**Sport and Health Sciences Reviews**
**Vol. 1, No. 2, Spring & Summer 2026, 137-172**
**Jshsr.atu.ac.ir**
**DOI: 10.22054/jshsr.2026.94528.1065**

Review Article
Received: 23/07/2026
Revised: 07/11/2026
Accepted: 03/10/2026
ISSN: 3116-1758
eISSN: 3115-9400

# Mechanisms of Exercise Therapy on Central Sensitization and Fear of Movement in Chronic Knee Pain: A Narrative Review

**Bahram Sheikhi***
Assistant Professor, Department of Sport Sciences, University of Zabol, Zabol, Iran

**Hadi Akbari**
Associate Professor, Department of Sport Sciences, University of Zabol, Zabol, Iran

## Abstract
Chronic knee pain is a complex and multifactorial condition influenced not only by structural factors but also by neurophysiological, psychological, and behavioral mechanisms. Central sensitization and fear of movement are important contributors to pain persistence, functional limitations, and reduced participation in daily and physical activities. Exercise therapy, as a primary rehabilitation intervention, may influence these mechanisms through various neural, biological, and psychological pathways. This narrative review aimed to explore the underlying mechanisms through which exercise interventions affect central sensitization and fear of movement in individuals with chronic knee pain and to provide an integrated perspective for clinical application. Relevant studies investigating the effects of exercise interventions on chronic knee pain, central sensitization, pain processing, psychological factors related to pain, and fear of movement were reviewed and critically discussed. Current evidence regarding neural, biological, and psychological mechanisms involved in exercise-induced pain modulation and movement adaptation was synthesized. Current evidence suggests that graded and individualized exercise interventions may improve clinical outcomes through multiple mechanisms, including enhanced endogenous pain modulation, increased tolerance to mechanical loading, reduction of threat-related responses to movement, modification of maladaptive pain beliefs, and improvement of self-efficacy. In individuals presenting with features of central sensitization and fear of movement, integrating pain neuroscience education with exercise therapy may provide additional benefits compared with exercise alone. Management of chronic knee pain should move beyond purely structural approaches toward multidimensional and patient-centered strategies. Assessment of central sensitization and psychological factors before treatment initiation may facilitate more targeted exercise prescription. Future research should focus on personalized exercise approaches, identification of predictors of treatment response, and high-quality longitudinal clinical trials.

## Introduction
Chronic knee pain is one of the most common musculoskeletal conditions and an important contributor to limitations in physical activity, functional capacity, and quality of life. Although structural joint abnormalities, inflammation, and tissue-related factors contribute to knee pain, increasing evidence indicates that pain intensity and disability are not consistently proportional to the extent of structural pathology. Consequently, neurophysiological, psychological, and behavioral mechanisms have received increasing attention within the biopsychosocial model of chronic pain. Central sensitization, altered pain modulation, increased pain sensitivity, and fear of movement may contribute to persistent pain and reduced participation in daily and physical activities. Fear of movement may also contribute to a fear-avoidance cycle characterized by activity restriction, reduced physical capacity, increased threat perception, and maladaptive beliefs about pain and movement.

Exercise therapy is a core component of rehabilitation for chronic knee pain. Its therapeutic effects are not limited to increasing muscle strength or improving joint biomechanics. Exercise may influence pain

* Corresponding Author: bahramsheikhi@uoz.ac.ir
**How to Cite:** Sheikhi, B. & Akbari, H. (2026). Mechanisms of Exercise Therapy on Central Sensitization and Fear of Movement in Chronic Knee Pain: A Narrative Review. *Sport and Health Sciences Reviews*, *1*(2), 137-172

through exercise-induced hypoalgesia, endogenous pain modulation, neural adaptation, increased tolerance to mechanical loading, improved self-efficacy, and reduction of fear of movement. However, evidence regarding the mechanisms underlying these effects remains heterogeneous, and different studies have used different approaches to assess central sensitization, pain sensitivity, and psychological factors. Therefore, this narrative review aimed to synthesize current evidence regarding the biological, neurophysiological, and psychological mechanisms through which exercise therapy may influence central sensitization-related features and fear of movement in individuals with chronic knee pain and to discuss the implications of these findings for individualized rehabilitation.

## Methodology

A narrative review was conducted. PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar were searched for studies published from 2010 to January 2026. The search strategy combined terms related to chronic knee pain, knee osteoarthritis, patellofemoral pain, exercise therapy, resistance exercise, aerobic exercise, neuromuscular and motor-control exercise, central sensitization, pain modulation, exercise-induced hypoalgesia, pain neuroscience education, fear of movement, and kinesiophobia. Reference lists of relevant reviews and eligible studies were also manually screened.

Studies were considered eligible when they investigated individuals with chronic knee pain, knee osteoarthritis, or patellofemoral pain and examined exercise therapy, pain sensitivity, pain processing, psychological factors, or fear of movement. Peer-reviewed studies published in English, including original investigations and clinical trials, were considered. Studies focusing on acute traumatic injuries, postoperative rehabilitation without a clear chronic pain component, case reports, conference abstracts, editorials, and studies with insufficient methodological information were excluded.

A total of 2,734 records were identified through database and manual searches. After removal of duplicates, 1,715 records were screened by title and abstract. Subsequently, 797 full-text articles were assessed, and 21 studies met the eligibility criteria and were included in the narrative synthesis. Because this was a narrative review, no formal risk-of-bias assessment or meta-analysis was performed.

## Results and Findings

Evidence from the 21 included studies indicated that exercise therapy may be associated with changes in pain sensitivity, reductions in fear of movement, and improvements in psychological and functional outcomes. However, the magnitude and mechanisms of these effects varied across studies. Studies using pressure pain threshold or exercise-induced hypoalgesia measures frequently reported increased pressure pain thresholds following exercise. These findings may reflect reduced sensitivity to painful stimuli or improved pain modulation; however, changes in pressure pain threshold alone should not be interpreted as direct evidence of reduced central sensitization.

Several studies suggested that responses to exercise may depend on the baseline function of endogenous pain-modulatory systems. Individuals with normal conditioned pain modulation demonstrated an appropriate hypoalgesic response following aerobic or isometric exercise, whereas participants with impaired pain modulation showed attenuated or paradoxical responses. Other studies reported that balance and resistance exercise were associated with improvements in questionnaire-based indicators related to central sensitization, pain, and function. Nevertheless, the extent to which these changes represent a direct reduction in central sensitization remains uncertain because of differences in assessment methods, study designs, and participant characteristics.

Evidence concerning central neural mechanisms was also reported. In an fNIRS study, six weeks of exercise were associated with reduced dorsolateral prefrontal cortex activation during painful stimulation, and these changes were related to reductions in pain intensity and pain catastrophizing. However, because of the small sample size and study design, these findings should be regarded as preliminary and exploratory rather than definitive evidence of a causal neural mechanism.

Regarding fear of movement, intervention studies generally indicated that four- to eight-week exercise programs could reduce kinesiophobia. In several studies, combining exercise with pain neuroscience education or pain-coping skills training resulted in greater improvements in fear of movement, pain catastrophizing, and self-efficacy than exercise alone. However, improvements in psychological outcomes were not consistently accompanied by greater reductions in pain intensity. In individuals with patellofemoral pain, exercise-based and self-management programs were also associated with reductions in fear of movement and improvements in functional outcomes.

An important finding was the substantial heterogeneity across studies regarding exercise type, intensity, duration, frequency, progression, and outcome measures used to assess pain sensitivity and central sensitization. Moreover, several studies evaluated multimodal interventions combining exercise

with education, manual therapy, or self-management strategies. Therefore, the independent contribution of exercise to the observed changes could not always be established. Overall, the available evidence supports a multidimensional model in which exercise may influence chronic knee pain through interactions among neural adaptation, pain modulation, increased functional capacity, and changes in cognitive-emotional factors.

## Discussion and Conclusion

The findings of this narrative review indicate that the effects of exercise therapy in chronic knee pain cannot be explained solely by increases in muscle strength or improvements in joint mechanics. Exercise may influence pain and function through modulation of pain responses, increased tolerance to loading, improved self-efficacy, and reduced fear of movement. However, the current evidence is insufficient to establish that exercise directly reduces central sensitization or to confirm specific causal pathways. Clinically, assessment of fear of movement, psychological factors, and indicators of pain sensitivity may assist in developing individualized and graded exercise programs. Combining exercise with pain neuroscience education may provide additional benefits for psychological outcomes in some populations. Future research should use larger samples, longitudinal and mechanistic designs, standardized measures of pain processing, and longer follow-up periods to clarify the mechanisms underlying exercise responses and identify clinically useful predictors of treatment response.

**Keywords:** Chronic knee pain, exercise therapy, central sensitization, fear of movement, pain neuroscience education, rehabilitation, pain modulation

مقاله مروری

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۵/۰۱ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۸/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۷/۱۱

ISSN: 3116-1758 eISSN: 3115-9400

دو فصلنامه مطالعات مروری علوم ورزشی و تندرستی
سال اول، شماره دوم، بهار و تابستان ۱۴۰۵، ۱۳۷-۱۷۲
Jshsr.atu.ac.ir
DOI: 10.22054/jshsr.2026.94528.1065

# درد مزمن زانو: مکانیسم‌های زیربنایی اثر تمرین‌درمانی بر حساسیت مرکزی و ترس از حرکت؛ یک مرور روایتی

**بهرام شیخی** * استادیار، گروه علوم ورزشی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
**هادی اکبری** دانشیار، گروه علوم ورزشی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

## چکیده

**زمینه و هدف:** درد مزمن زانو یکی از شایع‌ترین مشکلات اسکلتی‌عضلانی و از عوامل مهم محدودکننده فعالیت بدنی، عملکرد جسمانی و کیفیت زندگی است. اگرچه تغییرات ساختاری مفصل، التهاب و آسیب‌های بافتی در ایجاد و تداوم درد نقش دارند، شواهد جدید نشان می‌دهد که شدت درد و ناتوانی همیشه با میزان تغییرات ساختاری همخوانی ندارند. ازاین‌رو، عوامل نوروفیزیولوژیک، روان‌شناختی و رفتاری در مدل زیستی-روانی-اجتماعی درد مزمن اهمیت بیشتری یافته‌اند. حساسیت مرکزی، اختلال در تعدیل درد، افزایش حساسیت به محرک‌های دردناک و ترس از حرکت ازجمله عواملی هستند که می‌توانند در تداوم درد و کاهش مشارکت در فعالیت‌های روزمره و ورزشی نقش داشته باشند. ترس از حرکت نیز از طریق ایجاد چرخه ترس-اجتناب، کاهش فعالیت، افت ظرفیت عملکردی و تقویت باورهای تهدیدآمیز درباره حرکت می‌تواند روند توان‌بخشی را تحت تأثیر قرار دهد. تمرین‌درمانی یکی از مداخلات اصلی و پرکاربرد در مدیریت درد مزمن زانو است و اثرات آن فراتر از افزایش قدرت عضلانی یا اصلاح عملکرد مکانیکی مفصل در نظر گرفته می‌شود. شواهد موجود نشان می‌دهد که تمرین می‌تواند از طریق هیپوآلژزی ناشی از ورزش، تعدیل سیستم‌های درون‌زاد کنترل درد، سازگاری‌های عصبی، افزایش تحمل بار مکانیکی، بهبود خودکارآمدی و کاهش ترس از حرکت بر پیامدهای درد تأثیر بگذارد. بااین‌حال، شواهد مربوط به مکانیسم‌های زیربنایی این اثرات ناهمگون است و شاخص‌های مورد استفاده برای ارزیابی حساسیت مرکزی و درد نیز در مطالعات مختلف یکسان نیستند. بنابراین، هدف این مرور روایتی، بررسی و تلفیق شواهد موجود درباره مکانیسم‌های زیستی، نوروفیزیولوژیک و روان‌شناختی مرتبط با اثر تمرین‌درمانی بر حساسیت مرکزی و ترس از حرکت در افراد مبتلا به درد مزمن زانو و بررسی پیامدهای این شواهد برای طراحی برنامه‌های توان‌بخشی فردمحور بود.

**روش پژوهش:** این مطالعه به‌صورت مرور روایتی انجام شد. برای شناسایی مطالعات مرتبط، پایگاه‌های PubMed، Scopus، Web of Science و Google Scholar از سال ۲۰۱۰ تا ژانویه ۲۰۲۶ جستجو شدند. راهبرد جستجو با استفاده از ترکیبی از کلیدواژه‌های مرتبط با درد مزمن زانو، استئوآرتریت زانو، درد پتلوفمورال، تمرین‌درمانی، تمرینات مقاومتی، هوازی، عصبی‌عضلانی و کنترل حرکتی، حساسیت مرکزی، تعدیل درد، هیپوآلژزی ناشی از ورزش، علوم اعصاب درد، ترس از حرکت و کینزیوفوبیا طراحی شد. همچنین، فهرست منابع مطالعات مروری و مطالعات مرتبط به‌صورت دستی بررسی شد. مطالعاتی وارد مرور شدند که بر افراد مبتلا به درد مزمن زانو، استئوآرتریت زانو یا درد پتلوفمورال تمرکز داشتند و حداقل یکی از موضوعات تمرین‌درمانی، حساسیت به درد، پردازش درد، عوامل روان‌شناختی یا ترس از حرکت را بررسی کرده بودند. مطالعات منتشرشده در مجلات علمی داوری‌شده و به زبان انگلیسی، شامل پژوهش‌های اصیل و کارآزمایی‌های بالینی، مورد توجه قرار گرفتند. مطالعات مربوط به آسیب‌های حاد، توان‌بخشی پس از جراحی بدون ارتباط با درد مزمن، گزارش موردی، چکیده همایش، سرمقاله و مطالعات فاقد اطلاعات

* نویسنده مسئول: bahramsheikhi@uoz.ac.ir

روش‌شناختی کافی کنار گذاشته شدند. در مجموع، ۲۷۳۴ رکورد از جستجوی پایگاه‌ها و منابع دستی شناسایی شد. پس از حذف موارد تکراری، ۱۷۱۵ رکورد برای غربالگری عنوان و چکیده باقی ماند. در ادامه، ۷۹۷ متن کامل بررسی شد و در نهایت ۲۱ مطالعه با معیارهای ورود مطابقت داشتند و در سنتز روایی مورد استفاده قرار گرفتند. با توجه به ماهیت روایتی مطالعه، ارزیابی رسمی خطر سوگیری و متاآنالیز انجام نشد.

**یافته‌ها:** شواهد حاصل از ۲۱ مطالعه نشان داد که تمرین‌درمانی می‌تواند با تغییر در برخی شاخص‌های مرتبط با حساسیت درد، کاهش ترس از حرکت و بهبود عوامل روان‌شناختی و عملکردی همراه باشد؛ بااین‌حال، شدت و سازوکار این اثرات در مطالعات مختلف یکسان نبود. مطالعاتی که از آستانه درد فشاری یا پاسخ هیپوآلژزی ناشی از ورزش استفاده کردند، در بسیاری از موارد افزایش آستانه درد فشاری پس از تمرین را گزارش کردند. این یافته می‌تواند نشان‌دهنده کاهش حساسیت به محرک دردناک یا بهبود برخی سازوکارهای تعدیل درد باشد اما به‌تنهایی شواهد مستقیمی برای کاهش حساسیت مرکزی محسوب نمی‌شود. برخی مطالعات نشان دادند که پاسخ به تمرین به وضعیت اولیه سیستم تعدیل درد وابسته است. در افراد دارای تعدیل درد شرطی طبیعی، تمرین هوازی یا ایزومتریک با پاسخ ضددردی مناسب همراه بود درحالی‌که در افراد دارای اختلال در تعدیل درد، این پاسخ کاهش یافته یا حتی معکوس بود. همچنین، برخی مطالعات نشان دادند که تمرینات تعادلی و مقاومتی می‌توانند با کاهش نمرات پرسشنامه‌های مرتبط با حساسیت مرکزی و بهبود درد و عملکرد همراه باشند. بااین‌حال، ارتباط میان این تغییرات و کاهش مستقیم حساسیت مرکزی قطعی نیست و تفاوت ابزارهای اندازه‌گیری، طراحی مطالعات و ویژگی‌های نمونه‌ها تفسیر نتایج را محدود می‌کند. شواهد مربوط به مکانیسم‌های مرکزی نیز نشان‌دهنده تغییرات احتمالی در پردازش درد است. در یک مطالعه با استفاده از fNIRS، شش هفته تمرین با کاهش فعالیت قشر پیش‌پیشانی جانبی پشتی هنگام تحریک دردناک همراه بود و این تغییر با کاهش درد و فاجعه‌سازی درد ارتباط داشت. بااین‌حال، به‌دلیل حجم نمونه محدود و طراحی مطالعه، این یافته‌ها باید مقدماتی و اکتشافی تلقی شوند. در حوزه ترس از حرکت، مطالعات مداخله‌ای نشان دادند که برنامه‌های تمرینی چهار تا هشت‌هفته‌ای می‌توانند کینزیوفوبیا را کاهش دهند. ترکیب تمرین با آموزش علوم عصبی درد یا آموزش مهارت‌های مقابله با درد، در برخی مطالعات کاهش بیشتری در ترس از حرکت، فاجعه‌سازی درد و افزایش خودکارآمدی ایجاد کرد، اگرچه این اثرات همیشه با کاهش بیشتر شدت درد همراه نبودند. در افراد مبتلا به درد پتلوفمورال نیز برنامه‌های تمرینی و خودمدیریتی با کاهش ترس از حرکت و بهبود عملکرد همراه بودند. یکی از یافته‌های مهم مرور حاضر، ناهمگونی قابل‌توجه مطالعات از نظر نوع، شدت، مدت و دوز تمرین و همچنین تفاوت در شاخص‌های ارزیابی حساسیت مرکزی بود. علاوه‌براین، در بسیاری از مطالعات مداخلات چندجزئی شامل تمرین، آموزش، درمان دستی یا خودمدیریتی بودند؛ بنابراین تعیین سهم مستقل تمرین در تغییرات مشاهده‌شده امکان‌پذیر نبود. در مجموع، شواهد موجود بیشتر از یک مدل چندمسیره حمایت می‌کنند که در آن تمرین از طریق تعامل سازگاری‌های عصبی، تعدیل درد، افزایش ظرفیت عملکردی و تغییر عوامل شناختی-هیجانی بر پیامدهای درد مزمن زانو اثر می‌گذارد.

**بحث و نتیجه‌گیری:** یافته‌های این مرور نشان می‌دهد که اثر تمرین‌درمانی در درد مزمن زانو را نمی‌توان صرفاً براساس افزایش قدرت یا اصلاح عوامل مکانیکی مفصل توضیح داد. تمرین ممکن است از طریق تعدیل پاسخ‌های درد، افزایش تحمل بار، بهبود خودکارآمدی و کاهش ترس از حرکت بر تجربه درد و عملکرد اثر بگذارد. بااین‌حال، شواهد موجود برای نتیجه‌گیری قطعی درباره کاهش مستقیم حساسیت مرکزی یا اثبات مسیرهای علّی کافی نیستند. از نظر بالینی، ارزیابی ترس از حرکت، عوامل روان‌شناختی و شاخص‌های مرتبط با حساسیت درد می‌تواند به طراحی برنامه‌های تمرینی تدریجی و فردمحور کمک کند. ترکیب تمرین با آموزش علوم عصبی درد نیز در برخی جمعیت‌ها نتایج مطلوب‌تری برای پیامدهای روان‌شناختی نشان داده است. پژوهش‌های آینده باید با نمونه‌های بزرگ‌تر، طراحی‌های طولی و اندازه‌گیری‌های استاندارد نوروفیزیولوژیک، نقش دقیق مکانیسم‌های درد و پیش‌بینی‌کننده‌های پاسخ به تمرین را بررسی کنند.

**کلیدواژه‌ها**: درد مزمن زانو، تمرین‌درمانی، حساسیت مرکزی، ترس از حرکت، آموزش علوم عصبی درد، توان‌بخشی، تعدیل درد

**مقدمه**

درد مزمن زانو[1] یکی از شایع‌ترین اختلالات اسکلتی‌عضلانی است و سهم قابل‌توجهی در ایجاد ناتوانی و کاهش کیفیت زندگی افراد در گروه‌های سنی مختلف دارد. اگرچه استئوآرتریت شایع‌ترین علت درد پایدار زانو در سالمندان محسوب می‌شود اما درد مزمن زانو در افراد جوان و فعال نیز، به‌ویژه در مبتلایان به درد پتلوفمورال[2]، درد پایدار پس از بازسازی رباط صلیبی قدامی[3] و سایر آسیب‌های ناشی از استفاده بیش‌ازحد مشاهده شده است. درد مزمن زانو صرفاً پیامد آسیب ساختاری مفصل تلقی نمی‌شود بلکه به‌عنوان یک وضعیت پیچیده و چندبعدی شناخته می‌شود که حاصل تعامل عوامل زیستی، روان‌شناختی و اجتماعی است (۳-۱).

در گذشته، درد مزمن زانو عمدتاً براساس مکانیسم‌های محیطی ناشی از التهاب، تخریب مفصل یا آسیب بافتی تفسیر می‌شد. بااین‌حال، مطالعات متعدد نشان داده‌اند که شدت تغییرات ساختاری مفصل همواره با شدت درد یا میزان ناتوانی همخوانی ندارد (۴). بسیاری از بیماران باوجود تغییرات ساختاری خفیف درد شدیدی را تجربه می‌کنند و در مقابل، برخی افراد حتی پس از ترمیم بافت یا جراحی موفق نیز همچنان از درد مزمن رنج می‌برند. این یافته‌ها موجب شده است که دیدگاه زیستی-روانی-اجتماعی[4] جایگزین رویکرد ساختارمحور در تبیین دردهای مزمن اسکلتی‌عضلانی شود (۵).

یکی از مهم‌ترین مکانیسم‌های مطرح در تداوم درد، حساسیت مرکزی درد است. حساسیت مرکزی[5] درد به افزایش پاسخ‌پذیری سیستم عصبی مرکزی[6] نسبت به محرک‌های دردناک و غیردردناک گفته می‌شود و با افزایش تحریک‌پذیری نورون‌های نخاعی و مغزی، اختلال در سیستم‌های مهارکننده درد، افزایش زمان درد و کاهش آستانه تحمل درد همراه است (۶-۹). شواهد متعددی نشان داده‌اند که بیماران مبتلا به درد مزمن زانو دارای کاهش آستانه درد فشاری[7]، اختلال در تعدیل درد شرطی[8]، افزایش زمان درد و تغییرات عملکردی و در برخی مطالعات ساختاری در شبکه‌های مرتبط با پردازش درد مغز هستند. این تغییرات نشان می‌دهد که تداوم درد تنها ناشی از آسیب محیطی نیست و اصلاح عملکرد سیستم عصبی مرکزی نیز باید یکی از اهداف اصلی درمان باشد (۷, ۱۰, ۱۱).

در کنار تغییرات نوروفیزیولوژیک، عوامل روان‌شناختی نقش مهمی در تداوم درد مزمن زانو دارند. یکی از مهم‌ترین این عوامل، ترس از حرکت یا کینزیوفوبیا[9] است. براساس مدل ترس-اجتناب، افرادی که درد را به‌صورت تهدیدآمیز تفسیر می‌کنند، به‌تدریج از انجام فعالیت‌های بدنی اجتناب کرده و وارد چرخه‌ای از کاهش فعالیت، ضعف عضلانی، کاهش عملکرد، افزایش حساسیت درد و تشدید ناتوانی می‌شوند. این چرخه نه‌تنها

1. Chronic Knee Pain
2. Patellofemoral pain
3. Anterior cruciate ligament (ACL)
4. Biopsychosocial model
5. Central sensitization (CS)
6. Central nervous system (CNS)
7. Reduced Pressure Pain Threshold (PPT)
8. Impaired Conditioned Pain Modulation (CPM)
9. Fear of Movement (Kinesiophobia)

عملکرد روزمره ورزشی را مختل می‌کند بلکه ممکن است از طریق کاهش فعالیت بدنی و افزایش توجه به درد، به تداوم حساسیت مرکزی درد نیز کمک کند (۱۲).

تمرین‌درمانی در اغلب دستورالعمل‌های بالینی بین‌المللی به‌عنوان درمان خط اول درد مزمن زانو توصیه شده است. شواهد نشان داده‌اند که انواع مختلف تمرین‌ها ازجمله تمرینات هوازی، مقاومتی، کنترل حرکتی، تعادلی، انعطاف‌پذیری و تمرینات ذهن-بدن، می‌توانند درد را کاهش داده، عملکرد را بهبود بخشند و کیفیت زندگی بیماران را ارتقا دهند. امروزه مشخص شده است که اثرات تمرین تنها به افزایش قدرت عضلانی یا بهبود بیومکانیک مفصل محدود نمی‌شود بلکه تمرین قادر است از طریق فعال‌سازی سیستم‌های مهارکننده درد، ایجاد هیپوآلژزی ناشی از ورزش[1]، بهبود تعدیل نزولی درد، کاهش التهاب سیستمیک و ایجاد تغییرات نوروپلاستیسیته مغز، بر پردازش مرکزی درد نیز اثر بگذارد (۲, ۳, ۵, ۷).

علاوه‌براین، تمرین‌درمانی دارای اثرات روان‌شناختی مهمی است. انجام منظم تمرین می‌تواند خودکارآمدی را افزایش دهد، فاجعه‌سازی درد را کاهش دهد، اعتماد به حرکت را بهبود بخشد و از طریق مواجهه تدریجی با فعالیت‌های ترسناک، باورهای نادرست بیماران درباره درد و آسیب بافتی را اصلاح کند. این تغییرات رفتاری و شناختی احتمالاً در کنار سازوکارهای نوروفیزیولوژیک، نقش مهمی در کاهش ترس از حرکت و شکستن چرخه ترس-اجتناب ایفا می‌کنند (۱۳-۱۵).

باوجود شواهد گسترده درباره اثربخشی تمرین‌درمانی، هنوز درباره مسیرهای زیستی، نوروفیزیولوژیک و روان‌شناختی اثر تمرین بر حساسیت مرکزی درد و ترس از حرکت ابهام وجود دارد. بیشتر مرورهای پیشین بر پیامدهای بالینی یا مقایسه انواع تمرین تمرکز داشته‌اند و کمتر به بررسی یکپارچه این سازوکارها پرداخته‌اند. ازاین‌رو، با توجه به شواهد جدید درباره درد نوسیپلاستیک، حساسیت مرکزی، تغییرات قشری و مداخلات ترکیبی، انجام یک مرور به‌روز و یکپارچه ضروری به نظر می‌رسد (۵, ۷, ۱۰, ۱۱, ۱۶-۱۸).

بنابراین، هدف این مقاله مروری روایتی، جمع‌بندی و تبیین شواهد موجود درباره مکانیسم‌های زیستی، نوروفیزیولوژیک و روان‌شناختی اثر تمرین‌درمانی بر حساسیت مرکزی درد و ترس از حرکت در افراد مبتلا به درد مزمن زانو است. همچنین این مرور تلاش می‌کند نقش انواع مختلف تمرین را در تعدیل این مکانیسم‌ها، شکاف‌های موجود در دانش فعلی و پیامدهای آن برای کاربردهای بالینی و پژوهش‌های آینده مورد بحث قرار دهد.

1. Exercise-Induced Hypoalgesia (EIH)

## روش تحقیق

### نوع مطالعه

این مطالعه به‌صورت مرور روایتی[1] انجام شد تا شواهد موجود درباره ارتباط میان حساسیت مرکزی درد، ترس از حرکت و مکانیسم‌های زیربنایی تمرین‌درمانی در افراد مبتلا به درد زانو به‌طور جامع بررسی و تلفیق شود. رویکرد مرور روایتی به‌دلیل امکان ادغام یافته‌های حاصل از مطالعات با طراحی‌های مختلف، تلفیق شواهد عصب‌فیزیولوژیکی و روان‌شناختی، و ارائه درکی جامع از مکانیسم‌های پیچیده دخیل در توان‌بخشی مبتنی بر تمرین انتخاب شد. اگرچه این مطالعه یک مرور روایتی است و با هدف انجام متاآنالیز یا سنتز کمی طراحی نشده است، جستجوی ساختاریافته‌ای برای شناسایی مطالعات مرتبط انجام شد.

### راهبرد جستجوی منابع

به‌منظور شناسایی مطالعات مرتبط، جستجوی جامعی در پایگاه‌های اطلاعاتی PubMed، Scopus، Web of Science و Google Scholar انجام شد. مطالعات منتشرشده از ۲۰۱۰ تا ژانویه ۲۰۲۶ مورد بررسی قرار گرفتند. راهبرد جستجو براساس ترکیبی از اصطلاحات استاندارد پزشکی (MeSH) و کلیدواژه‌های آزاد مرتبط با درد زانو، عوامل روان‌شناختی (حساسیت مرکزی درد و ترس از حرکت) و تمرین‌درمانی طراحی شد.

کلیدواژه‌های اصلی مورد استفاده در جستجو شامل «درد مزمن زانو»، «استئوآرتریت زانو»[2]، «درد پتلوفمورال»، «درد پایدار پس از بازسازی رباط صلیبی قدامی»[3]، «تمرین‌درمانی»[4]، «مداخلات ورزشی»[5]، «عصبی شناختی»[6]، «فعالیت بدنی»[7]، «تمرینات هوازی»[8]، «تمرینات مقاومتی»[9]، «تمرینات کنترل عصبی‌عضلانی»[10]، «تمرینات کنترل حرکتی»[11]، «تمرینات تعادلی»[12]، «حساسیت مرکزی»، «تعدیل درد»[13]، «مهار نزولی درد»[14]، «نوروپلاستیسیته»[15]، «علوم اعصاب درد»[16]، «ترس از حرکت»، «کینزیوفوبیا» و «اجتناب از حرکت»[17] بودند.

1. Narrative Review
2. Knee osteoarthritis
3. Persistent pain after anterior cruciate ligament reconstruction
4. Exercise therapy
5. Exercise interventions
6. Neurocognitive
7. Physical activity
8. Aerobic exercise
9. Resistance exercise
10. Neuromuscular exercise
11. Motor control exercise
12. Balance exercise
13. Pain modulation
14. Descending pain inhibition
15. Neuroplasticity
16. Pain neuroscience
17. Movement avoidance

همچنین، فهرست منابع مقالات مروری، مرورهای نظام‌مند و متاآنالیزهای مرتبط به‌صورت دستی بررسی شد تا مطالعات واجد شرایطی که در جستجوی اولیه شناسایی نشده بودند نیز وارد مرور شوند.

## معیارهای ورود و خروج مطالعات

مطالعاتی وارد این مرور شدند که دارای شرایط زیر بودند: (۱) بر افراد مبتلا به درد زانو، ازجمله درد مزمن زانو، درد پتلوفمورال یا استئوآرتریت زانو متمرکز بودند؛ (۲) به بررسی عوامل روان‌شناختی، تمرین‌درمانی یا شاخص‌های پیامد گزارش‌شده توسط بیمار پرداخته بودند؛ (۳) در مجلات علمی داوری‌شده و به زبان انگلیسی منتشر شده بودند؛ و (۴) شامل مطالعات پژوهشی اصیل یا کارآزمایی‌های بالینی مرتبط با اهداف این مطالعه بودند.

مطالعاتی که بر آسیب‌های حاد تروماتیک زانو یا توان‌بخشی پس از جراحی بدون ارتباط با درد مزمن زانو تمرکز داشتند، همچنین چکیده همایش‌ها، سرمقاله‌ها، نامه به سردبیر، گزارش‌های موردی، پایان‌نامه‌ها، مطالعات فاقد اطلاعات روش‌شناختی کافی یا مقالاتی که متن کامل آن‌ها در دسترس نبود، از این مطالعه حذف شدند.

## انتخاب مطالعات و استخراج داده‌ها

در مرحله نخست، عناوین و چکیده مطالعات شناسایی‌شده از نظر ارتباط با اهداف این مرور مورد غربالگری قرار گرفتند. سپس متن کامل مطالعات واجد شرایط براساس معیارهای ورود و خروج بررسی شد. از مطالعات منتخب، اطلاعاتی شامل نوع مطالعه، ویژگی‌های شرکت‌کنندگان، نوع درد زانو، عوامل روان‌شناختی، نوع مداخله تمرین‌درمانی، شاخص‌های پیامد گزارش‌شده توسط بیمار، یافته‌های اصلی و مکانیسم‌های پیشنهادی زیربنای اثرات تمرین استخراج شد. در نهایت، یافته‌های استخراج‌شده به‌صورت روایتی تلفیق شدند تا الگوهای مشترک، تفاوت‌ها و ارتباط میان عوامل روان‌شناختی و سازگاری‌های ناشی از تمرین در افراد مبتلا به درد زانو تبیین شود. در مجموع، تعداد ۲۷۳۴ رکورد از پایگاه‌های اطلاعاتی و جستجوی دستی منابع شناسایی شد. پس از حذف موارد تکراری، ۱۷۱۵ رکورد برای غربالگری عنوان و چکیده بررسی شد. در این مرحله، ۹۱۸ مطالعه به‌دلیل عدم ارتباط با موضوع مرور حذف شد و متن کامل ۷۹۷ مطالعه برای ارزیابی بیشتر بررسی گردید. در نهایت، ۲۱ مطالعه که با اهداف و معیارهای ورود این مرور مطابقت داشت، در سنتز روایی مورد استفاده قرار گرفت. ازآنجاکه این مطالعه یک مرور روایتی بود، این فرآیند با هدف شفافیت بیشتر در انتخاب منابع گزارش شد و به‌عنوان یک فرآیند مرور نظام‌مند تلقی نمی‌شود.

## ارزیابی کیفیت شواهد

با توجه به ماهیت مرور روایتی این مطالعه، ارزیابی رسمی خطر سوگیری[1] انجام نشد. بااین‌حال، کیفیت روش‌شناختی مطالعات واردشده در فرآیند سنتز شواهد به‌صورت نقادانه مورد توجه قرار گرفت. در این ارزیابی، عواملی مانند نوع طراحی مطالعه، ویژگی‌های نمونه، استحکام روش‌شناسی، ابزارهای اندازه‌گیری، سازگاری

1. Risk of Bias

یافته‌ها و اهمیت بالینی نتایج مدنظر قرار گرفت. همچنین، برای ارائه تصویری متوازن و مبتنی بر شواهد، تأکید بیشتری بر مرورهای سیستماتیک، متاآنالیزها، کارآزمایی‌های تصادفی‌سازی‌شده و مطالعات آینده‌نگر با کیفیت بالا شد. جدول ۱ مطالعاتی که معیارهای ورود را داشتند نمایش می‌دهد. یافته‌های مربوط به استئوآرتریت زانو، درد پتلوفمورال و درد پایدار پس از بازسازی رباط صلیبی قدامی به‌صورت مفهومی در یک چارچوب کلی درد مزمن زانو مورد بررسی قرار گرفتند، اما این شرایط از نظر آسیب‌شناسی، ویژگی‌های بالینی و مکانیسم‌های احتمالی درد معادل در نظر گرفته نشدند. بنابراین، یافته‌های هر گروه باید در زمینه جمعیت و وضعیت بالینی مورد مطالعه تفسیر شوند و تعمیم مستقیم نتایج میان این زیرگروه‌ها با احتیاط انجام شود.

## مکانیسم‌های روان‌شناختی درد زانو

امروزه درد زانو به‌عنوان یک اختلال چندعاملی شناخته می‌شود که در آن عوامل روان‌شناختی نقش مهمی در ادراک درد، عملکرد جسمانی و پاسخ به درمان ایفا می‌کنند. فراتر از آسیب‌های ساختاری، فرآیندهای شناختی، هیجانی و رفتاری می‌توانند از طریق تغییر در تعدیل درد، الگوهای حرکتی و میزان پایبندی به برنامه‌های توان‌بخشی، موجب تداوم درد شوند. براساس مدل زیستی-روانی-اجتماعی، درد تنها پیامد آسیب بافتی نیست بلکه حاصل تعامل پویای عوامل زیستی، روان‌شناختی و اجتماعی است.

## بحث

در سال‌های اخیر، درد زانو دیگر صرفاً به‌عنوان پیامد آسیب ساختاری مفصل در نظر گرفته نمی‌شود بلکه نتیجه تعامل پیچیده عوامل زیستی، روان‌شناختی و اجتماعی است. براساس مدل زیستی-روانی-اجتماعی، شدت درد و میزان ناتوانی تنها به میزان آسیب بافتی وابسته نیست بلکه عواملی مانند ترس از حرکت، فاجعه‌سازی درد، خودکارآمدی، باورهای فرد نسبت به درد و رفتارهای اجتنابی نیز در تداوم علائم نقش اساسی دارند (۱۴, ۱۹, ۲۰). این عوامل با تغییر در الگوهای حرکتی، کنترل عصبی‌عضلانی و پاسخ فرد به تمرین‌درمانی، بر روند بهبودی تأثیر می‌گذارند. تمرین‌درمانی یکی از مؤثرترین مداخلات غیرجراحی برای مدیریت درد زانو محسوب می‌شود و در راهنماهای بالینی به‌عنوان درمان خط اول برای بسیاری از اختلالات اسکلتی‌عضلانی توصیه شده است. بااین‌حال، اثربخشی تمرین‌درمانی تنها به افزایش قدرت عضلانی محدود نمی‌شود بلکه مجموعه‌ای از سازگاری‌های بیولوژیکی، عصبی، بیومکانیکی و روان‌شناختی در کاهش درد و بهبود عملکرد نقش دارند. شواهد نشان می‌دهد که تمرین‌درمانی با تأثیر بر سیستم عصبی مرکزی و محیطی، بهبود کنترل حرکتی، اصلاح الگوهای بارگذاری مفصل، تعدیل پاسخ‌های التهابی و ارتقای عوامل روان‌شناختی، می‌تواند به کاهش درد و افزایش کیفیت زندگی افراد مبتلا به درد زانو کمک کند (۲۱-۲۳).

## تمرین‌درمانی و حساسیت مرکزی در زانودرد مزمن

تحقیقات علوم اعصاب به‌طور قابل توجهی درک ما را در مورد درد و به‌ویژه درد مزمن، ازجمله نقش حساسیت مرکزی[1] (سیستم عصبی) در ایجاد و تقویت تجربیات درد (مداوم) افزایش داده است (۷). اساساً، حساسیت مرکزی مکانیسم اصلی زیربنایی درد نوسیپلاستیک[2] است که یک فنوتیپ درد[3] است. بسیاری از بیماران مبتلا به درد مزمن فاقد منشأ مشخصی از ورودی درد هستند یا ورودی نشان داده شده برای توضیح درد، ناتوانی و سایر علائم تجربه شده کافی نیست. در چنین بیمارانی، حساسیت مرکزی می‌تواند تجربه درد مزمن را توضیح دهد. حساسیت مرکزی به‌عنوان «تقویت سیگنالینگ عصبی در سیستم عصبی مرکزی که باعث افزایش حساسیت به درد می‌شود» تعریف[4] می‌شود (۹, ۱۱, ۱۸, ۲۳). حساسیت به درد با استفاده از معیارهای کمی و معتبر، مانند آستانه‌های درد فشاری و حرارتی که در آن حداقل نیروی مکانیکی یا گرمای اعمال شده که باعث درد می‌شود، تعیین می‌شود و رتبه‌بندی درد فشاری و حرارتی که در آن درد درک شده به ترتیب در طول فشار یا محرک حرارتی بر روی یک ابزار رتبه‌بندی درد (مثلاً مقیاس آنالوگ بصری)، اندازه‌گیری می‌شود (۲۴). علاوه‌براین پرسشنامه حساسیت مرکزی درد نیز یک ابزار سنجش معتبر است (۶).

مدیریت درد مزمن از رویکردهای صرفاً بافت‌محور به سوی رویکردهای زیستی–روانی–اجتماعی و توجه به عوامل مؤثر بر حساسیت مرکزی تغییر کرده است. در این رویکرد، هدف «درمان حساسیت مرکزی» نیست بلکه شناسایی و تعدیل عوامل تداوم‌بخش درد، ازجمله فاجعه‌سازی، ترس، اضطراب، راهبردهای مقابله‌ای ناسازگار، اختلال خواب، استرس و کم‌تحرکی است. همچنین، ارزیابی موفقیت درمان نباید صرفاً بر تغییرات کوتاه‌مدت شدت درد متکی باشد و باید بهبود عملکرد و مشارکت در فعالیت‌های روزمره را نیز در نظر گرفت. از این منظر، تمرین‌درمانی و فعالیت بدنی منظم می‌توانند بخشی مهم از مدیریت جامع درد مزمن باشند (۵, ۷, ۲۵). شواهد فزاینده نشان می‌دهد که تمرین‌درمانی باعث بهبود جزئی در ویژگی‌های حساسیت مرکزی در بیماران مبتلا به درد مزمن می‌شود (۲۶).

## اثر تمرین بر حساسیت مرکزی

حساسیت مرکزی یکی از مهم‌ترین مکانیسم‌های دخیل در تداوم درد مزمن زانو محسوب می‌شود و با کاهش کارایی سیستم‌های مهاری درد، افزایش پاسخ به محرک‌های دردناک و اختلال در پردازش مرکزی درد مشخص می‌شود. در سال‌های اخیر شواهد فزاینده‌ای نشان داده‌اند که تمرین‌درمانی علاوه‌بر بهبود عملکرد و کاهش درد، قادر است برخی شاخص‌های حساسیت مرکزی را نیز تعدیل کند (۹–۱۱, ۱۸). لازم است میان حساسیت به درد، حساسیت مرکزی و درد نوسی‌پلاستیک تمایز قائل شد. حساسیت به درد یک ویژگی قابل اندازه‌گیری از پاسخ فرد به محرک دردناک است درحالی‌که حساسیت مرکزی یک مفهوم نوروفیزیولوژیک و درد نوسی‌پلاستیک

1. Central Sensitization
2. Nociplastic Pain
3. Pain Phenotype
۴. تعریف دیگر؛ افزایش پاسخگویی نورون‌های دردزا در سیستم عصبی مرکزی به ورودی‌های آوران طبیعی یا زیرآستانه‌ای.

یک مفهوم بالینی مرتبط با تغییر در پردازش نوسیسپتیو است. بنابراین، افزایش آستانه درد فشاری یا سایر تغییرات در حساسیت به درد به‌تنهایی برای تشخیص یا اثبات کاهش حساسیت مرکزی یا تغییر در درد نوسی‌پلاستیک کافی نیست.

یکی از رایج‌ترین شاخص‌های ارزیابی حساسیت مرکزی، *آستانه درد فشاری* است. اغلب مطالعات نشان داده‌اند که برنامه‌های تمرینی موجب افزایش آستانه درد فشاری و در نتیجه کاهش حساسیت درد می‌شوند. برای مثال، حسین و همکاران (۲۰۲۶) گزارش کردند که هشت هفته برنامه تمرینات تقویتی خانگی علاوه‌بر کاهش درد و بهبود عملکرد، موجب افزایش معنی‌دار آستانه درد فشاری در بیماران مبتلا به استئوآرتریت زانو شد که ممکن است نشان‌دهنده کاهش حساسیت محیطی یا بهبود مکانیسم‌های مهارکننده درد باشد (۲۷)، اگرچه تغییر مستقیم در حساسیت مرکزی در این مطالعه اندازه‌گیری نشد. همچنین لی و همکاران (۲۰۲۶) نشان دادند که افزودن محدودسازی جریان خون به تمرینات مقاومتی با شدت پایین، افزایش بیشتری در آستانه درد فشاری نسبت به تمرینات معمول ایجاد می‌کند و احتمالاً از طریق بهبود مکانیسم‌های تعدیل درد موجب کاهش حساسیت درد می‌شود (۲۸).

شواهد نشان می‌دهد که حتی یک جلسه تمرین نیز می‌تواند پاسخ‌های ضددردی ایجاد کند. زبارماوی و همکاران (۲۰۲۵) گزارش کردند که یک یا سه نوبت تمرین اسکوات دیواری ایزومتریک باعث افزایش معنی‌دار آستانه درد فشاری در اندام تحتانی و نواحی دوردست شد، اگرچه شدت درد بالینی تغییر معنی‌داری نداشت. این یافته نشان می‌دهد که پاسخ هیپوآلژزی ناشی از ورزش ممکن است پیش از تغییر در درد بالینی ظاهر شود (۲۹). به‌طور مشابه، والنزا و همکاران (۲۰۱۶) نیز نشان دادند که یک جلسه کشش انقباض-آرامش یا تحریک الکتریکی عصب از راه پوست باعث افزایش آستانه درد فشاری و بهبود عملکرد در افراد مبتلا به درد قدامی زانو شد (۳۰).

بااین‌حال، همه بیماران پاسخ یکسانی به تمرین نشان نمی‌دهند. فینگلتون و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که بیماران دارای عملکرد طبیعی سیستم تعدیل درد، پس از تمرین پاسخ طبیعی هیپوآلژزی ناشی از ورزش را تجربه می‌کنند درحالی‌که افراد دارای اختلال در تعدیل درد نه‌تنها این پاسخ را نشان نمی‌دهند بلکه در برخی موارد کاهش آستانه درد فشاری نیز مشاهده می‌شود. این یافته اهمیت ارزیابی عملکرد سیستم مهار درون‌زاد درد پیش از تجویز برنامه تمرینی را نشان می‌دهد (۳۱). افزایش آستانه درد فشاری نشان‌دهنده افزایش آستانه تحمل محرک فشار دردناک و کاهش حساسیت به آن محرک است اما به‌تنهایی نمی‌تواند به‌عنوان شواهد مستقیم کاهش حساسیت مرکزی تلقی شود. آستانه درد فشاری ممکن است تحت تأثیر عوامل محیطی، تعدیل درون‌زاد درد، عوامل روان‌شناختی و سایر فرآیندهای مرتبط با درد قرار گیرد. بنابراین، در این مرور، تغییرات آستانه درد فشاری به‌عنوان شاخصی از تغییر در حساسیت به درد تفسیر شده‌اند و نه به‌عنوان یک نشانگر اختصاصی حساسیت مرکزی (۳۱).

برخی مطالعات نیز مستقیماً شاخص‌های حساسیت مرکزی را ارزیابی کرده‌اند. تیراشچی و همکاران (۲۰۲۴) گزارش کردند که تمرینات تعادلی تحت نظارت موجب کاهش معنی‌دار امتیاز حساسیت مرکزی شد و این تغییر

عمدتاً با کاهش درد هنگام فعالیت مرتبط بود، نه با بهبود تعادل یا عملکرد؛ بنابراین کاهش درد احتمالاً واسطه اصلی کاهش حساسیت مرکزی است (۳۲). بااین‌حال، شواهد مستقیم برای نسبت‌دادن این تغییرات به کاهش حساسیت مرکزی محدود است و مطالعات مکانیزمی با استفاده از مجموعه‌ای از شاخص‌های معتبر برای بررسی این فرضیه مورد نیاز است. در مقابل، مطالعه چن و همکاران (۲۰۲۵) نشان داد که افزودن تای‌چی به تمرینات مقاومتی اگرچه موجب کاهش درد، ترس از حرکت و فاجعه‌سازی درد شد اما تغییر معنی‌داری در شاخص حساسیت مرکزی ایجاد نکرد. این یافته نشان می‌دهد که بهبود عوامل شناختی و هیجانی لزوماً با تغییر شاخص‌های حساسیت مرکزی همراه نیست (۳۳).

مطالعات تصویربرداری عصبی نیز شواهد مهمی درباره مکانیسم‌های مرکزی تمرین ارائه کرده‌اند. اوزتورک و همکاران (۲۰۲۱) با استفاده از طیف‌نگاری نزدیک مادون قرمز عملکردی نشان دادند که شش هفته تمرین موجب کاهش فعالیت پری‌فرونتال کورتکس جانبی پشتی هنگام تحریک دردناک شد و این تغییرات با کاهش شدت درد و فاجعه‌سازی درد همبستگی داشت. این نتایج اولیه نشان می‌دهند که تمرین ممکن است با تغییر در الگوهای فعال‌سازی قشری مرتبط با پردازش درد همراه باشد (۳۴)، اگرچه برای تأیید این یافته و تعیین رابطه علّی، مطالعات بیشتر با نمونه‌های بزرگ‌تر و طراحی‌های کنترل‌شده لازم است.

باوجوداین، همه انواع مداخلات آموزشی قادر به تقویت پاسخ ضددردی ناشی از ورزش نیستند. تومی و همکاران نشان دادند که آموزش هدفمند درباره اثرات ضددردی ورزش اگرچه باورهای بیماران را بهبود داد اما موجب افزایش هیپوآلژزی ناشی از ورزش یا افزایش آستانه درد فشاری نشد. این یافته نشان می‌دهد که اصلاح باورها به تنهایی برای تغییر مکانیسم‌های تعدیل مرکزی درد کافی نیست و احتمالاً به مداخلات چندبعدی یا دوره‌های تمرینی طولانی‌تر نیاز است (۳۵).

به‌طور کلی، شواهد موجود نشان می‌دهد که تمرین‌درمانی قادر است از طریق افزایش آستانه درد فشاری، ایجاد هیپوآلژزی ناشی از ورزش، بهبود عملکرد سیستم مهار درد و تعدیل فعالیت نواحی قشری مرتبط با درد، حساسیت مرکزی را کاهش دهد؛ هرچند میزان این اثر به نوع تمرین، ویژگی‌های بیمار و وضعیت اولیه سیستم تعدیل درد بستگی دارد.

## تمرین‌درمانی و ترس از حرکت در زانودرد مزمن

کینزیوفوبیا به‌عنوان ترس بیش‌ازحد، غیرمنطقی و ناتوان‌کننده از حرکت و فعالیت بدنی ناشی از احساس آسیب‌پذیری در برابر آسیب دردناک یا آسیب مجدد تعریف می‌شود (۱۹). مقیاس تامپا رایج‌ترین ابزار برای اندازه‌گیری کینزیوفوبیا است (۳۶).

ترس از حرکت می‌تواند با تغییر الگوهای حرکتی و کاهش عملکرد در افراد مبتلا به درد مزمن زانو همراه باشد. این افراد ممکن است برای محافظت از مفصل، با افزایش هم‌انقباضی عضلات، کاهش دامنه و سرعت حرکت و تغییر الگوی راه‌رفتن، فعالیت خود را محدود کنند. تداوم این تغییرات می‌تواند به ضعف عضلانی، اختلال کنترل عصبی‌عضلانی و کاهش ظرفیت عملکردی منجر شده و چرخه درد و ناتوانی را تقویت کند (۳۷).

تمرین‌درمانی رایج‌ترین رویکرد برای مدیریت ترس غیرمنطقی از حرکت است. مداخلات برای کینزیوفوبیا در درجه اول بر درد اسکلتی-عضلانی متمرکز بوده‌اند (۲). شواهد نشان می‌دهند که تمرین از طریق فراهم کردن تجربه‌های ایمن و کنترل‌شده از حرکت، باورهای نادرست بیماران درباره درد و آسیب بافتی را اصلاح می‌کند. مواجهه تدریجی با فعالیت‌های ترسناک باعث می‌شود بیماران دریابند که انجام حرکت لزوماً موجب آسیب یا افزایش درد نمی‌شود و در نتیجه اعتماد به حرکت و خودکارآمدی آنان افزایش می‌یابد (۳۸). علاوه‌براین، تمرین‌درمانی با کاهش فاجعه‌سازی درد، بهبود راهبردهای مقابله‌ای، افزایش مشارکت در فعالیت‌های روزمره و تقویت عملکرد جسمانی، به شکستن چرخه ترس-اجتناب کمک می‌کند. از سوی دیگر، شواهد فزاینده‌ای نشان می‌دهد که این تغییرات روان‌شناختی همزمان با سازگاری‌های نوروفیزیولوژیک مانند بهبود سیستم‌های مهارکننده درد و کاهش حساسیت مرکزی رخ می‌دهند. ازاین‌رو، برنامه‌های توان‌بخشی نوین، تمرین‌درمانی را در کنار آموزش علوم عصبی درد و مداخلات شناختی-رفتاری به‌عنوان راهبردی جامع برای کاهش ترس از حرکت، تعدیل پردازش درد و بهبود پیامدهای بالینی در افراد مبتلا به درد مزمن زانو توصیه می‌کنند (۳۹). مطالعات کارآزمایی بالینی نیز نشان داده‌اند که افزودن آموزش به برنامه‌های تمرینی می‌تواند بهبود بیشتری در متغیرهای روان‌شناختی مانند ترس از حرکت و فاجعه‌سازی درد ایجاد کند (۴۰).

اگرچه کاهش کینزیوفوبیا در برخی مطالعات هم‌زمان با بهبود درد و عملکرد مشاهده شده است، این یافته‌ها لزوماً رابطه علّی میان این متغیرها را اثبات نمی‌کنند. در غیاب تحلیل‌های میانجی‌گری یا طراحی‌های طولی و تجربی مناسب، کاهش کینزیوفوبیا باید به‌عنوان یک عامل مرتبط یا مسیر احتمالی، و نه یک مکانیسم علّی اثبات‌شده در نظر گرفته شود. ترس از حرکت با حساسیت مرکزی، اختلال در تعدیل شرطی درد و کاهش آستانه درد همبستگی معنی‌داری دارد. همچنین، پرسشنامه حساسیت مرکزی به‌عنوان پیش‌بینی‌کننده مستقل شدت ترس از حرکت شناخته شد و پرسشنامه حساسیت مرکزی و تعدیل شرطی درد نیز پیش‌بینی‌کننده ترس از سقوط بودند. این یافته‌ها نشان می‌دهد که ترس از حرکت با اختلال در پردازش مرکزی درد ارتباط نزدیکی دارد و ارزیابی و مدیریت هم‌زمان ترس از حرکت و حساسیت مرکزی می‌تواند در طراحی برنامه‌های تمرین‌درمانی تدریجی و فردمحور نقش مهمی ایفا کند (۴۱).

## اثر تمرین بر ترس از حرکت

مطالعات مداخله‌ای مرورشده کاهش معنی‌دار ترس از حرکت پس از اجرای برنامه‌های تمرینی را گزارش کرده‌اند. مولینو و همکاران نشان دادند که تنها چهار هفته تمرین اندام تحتانی موجب کاهش قابل‌توجه ترس از حرکت شد و این بهبود تا شش هفته پس از پایان مداخله نیز حفظ گردید (۴۲). به‌طور مشابه، اوزتورک و همکاران گزارش کردند که شش هفته تمرین علاوه‌بر کاهش درد، موجب کاهش معنی‌دار ترس از حرکت و فاجعه‌سازی درد شد و این تغییرات با کاهش فعالیت پری‌فرونتال کورتکس جانبی پشتی همبستگی داشت که احتمال نقش سازوکارهای مرکزی را تقویت می‌کند. در این مطالعات تغییر در فعالیت پری‌فرونتال کورتکس پس از یک برنامه تمرینی و ارتباط آن با برخی پیامدهای بالینی گزارش شد. با توجه به حجم نمونه محدود (۱۵

شرکت‌کننده) و طراحی تک‌گروهی، این یافته‌ها باید به‌عنوان شواهد مقدماتی و اکتشافی درباره تغییرات عصبی مرتبط با تمرین تفسیر شوند و نمی‌توانند به‌تنهایی یک مکانیسم علّی اثر تمرین بر درد را اثبات کنند (۳۴, ۴۳).

ترکیب تمرین با مداخلات آموزشی نیز نتایج امیدوارکننده‌ای نشان داده است. ربیعی و همکاران (۲۰۲۳) گزارش کردند که افزودن آموزش علوم عصبی درد به تمرینات پیلاتس کاهش بیشتری در ترس از حرکت و فاجعه‌سازی درد و افزایش بیشتری در خودکارآمدی نسبت به تمرینات پیلاتس به‌تنهایی ایجاد کرد، اگرچه تفاوت معنی‌داری در شدت درد بین گروه‌ها مشاهده نشد (۴۴). همچنین بنل و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که برنامه اینترنتی شامل تمرین‌درمانی و آموزش مهارت‌های مقابله با درد موجب کاهش فاجعه‌سازی درد، افزایش خودکارآمدی و بهبود عملکرد تا نه ماه پس از مداخله شد (۴۵).

در بیماران مبتلا به درد پتلوفمورال نیز کاهش ترس از حرکت پس از برنامه‌های تمرینی گزارش شده است. اسمیت و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه امکان‌سنجی خود نشان دادند که برنامه تمرینی خودمدیریتی همراه با آموزش درد موجب بهبود ترس از حرکت، فاجعه‌سازی درد و خودکارآمدی شد و اجرای این برنامه از نظر بیماران قابل‌قبول بود (۴۶). مطالعه گریوز و همکاران (۲۰۲۱) نیز نشان داد که اجرای یک برنامه تمرینی مبتنی بر شواهد باعث کاهش ترس از حرکت و بهبود عملکرد در افراد مبتلا به درد پتلوفمورال شد (۴۷). در مطالعاتی که تمرین‌درمانی در کنار آموزش علوم اعصاب درد، درمان دستی، خودمدیریتی یا سایر مداخلات ارائه شده است، تعیین سهم مستقل تمرین در تغییرات مشاهده‌شده امکان‌پذیر نیست. بنابراین، یافته‌های این مطالعات به‌عنوان شواهد مربوط به مداخلات چندجزئی تفسیر شدند و از نسبت‌دادن اثرات مشاهده‌شده به تمرین‌درمانی به‌تنهایی خودداری شد.

دومنک و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که کاهش کینزیوفوبیا و فاجعه‌سازی درد پس از درمان با بهبود درد و عملکرد در بیماران مبتلا به درد قدامی مزمن زانو همراه است. علاوه‌براین، تغییرات فاجعه‌سازی درد پیش‌بینی‌کننده بهبود شدت درد و تغییرات فاجعه‌سازی همراه با اضطراب پیش‌بینی‌کننده بهبود ناتوانی بودند. این یافته‌ها بیانگر آن است که تعدیل عوامل شناختی-هیجانی می‌تواند یکی از سازوکارهای مهم بهبود پیامدهای بالینی در بیماران مبتلا به درد مزمن زانو باشد (۴۸).

مطالعات مشاهده‌ای نیز ارتباط نزدیک میان ترس از حرکت و حساسیت مرکزی را نشان داده‌اند. اسماعیل و همکاران (۲۰۲۵) گزارش کردند که شدت ترس از حرکت با شدت درد، شاخص حساسیت مرکزی، تعدیل درد شرطی و آستانه درد فشاری ارتباط معنی‌داری دارد و حساسیت مرکزی مهم‌ترین پیش‌بینی‌کننده ترس از حرکت در بیماران مبتلا به استئوآرتریت زانو است (۴۱).

بااین‌حال، همه مداخلات آموزشی به تنهایی قادر به کاهش ترس از حرکت نیستند. مطالعه تومی و همکاران (۲۰۲۶) نشان داد که آموزش کوتاه‌مدت درباره اثرات ضددردی ورزش اگرچه باورهای افراد را بهبود داد اما تغییر معنی‌داری در پاسخ‌های ضددردی ناشی از ورزش ایجاد نکرد؛ بنابراین به نظر می‌رسد تغییر پایدار ترس از حرکت نیازمند تجربه عملی تمرین، مواجهه تدریجی با فعالیت و تکرار رفتارهای حرکتی موفق باشد (۳۵).

**جدول ۱. مطالعات بررسی‌کننده مکانیسم‌های اثر تمرین‌درمانی بر ترس از حرکت و حساسیت مرکزی در افراد مبتلا به درد مزمن زانو**

| متغیر/ حوزه مورد بررسی | نویسنده (سال) | طراحی مطالعه | شرکت‌کنندگان | مداخله | مدت مداخله | پیامدها و شاخص‌های ارزیابی | یافته‌های اصلی | مکانیسم/ تفسیر |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ترس از حرکت | مولینکس و همکاران (۲۰۲۰)(۴۲) | مطالعه مداخله‌ای تک‌گروهی و غیرتصادفی | ۵۴ فرد مبتلا به استئوآرتریت زانو | برنامه تمرینی اندام تحتانی | ۴ هفته (پیگیری ۶ هفته پس از پایان مداخله) | مقیاس ترس از حرکت تامپا، پرسشنامه پیامد آسیب و استئوآرتریت زانو | ترس از حرکت پس از ۴ هفته تمرین کاهش یافت و این بهبود تا ۶ هفته پس از پایان برنامه حفظ شد. همچنین، تمامی زیرمقیاس‌های پرسشنامه پیامد آسیب و استئوآرتریت زانو شامل درد، علائم، فعالیت‌های روزمره، ورزش و کیفیت زندگی بهبود یافتند. بین درد و ترس از حرکت در ابتدا و پایان دوره پیگیری، همبستگی منفی متوسطی مشاهده شد. | تمرین‌درمانی احتمالاً از طریق کاهش درد، افزایش اعتماد به حرکت، بهبود عملکرد و شکستن چرخه ترس–اجتناب موجب کاهش کینزیوفوبیا می‌شود. ارزیابی سطح اولیه کینزیوفوبیا می‌تواند در پیش‌بینی پاسخ بیماران به تمرین و طراحی برنامه‌های توان‌بخشی فردمحور مفید باشد. |
| | کوی و همکاران (۲۰۲۴)(۴۹) | کارآزمایی تصادفی‌سازی‌شده با پیگیری ۱۲ ماهه | ۸۷ بیمار مبتلا به درد مزمن زانو | فیزیوتراپی فعال چندوجهی (شامل آموزش علوم عصبی درد، تکنیک‌های | ۳ ماه (۲ جلسه در هفته، پیگیری ۱۲ ماهه) | پرسشنامه پیامد آسیب و استئوآرتریت زانو، مقیاس دیداری درد، مقیاس ترس از حرکت تامپا، پرسشنامه | گروه فیزیوتراپی فعال کاهش بیشتری در شدت درد و ترس از حرکت و بهبود بیشتری در عملکرد | ترکیب تمرینات عملکردی با آموزش علوم عصبی درد و تکنیک‌های درمان دستی احتمالاً از طریق کاهش درد، اصلاح |

| متغیر/ حوزه مورد بررسی | نویسنده (سال) | طراحی مطالعه | شرکت‌کنندگان | مداخله | مدت مداخله | پیامدها و شاخص‌های ارزیابی | یافته‌های اصلی | مکانیسم/ تفسیر |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | مولیگان، آزادسازی فعال فاشیا و تمرینات انعطاف‌پذیری، ثبات، کنترل عصبی‌عضلانی و هماهنگی) در مقایسه با فیزیوتراپی متداول | | کیفیت زندگی ۳۶ سؤالی، مقیاس برداشت کلی از تغییر و آزمون‌های عملکردی | و نمرات پرسشنامه پیامد آسیب و استئوآرتریت زانو نسبت به گروه کنترل نشان داد. این بهبودها تا پایان دوره پیگیری ۱۲ ماهه حفظ شدند. | باورهای نادرست درباره درد، افزایش اعتماد به حرکت و بهبود کنترل عصبی‌عضلانی موجب کاهش کینزیوفوبیا و بهبود عملکرد می‌شود. |
| | اوزتورک و همکاران (۲۰۲۱)(۳٤) | مطالعه مداخله‌ای تک‌گروهی قبل- بعد | ۱۵ بیمار مبتلا به استئوآرتریت زانو همراه با درد مزمن | برنامه تمرین‌درمانی | ٦ هفته (۳ جلسه در هفته) | مقیاس دیداری درد، مقیاس فاجعه‌سازی درد، مقیاس ترس از حرکت تامپا، ارزیابی عملکرد و طیف‌سنجی عملکردی مادون‌قرمز نزدیک برای سنجش فعالیت همودینامیک مغز | پس از ٦ هفته تمرین، شدت درد، فاجعه‌سازی درد، ترس از حرکت و محدودیت عملکرد به‌طور معنی‌داری بهبود یافت. همچنین، فعالیت عملکردی پری‌فرونتال کورتکس جانبی پشتی هنگام اعمال محرک دردناک به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. تغییرات فعالیت این ناحیه با کاهش شدت درد (r=۰/٥٤) و فاجعه‌سازی | تمرین احتمالاً از طریق تعدیل فعالیت پری‌فرونتال کورتکس و بهبود پردازش مرکزی درد، موجب کاهش ترس از حرکت و فاجعه‌سازی درد می‌شود. این یافته‌ها نقش سازگاری‌های نوروفیزیولوژیک مغز را در اثربخشی تمرین‌درمانی بر درد مزمن زانو برجسته می‌کنند. |

| متغیر/ حوزه مورد بررسی | نویسنده (سال) | طراحی مطالعه | شرکت‌کنندگان | مداخله | مدت مداخله | پیامدها و شاخص‌های ارزیابی | یافته‌های اصلی | مکانیسم/ تفسیر |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | درد (r=۰/٤٤) همبستگی معنی‌داری داشت. | |
| | ربیعی و همکاران (۲۰۲۳)(٤٤) | کارآزمایی تصادفی‌سازی‌شده پایلوت با ارزیاب کور | ٥٤ فرد مبتلا به استئوآرتریت زانو | آموزش علوم عصبی درد به‌دنبال تمرینات پیلاتس در مقایسه با تمرینات پیلاتس به‌تنهایی | ۸ هفته | شاخص استئوآرتریت دانشگاه‌های وسترن انتاریو و مک‌مستر، مقیاس فاجعه‌سازی درد، مقیاس ترس از حرکت تامپا، پرسشنامه خودکارآمدی درد و آزمون برخاستن و رفتن زمان‌دار | هر دو گروه از نظر شدت درد، محدودیت عملکردی و عملکرد جسمانی بهبود یافتند اما گروه آموزش علوم عصبی درد همراه با تمرینات پیلاتس کاهش بیشتری در ترس از حرکت و فاجعه‌سازی درد و افزایش بیشتری در خودکارآمدی درد نسبت به گروه تمرینات پیلاتس به‌تنهایی نشان داد. بااین‌حال، تفاوت معنی‌داری بین دو گروه از نظر شدت درد، محدودیت عملکردی و عملکرد جسمانی مشاهده نشد. | افزودن آموزش علوم عصبی درد به تمرینات پیلاتس احتمالاً با اصلاح باورهای نادرست درباره درد، کاهش تهدید ادراک‌شده از حرکت، افزایش خودکارآمدی و کاهش فاجعه‌سازی درد، اثربخشی تمرین را بر پیامدهای روان‌شناختی افزایش می‌دهد. این یافته از رویکرد زیستی–روانی–اجتماعی در توان‌بخشی استئوآرتریت زانو حمایت می‌کند. |

| متغیر/ حوزه مورد بررسی | نویسنده (سال) | طراحی مطالعه | شرکت‌کنندگان | مداخله | مدت مداخله | پیامدها و شاخص‌های ارزیابی | یافته‌های اصلی | مکانیسم/ تفسیر |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | گریوز و همکاران (۲۰۲۱)(۴۷) | مطالعه مشاهده‌ای آینده‌نگر قبل-بعد | ۲۷ فرد مبتلا به درد پتلوفمورال | برنامه تمرینی مبتنی بر شواهد شامل تمرینات تقویتی، عملکردی و توان‌بخشی مطابق راهنماهای بالینی | ۶ هفته | مقیاس ترس از حرکت تامپا، پرسشنامه پیامد آسیب و استئوآرتریت زانو، مقیاس کوجالا، مقیاس عددی شدت درد، قدرت عضله کوادریسپس ران، مهار عضلانی آرتروژنیک و بیومکانیک دویدن | پس از مداخله، عملکرد، کینزیوفوبیا و مهار عضلانی آرتروژنیک به‌طور معنی‌داری بهبود یافتند. تغییر معنی‌داری در قدرت عضله کوادریسپس یا بیومکانیک دویدن مشاهده نشد. | بهبود کینزیوفوبیا و عملکرد در غیاب تغییرات بیومکانیکی نشان می‌دهد که بخشی از اثر تمرین ممکن است از طریق کاهش مهار عصبی عضلانی، افزایش اعتماد به حرکت و سازگاری‌های عصبی، نه صرفاً افزایش قدرت یا اصلاح الگوی حرکت، ایجاد شود. |
| | اسمیت و همکاران (۲۰۱۹)(۴۶) | مطالعه امکان‌سنجی کارآزمایی تصادفی‌سازی‌شده با روش‌های آمیخته | ۶۰ بیمار مبتلا به درد پتلوفمورال | برنامه تمرینی خودمدیریتی همراه با آموزش درد و راهبردهای خودمدیریتی در مقایسه با فیزیوتراپی معمول | ۶ ماه پیگیری | مقیاس دیداری درد، مقیاس ترس از حرکت تامپا، مقیاس فاجعه‌سازی درد، مقیاس خودکارآمدی، پرسشنامه کیفیت زندگی | هر دو گروه بهبود در درد، کینزیوفوبیا، فاجعه‌سازی درد و خودکارآمدی نشان دادند. تفاوت مشخصی بین گروه‌ها گزارش نشد زیرا مطالعه برای بررسی اثربخشی طراحی نشده بود. | مطالعه نشان داد اجرای برنامه تمرینی همراه با آموزش درد و خودمدیریتی امکان‌پذیر و قابل‌قبول است و زمینه را برای انجام کارآزمایی‌های بالینی بزرگ‌تر جهت بررسی اثرات روان‌شناختی و بالینی فراهم می‌کند. |
| | شیخی و همکاران (۲۰۲۳)(۴۰) | کارآزمایی تصادفی‌سازی‌شده | ۶۰ بیمار مبتلا به درد پتلوفمورال | ۸ هفته تمرینات تنه و ران همراه با ۳ جلسه آموزش پیش از شروع | ۸ هفته تمرینات تنه و ران به‌تنهایی | شدت درد، فاجعه‌سازی درد، ترس از حرکت، عملکرد و قدرت عضلانی | افزودن آموزش به تمرینات تنه و ران تفاوت معنی‌داری در | نشان می‌دهد که ترکیب آموزش با تمرین می‌تواند از طریق کاهش ترس از حرکت، اصلاح باورهای |

| متغیر/ حوزه مورد بررسی | نویسنده (سال) | طراحی مطالعه | شرکت‌کنندگان | مداخله | مدت مداخله | پیامدها و شاخص‌های ارزیابی | یافته‌های اصلی | مکانیسم/ تفسیر |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | تمرین | | | کاهش درد بین گروه‌ها ایجاد نکرد؛ بااین‌حال، گروه دریافت‌کننده آموزش همراه تمرین، بهبود بیشتری در کاهش فاجعه‌سازی درد و ترس از حرکت پس از مداخله نشان داد و این بهبودها تا پیگیری ۳ ماهه حفظ شدند | ناسازگار مرتبط با درد و کاهش عوامل روان‌شناختی مرتبط با درد، مسیرهای روان‌شناختی مؤثر در توان‌بخشی را تقویت کند و احتمالاً مشارکت بیمار در فعالیت بدنی را افزایش دهد. |
| حساسیت به درد/ شاخص‌های مرتبط با حساسیت مرکزی | اوزتورک و همکاران(۲۰۲۱)(۴۳) | کارآزمایی تصادفی‌سازی‌شده کنترل‌شده آینده‌نگر | ۳۶ بیمار مبتلا به استئوآرتریت زانو همراه با درد مزمن | تمرین‌درمانی همراه با درمان مبتنی بر مشاهده عمل در مقایسه با تمرین‌درمانی به‌تنهایی | ۶ هفته (۳ جلسه در هفته) | مقیاس دیداری درد، آستانه تحمل فشار درد، ارزیابی عملکرد، مقیاس ترس از حرکت تامپا و مقیاس فاجعه‌سازی درد | هر دو گروه پس از مداخله بهبود معنی‌داری در آستانه درد فشاری، درد و عملکرد نشان دادند، اما افزودن مشاهده عمل نسبت به تمرین به‌تنهایی مزیت بیشتری ایجاد نکرد. | نتایج نشان می‌دهد که تمرین‌درمانی به‌تنهایی می‌تواند حساسیت درد را کاهش دهد اما افزودن مشاهده عمل تأثیر اضافی بر تعدیل حساسیت درد یا افزایش آستانه درد فشاری ندارد. |
| | تیراشچی و همکاران (۲۰۲۴)(۳۲) | کارآزمایی تصادفی‌سازی‌شده کنترل‌شده | ۴۰ بیمار مبتلا به استئوآرتریت دوطرفه زانو همراه با حساسیت مرکزی | تمرینات تعادلی تحت نظارت همراه با آموزش استئوآرتریت در مقایسه | ۶ هفته، ۳ جلسه در هفته | پرسشنامه حساسیت مرکزی، مقیاس دیداری درد، شاخص استئوآرتریت دانشگاه‌های | گروه تمرین در مقایسه با گروه کنترل کاهش معنی‌داری در نمره | تحلیل رگرسیون نشان داد که کاهش حساسیت مرکزی عمدتاً با کاهش درد هنگام فعالیت و درد |

| متغیر/ حوزه مورد بررسی | نویسنده (سال) | طراحی مطالعه | شرکت‌کنندگان | مداخله | مدت مداخله | پیامدها و شاخص‌های ارزیابی | یافته‌های اصلی | مکانیسم/ تفسیر |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | با آموزش استئوآرتریت به‌تنهایی | | وسترن انتاریو و مک‌مستر، مقیاس تعادل برگ و آزمون تعادل Y | حساسیت مرکزی و درد هنگام فعالیت و همچنین بهبود بیشتری در عملکرد و تعادل پویا نشان داد. این بهبودها تا هفته دوازدهم عمدتاً حفظ شدند. | اندازه‌گیری‌شده توسط شاخص استئوآرتریت دانشگاه‌های وسترن انتاریو و مک‌مستر مرتبط بود، نه با بهبود تعادل یا عملکرد. بنابراین، به نظر می‌رسد اثر تمرینات تعادلی بر حساسیت مرکزی عمدتاً از طریق کاهش درد اعمال می‌شود. |
| | فینگلتون و همکاران (۲۰۱۷) | مطالعه آزمایشگاهی مورد–شاهدی (مقایسه‌ای) | ٤٠ بیمار مبتلا به استئوآرتریت زانو (۱۹ نفر با تعدیل درد شرطی غیرطبیعی و ۲۱ نفر با تعدیل درد شرطی طبیعی) و ۲۰ فرد سالم | یک جلسه تمرین هوازی و تمرین ایزومتریک | حاد (تک‌جلسه‌ای) | | بیماران دارای تعدیل درد شرطی طبیعی، مشابه افراد سالم، پس از هر دو نوع تمرین افزایش آستانه درد فشاری و پاسخ طبیعی کاهش درد ناشی از تمرین را نشان دادند. در مقابل، بیماران دارای تعدیل درد شرطی غیرطبیعی پس از هر دو نوع تمرین کاهش آستانه درد فشاری و پاسخ | اثربخشی ضددردی تمرین به عملکرد مناسب سیستم مهار درون‌زاد درد وابسته است. اختلال در تعدیل درد شرطی می‌تواند موجب کاهش یا فقدان پاسخ ضددردی ناشی از تمرین شود؛ بنابراین، ارزیابی سیستم تعدیل درد می‌تواند در طراحی برنامه‌های تمرینی تدریجی، فردمحور و متناسب با وضعیت حساسیت مرکزی در بیماران مبتلا به استئوآرتریت زانو مفید باشد. |
| | بینل و همکاران | کارآزمایی | ۱٤۸ فرد مبتلا به درد مزمن | تمرین‌درمانی خانگی | ۳ ماه (پیگیری ۹ ماهه) | درد هنگام راه رفتن، شاخص | مختل کاهش درد ناشی | ترکیب تمرین‌درمانی با آموزش |

| متغیر/ حوزه مورد بررسی | نویسنده (سال) | طراحی مطالعه | شرکت‌کنندگان | مداخله | مدت مداخله | پیامدها و شاخص‌های ارزیابی | یافته‌های اصلی | مکانیسم/ تفسیر |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (۲۰۱۷)(٤٥) | تصادفی‌سازی‌شده عملی با گروه‌های موازی | زانو | به‌همراه آموزش مهارت‌های مقابله با درد[1] به‌صورت اینترنتی در مقایسه با آموزش اینترنتی | | استئوآرتریت دانشگاه‌های وسترن انتاریو و مک‌مستر، خودکارآمدی، فاجعه‌سازی درد، مهارت‌های مقابله با درد، کیفیت زندگی | از تمرین را تجربه کردند. گروه مداخله کاهش معنی‌دار درد، بهبود عملکرد و بهبود بیشتر در خودکارآمدی، مهارت‌های مقابله‌ای و فاجعه‌سازی درد نسبت به گروه کنترل نشان داد. این بهبودها تا ۹ ماه حفظ شدند. | مهارت‌های مقابله با درد می‌تواند از طریق اصلاح شناخت‌های مرتبط با درد، افزایش خودکارآمدی و بهبود راهبردهای مقابله‌ای، اثربخشی تمرین را افزایش داده و بهبودهای پایدار در درد و عملکرد ایجاد کند. |
| | حسین و همکاران (۲۰۲۵)(۲۷) | کارآزمایی تصادفی‌سازی‌شده (فاز اول) | ۲٤۷ بیمار مبتلا به استئوآرتریت زانو | برنامه تمرینات مقاومتی به‌همراه توصیه‌های سبک زندگی در مقایسه با دارودرمانی و توصیه‌های سبک زندگی | ۸ هفته | آستانه درد فشاری، شدت درد (مقیاس عددی درد)، شاخص استئوآرتریت دانشگاه‌های وسترن انتاریو و مک‌مستر، قدرت عضلانی، دامنه حرکتی، آزمون ٦ دقیقه راه‌رفتن، کیفیت زندگی | گروه تمرین نسبت به گروه کنترل کاهش بیشتری در شدت درد، افزایش معنی‌دار آستانه درد فشاری، بهبود عملکرد، افزایش قدرت عضلانی، بهبود دامنه حرکتی، عملکرد بهتر در آزمون ٦ دقیقه راه‌رفتن و | افزایش آستانه درد فشاری نشان می‌دهد که تمرینات تقویتی می‌توانند حساسیت درد را کاهش دهند و احتمالاً از طریق تقویت سیستم‌های مهار مرکزی درد و بهبود تعدیل درد، بخشی از اثرات درمانی خود را در استئوآرتریت زانو اعمال کنند. |

1. Pain Coping Skills Training

| متغیر/ حوزه مورد بررسی | نویسنده (سال) | طراحی مطالعه | شرکت‌کنندگان | مداخله | مدت مداخله | پیامدها و شاخص‌های ارزیابی | یافته‌های اصلی | مکانیسم/ تفسیر |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | کیفیت زندگی نشان داد (P<۰/۰۰۱) | |
| | تومی و همکاران (۲۰۲۶)(۳۵) | کارآزمایی تصادفی‌سازی‌شده دوسوکور | ۴۲ بیمار مبتلا به استئوآرتریت زانو | آموزش هدفمند پیش از تمرین درباره اثرات ضددردی ورزش در مقایسه با آموزش کنترل؛ سپس یک جلسه انقباض ایزومتریک عضله کوادریسپس تا حد خستگی | ۲۴–۷۲ ساعت | کاهش درد ناشی از ورزش، آستانه درد فشاری، درد در حالت استراحت، درد هنگام آزمون بالا و پایین رفتن از پله | آموزش اختصاصی موجب افزایش معنی‌دار دانش و باور شرکت‌کنندگان درباره اثرات ضددردی ورزش شد (p=۰/۰۰۱)، اما تفاوت معنی‌داری بین دو گروه در تغییرات آستانه درد فشاری، درد استراحت یا درد هنگام فعالیت پس از تمرین مشاهده نشد (همه p>۰/۱۱). | تغییر باورهای مرتبط با اثرات ضددردی ورزش به‌تنهایی برای تقویت پاسخ کاهش درد ناشی از ورزش کافی نیست. احتمالاً بهبود حساسیت مرکزی و پاسخ‌های تعدیل درد نیازمند مداخلات چندوجهی یا برنامه‌های تمرینی طولانی‌مدت‌تر است و آموزش کوتاه‌مدت پیش از تمرین به‌تنهایی اثر قابل‌توجهی بر این سازوکارها ندارد. |
| | لی و همکاران (۲۰۲۶)(۲۸) | کارآزمایی تصادفی‌سازی‌شده با ارزیاب کور | ۴۱ بیمار مبتلا به سندرم درد پتلوفمورال | تمرینات مقاومتی چندمفصلی با شدت پایین همراه با محدودسازی جریان خون در مقایسه با همان تمرینات بدون | ۶ هفته | آستانه درد فشاری، قدرت عضلات بازکننده زانو، تعادل، ویژگی‌های مکانیکی عضلات (تون و سفتی عضلانی) | گروه تمرین همراه با محدودسازی جریان خون نسبت به گروه کنترل افزایش معنی‌دار آستانه درد فشاری، افزایش قدرت عضلات | افزودن محدودسازی جریان خون به تمرینات مقاومتی با شدت پایین می‌تواند حساسیت درد را کاهش داده و تحمل درد را افزایش دهد. این یافته نشان می‌دهد که بهبود سازوکارهای |

| متغیر/ حوزه مورد بررسی | نویسنده (سال) | طراحی مطالعه | شرکت‌کنندگان | مداخله | مدت مداخله | پیامدها و شاخص‌های ارزیابی | یافته‌های اصلی | مکانیسم/ تفسیر |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | محدودسازی جریان خون؛ ۲ جلسه در هفته | | | بازکننده زانو، بهبود تعادل و بهبود ویژگی‌های مکانیکی عضلات شامل تون و سفتی عضلانی را نشان داد (P<۰/۰۵). | تعدیل درد، همراه با سازگاری‌های عصبی‌عضلانی، احتمالاً یکی از مکانیسم‌های مؤثر این مداخله در بهبود بیماران مبتلا به سندرم درد پتلوفمورال است. |
| | رم و همکاران (۲۰۲۵)(۵۰) | کارآزمایی تصادفی‌سازی‌شده امکان‌سنجی | ۲۰ بیمار مبتلا به استئوآرتریت زانو | تمرینات دردناک در مقایسه با تمرینات بدون درد، دو جلسه در هفته به مدت ٦ هفته، همراه با آموزش استاندارد | ٦ هفته (تمرینات تحت نظارت، دو جلسه در هفته، همراه با آموزش استاندارد) | آستانه درد فشاری، درد، عملکرد، قدرت عضلانی، شاخص‌های روان‌شناختی، برداشت کلی از تغییر، عوارض جانبی | هر دو گروه بهبود مشابهی در درد، عملکرد و آستانه درد فشاری داشتند اما گروه تمرین دردناک افزایش بیشتری در قدرت عضلانی نشان داد. میزان پایبندی، پذیرش و ایمنی مداخله مطلوب بود. | اجرای تمرینات همراه با درد خفیف و کنترل‌شده، در صورت همراهی با آموزش مناسب، امکان‌پذیر و ایمن است و به نظر می‌رسد موجب تشدید پیامدهای منفی مرتبط با حساسیت درد نمی‌شود. |
| | زبرماوی و همکاران (۲۰۲۵)(۲۹) | کارآزمایی تصادفی‌سازی‌شده با گروه‌های موازی | ۹۰ بزرگسال مبتلا به استئوآرتریت مزمن زانو | یک یا سه تکرار تمرین اسکوات دیواری ایزومتریک تا خستگی ارادی در مقایسه با گروه کنترل (نشستن آرام) | مداخله حاد (یک جلسه) | آستانه درد فشاری در ساق، ستون کمری و ساعد؛ شدت درد | هر دو پروتکل ایزومتریک باعث افزایش معنی‌دار آستانه درد فشاری (کاهش حساسیت درد) شدند و اثر پروتکل سه‌تکراری | نتایج نشان می‌دهد حتی یک جلسه تمرین ایزومتریک می‌تواند از طریق هیپوآلژزی ناشی از ورزش حساسیت درد را کاهش دهد اما کاهش درد بالینی احتمالاً به مداخلات طولانی‌تر و ایجاد |

| متغیر/ حوزه مورد بررسی | نویسنده (سال) | طراحی مطالعه | شرکت‌کنندگان | مداخله | مدت مداخله | پیامدها و شاخص‌های ارزیابی | یافته‌های اصلی | مکانیسم/ تفسیر |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | بیشتر بود اما هیچ‌کدام شدت درد بالینی را به‌طور معنی‌داری کاهش ندادند. | سازگاری‌های مرکزی و محیطی بیشتری نیاز دارد. |
| | هولم و همکاران (۲۰۲۱)(۵۱) | کارآزمایی تصادفی‌سازی‌شده | ۲۰ فرد مبتلا به استئوآرتریت علامت‌دار زانو که کاندید جراحی تعویض مفصل نبودند | مقایسه تمرینات قدرتی + تمرینات عصبی‌عضلانی + آموزش با تمرینات عصبی‌عضلانی + آموزش | ۱۲ هفته (۲ جلسه در هفته) | آستانه درد فشاری، آستانه تحمل درد فشاری، جمع‌شدگی زمانی درد، تعدیل شرطی درد، شدت درد زانو، تعداد نواحی دردناک بدن | افزودن تمرینات قدرتی موجب افزایش معنی‌دار آستانه تحمل درد فشاری و آستانه تحمل درد و در نتیجه کاهش حساسیت درد شد اما تفاوت معنی‌داری بین دو گروه در جمع‌شدگی زمانی درد، تعدیل شرطی درد و تعداد نواحی دردناک مشاهده نشد. در مقابل، گروه تمرینات کنترل عصبی‌عضلانی همراه با آموزش کاهش بیشتری در شدت درد زانو نسبت به گروه دریافت‌کننده تمرینات قدرتی اضافی | نوع و دوز تمرین بر سازوکارهای درد اثر متفاوتی دارند؛ افزودن تمرین قدرتی ممکن است حساسیت درد را از طریق سازگاری‌های محیطی و مرکزی کاهش دهد اما لزوماً به کاهش بیشتر درد بالینی منجر نمی‌شود. این یافته نشان می‌دهد کاهش حساسیت درد و کاهش شدت درد الزاماً هم‌راستا نیستند و مکانیسم‌های متفاوتی دارند. |

| متغیر/ حوزه مورد بررسی | نویسنده (سال) | طراحی مطالعه | شرکت‌کنندگان | مداخله | مدت مداخله | پیامدها و شاخص‌های ارزیابی | یافته‌های اصلی | مکانیسم/ تفسیر |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | نشان داد. | |
| | هولم و همکاران (۲۰۲٤)(۵۲) | تحلیل ثانویه اکتشافی یک کارآزمایی تصادفی‌سازی‌شده | ٦۳ فرد مبتلا به استئوآرتریت علامت‌دار و رادیوگرافی‌شده زانو | مقایسه تمرینات کنترل عصبی‌عضلانی همراه با آموزش با تمرینات کنترل عصبی‌عضلانی همراه با تمرینات قدرتی کوادریسپس | ۱۲ هفته (۲ جلسه در هفته) | تصویربرداری تشدید مغناطیسی (چربی بین‌عضلانی، چربی درون‌عضلانی، سطح مقطع عضله چهارسر ران)، قدرت عضلات بازکننده زانو، قدرت اختصاصی عضله و آزمون نشستن و برخاستن ۳۰ ثانیه‌ای | هر دو گروه کاهش قابل‌توجهی در چربی بین‌عضلانی، افزایش سطح مقطع عضله چهارسر ران، بهبود قدرت عضلانی، قدرت اختصاصی و عملکرد عملکردی نشان دادند. اگرچه گروه دریافت‌کننده تمرینات تقویتی در بیشتر شاخص‌ها روند بهبود بیشتری داشت، تفاوت معنی‌داری بین دو گروه مشاهده نشد. | تمرینات کنترل عصبی‌عضلانی، با یا بدون تمرینات تقویتی، کیفیت عضله را از طریق کاهش چربی بین‌عضلانی و افزایش قدرت اختصاصی بهبود می‌بخشند. این تغییرات می‌توانند یکی از مکانیسم‌های مهم اثر تمرین در بهبود عملکرد و کاهش علائم استئوآرتریت زانو باشند اما افزودن تمرینات تقویتی مزیت بالینی قابل‌توجهی نسبت به تمرینات کنترل عصبی‌عضلانی به‌تنهایی ایجاد نکرد. |
| | والنزا و همکاران (۲۰۱٦)(۳۰) | کارآزمایی تصادفی‌سازی‌شده کنترل‌شده، سه‌گروهی | ۸٤ فرد جوان مبتلا به درد قدامی زانو (۲۸ نفر در هر گروه) | کشش انقباض–آرام‌سازی، تحریک الکتریکی عصب از راه پوست یا گروه کنترل | یک جلسه (اثر حاد) | آستانه درد فشاری، دامنه حرکتی زانو، آزمون پرش عمودی | هر دو مداخله نسبت به قبل موجب افزایش آستانه درد فشاری، افزایش دامنه حرکتی زانو و بهبود عملکرد در | کشش انقباض–آرام‌سازی و تحریک الکتریکی عصب از راه پوست احتمالاً با کاهش حساسیت درد، افزایش تحمل درد و بهبود عملکرد عصبی‌عضلانی، |

| متغیر/ حوزه مورد بررسی | نویسنده (سال) | طراحی مطالعه | شرکت‌کنندگان | مداخله | مدت مداخله | پیامدها و شاخص‌های ارزیابی | یافته‌های اصلی | مکانیسم/ تفسیر |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | آزمون پرش عمودی شدند درحالی‌که در گروه کنترل تغییر معنی‌داری مشاهده نشد. | عملکرد حرکتی را در کوتاه‌مدت بهبود می‌بخشند. |
| | کلاوسن و همکاران (۲۰۱۷)(۵۳) | مطالعه توصیفی از نوع مجموعه موارد (برگرفته از یک کارآزمایی تصادفی‌سازی‌شده ثبت‌شده) | ۲۳ فرد فعال مبتلا به استئوآرتریت خفیف تا متوسط زانو (٤٨ تا ٧٠ سال) | برنامه تمرینات کنترل عصبی‌عضلانی شامل ۱۱ تمرین با ۳ تا ٤ سطح دشواری، تحت نظارت درمانگر، دو جلسه در هفته | ۸ هفته | امکان‌پذیری برنامه، پیشرفت در سطح دشواری تمرین، درد حین تمرین، میزان تلاش، پایبندی به برنامه و عوارض جانبی | برنامه از نظر اجرا قابل‌قبول و ایمن بود؛ اکثر بیماران در شدت تمرین پیشرفت کردند؛ افزایش کوتاه‌مدت درد در تعداد کمی از جلسات مشاهده شد؛ هیچ عارضه اسکلتی‌عضلانی جدی گزارش نشد؛ تمرینات پرشی برای بیشتر بیماران قابل انجام نبود. | تمرینات کنترل عصبی‌عضلانی با بهبود کنترل حسی–حرکتی و افزایش تدریجی بار عملکردی، بدون تشدید قابل‌توجه علائم، می‌توانند زمینه بهبود عملکرد را فراهم کنند و گزینه‌ای ایمن برای افراد مبتلا به استئوآرتریت خفیف تا متوسط زانو باشند. |

| متغیر/ حوزه مورد بررسی | نویسنده (سال) | طراحی مطالعه | شرکت‌کنندگان | مداخله | مدت مداخله | پیامدها و شاخص‌های ارزیابی | یافته‌های اصلی | مکانیسم/ تفسیر |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | گومز و همکاران (۲۰۲۰)(٥٤) | کارآزمایی تصادفی‌سازی‌شده کنترل‌شده پنج‌گروهی با دارونما | ۱۰۰ بیمار مبتلا به استئوآرتریت زانو | تمرین‌درمانی به‌تنهایی یا همراه با جریان تداخلی، دیاترمی موج کوتاه یا فوتوبیومدولاسیون | ۲٤ جلسه (۸ هفته) | شاخص استئوآرتریت دانشگاه‌های وسترن انتاریو و مک‌مستر، مقیاس عددی شدت درد، آستانه درد فشاری، آزمون نشستن و برخاستن | در همه گروه‌ها درد، عملکرد و خستگی بهبود یافت اما افزودن روش‌های الکتروفیزیکی نسبت به تمرین‌درمانی به‌تنهایی برتری بالینی معناداری ایجاد نکرد. همچنین تغییر معناداری در آستانه درد فشاری مشاهده نشد. | نتایج نشان می‌دهد که تمرین‌درمانی عامل اصلی بهبود بیماران است و افزودن روش‌های الکتروفیزیکی تأثیر قابل‌توجهی بر کاهش حساسیت درد یا بهبود پیامدهای بالینی ندارد. |

مأخذ: یافته‌های پژوهش

در مجموع، شواهد نشان می‌دهد که تمرین‌درمانی، به‌ویژه هنگامی که با آموزش علوم عصبی درد، راهبردهای مقابله با درد یا برنامه‌های خودمدیریتی ترکیب شود، می‌تواند ترس از حرکت، فاجعه‌سازی درد و باورهای ناکارآمد مرتبط با درد را کاهش داده و خودکارآمدی بیماران را افزایش دهد. این تغییرات روان‌شناختی احتمالاً یکی از مهم‌ترین مسیرهای واسطه‌ای اثر تمرین بر کاهش درد و بهبود عملکرد در بیماران مبتلا به درد مزمن زانو محسوب می‌شوند.

## پیامدهای بالینی

یافته‌های این مرور نشان می‌دهد که شناسایی ویژگی‌های مرتبط با حساسیت مرکزی و ترس از حرکت می‌تواند نقش مهمی در شخصی‌سازی برنامه‌های توان‌بخشی بیماران مبتلا به درد مزمن زانو داشته باشد. در بیماران با نشانه‌های حساسیت مرکزی، استفاده از رویکردهای تمرینی تدریجی، شامل افزایش کنترل‌شده شدت، حجم و پیچیدگی حرکات، ممکن است نسبت به مواجهه‌های سریع و شدید با فعالیت بدنی مناسب‌تر باشد زیرا این رویکرد امکان کاهش تدریجی تهدید ادراک‌شده از حرکت و بهبود سازگاری سیستم عصبی در پاسخ به بارگذاری تدریجی را فراهم می‌کند. ناهمگونی قابل توجه در نوع، شدت، مدت، دفعات و نحوه پیشرفت تمرینات، امکان نسبت‌دادن یک اثر یکنواخت به «تمرین‌درمانی» را محدود می‌کند. بنابراین، یافته‌های موجود باید براساس نوع مداخله، ویژگی‌های جمعیت و پیامد مورد بررسی تفسیر شوند و نمی‌توان یک اثر مشابه را به همه اشکال تمرین‌درمانی تعمیم داد.

پیش از شروع برنامه درمانی، ارزیابی عوامل روان‌شناختی و نوروفیزیولوژیک مرتبط با درد، ازجمله ترس از حرکت و حساسیت مرکزی، می‌تواند به شناسایی موانع احتمالی مشارکت بیمار در تمرین و انتخاب راهبرد درمانی مناسب کمک کند. ابزارهای معتبر اندازه‌گیری این سازه‌ها می‌توانند در کنار ارزیابی‌های بالینی معمول، اطلاعات ارزشمندی برای طراحی برنامه توان‌بخشی ارائه دهند.

همچنین، شواهد موجود نشان می‌دهد که ترکیب آموزش علوم عصبی درد با تمرین‌درمانی ممکن است نسبت به تمرین به‌تنهایی، اثرات مطلوب‌تری بر کاهش ترس از حرکت، تغییر باورهای مرتبط با درد و افزایش مشارکت فعال بیمار در فرآیند توان‌بخشی داشته باشد. بنابراین، ادغام مداخلات آموزشی با برنامه‌های تمرینی می‌تواند یک رویکرد جامع‌تر برای مدیریت درد مزمن زانو فراهم کند (۵۵, ۵۶).

در نهایت، برنامه‌های تمرینی باید براساس وضعیت فردی بیمار، شامل میزان حساسیت سیستم درد، سطح ترس از حرکت، ظرفیت عملکردی، پاسخ به بار تمرینی و عوامل روان‌شناختی مرتبط با درد، تنظیم شوند. اتخاذ یک رویکرد مبتنی بر تعدیل بار تمرینی و پاسخ بیمار، به جای استفاده از نسخه‌های یکسان برای همه افراد، می‌تواند به بهبود نتایج بالینی و افزایش پایبندی به درمان کمک کند.

## جهت‌گیری‌های آینده

باوجود پیشرفت‌های قابل‌توجه در درک نقش حساسیت مرکزی، عوامل روان‌شناختی و سازوکارهای عصبی در درد مزمن زانو، هنوز سؤالات مهمی درباره چگونگی بهینه‌سازی مداخلات تمرینی برای افراد مختلف باقی مانده است. پژوهش‌های آینده باید به سمت توسعه رویکردهای دقیق‌تر، فردمحور و مبتنی بر مکانیسم‌های درد حرکت کنند.

یکی از مسیرهای مهم آینده، توسعه مداخلات شخصی در تمرین‌درمانی است. مطالعات آینده باید مشخص کنند که چه ویژگی‌های فردی ازجمله میزان حساسیت مرکزی، سطح ترس از حرکت، عوامل روان‌شناختی، ظرفیت عملکردی و پاسخ اولیه به تمرین، می‌توانند برای پیش‌بینی پاسخ درمانی و انتخاب نوع، شدت و پیشرفت مناسب تمرین مورد استفاده قرار گیرند. چنین رویکردی می‌تواند جایگزین مدل‌های یکسان برای همه بیماران شده و امکان طراحی برنامه‌های توان‌بخشی هدفمندتر را فراهم کند.

همچنین، بررسی نقش زیست‌نشانگرها می‌تواند به شناسایی مکانیسم‌های زیربنایی درد مزمن و پیش‌بینی پاسخ به مداخلات تمرینی کمک کند. مطالعات آینده می‌توانند ارتباط بین نشانگرهای عصبی، التهابی، هورمونی و تغییرات عملکرد سیستم درد با پیامدهای بالینی پس از تمرین را بررسی کنند. استفاده از این شاخص‌ها در کنار ارزیابی‌های بالینی و پرسشنامه‌های خودگزارشی ممکن است به ایجاد مدل‌های دقیق‌تر برای طبقه‌بندی بیماران منجر شود.

در نهایت، انجام مطالعات طولی و کارآزمایی‌های بالینی با کیفیت بالا برای تعیین اثرات پایدار تمرین بر حساسیت مرکزی و ترس از حرکت ضروری است. پژوهش‌های آینده باید شامل نمونه‌های بزرگ‌تر، دوره‌های پیگیری طولانی‌تر، طراحی‌های چندمرکزی و اندازه‌گیری‌های استاندارد از سازوکارهای درد و پیامدهای عملکردی باشند. همچنین، مقایسه مستقیم رویکردهای مختلف تمرینی، به‌تنهایی یا در ترکیب با آموزش علوم عصبی درد، می‌تواند شواهد قوی‌تری برای انتخاب مؤثرترین راهبردهای توان‌بخشی در بیماران مبتلا به درد مزمن زانو فراهم کند.

## محدودیت‌ها

این مرور دارای چندین محدودیت است که باید در تفسیر یافته‌ها مورد توجه قرار گیرد. نخست، ماهیت روایتی بودن این مطالعه باعث می‌شود که اگرچه امکان ارائه یک تحلیل جامع از سازوکارهای احتمالی اثر تمرین بر حساسیت مرکزی و ترس از حرکت را فراهم می‌کند اما سطح شواهد و قدرت نتیجه‌گیری آن با مرورهای نظام‌مند و متاآنالیزها قابل مقایسه نیست. همچنین، به‌دلیل عدم استفاده از ابزار رسمی ارزیابی خطر سوگیری یا درجه‌بندی کیفیت احتمال سوگیری انتخاب و گزارش در سنتز شواهد وجود دارد. دوم، به‌دلیل عدم انجام متاآنالیز، امکان برآورد دقیق اندازه اثر مداخلات تمرینی یا مقایسه کمی بین انواع مختلف برنامه‌های تمرینی وجود نداشت. بنابراین، نتایج ارائه‌شده باید به‌عنوان تفسیر کلی از شواهد موجود در نظر گرفته شود و نه به‌عنوان تخمین قطعی از اثربخشی یک مداخله خاص. همچنین، ناهمگونی قابل‌توجه بین مطالعات موجود، شامل تفاوت

در ویژگی‌های شرکت‌کنندگان، شدت و مدت درد، معیارهای ورود و روش‌های ارزیابی حساسیت مرکزی و ترس از حرکت، مقایسه مستقیم یافته‌ها را دشوار می‌سازد. علاوه‌براین، استفاده از ابزارهای اندازه‌گیری متفاوت برای ارزیابی سازه‌هایی مانند حساسیت مرکزی، ترس از حرکت، شدت درد و عملکرد، ممکن است بر تفسیر و مقایسه نتایج تأثیر گذاشته باشد. در نهایت، تفاوت در پروتکل‌های تمرینی، شامل نوع تمرین، شدت، حجم، مدت مداخله و روش پیشرفت بار تمرینی، یکی دیگر از محدودیت‌های مهم شواهد موجود است. این تنوع نشان می‌دهد که هنوز مشخص نیست کدام ویژگی‌های برنامه تمرینی بیشترین نقش را در تعدیل حساسیت مرکزی و بهبود پیامدهای بالینی دارند. بنابراین، مطالعات آینده با طراحی‌های استانداردتر و روش‌شناسی قوی‌تر برای تعیین مؤثرترین دوز و نوع تمرین مورد نیاز هستند.

## نتیجه‌گیری

درد مزمن زانو یک اختلال چندعاملی است که تحت تأثیر تعامل پیچیده بین عوامل ساختاری، عصبی، زیستی، روان‌شناختی و رفتاری ایجاد می‌شود و تداوم می‌یابد. شواهد موجود نشان می‌دهد که عواملی مانند حساسیت مرکزی، ترس از حرکت، باورهای مرتبط با درد و عوامل روان‌شناختی نه‌تنها پیامدهای درد و عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهند بلکه می‌توانند به‌صورت متقابل در تداوم و تشدید تجربه درد نقش داشته باشند.

تمرین‌درمانی به‌عنوان یکی از مؤثرترین مداخلات توان‌بخشی، می‌تواند از طریق سازوکارهای عصبی، زیستی و روان‌شناختی، شامل تعدیل پردازش درد، بهبود سازگاری سیستم عصبی، افزایش ظرفیت عملکردی، کاهش ترس از حرکت و تقویت خودکارآمدی، به بهبود وضعیت بیماران مبتلا به درد مزمن زانو کمک کند. بااین‌حال، پاسخ به تمرین در افراد مختلف یکسان نیست و تحت تأثیر ویژگی‌های فردی و مکانیسم‌های غالب درد قرار دارد. شواهد موجود نشان می‌دهند که تمرین‌درمانی در برخی جمعیت‌های مبتلا به درد مزمن زانو می‌تواند با بهبود درد، عملکرد و برخی عوامل روان‌شناختی و تغییر در شاخص‌های حساسیت به درد همراه باشد. بااین‌حال، ناهمگونی قابل توجه در جمعیت‌ها، انواع و دوز تمرین، طراحی مطالعات، پیامدهای اندازه‌گیری‌شده و وجود مداخلات همراه، تفسیر یک اثر عمومی و یکنواخت را محدود می‌کند. همچنین، شواهد موجود برای نسبت‌دادن مستقیم این تغییرات به کاهش حساسیت مرکزی یا تعیین یک مسیر علّی روان‌شناختی کافی نیستند. یافته‌های مربوط به مکانیسم‌های احتمالی باید با احتیاط تفسیر شوند و مطالعات کنترل‌شده، طولی و مکانیزمی با اندازه نمونه کافی برای بررسی این روابط مورد نیاز هستند.

بنابراین، رویکردهای آینده در مدیریت درد مزمن زانو باید از مدل‌های صرفاً ساختارمحور فاصله گرفته و به سمت مداخلات چندبعدی و فردمحور حرکت کنند؛ رویکردهایی که در آن ارزیابی حساسیت مرکزی، عوامل روان‌شناختی و ظرفیت عملکردی بیمار در کنار مداخلات تمرینی و آموزشی مورد توجه قرار گیرد؛ چنین رویکردی می‌تواند زمینه را برای طراحی برنامه‌های توان‌بخشی دقیق‌تر، مؤثرتر و پایدارتر فراهم کند.

## تشکر و قدردانی

نویسندگان از تمامی پژوهشگران و صاحب‌نظرانی که با انتشار مطالعات ارزشمند خود زمینه تدوین این مقاله مروری را فراهم کرده‌اند، صمیمانه قدردانی می‌کنند. همچنین از دانشگاه زابل به‌دلیل فراهم کردن دسترسی به منابع علمی و امکانات پژوهشی مورد نیاز برای نگارش این مقاله سپاسگزاری می‌شود.

## حامی/ حامیان مالی

این پژوهش هیچ‌گونه حمایت مالی از سازمان، مؤسسه یا نهادهای دولتی و خصوصی دریافت نکرده است.

## مشارکت نویسندگان

بهرام شیخی: ایده‌پردازی، طراحی مطالعه، جستجوی منابع، استخراج و تحلیل شواهد، نگارش پیش‌نویس اولیه و بازنگری نهایی مقاله.

هادی اکبری: طراحی مطالعه، نظارت علمی، ارزیابی انتقادی محتوای علمی، بازنگری مقاله و تأیید نسخه نهایی جهت انتشار.

## تعارض منافع

نویسندگان اظهار می‌کنند که هیچ‌گونه تعارض منافعی در ارتباط با این پژوهش وجود ندارد.

## منابع

1. Zhang L, Liu G, Han B, Wang Z, Yan Y, Ma J, Wei P. Knee Joint Biomechanics in Physiological Conditions and How Pathologies Can Affect It: A Systematic Review. Appl Bionics Biomech. 2020;2020:7451683. DOI: 10.1155/2020/7451683
2. Duong V, Oo WM, Ding C, Culvenor AG, Hunter DJ. Evaluation and Treatment of Knee Pain: A Review. Jama. 2023;330(16):1568-80. DOI: 10.1001/jama.2023.19675
3. Hurley MV, Walsh NE, Mitchell HL, Pimm TJ, Patel A, Williamson E, et al. Clinical effectiveness of a rehabilitation program integrating exercise, self-management, and active coping strategies for chronic knee pain: a cluster randomized trial. Arthritis Rheum. 2007;57(7):1211-9. DOI: 10.1002/art.22995
4. Bedson J, Croft PR. The discordance between clinical and radiographic knee osteoarthritis: a systematic search and summary of the literature. BMC Musculoskelet Disord. 2008;9:116. DOI: 10.1186/1471-2474-9-116
5. 5. Nijs J, George SZ, Clauw DJ, Fernández-de-Las-Peñas C, Kosek E, Ickmans K, et al. Central sensitisation in chronic pain conditions: latest discoveries and their potential for precision medicine. Lancet Rheumatol. 2021;3(5):e383-e92. DOI: 10.1016/S2665-9913(21)00032-1
6. Adams GR, Gandhi W, Harrison R, van Reekum CM, Wood-Anderson D, Gilron I, Salomons TV. Do "central sensitization" questionnaires reflect measures of nociceptive sensitization or psychological constructs? A systematic review and meta-analyses. Pain. 2023;164(6):1222-39. DOI: 10.1097/j.pain.0000000000002830
7. Nijs J, Malfliet A, Nishigami T. Nociplastic pain and central sensitization in patients with chronic pain conditions: a terminology update for clinicians. Braz J Phys Ther. 2023;27(3):100518. DOI: 10.1016/j.bjpt.2023.100518

8. Pedersini P, Gobbo M, Bishop MD, Arendt-Nielsen L, Villafañe JH. Functional and Structural Neuroplastic Changes Related to Sensitization Proxies in Patients with Osteoarthritis: A Systematic Review. Pain Med. 2022;23(3):488-98. DOI: 10.1093/pm/pnab301
9. Hoegh M. Pain science in practice (part 3): peripheral sensitization. JOSPT, Inc. JOSPT, 1033 North Fairfax Street, Suite 304, Alexandria, VA …; 2022. p. 303-6. DOI: 10.2519/jospt.2022.11202
10. Hoegh M. Pain science in practice (part 4): central sensitization I. JOSPT, Inc. JOSPT, 1033 North Fairfax Street, Suite 304, Alexandria, VA …; 2023. p. 1-4. DOI: 10.2519/jospt.2023.11569
11. Hoegh M, Hodges P. Pain Science in Practice (Part 8): Nociceptive, Neuropathic, and Nociplastic Pain. J Orthop Sports Phys Ther. 2025;55(9):555-60. DOI: 10.2519/jospt.2025.13335
12. Hart HF, Crossley KM, Culvenor AG, Khan MCM, West TJ, Kennedy JB, et al. Knee Confidence, Fear of Movement, and Psychological Readiness for Sport in Individuals With Knee Conditions: A Systematic Review and Meta-analysis. J Orthop Sports Phys Ther. 2024;54(4):234-47. DOI: 10.2519/jospt.2024.12070
13. Leeuw M, Goossens ME, Linton SJ, Crombez G, Boersma K, Vlaeyen JW. The fear-avoidance model of musculoskeletal pain: current state of scientific evidence. J Behav Med. 2007;30(1):77-94. DOI: 10.1007/s10865-006-9085-0
14. Vlaeyen JWS, Linton SJ. Fear-avoidance model of chronic musculoskeletal pain: 12 years on. Pain. 2012;153(6):1144-7. DOI: 10.1016/j.pain.2011.12.009
15. Booth J, Moseley GL, Schiltenwolf M, Cashin A, Davies M, Hübscher M. Exercise for chronic musculoskeletal pain: A biopsychosocial approach. Musculoskeletal Care. 2017;15(4):413-21. DOI: 10.1002/msc.1191
16. Nijs J, Meeus M, Cagnie B, Roussel NA, Dolphens M, Van Oosterwijck J, Danneels L. A modern neuroscience approach to chronic spinal pain: combining pain neuroscience education with cognition-targeted motor control training. Phys Ther. 2014;94(5):730-8. DOI: 10.2522/ptj.20130258
17. Meeus M, Nijs J. Central sensitization: a biopsychosocial explanation for chronic widespread pain in patients with fibromyalgia and chronic fatigue syndrome. Clin Rheumatol. 2007;26(4):465-73. DOI: 10.1007/s10067-006-0433-9
18. Hoegh M. Pain Science in Practice (Part 5): Central Sensitization II. J Orthop Sports Phys Ther. 2023;53(2):55-8. DOI: 10.2519/jospt.2023.11571
19. Kori SH MR, Todd DD. Kinesiophobia: a new view of chronic pain behavior. Pain Manage. 1990;3:35-43.
20. Sheikhi B, Rabiei P, Letafatkar A, Hadadnezhad M, Akbari H. Reliability and validity of the Persian knee Self-Efficacy Scale in patients with knee injuries: a cross-sectional validation study. Knee. 2026;60:104326. DOI: 10.1016/j.knee.2026.104326
21. Runhaar J, Luijsterburg P, Dekker J, Bierma-Zeinstra SM. Identifying potential working mechanisms behind the positive effects of exercise therapy on pain and function in osteoarthritis; a systematic review. Osteoarthritis Cartilage. 2015;23(7):1071-82. DOI: 10.1016/j.joca.2014.12.027
22. Hall M, Dobson F, Plinsinga M, Mailloux C, Starkey S, Smits E, et al. Effect of exercise on pain processing and motor output in people with knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. Osteoarthritis Cartilage. 2020;28(12):1501-13. DOI: 10.1016/j.joca.2020.07.009
23. Bricca A, Struglics A, Larsson S, Steultjens M, Juhl CB, Roos EM. Impact of Exercise Therapy on Molecular Biomarkers Related to Cartilage and Inflammation in Individuals at Risk of, or With Established, Knee Osteoarthritis: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. Arthritis Care Res (Hoboken). 2019;71(11):1504-15. DOI: 10.1002/acr.23786

24. Tan L, Cicuttini FM, Fairley J, Romero L, Estee M, Hussain SM, Urquhart DM. Does aerobic exercise effect pain sensitisation in individuals with musculoskeletal pain? A systematic review. BMC musculoskeletal disorders. 2022;23(1):1-21. DOI: 10.1186/s12891-022-05047-9
25. Malfliet A, Kregel J, Coppieters I, De Pauw R, Meeus M, Roussel N, et al. Effect of Pain Neuroscience Education Combined With Cognition-Targeted Motor Control Training on Chronic Spinal Pain: A Randomized Clinical Trial. JAMA Neurol. 2018;75(7):808-17. DOI: 10.1001/jamaneurol.2018.0492
26. Arribas-Romano A, Fernández-Carnero J, Molina-Rueda F, Angulo-Diaz-Parreño S, Navarro-Santana MJ. Efficacy of Physical Therapy on Nociceptive Pain Processing Alterations in Patients with Chronic Musculoskeletal Pain: A Systematic Review and Meta-analysis. Pain Med. 2020;21(10):2502-17. DOI: 10.1093/pm/pnz366
27. Hossain KMA, Rikti JF, Kabir MF, Jahan S, Rahman E, Amran Hossain KM, et al. Effects of Strengthening-Based Home Exercise Program on Pain and Function in Knee Osteoarthritis: Phase I Results of a Two-Phase Randomized Controlled Trial. Health Sci Rep. 2026;9(7):e72705. DOI: 10.1002/hsr2.72705
28. Lee J, Kwon H, Lee Y. Low-Intensity Blood Flow-Restricted Multi-Joint Exercise Improves Muscle Function in Patients With Patellofemoral Pain Syndrome: A Randomized Trial. Med Sci Monit. 2026;32:e950516. DOI: 10.12659/MSM.950516
29. Zabarmawi J, Miller CT, Owen PJ, Mundell NL, Meny A, Aldhafri S, et al. Efficacy of an acute bout of isometric wall squat exercise on pain sensitivity and clinical pain intensity in adults with knee osteoarthritis: a randomised controlled trial in outpatient physiotherapy clinics in Saudi Arabia. BMJ Open. 2025;15(12):e103756. DOI: 10.1136/bmjopen-2025-103756
30. Valenza MC, Torres-Sánchez I, Cabrera-Martos I, Valenza-Demet G, Cano-Cappellacci M. Acute Effects of Contract-Relax Stretching vs. TENS in Young Subjects With Anterior Knee Pain: A Randomized Controlled Trial. J Strength Cond Res. 2016;30(8):2271-8. DOI: 10.1097/JSC.0000000000000215
31. Fingleton C, Smart KM, Doody CM. Exercise-induced Hypoalgesia in People With Knee Osteoarthritis With Normal and Abnormal Conditioned Pain Modulation. Clin J Pain. 2017;33(5):395-404. DOI: 10.1097/AJP.0000000000000418
32. Tirasci E, Sarpel T, Coskun Benlidayi I, Deniz V. The effect of balance exercises on central sensitization in patients with knee osteoarthritis. Rheumatol Int. 2024;44(5):795-804. DOI: 10.1007/s00296-024-05550-3
33. Chen C, Saito T, Wang L, Yatsugi H, Gong Z, Li S, Kishimoto H. Sensory-emotional-cognitive effects of resistance exercise and Tai Chi exercise in Japanese community-dwelling older adults with chronic pain: a non-randomized controlled trial. BMC Complement Med Ther. 2025;25(1):367. DOI: 10.1186/s12906-025-05100-9
34. Öztürk Ö, Algun ZC, Bombacı H, Erdoğan SB. Changes in prefrontal cortex activation with exercise in knee osteoarthritis patients with chronic pain: An fNIRS study. J Clin Neurosci. 2021;90:144-51. DOI: 10.1016/j.jocn.2021.05.055
35. Toomey D, Lewis G, Tuck N, Darlow B, Rashid U, Rice D. Can a Targeted Pre-Exercise Education Intervention Enhance the Exercise-Induced Hypoalgesia (EIH) Response in Individuals With Knee Osteoarthritis (OA)? Int J Rheum Dis. 2026;29(3):e70587. DOI: 10.1111/1756-185x.70587
36. Bordeleau M, Vincenot M, Lefevre S, Duport A, Seggio L, Breton T, et al. Treatments for kinesiophobia in people with chronic pain: A scoping review. Frontiers in behavioral neuroscience. 2022;16:933483. DOI: 10.3389/fnbeh.2022.933483
37. Alshahrani MS, Reddy RS, Tedla JS, Asiri F, Alshahrani A, editors. Association between kinesiophobia and knee pain intensity, joint position sense, and functional performance in individuals with bilateral knee osteoarthritis. Healthcare; 2022: MDPI. DOI: 10.3390/healthcare10010120

38. Gulrandhe P, Warutkar V, Chitale N, Arora SP, Phansopkar P. Fear avoidance model of kinesiophobia and rehabilitation. Journal of Medical Pharmaceutical and Allied Sciences. 2021;10:3529-33.
39. Heuts PH, Vlaeyen JW, Roelofs J, de Bie RA, Aretz K, van Weel C, van Schayck OC. Pain-related fear and daily functioning in patients with osteoarthritis. Pain. 2004;110(1-2):228-35. DOI: 10.1016/j.pain.2004.03.035
40. Sheikhi B, Rabiei P, Letafatkar A, Rossettini G. Is Adding Education to Trunk and Hip Exercises Beneficial for Patellofemoral Pain? A Randomized Controlled Trial. Arch Phys Med Rehabil. 2024;105(2):217-26. DOI: 10.1016/j.apmr.2023.08.030
41. Ismail ZNE, Hefny MA, Hendi AE, Fattah MAA. Association of kinesiophobia with pain sensitization and severity in knee osteoarthritis patients with chronic pain. Egyptian Rheumatology and Rehabilitation. 2025;52(1):17.
42. Molyneux J, Herrrington L, Riley B, Jones R. A single-arm, non-randomized investigation into the short-term effects and follow-up of a 4-week lower limb exercise programme on kinesiophobia in individuals with knee osteoarthritis. Physiotherapy Research International. 2020;25(3):e1831. DOI: 10.1002/pri.1831
43. Öztürk Ö, Bombacı H, Keçeci T, Algun ZC. Effects of additional action observation to an exercise program in patients with chronic pain due to knee osteoarthritis: A randomized-controlled trial. Musculoskelet Sci Pract. 2021;52:102334. DOI: 10.1016/j.msksp.2021.102334
44. Rabiei P, Sheikhi B, Letafatkar A. Examining the influence of pain neuroscience education followed by a Pilates exercises program in individuals with knee osteoarthritis: a pilot randomized controlled trial. Arthritis Res Ther. 2023;25(1):94. DOI: 10.1186/s13075-023-03079-7
45. Bennell KL, Nelligan R, Dobson F, Rini C, Keefe F, Kasza J, et al. Effectiveness of an Internet-Delivered Exercise and Pain-Coping Skills Training Intervention for Persons With Chronic Knee Pain: A Randomized Trial. Ann Intern Med. 2017;166(7):453-62. DOI: 10.7326/M16-1714
46. Smith BE, Hendrick P, Bateman M, Moffatt F, Rathleff MS, Selfe J, et al. A loaded self-managed exercise programme for patellofemoral pain: a mixed methods feasibility study. BMC Musculoskelet Disord. 2019;20(1):129. DOI: 10.1186/s12891-019-2516-1
47. Greaves H, Comfort P, Liu A, Lee H, Richard J. How effective is an evidence-based exercise intervention in individuals with patellofemoral pain? Phys Ther Sport. 2021;51:92-101. DOI: 10.1016/j.ptsp.2021.05.013
48. Doménech J, Sanchis-Alfonso V, Espejo B. Changes in catastrophizing and kinesiophobia are predictive of changes in disability and pain after treatment in patients with anterior knee pain. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2014;22(10):2295-300. DOI: 10.1007/s00167-014-2968-7
49. Cui X, Zhao P, Guo X, Wang J, Han T, Zhang X, et al. Effectiveness of multimodal active physiotherapy for chronic knee pain: a 12-month randomized controlled trial follow-up study. Front Physiol. 2024;15:1451345. DOI: 10.3389/fphys.2024.1451345
50. Ram A, Kovats A, Pandit A, Ram P, Gibbs MT, Booth J, et al. Painful exercise for people with knee osteoarthritis: a randomised controlled feasibility trial. Disabil Rehabil. 2026;48(2):350-8. DOI: 10.1080/09638288.2025.2504614
51. Holm PM, Petersen KK, Wernbom M, Schrøder HM, Arendt-Nielsen L, Skou ST. Strength training in addition to neuromuscular exercise and education in individuals with knee osteoarthritis-the effects on pain and sensitization. Eur J Pain. 2021;25(9):1898-911. DOI: 10.1002/ejp.1796
52. Holm PM, Blankholm AD, Nielsen JL, Bandholm T, Wirth W, Wisser A, et al. Effects of neuromuscular control and strengthening exercises on MRI-measured thigh tissue composition and muscle properties in people with knee osteoarthritis - an exploratory secondary analysis from a randomized controlled trial. Semin Arthritis Rheum. 2024;65:152390. DOI: 10.1016/j.semarthrit.2024.152390

53. Clausen B, Holsgaard-Larsen A, Roos EM. An 8-Week Neuromuscular Exercise Program for Patients With Mild to Moderate Knee Osteoarthritis: A Case Series Drawn From a Registered Clinical Trial. J Athl Train. 2017;52(6):592-605. DOI: 10.4085/1062-6050-52.5.06
54. de Paula Gomes CAF, Politti F, de Souza Bacelar Pereira C, da Silva ACB, Dibai-Filho AV, de Oliveira AR, Biasotto-Gonzalez DA. Exercise program combined with electrophysical modalities in subjects with knee osteoarthritis: a randomised, placebo-controlled clinical trial. BMC Musculoskelet Disord. 2020;21(1):258. DOI: 10.1186/s12891-020-03293-3
55. Siddall B, Ram A, Jones MD, Booth J, Perriman D, Summers SJ. Short-term impact of combining pain neuroscience education with exercise for chronic musculoskeletal pain: a systematic review and meta-analysis. Pain. 2022;163(1):e20-e30. DOI: 10.1097/j.pain.0000000000002308
56. Hurley-Wallace AL, Cheng V, Bertram W, Jameson C, Wylde V, Whale K. Pain science education and exercise interventions for people with knee or hip osteoarthritis: a systematic review, content and meta-analysis. BMC Musculoskelet Disord. 2025;26(1):1092. DOI: 10.1186/s12891-025-09313-4

**استناد به این مقاله:** شیخی، بهرام و اکبری، هادی. (۱۴۰۵). درد مزمن زانو: مکانیسم‌های زیربنایی اثر تمرین‌درمانی بر حساسیت مرکزی و ترس از حرکت؛ یک مرور روایتی. *دوفصلنامه مطالعات مروری علوم ورزشی و تندرستی*، ۱(۲)، ۱۳۷-۱۷۲

**DOI: 10.22054/jshsr.2026.94528.1065**

Biannual Journal of *Sport and Heaith Sciences Reviews* is Licensed Under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International License