

Comparison of the Effects of Corrective Exercises and Neuromuscular Electrical Stimulation on Knee Pain and Proprioception in Middle-Aged Women with Knee Pain

Sadegh Bahareh¹, Rahnama Nader²

1- M.Sc., Department of Sports Injury and Corrective Exercise, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran

2- Full Professor, Department of Sports Injury and Corrective Exercise, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran

Abstract

Received: 2025.08.01 Accepted: 2025.11.15

Purpose: Knee osteoarthritis is a common degenerative condition that can adversely affect physical function and quality of life. This study aimed to compare the effects of corrective exercises and electrical muscle stimulation (EMS) training on pain and knee proprioception in middle-aged women with knee osteoarthritis.

Methods: Thirty women aged 50–60 years with knee osteoarthritis in Isfahan participated in this semi-experimental pretest–posttest study. Participants were randomly assigned to either a corrective exercise group ($n = 15$; age: 58.40 ± 1.4 years, height: 158.19 ± 1.3 cm, weight: 71.32 ± 6.7 kg) or an EMS group ($n = 15$; age: 56.08 ± 6.4 years, height: 157.18 ± 4.4 cm, weight: 73.05 ± 4.01 kg). Both groups completed their respective intervention programs for eight weeks, with three sessions per week, each lasting 30–60 minutes. Pain and knee proprioception were assessed before and after the intervention using the Visual Analog Scale (VAS) and a Biodex isokinetic dynamometer, respectively. Data were analyzed using mixed repeated-measures ANOVA at a significance level of 0.05.

Results: Pain decreased significantly in both the corrective exercise group (6.11 ± 1.72 to 3.25 ± 1.25) and the EMS group (6.71 ± 1.12 to 4.05 ± 1.45) ($P = 0.001$). Proprioception also improved significantly at 30° and 60° in both groups ($P = 0.001$). Between-group differences were significant for proprioception at 60° ($\eta^2 = 0.52$, $F(1, 28) = 8.2$, $P = 0.01$), proprioception at 30° ($\eta^2 = 0.41$, $F(1, 28) = 6.9$, $P = 0.01$), and pain ($\eta^2 = 0.21$, $F(1, 28) = 5.05$, $P = 0.034$). Overall, greater improvements were observed following corrective exercises.

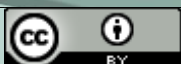
Conclusion: Both interventions improved pain and knee proprioception in women with knee osteoarthritis. However, corrective exercises resulted in greater improvements than EMS training.

Keywords: Knee Osteoarthritis; Corrective Exercise; Electrical Muscle Stimulation; Proprioception; Middle-Aged Women

Corresponding Author: Professor Nader Rahnama

Email: n.rahnama@spr.ui.ac.ir

ORCID: 0000-0002-0443-4303



Copyright © 2026 Mashhad University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

► Please cite this article as: Sadegh B, Rahnama N. Comparison of the Effects of Corrective Exercises and Neuromuscular Electrical Stimulation on Knee Pain and Proprioception in Middle-Aged Women with Knee Pain, JPSR 2026; 15(2): 134-146. DOI: 10.22038/jpsr.2026.90112.2727.

مقایسه تأثیر تمرینات اصلاحی و تحریک الکتریکی عضلانی بر درد و حس عمقی زانو زنان میانسال مبتلا به زانو درد

بهاره صادق^۱، نادر رهنما^۲

هدف: آرتروز زانو یک بیماری غضروف مفصلی زانو بوده که موجب تغییراتی در عملکرد جسمی افراد می‌شود. هدف تحقیق حاضر مقایسه تأثیر تمرینات اصلاحی و تحریک الکتریکی عضلانی (Electrical Muscle Stimulation; EMS) بر درد و حس عمقی زانو زنان میانسال مبتلا به زانو درد بود.

روش بررسی: پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی و کاربردی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون بود. جامعه آماری شامل کلیه زنان ۵۰-۶۰ ساله مبتلا به درد آرتروز زانو شهر اصفهان بود. تعداد ۳۰ نفر از جامعه مذکور به صورت در دسترس و هدفمند انتخاب و به صورت تصادفی در دو گروه تمرینات اصلاحی (۱۵ نفر) (سن: $41 \pm 8/4$ سال، قد: $158/19 \pm 3/1$ سانتی‌متر، وزن: $73/05 \pm 4/01$ کیلوگرم) و تمرینات EMS (۱۵ نفر) (سن: $46/08 \pm 6/4$ سال، قد: $157/18 \pm 4/4$ سانتی‌متر، وزن: $73/05 \pm 4/01$ کیلوگرم) قرار گرفتند. هر دو گروه به مدت هشت هفته و هر هفته سه جلسه و هر جلسه به مدت ۳۰ تا ۶۰ دقیقه تمرینات خود را انجام دادند. قبل و بعد از تمرینات درد و حس عمقی مفصل زانو بیماران مبتلا به ترتیب با مقیاس بصری درد (VAS) و دستگاه ایزوکننتیک بایودکس اندازه‌گیری شد. تحلیل داده‌ها با آزمون سنجش مکرر ترکیبی در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ انجام شد.

یافته‌ها: در خصوص درد برای گروه اصلاحی بین قبل ($6/11 \pm 1/72$) و بعد ($3/25 \pm 1/25$) و گروه EMS بین قبل ($6/71 \pm 1/12$) و بعد ($4/05 \pm 1/45$) تفاوت معناداری مشاهده شد ($p=0/001$). در خصوص حس عمقی برای زاویه ۳۰ درجه برای گروه اصلاحی بین قبل ($5/27 \pm 1/2$) و بعد ($4/12 \pm 1/08$) و گروه EMS بین قبل ($4/84 \pm 1/58$) و بعد ($4/12 \pm 1/03$) و حس عمقی زاویه ۶۰ درجه برای گروه اصلاحی بین قبل ($6/07 \pm 0/54$) و بعد ($5/02 \pm 0/27$) و گروه EMS بین قبل ($5/11 \pm 1/17$) و بعد ($4/89 \pm 1/14$) تفاوت معناداری مشاهده شد ($p=0/001$). نتایج تغییرات بین گروهی برای حس عمقی ۶۰ درجه ($F_{(1,28)}=8/2$ ، $p=0/01$ ، $\eta^2=0/41$)، حس عمقی ۳۰ درجه ($F_{(1,28)}=6/9$ ، $p=0/01$ ، $\eta^2=0/21$) و درد ($F_{(1,28)}=5/05$ ، $p=0/034$) نیز معنادار بود و تمرینات در گروه اصلاحی موثرتر بود.

نتیجه‌گیری: نتایج بیانگر موثر بودن هر دو برنامه تمرینی بوده، اما برنامه تمرینات اصلاحی بر بهبود فاکتورهای درد و حس عمقی مفصل زانو موثرتر از گروه EMS بود. بنابراین کاردرمانان می‌توانند از نتایج این تحقیق در درمان بیماران استفاده کنند.

کلمات کلیدی: آرتروز زانو، تمرینات اصلاحی، تمرینات تحریک الکتریکی عضلانی، حس عمقی، زنان میانسال.

ORCID: 0000-0002-0443-4303

نویسنده مسئول: نادر رهنما، n.rahnama@spr.ui.ac.ir

آدرس: اصفهان شیخ صدوق شمالی، دانشگاه اصفهان، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی
۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

۲- استاد گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

استئوآرتریت زانو (Knee Osteoarthritis; KO) که

این اختلال مفصلی همراه با درد و اختلال در عملکرد عضلات و اختلال در فعالیت‌های روزمره شود و مفصل زانو پس از انگشتان و مهره‌ها شایع‌ترین مفصل مورد ابتلا است و ضعف عضلات چهار سر رانی جز اولین نشانه‌های این عارضه می‌باشد (۱). علائم عمده استئوآرتریت زانو عبارتند از: درد مفصل، خشکی مفصل در استراحت و فعالیت، اشکال

مقدمه

زانو درد یک بیماری عضلانی-اسکلتی شایع است که بر عملکرد فیزیکی اندام تحتانی تأثیر منفی می‌گذارد. تعداد زیادی از افراد ۵۰ ساله و بالاتر در سراسر جهان تحت تأثیر درد زانو قرار دارند (۱). در مطالعه‌ای در سال ۲۰۲۲ نشان داد که شیوع جهانی استئوآرتریت زانو ۱۶٪ بوده است (۱). از نظر خیلی از محققان زانو درد می‌تواند عواملی مانند

ایمپالس‌های الکتریکی که موجب انقباضات غیر ارادی عضلات می‌شود و این دستگاه مورد توجه بسیاری از افراد و مراکز پزشکی ورزشی و باشگاه‌های ورزشی قرار گرفته است (۶). EMS یک لباس پوشیدنی و جلیقه‌ای که دارای پدهای الکتریکی می‌باشد (۶). این لباس دارای الکترودهایی که ایمپالس‌ها را از دستگاه به عضلات انتقال می‌دهد و این ایمپالس‌ها منجر به انقباضات غیر ارادی خواهد شد و نتایجی مانند انقباضات ارادی انسان را ایجاد می‌کند (۶). درمان با تحریک الکتریکی عصبی عضلانی اخیراً به عنوان یک گزینه مقرون به صرفه و عملی برای رفع اختلال عملکرد عضله چهارسر ران، عامل زوال غضروف زانو ظاهر شده است. عضلات چهار سر ران برای پایداری و عملکرد پویای مفصل برای کاهش بارهای فشاری حیاتی هستند و در نتیجه از پیشرفت آرتروز زانو جلوگیری می‌کند. عملکرد تحریک الکتریکی عصبی عضلانی برای ارسال یک تکانه کردن ترجیحاً نسبت بیشتری از فیبرهای عضلانی نوع II (بزرگ‌تر) در گروه عضلانی هدف نسبت به تمرینات ارادی با شدت‌های مشابه بوده است (۶). در این روش تحریک الکتریکی موجب بازآموزی عملکرد انقباض در عضله شده و حالتی شبیه به انقباض عضلانی را با تحریک گیرنده‌های عصبی در بدن ایجاد می‌کند (۶).

مطالعات چندی نیز تأثیر تمرینات مختلف را بر حس عمقی افراد مبتلا به استئوآرتروز زانو را بررسی کرده‌اند که عمدتاً نتایج آنها مبنی بر تأثیر مثبت انواع تمرین بر حس عمقی افراد مبتلا به آرتروز زانو می‌باشد (۷). برای مثال مطالعات گذشته با کمک تمرینات اصلاحی به صورت انقباض عضلات همسترینگ، بالا بردن پا در حالت صاف، چرخش محوری لگن، خم کردن عضلات لگن، انقباض عضلات همسترینگ، کشش همسترینگ توانسته‌اند موجب اثرگذاری بر کاهش درد در افراد مبتلا به آرتروز زانو شوند (۸). استفاده از نرمش‌های اصلاحی ورزشی جهت بهبود وضع تعادل بدن و هماهنگ نمودن حرکات بدن می‌باشد و این تمرینات می‌توانند با برقراری راستای نرمال بدن و جلوگیری از بهم ریختن تعادل عضلانی موجب بهبود در نحوه قرارگیری مفاصل شده و موجب تسکین درد شوند (۹). جدیدترین نوع این برنامه‌ها با نام برنامه تمرینات اصلاحی آکادمی ملی طب ورزش آمریکا (National Academy of Sport Medicine; NASM) به

در راه رفتن از جمله ناپایداری. علائم فیزیکی شامل کاهش حرکات مفصل، کریپیتاسیون (Crepitus)، افزایش حجم استخوان به علت ساخته شدن استئوفیت و دفورمیتی به علت شبه ناپایداری و افیوژن مفصل در تعدادی از بیماران است (۲). کاهش حس عمقی (Proprioception) باعث ناپایداری زانو می‌شود. در بررسی ریسک فاکتورهای آرتروز یک‌طرفه زانو مشاهده شده است در بیمارانی که یکی از زانوها آرتروز داشته‌اند، کاهش حس عمقی در هر دو زانو وجود داشته است. رادیوگرافی بهترین وسیله تشخیص تصویری است (۲). عواملی نظیر الگوهای تغذیه‌ای غلط و شیوع گسترده چاقی در جامعه به ویژه در میان زنان نیز باعث شده است که استئوآرتروز و زانو درد رو به افزایش یابد، همچنین عادات بد رفتاری چون نحوه زمین نشستن و استفاده از سرویس‌های بهداشتی سنتی ایرانی باعث بروز این عوارض شده است و ضعف عضلانی و اختلالات حسی-حرکتی از جمله عوامل مؤثر آرتروز زانو و زانو درد شناخته شده است، در این بین ضعف عضله چهار سر ران به عنوان یک ریسک فاکتور اولیه در نظر گرفته می‌شود که حتی گاهی پیش از آرتروزی یا شروع درد اتفاق می‌افتد (۲).

آرتروز زانو یک بیماری دژنراتیو پیشرونده در غضروف مفصلی زانو است (۳). غضروف‌ها نازک می‌شوند و به تدریج در برخی نواحی ناپدید می‌شوند که باعث ساییدگی استخوان‌های زیر غضروف‌ها به یکدیگر می‌شود (۳). در نهایت، درد، التهاب و کاهش حرکت در مفصل وجود خواهد داشت (۳). با گذشت زمان، مفصل شکل طبیعی خود را از دست می‌دهد و رشد استخوانی در لبه‌های آن ایجاد می‌شود که خود باعث درد و ناراحتی بیشتر می‌شود (۳). بر خلاف سایر التهابات مفصلی مانند روماتیسم مفاصل، آرتروز فقط مفاصل را درگیر می‌کند و سایر اندام‌ها را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد. علائم بالینی آرتروز زانو شامل عدم تعادل، ضعف عضلات، کم شدن میزان دامنه حرکتی و عدم ثبات مفصل می‌باشد که برجسته‌ترین آن درد است (۴). تمام موارد ذکر شده باعث کاهش توانایی انجام فعالیت‌های روزمره زندگی می‌شود (۵). یکی از علل این بیماری ایجاد اختلال حس عمقی و در نتیجه زمین خوردن سالمندان است (۵، ۴). برنامه‌های تمرینی تاکنون توانسته‌اند اثرات کوتاه مدتی بر کاهش میزان درد این بیماری بگذارند (۵). تحریک الکتریکی عضلانی (Electrical Muscle Stimulation; EMS) یک روشی مدرن است که با

پیش‌آزمون - پس‌آزمون بود. به منظور جلوگیری از سوگیری احتمالی، اسامی افراد در پاکت‌های مهر و موم شده قرار گرفت و سپس شرکت‌کنندگان به صورت تصادفی ساده در دو گروه مداخله شامل گروه تمرینات اصلاحی (۱۵ نفر) و گروه تحریک الکتریکی عضلات (EMS) (۱۵ نفر) قرار گرفتند. در این مطالعه گروه کنترل بدون مداخله وجود نداشت.

شرکت‌کنندگان از میان زنان مبتلا به آرتروز زانو در شهر اصفهان انتخاب شدند و تمامی افراد پیش از شرکت در مطالعه، رضایت‌نامه کتبی آگاهانه خود را ارائه کردند. حجم نمونه شامل ۳۰ شرکت‌کننده (۱۵ نفر در هر گروه) بود که با استفاده از نرم‌افزار G*Power 3.1 تعیین شد. این محاسبه بر اساس اندازه اثر ۰.۴۰، توان آماری ۰.۸۰ و سطح معناداری ۰/۰۵ انجام شد (۱۳).

معیارهای ورود به مطالعه شامل زنان مبتلا به آرتروز زانو در محدوده سنی ۵۰ تا ۶۰ سال، داشتن حداقل ۶ دوره قاعدگی نامنظم در ۱۲ ماه گذشته، داشتن درد زانو به مدت ۶ ماه یا بیشتر (درد مزمن) با شدت درجه ۲ و ۳، قرار داشتن در مرحله مزمن بیماری، تمایل به شرکت در مطالعه، عدم مصرف داروی تزریقی داخل مفصلی، عدم مصرف داروهای نیروژن طی سه ماه پیش از مطالعه و نداشتن ناهنجاری وضعیتی بود (۱۱). معیارهای خروج از مطالعه شامل سابقه جراحی زانو، در انتظار بودن برای انجام عمل جراحی زانو، مصرف داروهای ضدالتهابی غیراستروئیدی (NSAIDs)، و تشدید علائم یا درد بود (۱۳). در تمامی موارد، تشخیص آرتروز و درد زانو توسط فیزیوتراپیست انجام شد و افراد پس از ارزیابی به پژوهشگر معرفی شدند.

ارزیابی درد و حس عمقی مفصل زانو

متغیر درد

مقیاس دیداری درد (Visual Analog Scale; VAS) نشان‌دهنده‌ی درد بیماران در حالت کلی است. این مقیاس به صورت یک خط ده سانتی‌متری رسم می‌شود و برای درک مفهوم میزان درد توسط بیماران بین صفر تا ده سانتی‌متر درجه‌بندی می‌شود. عدد صفر هیچ‌گونه دردی را نشان نمی‌دهد، عدد ۱ تا ۳ درد خفیف، عدد ۴ تا ۶ درد متوسط و عدد ۷ تا ۱۰ درد شدید را بیان می‌کند. پایایی داخلی آن (ICC) بین ۰.۷۷ تا ۰.۷۹ برای بیماران مبتلا به سندرم درد آرتروز زانو گزارش شده است (۱۴).

گونه‌ای طراحی شده است که از اصول بیومکانیکی، فیزیولوژیکی و عملکردی سیستم حرکتی انسان و طی چهار مرحله پیروی می‌کند. (مهار (Inhibition)، افزایش طول (Elongation)، فعال‌سازی (Activation) و انسجام) به اصلاح نقص‌های حرکتی و عدم حس عمقی عضلانی می‌پردازد (۹). میری و همکاران (۱۰)، موثر بودن هشت هفته تمرینات ورزشی مقاومتی با ترابند بر حس عمقی، عملکرد حرکتی، شدت درد و قدرت زنان مبتلا به استئوآرتریت زانو را گزارش نمودند. Weon و همکاران (۱۱)، در پژوهشی نشان دادند که حرکت درمانی می‌تواند تأثیر معنی داری بر بهبود تعادل در زنان مبتلا به استئوآرتریت زانو داشته باشد و همچنین این تغییر پس از یک ماه بی‌تمرینی پایدار مانده است.

تمرینات مختلف دارای تأثیرات مختلفی بر روی مفصل زانو در بیماران مبتلا به آرتروز زانو بوده است. در این بیماران درد و حس عمقی در اثر تمرینات مختلف بهبود نسبی پیدا کرده است. با توجه به اینکه در تحقیقات گذشته همواره سعی بر افزایش قدرت به عنوان یک فاکتور اساسی بر روی عضلات چهارسر رانی در بیماران مبتلا به آرتروز زانو پرداخته شده است و در زمینه‌ی تحقیق در نواحی مختلف و اثرات آن بر روی میزان بهبودی فاکتورهایی که در این افراد دچار اختلال است، همواره مشاهده می‌شود که پروتکل‌های تمرینی مختلفی مورد استفاده قرار گرفته شده است و هر کدام به نحوی اثرات مختلفی دارند. ولی باید توجه داشت که توجه صرف روی مفصل زانو هر چند موثر بوده ولی دارای تأثیرات کوتاه مدت می‌باشد و شاید بتوان گفت که ریشه‌ی مشکل را باید در قسمت‌های دورتر نسبت به مفصل زانو بررسی کرد که البته یکی از اهداف تحقیق حاضر بررسی تمرینات اصلاحی و EMS بود. تاکنون تحقیقی توسط محقق پیدا نشده که به مقایسه تأثیر تمرینات اصلاحی و EMS بر درد و حس عمقی زنان میانسال مبتلا به زانو درد بپردازد، تا با توجه به جدید بودن EMS مقایسه جهت بررسی برنامه تمرینی برتر در اختیار این بیماران قرار گیرد. بنابراین هدف تحقیق حاضر مقایسه تأثیر تمرینات اصلاحی و EMS بر درد و حس عمقی مفصل زانو زنان میانسال مبتلا به زانو درد بود.

روش بررسی

تحقیق حاضر از نوع نیمه‌تجربی و کاربردی و با طرح



تصویر ۱: دستگاه ایزوکنیتیک بایودکس

مایوفاشیال توسط خود فرد به منظور ایجاد یک پاسخ مهاری در دوک عضلانی و کاهش فعالیت مدار گاما از طریق فشار مداوم با یک شدت، میزان و مدت خاص، موجب تحریک گیرنده‌های مذکور می‌شود. در واقع فشار از طریق یک شی با شدت بالا (حداکثر تحمل درد) برای مدت کم (۳۰ ثانیه) یا شدت کم (حداقل تحمل درد) برای مدت طولانی (۹۰ ثانیه) به طور معنی‌دار، دامنه حرکتی را افزایش خواهد داد. از تکنیک‌های مهاری به منظور کاهش فعالیت بیش از حد بافت نورومایوفاشیال و آماده کردن بافت برای دیگر تکنیک‌های حرکات اصلاحی استفاده می‌شود و در مرحله بعد تکنیک افزایش طول، اشاره به کشیدگی عضلات و بافت همبندی است که ضرورتاً به منظور افزایش دامنه حرکتی بافت یا مفصل به طور مکانیکی کوتاه شده- اند. کشش در صورت ترکیب شدن با تمرینات مهار، فعالسازی و انسجام، به شکل مؤثرتری می‌تواند باعث بهبود آمادگی جسمانی و سلامت بیماران شود، همچنین در خصوص عضلات ضعیف شده به جای اینکه صرفاً آن‌ها را تقویت کنیم، بهتر است از تمرینات انسجام هم در پایان استفاده کنیم. در مرحله اول که به مرحله مهار نیز معروف است، از طریق فوم غلتان فشار اعمال شده توسط خود فرد شامل همسترینگ و عضلات دوقلو انجام می‌شد که در این تکنیک رهاسازی تنش یا کاهش فعالیت بیش از اندازه‌ی بافت‌های نورومایوفاشیال در بدن مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از فوم غلتان (نوع سخت) باعث افزایش فشار روی ساختارهای بافت نرم و دسترسی به لایه‌های عمیق‌تر فاشیا می‌شود. در این پروتکل فرد فوم غلتان را به مدت ۳۰ ثانیه روی ناحیه مورد نظر حرکت می‌داد. در مرحله دوم که مرحله افزایش طول نیز نام دارد، تمرینات کلیدی افزایش

ارزیابی حس عمقی

در این مطالعه آزمون بازسازی فعال با استفاده از سیستم ایزوکنیتیک بایودکس سیستم III (Isokinetic) (Biodex System; IBS) جهت ارزیابی حس عمقی فعال مورد استفاده قرار گرفت (تصویر ۱). سرعت زاویه‌های انتخابی مورد آزمون ۳۰ و ۶۰ درجه بر ثانیه فلکسیون زانو بود که در ابتدا زاویه مورد نظر توسط دستگاه برای فرد ساخته شد. در آن زاویه حرکت دینامومتر متوقف می‌گردد تا فرد روی آن زاویه تمرکز کند و آن را به خاطر بسپارد سپس دینامومتر به وضعیت شروعی برده می‌شود و در حالی که چشم فرد با یک چشم بند بسته شده است حرکت دستگاه آغاز می‌گردد و از فرد خواسته می‌شود که هر زمان به زاویه مورد نظر رسید، با فشار دادن دکمه کنترل دستی حرکت را متوقف کند و در این حالت زاویه مورد نظر از روی مانیتور خوانده می‌شود. این کار سه بار تکرار می‌شود و خطای مطلق میانگین حاصل از این سه نوبت در نظر گرفته می‌شود (۱۵). به افراد آموزش داده شد تا در حین تولید نیروی هدف به میزان تانسینون و نیروی داخلی عضله چهارسر رانی دقت کنند. ضمناً قبل از هر بازسازی فرد تمرین را در دو مرتبه انجام داده و برای کاهش در میزان خطا باز تولید نیروی اصلی سه بار تکرار شد. بین هر آزمون در مراحل بین ۳ تا ۵ دقیقه استراحت برای جلوگیری از خستگی به عضلات داده شد. پد دینامومتر در محل ۸ و ۲۰ درصدی از ساق پای فرد قرار داده شد و فرد باید حداکثر انقباض ارادی (Maximum Voluntary Contraction; MVF) را در فاصله ۵ دقیقه به صورت تانسینون ادراک شده تولید کند. قرارگیری زاویه ۳۰ و ۶۰ درجه به صورت تصادفی برای هر فرد بود و فرد هیچ اطلاعی از این زاویه نداشت. پایایی داخلی آن (ICC) بین ۵۸٪ تا ۷۲٪ برای بیماران مبتلا به آرتروز زانو گزارش شده است (۱۵).

پروتکل تمرینی

پروتکل تمرینات اصلاحی با رویکرد NASM

برنامه تمرینی با نظارت محقق به مدت ۸ هفته، هر هفته ۳ جلسه و هر جلسه ۳۰ تا ۶۰ دقیقه اجرا شد (۱۶) (جدول ۱). در این پروتکل ابتدا تمرینات مهاری و بعد تمرینات کششی را بر روی عضله انجام دهیم. در تکنیک رهاسازی

جدول ۱: پروتکل تمرینی اصلاحی با رویکرد NASM

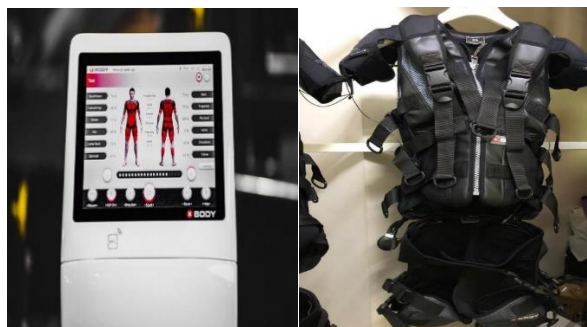
پروتکل تمرین (مدت اجرا ۸ هفته)			
تکنیک‌های NASM	نوبت	تکرار	پیشرفت
۱- تکنیک مهار (فوم غلتان)	۳	۳۰ ثانیه	تا ۹۰ ثانیه
همسترینگ	کشنده پهن نیام	نازک نی	دوقلو و نعلی
۲- تکنیک افزایش طول (ایستا)	۳	۲۰ ثانیه	تا ۳۰ ثانیه
عضله دوقلو	عضله نعلی	عضله دوسر رانی	عضله کشنده پهن نیام
۳- تکنیک فعال سازی	۳	۱۰	افزایش نوبت و مقاومت به همراه تغییر رنگ تراباند ها
(تقویت مجزا توسط تراباند)			
حرکات اکستنشن زانو (ایستاده و نشسته)،			
دورسی فلکشن مچ پا، پلانتر فلکشن مچ پا			
هفته	رنگ	نوبت	تکرار
۱	آبی	۳	۱۰
۲	آبی	۴	۱۰
۳	مشکی	۳	۱۰
۴	مشکی	۴	۱۰
۵	نقره ای	۳	۱۰
۶	نقره ای	۴	۱۰
۷	نقره ای	۳	۱۲
۸	نقره ای	۴	۱۲
۴- تکنیک انسجام	۳	۱۰-۱۵	افزایش نوبت و تکرار ها
اسکات دو پا با کمک توپ	تعالیل ستاره و حفظ حس عمقی	راه رفتن پابکس با کمک تراباند	بالا رفتن از پله و حفظ حس عمقی

تمرینات را تا شدت لازم انجام می‌داد (۱۶، ۱۷).

پروتکل تمرینی EMS

برنامه تمرینی با نظارت محقق به مدت ۸ هفته، هر هفته ۳ جلسه و هر جلسه ۲۰ دقیقه اجرا شد. هر جلسه ابتدا با پوشیدن جلیقه دستگاه EMS (E-Fit، مدل US ۱۲۸۰، مجارستان) (تصویر ۲) و تنظیم دستگاه بر روی افزایش قدرت ۱۰ ثانیه تحریک به هنگام انقباض کانستریک، ۵ ثانیه خاموش به هنگام انقباض اسنتریک (زمان ۲۰ دقیقه و با ۵ دقیقه گرم کردن آغاز شد و در پایان با ۵ دقیقه سرد کردن با پالس ماساژور دستگاه و تمرینات کششی به انتها رسید. لازم به ذکر است پروتکل تمرینی از حرکات ساده شروع و با حرکات سخت‌تر ادامه یافت. به علت تفاوت‌های فردی بیماران در اجرای برنامه تمرینی، میزان توانایی هر فرد برای اجرای هر تمرین ارزیابی شده و طبق توانایی هر فرد پروتکل تمرینی داده شد. نکته قابل توجه دیگر اینکه به دلیل بروز خستگی حد فاصل هر تمرین تا تمرین بعدی

طول از طریق کشش‌های PNF، شامل عضلات دوقلو و نعلی، دوسر رانی و کشنده پهن نیام می باشد که از این تکنیک به منظور افزایش قابلیت کشسانی، طول و دامنه حرکتی بافتهای نورومایوفاشیال در بدن استفاده شد. کشش در اولین نقطه از مقاومت به مدت ۳۰ ثانیه حفظ می‌شد. مرحله سوم، مرحله فعالسازی بوده که از طریق تمرینات تقویتی مجزا، شامل حرکات اکستنشن و فلکشن زانو، دورسی فلکشن، پلانتر فلکشن بود و از این تکنیک به منظور بازآموزی یا افزایش فعالیت بافتهای کم‌کار استفاده شد. این تمرینات با ۱۰ تا ۱۵ تکرار و هر تکرار شامل یک تا دو ثانیه، حفظ انقباض هم طول در پایان دامنه حرکتی و چهار ثانیه حفظ انقباض برون‌گرا (اکسنتریک) اجرا شدند. مرحله آخر نیز انسجام نام دارد که از این تکنیک به منظور باز-آموزی و هماهنگی عملکرد عصب و عضله از طریق حرکات عملکردی پیشرونده که شامل استفاده از مجموع تمرینات پویای بدن که بر همکاری عضلات پایدارکننده و حرکتی بدن بود، استفاده شد. هر فرد بر حسب توانایی خود



تصویر ۲: دستگاه تحریک الکتریکی عضلانی (EMS)

۳۰ درجه بیماران دو گروه تمرینی در جدول ۴ ارائه شده است:

بین قبل و بعد از تمرینات هر دو گروه تفاوت معناداری مشاهده شد ($F_{(1,28)}=7/8$, $p=0/01$, $\eta^2=0/45$) نتایج این آزمون اثر تعاملی معناداری را ($F_{(1,28)}=8/21$, $p=0/001$, $\eta^2=0/49$) نشان داد. نتایج در خصوص تغییرات بین گروهی ($F_{(1,28)}=6/9$, $p=0/01$, $\eta^2=0/41$) نیز معنادار بود. نمرات گروه تمرینی اصلاحی در خصوص خطای حس عمقی ۳۰ درجه زنان ۱/۱۵ کاهش نمره و در گروه EMS ۰/۷۲ کاهش نمره وجود داشته است و این به معنی بهبودی هر دو گروه بوده است، ولی تمرینات در گروه اصلاحی موثرتر بوده است.

اطلاعات مربوط به میزان میزان خطای حس عمقی زاویه ۶۰ درجه بیماران دو گروه تمرینی در جدول ۴ ارائه شده است: بین قبل و بعد از تمرینات هر دو گروه تفاوت معناداری مشاهده شد ($F_{(1,28)}=9/31$, $p=0/001$, $\eta^2=0/38$). نتایج اثر تعاملی معناداری را ($F_{(1,28)}=6/04$, $p=0/001$, $\eta^2=0/44$) نشان داد. نتایج در خصوص تغییرات بین گروهی ($F_{(1,28)}=8/2$, $p=0/01$, $\eta^2=0/52$) نیز معنادار بود. نمرات گروه تمرینی اصلاحی در خطای حس عمقی ۶۰ درجه زنان ۱/۰۵ کاهش نمره و در گروه EMS ۰/۲۲ کاهش نمره وجود داشته است و این به معنی بهبودی هر دو گروه بوده است، ولی تمرینات در گروه اصلاحی موثرتر بوده است.

نتایج سنجش مکرر ترکیبی مربوط به میزان درد بیماران دو گروه تمرینی در جدول ۴ ارائه شده است: بین قبل و بعد از تمرینات هر دو گروه تفاوت معناداری مشاهده شد ($F_{(1,28)}=8/27$, $p=0/001$, $\eta^2=0/64$). همچنین نتایج اثر تعاملی معناداری را ($F_{(1,28)}=7/21$, $p=0/001$, $\eta^2=0/51$) نشان داد. نتایج در خصوص تغییرات بین گروهی ($F_{(1,28)}=5/05$, $p=0/034$) نیز معنادار بود. در خصوص متغیر درد نمرات گروه تمرینی اصلاحی در مورد درد ۳/۵۵ نمره و در

یک استراحت کوتاه در نظر گرفته شد (۱۸). قابل ذکر است که هر هفته تعداد تکرار افزایش پیدا کرده و شدت پالس الکتریکی (هرتز) در این پروتکل (جدول ۲) در هفته هشتم به ۴۵ تا ۵۰ درصد افزایش پیدا کرد (۱۸).

از نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد. جهت مرتب‌سازی داده‌ها از آمار توصیفی در قالب آماره‌هایی چون میانگین، انحراف استاندارد استفاده شد. جهت بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک استفاده شد. در بخش آمار استنباطی جهت تحلیل داده‌ها و بیان تفاوت احتمالی بین میانگین گروه‌ها از Mixed Repeated measures analysis ترکیبی استفاده گردید ($p<0/05$).

یافته‌ها

ویژگی‌های جمعیت شناختی آزمودنی‌ها به تفکیک گروه مربوطه در جدول ۳ گزارش شده است. نتایج نشان می‌دهد که بین سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی گروه‌ها اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و گروه‌ها در این متغیرها همگن می‌باشند ($p>0/05$).

در تحقیق حاضر نتایج آزمون شاپیرو-ویلک برای متغیر درد در مرحله‌ی پیش‌آزمون ($p=0/304$)، در مرحله‌ی پس‌آزمون ($p=0/257$) برای متغیر حس عمقی پیش‌آزمون ۶۰ درجه ($p=0/11$)، و پس‌آزمون ۶۰ درجه ($p=0/18$) و برای متغیر حس عمقی ۳۰ درجه پیش‌آزمون ($p=0/107$) و پس‌آزمون ۳۰ درجه ($p=0/308$) و آزمون لوین در مرحله‌ی پیش‌آزمون برای متغیر درد پیش‌آزمون ($p=0/211$) و پس‌آزمون ($p=0/133$)، حس عمقی ۶۰ درجه پیش‌آزمون ($p=0/31$) و پس‌آزمون ($p=0/43$) و حس عمقی ۳۰ درجه پیش‌آزمون ($p=0/19$) و پس‌آزمون ($p=0/13$) نشان داد که فرض نرمال بودن توضیح داده‌های اصلی و همچنین همگنی واریانس اهراز شده است ($p>0/05$).

اطلاعات مربوط به میزان میزان خطای حس عمقی زاویه

جدول ۲: شدت تمرینات در گروه تمرینی EMS

نوع تمرین	تعداد تکرار	شدت پالس الکتریکی (هرتز)
گرم کردن	۵ دقیقه	
بالا آوردن مستقیم پا	۲×۱۵	۱۰ درصد
اکستنشن زانو (ایستاده)	۲×۱۵	۱۰ درصد
فلکشن زانو (ایستاده)	۲×۱۵	۱۰ درصد
بلند شدن روی پنجه پا	۳×۱۵	۱۰ درصد
ابد اکشن ران (ایستاده)	۲×۱۵	۱۰ درصد
اکستنشن زانو با باند در حالت نشسته	۲×۱۵	۱۰ درصد
سرد کردن	۵ دقیقه	

جدول ۳: ویژگی‌های آنتروپومتریک آزمودنی‌ها

گروه اصلاحی		گروه (EMS)	
متغیرها	میانگین±انحراف معیار	میانگین±انحراف معیار	p- مقدار
سن (سال)	۵۸/۴۰±۴/۱	۵۶/۰۸±۶/۴	۰/۳۲
قد (سانتی‌متر)	۱۵۸/۱۹±۳/۱	۱۵۷/۱۸±۴/۴	۰/۱۸
وزن (کیلوگرم)	۷۱/۳۲±۶/۷	۷۳/۰۵±۴/۰۱	۰/۴۹
شاخص توده بدنی (کیلوگرم/مترمربع)	۲۸/۵۱±۳/۲	۲۹/۶۷±۲/۱۹	۰/۴۱

Index Body Mass; IBM , Electrical Muscle Stimulation; EMS

جدول ۴: نتایج سنجش مکرر ترکیبی برای متغیر خطای حس عمقی ۳۰ درجه زانو

آزمون	گروه	پیش آزمون	پس آزمون
انحراف معیار±میانگین	انحراف معیار±میانگین	انحراف معیار±میانگین	انحراف معیار±میانگین
خطای حس عمقی ۳۰ درجه	اصلاحی EMS	۵/۲۷±۱/۲	۴/۱۲±۱/۰۸
		۴/۸۴±۱/۵۸	۴/۱۲±۱/۰۳
خطای حس عمقی ۶۰ درجه	اصلاحی EMS	۶/۰۷±۰/۵۴	۵/۰۲±۰/۲۷
		۵/۱۱±۱/۱۷	۴/۸۹±۱/۱۴
درد (نمره از ۱۰)	اصلاحی EMS	۶/۱۱±۱/۷۲	۳/۲۵±۱/۲۵
		۶/۷۱±۱/۱۲	۴/۰۵±۱/۴۵

Electrical Muscle Stimulation; EMS سطح معناداری $p<0/05$

($p<0/05$). همچنین نتایج بیانگر یافته‌های بین گروهی حاکی از آن بود که بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون در هر دو گروه نیز تفاوت وجود دارد ($p<0/05$) و هر دو برنامه تمرینی در گروه‌ها موثر بود، ولی تمرینات در گروه اصلاحی بر متغیر درد موثرتر از گروه EMS بود.

در همین راستا Coaccioli و همکاران (۱۹)، با بررسی تأثیر تمرین آب‌درمانی بر درد بیماران استئوآرتریت، به این

گروه EMS ۱/۲۶ نمره بهبود داشته است و این به معنی بهبودی هر دو گروه بوده است، ولی تمرینات در گروه اصلاحی موثرتر بوده است.

بحث و نتیجه‌گیری

در مورد متغیر درد نتایج یافته‌های درون‌گروهی نشان داد که در پیش‌آزمون و پس‌آزمون گروه‌ها تفاوت وجود دارد

مشاهده نمود که با تمرینات اصلاحی میزان اثرگذاری بهتر از تمرینات EMS است. تمرینات EMS موجب افزایش تون عضلات اطراف مفصل زانو شده و این یکی از عواملی است که می تواند در ایجاد ثبات دینامیکی مفصل به ویژه قبل یا زمان اعمال نیروهای ناگهانی به مفصل نقش داشته باشد. دوک های عضلانی یکی از مهم ترین گیرنده های مکانیکی هستند که نقش و میزان حساسیت آنها برای ایجاد ثبات مفصلی به وسیله تنظیم مناسب سفتی عضلانی تأکید دارند. تمرینات EMS بروندهای گیرنده های مکانیکی را به حداکثر رسانده و بهترین اثر را در بازآموزی پاسخ های بازتابی و تسهیل حسی حرکتی اندام تحتانی دارند. این تمرینات از طریق بهبود عملکرد گیرنده های مکانیکی به بازگرداندن حلقه بازخوردی نوروماسکولار طبیعی کمک می کند و این عوامل می تواند با تغییرات در بهبود راستا میزان درد را کاهش دهد. در تحقیق حاضر هم احتمالاً تمرینات EMS با افزایش حساسیت دوک های عضلانی توسط سیستم عصبی مرکزی باعث تغییر در الگوی کنترل حرکتی و تسریع زمان شروع فعالیت عضلات منتخب گردیده است. علت اثرگذاری بیشتر تمرینات در گروه اصلاحی به دلیل درگیری مستقیم سیستم عصبی مرکزی بوده که برخلاف تمرینات EMS این نوع دستورات از سیستم مرکزی به صورت مستقیم فعالیت عضلات بیشتری را در دستور کار قرار داده و هماهنگی بین عضلات آگونیست و آنتاگونیست را محتمل تر می کند که این امر در تحریک به وسیله EMS کمتر اتفاق می افتد.

در مورد متغیر حس عمقی نتایج یافته های درون گروهی نشان داد که در پیش آزمون و پس آزمون گروه ها تفاوت وجود دارد ($p < 0.05$). همچنین نتایج بیانگر یافته های بین گروهی حاکی از آن بود که بین پیش آزمون و پس آزمون در هر دو گروه نیز تفاوت وجود دارد ($p < 0.05$) و هر دو برنامه تمرینی در گروه ها موثر بود، ولی تمرینات در گروه اصلاحی بر متغیر حس عمقی موثرتر از گروه EMS بود. افزایش در حس عمقی نشان دهنده بهبود حس عمقی در هر دو گروه تمرینی است. این موضوع نشان می دهد حس عمقی در پس آزمون نسبت به پیش آزمون در گروه حرکت درمانی به طور معنی داری بهبود یافته است. این بهبود مشابه با نتایج حاصل شده در مطالعات دیگر می باشد که در آنها تمرینات مختلف ورزشی باعث بهبود حس عمقی در زنان مبتلا به آرتروز زانو شده است. بهبود حس عمقی در گروه تجربی را می توان به اثرات

نتیجه رسیدند که آب درمانی باعث کاهش درد می شود؛ در حالی که Tachmazidou و همکاران (۲۰)، کاهش درد و بهبود عملکرد جسمانی مبتلایان به استئوآرتریت از طریق تمرینات آب درمانی مشاهده کردند. ایزد پناه و یزدی (۲۱)، نشان داد که یک دوره چهار هفته ای حرکت درمانی می تواند تأثیر معنی داری بر بهبود درد در زنان مبتلا به استئوآرتریت زانو داشته باشد و همچنین این تغییر پس از یک ماه بی - تمرینی پایدار مانده است. معصومی و همکاران (۲۲)، در مقاله پژوهشی خود نشان داد که تمرینات پیلاتس اثر مثبتی بر کاهش شدت درد بیماران مبتلا به استئوآرتریت زانو دارد. انجام تمرینات ورزشی، موجب افزایش قدرت عضلات اطراف زانو مانند چهارسر ران و همسترینگ می شود. به همین دلیل افزایش قدرت عضلات، بار سطوح مفصلی و درد را کاهش می دهد (۲۳). یافته های پژوهش حاضر با نتیجه تحقیق Carelso و همکاران (۲۴) همخوان نیست. احتمالاً دلیل نتایج به دست آمده در مطالعه غیرهمسو مربوط به نوع پروتکل تمرینی به کار رفته است. طبق پروتکل ارائه شده در تحقیق، بیماران در بخشی از جلسه تمرینی به انجام تمرینات گرم کردن و ریلکس سازی پرداختند که شاید در تحقیقات غیرهمسو به این مسئله توجه نشده باشد.

در تحقیق حاضر از دلایل کاهش درد مفصل زانوی بیماران بر اثر تمرین اصلاحی می توان به انجام تمرینات انعطاف پذیری و کششی بدون ترس از درد اشاره کرد. تمرینات خاص گرم کردن، کششی و ریلکس سازی نیز به نوبه خود در کاهش اسپاسم، تورم و التهاب بافت ها، کاهش سفتی و خشکی مفصل، انعطاف پذیری مطلوب بافت ها، رفع محدودیت حرکت و نهایتاً به دست آوردن دامنه حرکتی مطلوب مفاصل مؤثر بوده اند (۲۴) در مجموع، نتایج به دست آمده نشان داد که پروتکل تمرین اصلاحی موجب بهبود درد مفصل زانو می شود و تأثیر معناداری بر عوارض ناشی از بیماری دارد. اهمیت نتایج تحقیق حاضر زمانی افزایش می - یابد که در طول اجرای پروتکل تمرین اصلاحی هیچ گونه درمان دارویی یا راهکار درمانی دیگری استفاده نشد. با وجود این یافته ها به نظر می رسد، تمرین اصلاحی در بهبود سلامت عمومی و کاهش درد بیماران مبتلا به استئوآرتریت زانو سودمند است. توصیه می شود تأثیر تمرین اصلاحی بر سایر بیماری های مزمن ارزیابی شود. در مورد برنامه های EMS میزان کاهش درد به اندازه تمرینات اصلاحی نبود و دلیل را می توان در درگیری فعال عضلات در برنامه اصلاحی

حال تغییر مفاصل را در نظر بگیرد تا حس عمقی پیچیده مکانیکی حاصل از اجرای آن را تخمین بزند. در این قضیه، حس عمقی بهترین شرایط را برای تأمین اطلاعات و مخابره آنها به سیستم عصبی مرکزی دارا می‌باشد. در واقع کاهش حس عمقی مفصل می‌تواند منجر به تغییر در پاسخ رفلکسی عضله، کاهش حساسیت‌پذیری دوک عضلانی و کاهش حفاظت مفصل و اختلال در ثبات و پایداری مفصل شود (۲۹). همچنین با توجه به اینکه استئوآرتریت زانو موجب شلی کپسولی لیگامانی، ضعف و آتروفی عضلانی می‌شود که در نتیجه آن اختلال در عملکرد گیرنده‌های مکانیکی عضله و مفصل، اختلال در هماهنگی و فعالیت همزمان عضلات اطراف مفصل، اختلال در مکانیسم‌های حفاظتی عصبی عضلانی، افزایش اعمال نیروی اضافی روی مفصل و در نهایت تشدید عارضه رخ می‌شود (۳۰) و با توجه به اینکه کاهش قدرت عضله چهارسر رانی در افراد مبتلا به استئوآرتریت زانو وجود دارد، احتمالاً به این دلیل است که گیرنده‌های مکانیکی آسیب دیده مفصلی، پیام‌های آوران غیرطبیعی به سیستم عصبی مرکزی می‌فرستند که پیام‌های وبران آن، تحریک‌پذیری واحدهای حرکتی تغذیه‌کننده عضله چهارسر رانی را کاهش می‌دهد. بنابراین می‌توان گفت که تمرینات ما علی‌رغم تقویت عضله، توانسته گیرنده‌های مکانیکی موجود در اندام تحتانی را بطور مؤثر تحریک کند و تأثیر بسزایی بر روی قدرت عضلات مفصل زانو بگذارد و باعث بهبود حس عمقی شده است (۳۱). تمرینات اصلاحی باعث ایجاد تغییراتی در فرایند ایجاد حس عمقی و درک وضعیت مفصل می‌گردد. این تغییرات هنگامی که ارزیابی حس وضعیت به صورت فعال صورت می‌گیرد بهتر خود را نشان می‌دهند. گیرنده‌های محیطی مسئول ایجاد حس عمقی، شامل گیرنده‌های مفصلی، تاندونی و عضلانی بوده و تمرین درمانی می‌تواند از طریق افزایش خاصیت ویسکوالاستیک عضلات، افزایش تولید اکسیژن و همچنین افزایش قطر عروق به دلیل افزایش دمای بدن موجب افزایش عملکرد گیرنده‌ها شده و در نتیجه حساسیت حس عمقی بهبود ببخشند (۳۱). این تغییرات شامل: ایجاد تغییرات در دستورات حرکتی صادره از مراکز فوقانی، تغییر در میزان تخلیه عصبی، تغییر در دستورات صادره از سیستم فیوزی حرکت و در نتیجه تغییر در حساسیت دوک عضلانی. به طور تئوریک اعتقاد بر آنست که تمرینات اصلاحی با ایجاد نیروی فشارنده بیشتر، منجر به تسهیل ثبات پاسچرال شده، هماهنگی مفصل را افزایش داده

حرکت درمانی مانند تأثیرات فیزیولوژیکی، تقویت عضلات و هماهنگی عصبی-عضلانی آن نسبت داد. از آنجایی که افراد مبتلا به آرتروز زانو دچار ضعف قدرت عضله چهارسر رانی و همسترینگ و اختلال در هماهنگی عصبی-عضلانی هستند. بنابراین حرکت درمانی با بهبود هماهنگی عصبی-عضلانی و تقویت عضلات مفصل زانو باعث بهبود حس عمقی می‌شود. به نظر می‌رسد که بهبود قدرت عضلات چهارسر رانی و همسترینگ دلیل بهبود حس عمقی این بیماران باشد. همچنین در خصوص تأثیر تمرینات بر روی حس عمقی، می‌توان گفت از آنجایی که کنترل حس عمقی نیازمند مشارکت در سه حیطه پردازش اطلاعات به وسیله حواس بینایی، دهلیزی و حسی-پیکری، یکپارچگی مرکزی در مغز و پاسخ حرکتی است، هرگونه نقصی در سیستم فوق می‌تواند از عوامل قرار گرفتن فرد در شرایط افتادن باشد (۲۵). با توجه به اینکه در ارزیابی تعادل، آزمودنی با کمک هر سه سیستم بینایی، دهلیزی و حسی-پیکری حس عمقی خود را حفظ می‌نماید، می‌توان نتیجه گرفت که احتمالاً یک دوره حرکت-درمانی باعث بهبود و تسهیل ورودی‌های هر یک از این حواس، دو یا سه حس به طور همزمان جهت حفظ حس عمقی می‌شود. همچنین از دلایل احتمالی بهبود حس عمقی می‌توان به افزایش سازگاری‌های عصبی ناشی از تمرین مانند به کارگیری واحدهای عصبی کارآمدتر، سازماندهی مجدد در قشر حسی-پیکری، افزایش کارایی و قدرت ارتباطات سیناپسی، بهبود کنترل عصبی-عضلانی مانند کاهش تغییرپذیری در بکارگیری واحدهای حرکتی و بهبود همزمانی واحدهای حرکتی، کاهش رفلکس‌های بازدارنده عصبی، کاهش مقاومت مسیرهای عصبی به انتقال تکانه و بهبود و تسهیل در انتقال درون داده‌های هر یک از حواس اشاره کرد (۲۶). اما یافته‌های این مطالعه با نتایج مطالعه Richard و همکاران (۲۸) همخوانی نداشت، این در شرایطی بود که شش هفته برنامه تمرینی در آب بر حس عمقی افراد مبتلا به آرتروز زانو تأثیر معنی‌داری نداشت. در خصوص تأثیر تمرینات بر حس عمقی در افراد مبتلا به آرتروز زانو می‌توان به این نکته اشاره کرد که حس عمقی با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده توسط گیرنده‌های مکانیکی موجود در اندام تحتانی، تنه و ترکیب درون داده‌های بصری، دهلیزی و حس حرکتی به منظور ایجاد پاسخ‌های حرکتی مناسب جهت کنترل وضعیت مرکز ثقل در محدوده سطح اتکا حفظ می‌شود (۲۹). سیستم کنترل حرکت باید وضعیت جاری و در

تمرینات اصلاحی نیز با توجه به مشارکت همزمان نقاط مختلفی از بدن و درگیری عضلات مختلف بدن، پیشنهاد می شود به جای منتخبی از تمرینات، از ترکیبی برای درگیر کردن نقاط مختلفی از بدن استفاده شود.

هر دو برنامه تمرینی در گروه ها موثر بود، ولی تمرینات در گروه اصلاحی بر متغیر درد و حس عمقی مفصل زانو موثرتر از گروه تحریک الکتریکی عضلانی بود. با توجه به این نتایج، به نظر می رسد برای اثربخشی بیشتر تمرینات بر متغیرهای تحقیق حاضر، این برنامه تمرینی نیاز به اصلاح و یا افزایش شدت تمرینات حاضر در هر هفته و ایجاد بار اضافی و پیشرفت شرائط نمونه دارد. همچنین در تحقیقات آتی می - بایست به بررسی تأثیرپذیری متغیرهای مذکور پس از اعمال برنامه های تمرینی بلند مدت تر و همچنین با در نظر گرفتن تأثیر احتمالی تمرینات ترکیبی بر بهبود این متغیرها صورت بگیرد. برنامه تمرینات اصلاحی بر بهبود فاکتورهای درد و حس عمقی مفصل زانو موثرتر از گروه EMS بود. بنابراین متخصصان توانبخشی و حرکت درمانی می توانند از نتایج این تحقیق در درمان بیماران مبتلا به آرتروز زانو استفاده کنند.

سیاسگزاری

بدینوسیله مراتب قدردانی خود را از تمامی اساتید محترم گروه های آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی دانشگاه اصفهان، به پاس حمایت ها و راهنمایی های ارزشمندشان در طول انجام این پژوهش، ابراز می دارم. همچنین از تمامی داوطلبان گرامی که با صبر و حوصله در این مطالعه شرکت فعال داشتند، صمیمانه تشکر می کنم. مقاله حاضر برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد رشته آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی است که با کد اخلاق 1404.70 IR.U.I.REC. در دانشگاه اصفهان به تأیید رسیده است.

نقش نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده سازی این مقاله مشارکت یکسان داشته اند

حامی مالی

هیچ کمک مالی از هیچ سازمانی دریافت نشده است.

تعارض منافع

لازم به ذکر است که این مقاله هیچ گونه تعارض منافع برای

و همچنین گیرنده های حس عمقی را بازآموزی می کند. این تمرینات با بهبود ارتباطات عصبی-عضلانی موجب کاهش خطای حس عمقی می گردد (۳۱). Belinda و همکاران (۳۲)، در یک تحقیق نشان دادند که تمرینات اصلاحی اثر مثبتی بر کاهش شدت درد و افزایش شاخص های تعادلی بیماران مبتلا به استئوآرتریت زانو دارد. بنابراین شاید بتوان این تمرینات را برای بهبود علائم بالینی این بیماران پیشنهاد داد. Young و همکاران (۳۳)، در یک تحقیق به بررسی برنامه های تمرینی برای افراد مبتلا به آرتروز در مفصل لگن و زانو پرداختند. نتایج نشان داد که بیماران باید علاوه بر برنامه تمرینات مراقبت های فعالیت عادی زندگی روزانه را نیز در دستور کار قرار دهند.

به طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که یک دوره برنامه تمرینی اصلاحی و EMS می تواند در بهبود حس عمقی مؤثر باشد. استفاده از این برنامه های تمرینی با فراهم نمودن شرایطی برای به چالش کشیدن سیستم تعادلی، می تواند شیوه مؤثری در بهبود حس عمقی در میان افراد مبتلا به آرتروز زانو باشد. با توجه به یافته های تحقیق می توان حرکت اصلاحی و EMS را به عنوان یک شیوه تمرینی جهت بهبود حس عمقی زنان مبتلا به آرتروز زانو بدون سابقه ورزش منظم پیشنهاد نمود. به علاوه حرکت اصلاحی و EMS یک نوع تمرین ایمن و قابل تحمل برای افراد مبتلا به آرتروز زانو محسوب می شود. علت موثرتر بودن برنامه تمرینی اصلاحی را می توان به درگیری مستقیم و فعال واحدهای حرکتی عضلات ربط داد. چرا که وقتی عضلات به صورت فعال در یک برنامه تمرینی وارد شوند، اثرات بیشتری را نسبت به تحریک سطحی عضلات خواهد داشت. قابل ذکر است که از جمله محدودیت های تحقیق حاضر موارد زیر قابل ذکر است: وضعیت سلامت و شدت بیماری آرتروز زانو در شرکت کنندگان، که ممکن است در پاسخدهی به درمان ها متفاوت باشد. تفاوت های فردی در حساسیت به درمان و میزان استرس، انگیزه و رضایت شرکت کنندگان، که ممکن است بر نتایج تأثیر بگذارند، شرایط محیطی مانند دما و رطوبت محل انجام تمرینات، که نمی توان کنترل کامل بر آنها داشت. پیشنهاد می شود که با توجه به میزان تغییرات صورت گرفته در گروه تمرین، به نظر می رسد که اعمال یک برنامه تمرینی بلندمدت تر بتواند تغییرات معنی داری را در زمینه بهبود علائم بیماران مبتلا به آرتروز زانو از جمله ضعف ها عضلانی در پی داشته باشد. همچنین در مورد

نویسندگان آن را به همراه ندارد.

منابع

1. Yang L, Wang P, Bronwyn M. The relationship between experience of knee pain and physical activity participation: A scoping review of quantitative studies. *Int J Nurs Sci*. 2023; 2(1):33
2. Cassidy RP, Lunt KM, Coppack RJ, Bennett AN, et al. ADAPTations to low load blood flow restriction exercise versus conventional heavier load resistance exercise in UK military personnel with persistent knee pain: protocol for the ADAPT study, a multi-centre randomized controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2023; 24(1): 580.
3. Fransen M, Agaliotis M, Bridgett L, Mackey MG. Hip and knee pain: Role of occupational factors. *Best Pract & Res Clin Rheumatol*. 2011; 25(1):81-101.
4. Chehrehnegar N, Keshavarzi F, Rahnamaee N, Aghajafari Z. Relationship Between Visual Constructive Abilities and Activity of Daily Living in Home Dwelling Elderly Population. *Salmand: Iranian Journal of Ageing*. 2016; 11(2): 220-225.
5. Golpayegani M, Fayazi Z, Hosseini Y. The Effect of Strengthening Core Stabilization Training and the Knee Strengthening Training on Improving Pain in Older Women Athletes with Patellofemoral Pain Syndrome. *J Arak Univ Med Sci*. 2021; 24(5): 662-673.
6. Peterson JA, Meng L, Rani A, Sinha P, et al. Epigenetic aging, knee pain and physical performance in community-dwelling middle-to-older age adults. *Exp Gerontology*. 2022; 166: 111861.
7. Saad MC, Vasconcelos RA, Mancinelli LVO, Munno MSB, et al. Is hip strengthening the best treatment option for females with patellofemoral pain? A randomized controlled trial of three different types of exercises. *Braz J Phys Ther*. 2018; 22(5): 408-416.
8. Dainese P, Wyngaert KV, De Mits S, Wittoek R, et al. Association between knee inflammation and knee pain in patients with knee osteoarthritis: a systematic review. *Osteoarthritis and Cartilage*. 2022; 30(4): 516-534.
9. Levy BJ, Cossell C, Grimm NL, Jimenez AE, Bisson LJ. Chondromalacia Patellae – Cartilaginous Lesions of the Patella in the Setting of Anterior Knee Pain: A Current Concepts Review. *J Cartil Joint Preserv*. 2022: 100096.
10. Miri H, Tabatabaieineghad M, Sharifi S, Ardakanizadeh M, Rangraz, E. The influence of eight weeks resistance training with triband on the motor function, the severity of pain strength in elderly women with knee osteoarthritis, 2022; 29: 28-116. [Persian]
11. Weon Y-s, Kim J-h, Gwak G-t, Lee D-e, Kwon O-y. Effect of Electrical Muscle Stimulation Training with and Without Superimposed Voluntary Contraction on Rectus Femoris and Vastus Intermedius Thickness and Knee Extension Strength. *Phy Ther Korea*. 2022; 29(2): 140-146.
12. Peck, R., Short, T., Olsen, C. Introduction to statistics and data analysis. 7th ed. Boston, MA: Cengage Learning. 2020, 7(4). 125-214.
13. Kern H, Barberi L, Löfler S, Sbardella S, et al. Electrical stimulation counteracts muscle decline in seniors. *Front Aging Neurosci*. 2014; 6: 189.
14. AstrOm M, Thet Lwin ZM, Teni FS, BurstrOm K, Berg J. Use of the visual analogue scale for health state valuation: a scoping review. *Qual Life Res*. 2023; 32(10): 2719-2729.
15. Van Tittelboom V, Alemdaroglu-Gürbüz I, Hanssen B, Heyrman L, et al. Reliability of isokinetic strength assessments of knee and hip using the Biodex System 4 dynamometer and associations with functional strength in healthy children. *Front Sports Act Living*. 2022; 4: 817216.
16. Clark M, Lucett S. *NASM essentials of corrective exercise training*. PA: Lippincott Williams & Wilkins; 2015; 99: 200-230.
17. Keyhanfar A., Akoochakian M., Sahebozamani M. The impact and durability of home exercise schedules in conformity with NASM principles with the effects on motion domain and the balance (equilibrium) and Dynamic Gait parameters of



- retired male athletes suffering from knee osteoarthritis. *J Paramed Sci Rehabil*, 2022; 11(3): 92-107.
18. Park S, Min S, Park S-H, Yoo J, Jee Y-S. Influence of Isometric Exercise Combined with Electromyostimulation on Inflammatory Cytokine Levels, Muscle Strength, and Knee Joint Function in Elderly Women with Early Knee Osteoarthritis, 2021; 12: 1-12.
19. Coaccioli S, Sarzi-Puttini P, Zis P, Rinonapoli G, Varrassi G. "Osteoarthritis: New insight on its pathophysiology." *J Clin Med*. 2022; 11(20): 6013.
20. Tachmazidou I, Hatzikotoulas K, Southam, L, Esparza-Gordillo J, et al. Identification of new therapeutic targets for osteoarthritis through genome-wide analyses of UK Biobank data. *Nat Genet*. 2019; 51: 230-236.
21. Izadpanah, A, Khoshraftarizdi, M. The effect of a period of exercise therapy and subsequent rest on the treatment of a patient with knee osteoarthritis. *Mod Rehabil*. 2016; 11(9):166. [Persian]
22. Masoumi J, Khoshraftar Yazdi, N, Rashidalmir A, Rezaei Yazdi, K. The effect of Pilates exercises on pain intensity and balance indices in women with knee osteoarthritis. *Quarterly Scientific-Research Journal of Paramed Sci Rehabil*. 2019; 8(1): 101-108. [Persian]
23. Airaksinen O, Brox JI, Cedraschi C, Hildebrandt J, et al. European guidelines for the management of chronic nonspecific low back pain. *Eur Spine J*. 2006;15(Suppl 2): s192-s300.
24. Carelso LC, Hawker GA, Waugh EJ, Davis AM. Disease-specific pain and function predict future pain impact in hip and knee osteoarthritis. *Clin Rheumatol*. 2016; 35(12): 2999- 3005.
25. Fallowfield L. What is quality of life. *Health Econ*. 2009; 1(8): 1-8
26. Ashrafi E, Mansourian M, Azar FEF, Rahideh ST, et al. Investigation of factors related to healthy eating behavior based on the developed theory of planned behavior in adolescents. *J Educ Health Promot*. 2023; 12(1): 274.
27. Abulhasan JF, Grey MJ. Anatomy and physiology of knee stability. *J Funct Morphol kinesiol*. 2017; 2(4): 34.
28. Richard MJ, Driban JB, McAlindon TE. Pharmaceutical treatment of osteoarthritis. *Osteoarthritis and cartilage*. 2023; 31(4):458-466.
29. Hou C-R, Tsai L-C, Cheng K-F, Chung K-C, Hong C-Z. Immediate effects of various physical therapeutic modalities on cervical myofascial pain and trigger-point sensitivity. *Arch Phys Med Rehabil*. 2002; 83(10): 1406-1414.
30. Miyamoto T, Kamada H, Tamaki A, Moritani T. Low-intensity electrical muscle stimulation induces significant increases in muscle strength and cardiorespiratory fitness. *Eur J Sport Sc*. 2016; 16(8): 1104-10.
31. Jiang Y. Osteoarthritis year in review 2021: biology. *Osteoarthritis cartilage*. 2022; 30(2): 207-215.
32. Blinda L, Hinman, R.S., McManus, F., Lamb, K.E, et al. How does exercise, with and without diet, improve pain and function in knee osteoarthritis? A secondary analysis of a randomised controlled trial exploring potential mediators of effects. *Arthritis Care Res*. 2023, 1(4): 236.
33. Young JJ., Pedersen JR., Bricca A. Exercise Therapy for Knee and Hip Osteoarthritis: Is There an Ideal Prescription? *Curr Treat Options in Rheumatol*. 2023; 4: 1-17.