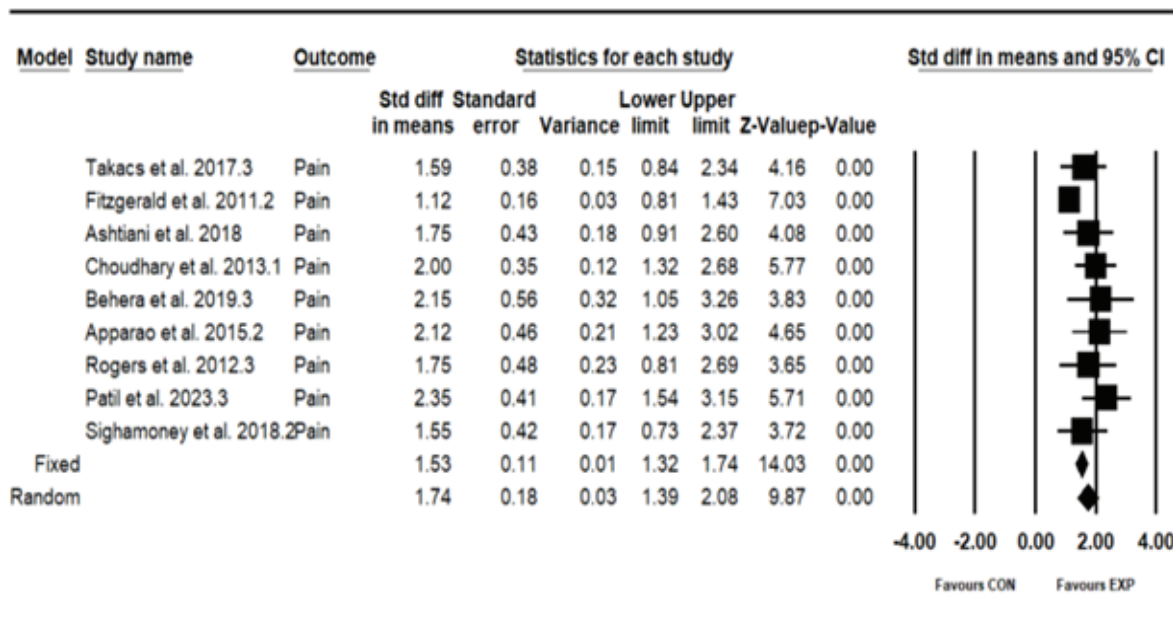
شکل ۳. نمودار درختی تمرینات مبتنی بر اغتشاشی-چابکی در مقابل تجزیه و تحلیل گروه کنترل روی تعادل

فرشته کاظمی پاکدل و همکاران

شد ($p=0/001$ ، $CI: 1/31-1/74$ ، 95% ، $1/52$). همچنین ناهمگنی پایینی ($49/85$) بین مطالعات یافت شد. علاوه بر این، تفسیر بصری نمودارهای قیفی و نتایج آزمون Egger هیچ‌گونه سوگیری قابل توجهی در انتشار مقالات نشان نداد ($p=0/35$). (شکل ۴).

درد

۹ مطالعه برای تجزیه و تحلیل تمرینات مبتنی بر اغتشاشی-چابکی در مقابل گروه کنترل بر روی درد سالمندان دارای استئوآرتریت زانو در دسترس بود. به‌طور کلی تمرینات مبتنی بر اغتشاشی-چابکی باعث بهبود در درد این افراد



شکل ۴. نمودار درختی تمرینات مبتنی بر اغتشاشی-چابکی در مقابل تجزیه و تحلیل گروه کنترل روی درد

روش شناختی 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

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، تا به حال 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 می‌باشند. 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

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

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

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 یافته‌ها نه تنها تأییدکننده اهمیت تمرینات چابکی در بهبود کیفیت زندگی این گروه سنی هستند، بلکه به عنوان یک روش مؤثر در مدیریت علائم این بیماری مطرح می‌شوند. با توجه به فقدان مطالعات مشابه در این زمینه، پیشنهاد می‌شود که تحقیقات آینده با تمرکز بر روی طراحی و اجرای برنامه‌های تمرینی مبتنی بر اغتشاشی-چابکی، به بررسی تأثیرات بلندمدت این تمرینات بر کیفیت زندگی سالمندان پردازند. همچنین، توصیه می‌شود که مطالعات آینده شامل گروه‌های سنی و جنسی متنوع‌تری شوند تا نتایج به دست آمده قابل تعمیم‌تر باشند و به درک بهتری از اثرات این نوع تمرینات در جمعیت‌های مختلف منجر شوند.

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

قوی هستند، اما در برخی از نتایج ناهمگونی قابل توجهی مشاهده می‌شود که باید در تفسیر و تعمیم یافته‌ها به انواع مختلف آموزش با احتیاط برخورد شود. علاوه بر این، در چندین تحلیل، سوگیری قابل توجهی در انتشار نتایج مشاهده گردید. برای کاهش این مشکل، نویسندگان از روش اصلاحی trim-and-fill استفاده کرده و بیان کردند که نتایج متا-تحلیل به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر سوگیری انتشار مشاهده شده قرار نگرفته است. با این حال، محدودیت‌های مدل اثرات تصادفی در زمینه ناهمگونی، باعث تأکید بیشتر بر روی مطالعات کوچک‌تر شد و عدم تقارن در نمودار کیفی نتایج را به سمت این مطالعات کوچک‌تر منحرف کرد. در نهایت، دامنه زبانی جستجو در این مرور سیستماتیک به زبان‌های انگلیسی و فارسی محدود بود که نشان‌دهنده نیاز به انجام مطالعات آینده به منظور گنجاندن دامنه وسیع‌تری از زبان‌ها برای افزایش جامعیت یافته‌ها است.

- 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, Mostafaei 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 perturbation 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 kinaesthesia, 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>