Feyz Medical Sciences Journal
2024, Volume 28, Issue 1
Pages: 48-57
Doi: 10.48307/FMSJ.2024.28.1.48
Original Article

The effect of eight weeks of neuromuscular exercises in water on balance and center of pressure displacement in women with grade 2 and 3 knee osteoarthritis

Sahar Khaje [1], Abdolhamid Daneshjoo [1*], Mansour Sahebozamani [1], Fatemeh Karimi afshar [2]

[1] Department of Sports Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Sports Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
[2] Sports Medicine Specialist, Faculty of Medicine, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran

[*]**Corresponding author:** Abdolhamid Daneshjoo, Department of Sports Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Sports Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
Email: daneshjoo.hamid@uk.ac.ir

Received: 13 November 2023 **Revised:** 3 February 2024 **Accepted:** 3 February 2024

Abstract

Background and Aim: Balance and postural stability issues are significant complications for patients with knee osteoarthritis. This study aimed to assess the effects of an 8-week neuromuscular exercise program in water on balance and center of pressure fluctuations in women with grade 2 and 3 knee osteoarthritis.

Methods: In this quasi-experimental study, 24 elderly women with knee osteoarthritis were assigned into two groups: grade 2 (n=12) and grade 3 (n=12). Pre- and post-intervention balance assessments were conducted using a single-leg test with the Biodex device, and center of pressure fluctuations were measured using an RSscan plantar pressure distribution device.

Results: There were no significant differences in dynamic balance (P=0.679), anterior-posterior pressure center (P=0.469), and internal-external pressure center (P=0.863) between the two groups of women with knee osteoarthritis grades 2 and 3. However, intra-group comparisons revealed a significant improvement in the anterior-posterior pressure center for both groups (grade 2 group: P=0.048; grade 3 group: P=0.005) from pre- to post-test.

Conclusion: The results suggest that an 8-week neuromuscular exercise program in water can effectively enhance balance and center of pressure fluctuations in the anterior-posterior and medial-lateral directions for women with grade 2 and 3 knee osteoarthritis.

Keywords: Osteoarthritis, Knee, Hydrotherapy, Postural Balance, Women

Copyright© 2024. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms. Downloaded from: http://feyz.kaums.ac.ir/

مجله علوم پزشکی فیض
دوره ۲۸، شماره ۱، فروردین و اردیبهشت ۱۴۰۳
صفحات: ۵۷-۴۸
Doi: 10.48307/FMSJ.2024.28.1.48
اصیل پژوهشی

تاثیر ۸ هفته تمرینات عصبی-عضلانی در آب بر تعادل و جابه‌جایی مرکز فشار در زنان مبتلا به استئوآرتریت زانو درجه ۲ و ۳

سحر خواجه [۱]، عبدالحمید دانشجو [۲*]، منصور صاحب الزمانی [۳]، فاطمه کریمی افشار [۴]

[۱] گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
[۲] متخصص طب ورزشی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران

دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۸/۲۲ **اصلاح مقاله:** ۱۴۰۲/۱۱/۱۴ **پذیرش مقاله:** ۱۴۰۲/۱۱/۱۴

چکیده

زمینه و هدف: از مهم‌ترین عوارضی که بیماران مبتلا به استئوآرتریت زانو با آن رو به رو هستند، اختلال در تعادل و ثبات وضعیتی است. هدف از مطالعه حاضر، ارزیابی تأثیر ۸ هفته تمرینات عصبی-عضلانی بر تعادل و نوسانات مرکز فشار کف پایی در زنان مبتلا به استئوآرتریت زانو درجه ۲ و ۳ می‌باشد.

روش‌ها: در این مطالعه نیمه‌تجربی، ۲۴ زن سالمند مبتلا به استئوآرتریت زانو در ۲ گروه درجه دو (۱۲ نفر) و درجه سه (۱۲ نفر) استئوآرتریت زانو حضور داشتند. قبل و بعد از تکمیل دوره ۸ هفته‌ای تمرینات عصبی-عضلانی در آب، تست تعادل با استفاده از تست تک پا با دستگاه بایودکس و تست نوسانات مرکز فشار کف پایی با دستگاه توزیع فشار کف پایی از نوع RSscan انجام شد.

یافته‌ها: در دو گروه زنان مبتلا به استئوآرتریت زانو درجه ۲ و ۳، در تعادل پویا (P=۰/۶۷۹)، مرکز فشار قدامی-خلفی (P=۰/۴۶۹) و مرکز فشار داخلی-خارجی (P=۰/۸۶۳) تفاوت معناداری ثبت نشد. مقایسه‌های درون گروهی نشان داد که در مرکز فشار قدامی-خلفی، تفاوت معناداری در هر ۲ گروه (گروه درجه دو: P=۰/۰۴۸) (گروه درجه سه: P=۰/۰۰۵) در پیش‌آزمون و پس‌آزمون وجود دارد.

نتیجه‌گیری: طبق یافته‌های حاضر، اجرای پروتکل ۸ هفته‌ای تمرینات عصبی-عضلانی در آب، می‌تواند در بهبود فاکتورهای تعادل و نوسانات مرکز فشار کف پایی جهات قدامی-خلفی و داخلی-خارجی در افراد مبتلا به استئوآرتریت زانو درجه ۲ و ۳ مؤثر باشد.

کلیدواژه‌ها: استئوآرتریت، زانو، هیدروتراپی، تعادل وضعیتی، زنان

*نویسنده مسئول: **عبدالحمید دانشجو**. پست الکترونیک: daneshjoo.hamid@uk.ac.ir
آدرس: گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

مقدمه

یکی از شایع‌ترین بیماری‌های مفصلی و علت اصلی ناتوانی و محدودیت عملکردی در سالمندان، استئوآرتریت (Osteoarthritis) است [۱, ۲]. با توجه به اینکه مفصل زانو در طی فعالیت‌ها و عملکردهای روزمره فشارهای زیادی را متحمل می‌شود، مستعدترین مفصل برای استئوآرتریت می‌باشد [۱]. شیوع عارضه استئوآرتریت زانو (Knee Osteoarthritis) با افزایش سن، افزایش می‌یابد. استئوآرتریت زانو یکی از ۵ بیماری شایع می‌باشد که سهم زیادی در ناتوانی های زنان و مردان سالمند دارد [۱]. شیوع استئوآرتریت از اواسط قرن بیستم دو برابر شده است و انتظار می‌رود در آینده شیوع بیشتری داشته باشد [۳]. استئوآرتریت زانو در ۱۰ تا ۳۰ درصد از افراد مسن رخ می‌دهد و منجر به کاهش قابل توجه عملکرد فیزیکی می شود [۴]. اگرچه عوامل خطر برای ایجاد استئوآرتریت زانو را می‌توان به‌عنوان سیستمیک (شامل سن، جنسیت، چاقی، ژنتیک و قومیت) یا مکانیکی (شامل هم ترازی مفصل، ضربه، فعالیت بدنی و شغل) طبقه بندی کرد، اما علت دقیق استئوآرتریت زانو هنوز مشخص نیست [۵, ۶].

بنابر پژوهش‌ها، از مهم‌ترین عوارضی که بیماران استئوآرتریت زانو با آن رو به رو هستند، اختلال در تعادل و ثبات وضعیتی است و یکی از دلایل اصلی زمین خوردن در افراد مسن به شمار می‌رود که می‌تواند منجر به عواقب دیگری مانند شکستگی، دررفتگی مفصل، آسیب بافت نرم و از دست دادن استقلال شود [۷]. بنابراین استئوآرتریت زانو یک مشکل بهداشت عمومی قابل توجه به شمار می‌رود و می‌تواند به‌عنوان یکی از علل اصلی مرگ و میر و بستری شدن در بیمارستان در نظر گرفته شود [۷, ۸]. تعادل (دینامیک و ایستا) یا ثبات وضعیتی یک عملکرد پیچیده است که نیاز به یکپارچه‌سازی اطلاعات حسی در مورد موقعیت بدن و توانایی ایجاد پاسخ عضلانی و حرکتی مناسب نسبت به حرکات بدن را دارد [۷, ۹]. به طور دقیق‌تر، تعادل به ورودی‌های حسی از سیستم‌های حسی-پیکری (حس عمقی)، بینایی و دهلیزی بستگی دارد [۹]. تعادل ایستا به حفظ تعادل در حالت ایستادن در یک نقطه اشاره دارد [۷, ۹]. در حالی که تعادل پویا شامل حرکت است و به عنوان حفظ تعادل در طول حرکت تعریف می‌شود [۷]. حفظ ثبات وضعیتی (تعادل ایستا و پویا) در طول فعالیت های روزمره زندگی (ADLs) Activities of daily living ضروری است [۹] و اختلال در تعادل در افراد مبتلا به استئوآرتریت زانو به صورت افزایش سرعت نوسانات تعادلی و همچنین افزایش دامنه نوسانات پاسچر می‌باشد [۸].

سیستم کنترل تعادل از سیستم های حسی، عصبی مرکزی و حرکتی تشکیل شده است. سیستم حسی با جمع آوری اطلاعات از محیط و خود بدن (یعنی حس‌عمقی) اطلاعات مربوط به وضعیت فعلی و مورد انتظار بدن را دریافت می‌کند. این اطلاعات مکانیسم‌های کنترل تعادل پیش‌بینی و حلقه بسته را قادر می‌سازد تا اصلاحات وضعیتی مناسب را ایجاد کند [۱۰-۱۲]. در این راستا سیستم عصبی مرکزی این اطلاعات را دریافت می‌کند و آن را یکپارچه می‌سازد تا بهترین پاسخ‌های سیستم عضلانی برای حفظ تعادل را تعیین کند. در نهایت اطلاعات به عضلات خاص ارسال می‌شود تا تغییراتی ایجاد گردد [۱۲]. بیماران مبتلا به استئوآرتریت زانو فاقد حس عمقی هستند و این موجب بارگذاری غیرفیزیولوژیکی مفصل و تخریب آهسته و پیشرونده مفصل می‌شود [۷]. علاوه بر این، در چنین بیمارانی قدرت عضلانی کاهش یافته (به ویژه در عضلات چهارسر ران) و الگوهای فعال‌سازی عضلانی تغییر کرده که می‌تواند تعادل ضعیف را توضیح دهد [۱۳]. در این زمینه تحقیق Liu و همکاران نشان داد که بیماران مبتلا به استئوآرتریت زانو، عملکردهای حسی، حرکتی و شناختی ضعیف‌تری از افراد سالم دارند و با اختلال تعادل همراه هستند [۷]. در این راستا Ince و همکاران نیز نشان دادند که تمرینات تعادلی و حس عمقی اثرات مثبتی بر تعادل پویا و درد در زنان مبتلا به استئوآرتریت زانو دارد [۱۴]. حاج‌محمدی و همکاران نیز پس از اعمال مداخله تمرینی تعادلی در آب و خارج از آب بر روی ۴۳ زن مبتلا به استئوآرتریت زانو، بدین مهم دست یافتند که تمرینات تعادلی در آب و خارج از آب موجب کاهش خطر سقوط و افزایش تعادل می‌شود [۱۵]. همچنین در مطالعه‌ای تاثیر تمرینات پیلاتس بر تعادل در زنان سالمند مبتلا به استئوآرتریت زانو مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که ۸ هفته تمرینات عصبی-عضلانی پیلاتس موجب بهبود شاخص‌های تعادلی در این افراد می‌شود [۱۶]. همچنین نشان داده شده که ۴ هفته تمرینات راه رفتن به عقب می‌تواند با کاهش درد، بهبود حس عمقی، تعادل و عملکرد روزمره در افراد مبتلا به استئوآرتریت زانو همراه شود [۱۷].

یکی از مکانیسم اصلی حفظ تعادل تنظیم موقعیت مرکز فشار (COP; Center of pressure) و نوسانات پاسچر است. در بیماران استئوآرتریت زانو در جهات قدامی-خلفی و داخلی-خارجی COP بیشتری نشان داده شده است. با توجه به اینکه در زمان تحمل وزن، اندام تحتانی یک زنجیره حرکتی بسته را تشکیل می‌دهد، تغییرات در یک بخش با تغییراتی در سایر نواحی همراه است. لذا بیان شده که ممکن است افزایش گشتاور دور شدن زانو در بیماران استئوآرتریت زانو، موجب تغییراتی در توزیع فشار کف‌پایی و جابه‌جایی مرکز فشار کف‌پا می‌شود. COP در این بیماران بیشتر به سمت خارج متمایل می‌شود و این مسئله باعث بی‌ثباتی در این افراد می‌گردد [۱۶]. تغییرات در کینماتیک و کینتیک مفصل زانو در طول مرحله استانس (Stance) راه رفتن در بیماران مبتلا به استئوآرتریت زانو شامل کاهش دامنه حرکت (فلکشن-اکستنشن) و در مولفه عمودی نیروهای واکنش زمین است [۱۸]. این تغییرات، تکنیک‌های جبرانی به منظور کاهش درد زانو در مرحله ایستادن هستند. تغییر الگوهای فعال سازی عضلانی از جمله افزایش فعالیت و انقباض همزمان عضلات ران در مرحله استانس نیز باعث نقص

تعادل، نوسانات پاسچر و در نتیجه تغییرات COP می‌شود [۱۸]. همچنین افزایش اورژن و چرخش داخلی در قسمت عقبی پا و اینورژن در قسمت جلویی پا با کاهش گشتاور نزدیک‌کننده‌های زانو در طول مرحله استانس راه رفتن مرتبط است [۱۹]. از سوی دیگر، پردازش شناختی نقش مهمی در تعادل و راه رفتن ایفا می‌کند [۱۹]. از این رو ارزیابی موثر کنترل تعادل در بیماران استئوآرتریت زانو قبل از درمان این بیماری ضروری است [۱۲].

در حال حاضر ورزش درمانی به‌عنوان روشی مؤثر برای بهبود فعالیت‌های عملکردی و کاهش عوارض بیماران استئوآرتریت زانو تجویز شده است [۱،۲،۲۰،۲۱]. ورزش و تمرین درمانی منجر به جلوگیری از آتروفی و افزایش قدرت عضلانی، دامنه حرکتی مفاصل و تعادل می‌شود [۲۰،۲۲]. اجرای تمرینات در محیط خشکی برای این بیماران همراه با درد مضاعف است و فشار ممکن است آسیب بیشتر بر مفصل را به همراه داشته باشد. اما انجام تمرینات درمانی در محیط آب موجب کاهش بارگذاری بر مفاصل اندام تحتانی حین انجام فعالیت می‌شود [۲۲]. از این‌رو، آب درمانی به عنوان یکی از مهم‌ترین راهکارهای ورزشی پیشنهاد شده برای مدیریت این بیماران به حساب می‌آید [۱،۲۱]. تمرینات در آب با کاهش وزن، کاهش خشکی و سفتی مفصلی، کاهش فشارهای وارده بر مفصل و به دنبال آن کاهش درد را در بیماران استئوآرتریت زانو به همراه دارد [۲۱]. برخلاف تمرینات قدرتی معمول، تمرینات عصبی عضلانی با هدف بهبود کنترل حسی–حرکتی و دستیابی به ثبات عملکردی مفصل با توجه به کیفیت حرکت در هر سه سطح حرکتی انجام می‌شود [۲۳]. عملکرد، بیومکانیک زانو را تغییر داده و الگوهای فعال‌سازی عضلانی زانو را در بیماران مبتلا به استئوآرتریت شدید زانو بهبود می بخشد [۱, ۲۴]. از این رو با توجه به مطالب عنوان شده و اهمیت توانبخشی در افراد مبتلا به استئوآرتریت زانو، هدف از مطالعه حاضر ارزیابی اثربخشی تمرینات عصبی–عضلانی در آب بر تعادل و جابه‌جایی مرکز فشار در زنان سالمند مبتلا به استئوآرتریت زانو درجه ۲ و ۳ می‌باشد.

روش‌ها

تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی و با ماهیت کاربردی می‌باشد. جامعه آماری این پژوهش را زنان سالمند مبتلا به استئوآرتریت درجه ۲ و ۳ با دامنه سنی ۵۰ تا ۶۵ سال ساکن شهرستان کرمان، تشکیل دادند. پس از اخذ کد اخلاق، در سطح شهر کرمان اطلاع‌رسانی شد و یک لیست اولیه از آزمودنی ها به پزشک متخصص ارایه گردید. پزشک متخصص با بررسی نتایج تست رادیوگرافی، و انجام معاینات بالینی و با استفاده از معیارهای طبقه‌بندی Kellgren-Lawrence (کاهش فضای مفصلی، تشکیل استئوفیت و اسکلروز Sclerosis bone استخوان زیر غضروف) تمامی افراد واجد شرایط را به دو گروه (استئوآرتریت درجه ۲ و ۳) تقسیم بندی کرد [۲۵]. قابل ذکر است که با استفاده از نرم افزار جی پاور، با توجه به روش آماری تحلیل واریانس ترکیبی با اندازه گیری مکرر و اندازه اثر ۰/۴، توان آماری ۰/۹۵ و سطح معناداری ۰/۰۵، حجم نمونه در هر گروه ۱۲ نفر محاسبه گردید. بنابراین با توجه به ریزش احتمالی ۱۳ نفر از افراد مبتلا به استئوآرتریت درجه دو و ۱۳ نفر از افراد مبتلا به استئوآرتریت درجه سه به تحقیق حاضر وارد شدند.

در پژوهش حاضر معیارهای ورود به تحقیق شامل مواردی همچون توانایی راه رفتن مستقل و انجام فعالیت‌های روزانه بدون استفاده از وسایل کمکی، عدم وجود ابتلا به بیماری‌های سرطان، بیماری‌های التهابی و عدم اختلالات عصبی و ترس از آب بود. همچنین معیارهای خروج از این پژوهش نیز شامل مواردی همچون داشتن علائم پاتولوژیک، شکستگی، تزریق، تعویض مفصل و جراحی در اندام تحتانی طی ۶ ماه گذشته، سابقه شرکت در جلسات فیزیوتراپی یا پروتکل‌های ورزشی طی ۲ ماه گذشته، و همچنین استفاده از داروهای آرامبخش و ضد درد طی ۴۸ ساعت قبل از تست‌گیری، احساس درد در مراحل تست‌گیری و تمرینات یا عدم علاقه‌مندی به مشارکت در تحقیق در نظر گرفته شد [۱۶, ۲۶].

در ابتدا آزمودنی‌ها در جلسه آشنایی با روند تحقیق و روش تست‌گیری آشنا شده و فرم رضایت‌نامه کتبی و اطلاعات فردی (به همراه پرسشنامه‌های سلامت عمومی و آمادگی فعالیت بدنی) را تکمیل کردند. سپس از تمامی آزمودنی‌ها خواسته شد تا طبق زمان‌بندی محقق جهت انجام تست گیری‌ها به آزمایشگاه دانشکده تربیت بدنی شهید باهنر کرمان مراجعه نمایند. روند تست‌گیری بدین گونه بود که پس از تعویض لباس اندازه‌گیری‌های دموگرافیک آزمودنی‌ها ثبت شد و سپس با نظارت آزمونگر آمادگی گرم کردن برای تست گیری با اجرای پروتکل ۱۰ دقیقه‌ای حرکات نرمشی و کششی عمومی مارش، کشش عضلات دو سربازویی و سه سربازویی، عضلات مربع کمری، چهارسررانی، همسترینگ و ادداکتورها انجام شد. محققین سعی کردند در تمامی مراحل تست-گیری، شرایط برای همه آزمودنی‌ها یکسان باشد تا تاثیر متغیرهای مزاحم به حداقل برسد. قابل ذکر است که تمامی تست ها با ترتیب تصادفی اجرا شد و همچنین برای اجرای حداکثری، آزمودنی‌ها در همه مراحل تست‌گیری تشویق کلامی دریافت می‌کردند. قابل ذکر است که تمامی تست‌ها در صبح (۸ الی ۱۱ صبح) و توسط یکی از محققین اندازه‌گیری شد.

تعادل

در ابتدا و انتهای دوره ۸ هفته‌ای تمرینات عصبی–عضلانی در آب، میزان تعادل آزمودنی‌ها با استفاده از دستگاه بایودکس مدل Biodex Balance System SD (ساخت کشور آمریکا) که از پایایی و روایی مطلوبی (ICC≥ ۰/۷۹) برخوردار است، اندازه‌گیری شد [۲۷]. با توجه به اهداف تحقیق حاضر، برای بررسی تعادل نیمه پویا، از آزمون تک پا با سطح اغتشاش ۱۱ استفاده شد. هر تست

شامل ۳ تکرار ۲۰ ثانیه ای بود و آزمودنی بین هر تکرار ۱۰ ثانیه استراحت داشتند [۲۸, ۲۹]. تست در محیطی ساکت، توسط یکی از محققین، ۳ بار تکرار و بهترین تلاش هر نمونه تحقیق برای آنالیز آماری مورد استفاده قرار گرفت.

نوسانات مرکز فشار کف پایی

شاخص های جابه جایی مرکز ثقل و نوسان پاسچر با استفاده از دستگاه توزیع فشار از نوع RSscan ساخت کشور بلژیک و بر حسب مساحت محدوده نوسان و میزان نوسان مرکز فشار بدن، با روایی و پایایی مطلوبی (ICC≥۰/۸) محاسبه شدند [۳۰]. برای انجام تست، پس از کالیبره کردن دستگاه از آزمودنی خواسته شد تا با پای برهنه در وضعیت طبیعی به صورتی که پاها به اندازه فاصله دو خار خاصره‌ای قدامی فوقانی از هم فاصله داشته باشد بر روی صفحه بایستد. بدین ترتیب درحالی‌که آزمودنی در وضعیت راحت و طبیعی پاسچر خود قرار گرفته، میزان فشار کف پا و نوسانات قامت آزمودنی‌ها در دو جهت قدامی-خلفی و داخلی خارجی به مدت ۵ ثانیه ثبت می‌گردید [۳۱]. آزمون ۳ بار توسط یکی از محققین تکرار و بهترین نمره آزمون هر فرد جهت آنالیز آماری مورد استفاده قرار گرفت.

تمرینات عصبی-عضلانی در آب

پس از انجام اندازه‌گیری‌های پیش آزمون، پروتکل تمرینات عصبی عضلانی در آب به مدت ۸ هفته (هر هفته ۳ جلسه)، شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن، ۴۵ دقیقه تمرینات اصلی، ۵ دقیقه سرد کردن در استخر دانشکده تربیت بدنی شهید باهنر کرمان انجام شد. پروتکل اصلی تمرینات عصبی عضلانی شامل تمرینات لانج، بلند کردن لگن روی سطح ناپایدار با استفاده از نودل در زیر ساق پا، اسکات، لانج ساید یک طرفه، گام برداری روی استپ، ایستادن تک پا، پریدن تک پا به جلو وعقب، دامنه دسترسی پا در جهات مختلف با جابه جایی پارچه، اسکات با نوسان کتل بل، پلانک پهلو، حرکت اکستنشن ران با کش لوپ، اصلاح تکنیک راه رفتن به جلو و پهلو و عقب بود و در نهایت با تجویز پزشک متخصص حرکت ترکشن در قسمت عمیق استخر نیز به مدت ۵ دقیقه اجرا گردید. همچنین قابل ذکر است که سطح تمرینات در ۳ سطح با تغییر تعداد، جهت و سرعت حرکات و/یا تغییر سطح حمایت ارتقا پیدا می‌کرد [۳۲].

تجزیه و تحلیل داده‌ها

پس از اتمام پروتکل تمرینی، تمامی اندازه‌گیری‌ها به‌عنوان پس آزمون مجدداً ثبت گردید. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ استفاده شد. در ابتدا جهت تایید پیش فرض‌های آماری همچون نرمالیتی و همگنی واریانس‌ها و همگنی کوواریانس‌ها به ترتیب از آزمون شاپیروویلک، Leven's و Box's M استفاده گردید. در نهایت برای مقایسه داده‌ها در پیش آزمون و پس آزمون و همچنین مقایسه بین‌گروهی از آزمون تحلیل واریانس ترکیبی با اندازه گیری مکرر با سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد. همچنین برای قیاس دو جفت گروه‌ها از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده گردید. اندازه اثر هر متغیر نیز با استفاده از آماره پارشال اتا اسکور (η) (اندازه اثر کم= ۰/۱، اثر متوسط=۰/۶ و اثر زیاد=۰/۱۴) مورد بررسی قرار گرفت [۳۳, ۳۴].

ملاحظات اخلاقی

پژوهش حاضر دارای کد اخلاق (IR.UK.REC.1402.002) از کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی شهید باهنر کرمان و کد کارآزمایی بالینی از مرکز بین ثبت کارآزمایی‌های بالینی ایران (IRCT20231015059728N1) است.

نتایج

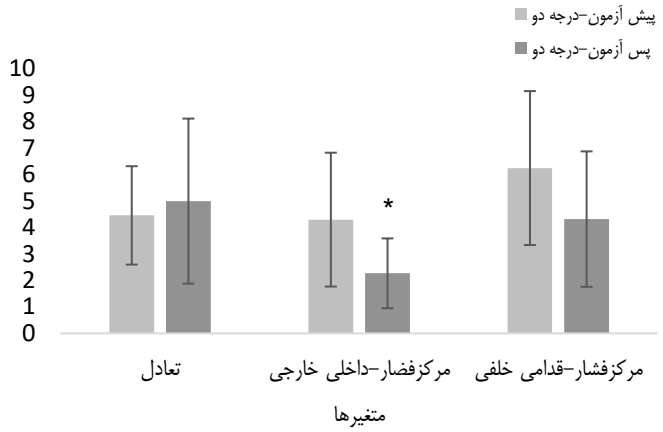
در پژوهش حاضر، در نهایت از هر گروه یک نفر حذف شد و داده‌های نهایی ۲۴ نفر از زنان سالمند دارای استئوآرتریت درجه ۲ و ۳، در دو گروه همگن (درجه دو با میانگین وزن: ۷۴/۱۰±۴۸۷/۷۸۴، قد: ۴/۵۷۵±۱۵۸/۷۵ و درجه سه با میانگین وزن: ۱۰/۶۰۳±۷۴/۲۳۳، قد: ۵/۴۹۱±۱۵۸/۸۳) بررسی شد. مشخصات دموگرافیک گروه‌های پژوهش و نتایج آزمون تی مستقل در جدول ۱ نشان آمده است. میانگین سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی (Body mass index(BMI بین گروه‌ها همسان بود (P<۰/۰۵) (جدول ۱).

جدول ۱. داده های دموگرافیک (میانگین± انحراف استاندارد) در زنان سالمند دارای استئوآرتریت درجه ۲ (گروه یک) و ۳ (گروه دو)

متغیرها	گروه یک (Mean±SD)	گروه دو (Mean±SD)	آماره t	P value
سن (سال)	۵۶/۱۷ ± ۵/۵۴۲	۶۰/۴۲ ± ۴/۷۳۸	۲/۰۲۳	۰/۰۵۵
وزن (کیلوگرم)	۱۵۸/۷۵ ± ۴/۵۷۵	۱۵۸/۸۳ ± ۵/۴۹۱	۰/۰۴۰	۰/۹۶۸
قد (سانتی متر)	۷۴/۴۸۷ ± ۱۰/۷۸۴	۷۴/۲۳۳ ± ۱۰/۶۰۳	۰/۰۵۸	۰/۹۵۴
BMI (کیلوگرم بر متر مربع)	۲۹/۴۷۴ ± ۳/۴۰۹	۲۹/۵۸۱ ± ۵/۳۰۱	۰/۰۵۹	۰/۹۵۳

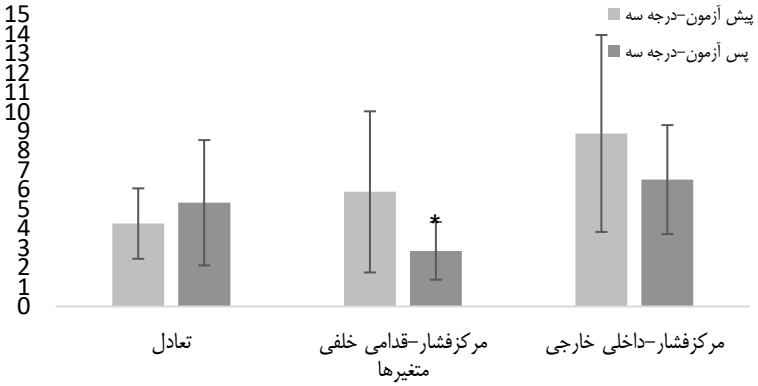
بر اساس آنالیز آماری، آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌های تکراری نشان داد که تعامل گروه در زمان، در تعادل (F=۰/۱۷۶، P=۰/۶۷۹)، مرکز فشار قدامی-خلفی (F=۰/۵۴۲، P=۰/۴۶۹) و مرکز فشار داخلی-خارجی (F=۰/۰۳۱، P=۰/۸۶۳) تغییرات معناداری ندارد. یافته‌ها نیز نشان می‌دهد که در هر دو گروه پژوهش، تفاوت معناداری در پس‌آزمون، در تعادل (P=۰/۷۹۹)،

مرکز فشار قدامی–خلفی (P=۰/۸۶۳) و مرکز فشار داخلی–خارجی (P=۰/۳۱۶) وجود ندارد. مقایسه‌های درون گروهی حاکی از آن است که در متغیر مرکز فشار قدامی–خلفی تفاوت معناداری از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون در هر دو گروه پژوهش (گروه درجه دو: P=۰/۰۴۸) و (گروه درجه سه: P=۰/۰۰۵) وجود دارد. اما در متغیرهای تعادل (گروه درجه دو: P=۰/۵۶۰) و (گروه درجه سه: P=۰/۲۴۹) و مرکز فشار قدامی–خلفی (گروه درجه دو: P=۰/۱۵۷) و (گروه درجه سه: P=۰/۱۰۱) اختلاف معناداری از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون وجود ندارد (جدول ۲).



نمودار ۱. تغییرات میانگین‌های درون گروهی استئوآرتریت زانو درجه دو

* پیشرفت معنادار پس آزمون نسبت به پیش آزمون در گروه استئوآرتریت زانو درجه دو (P<۰/۰۵).



نمودار ۲. تغییرات میانگین‌های درون گروهی استئوآرتریت زانو درجه سه

* پیشرفت معنادار پس آزمون نسبت به پیش آزمون در گروه استئوآرتریت زانو درجه سه (P<۰/۰۵).

جدول ۲. نتایج آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌های تکراری

متغیرها		گروه تجربی یک (استئوآرتریت زانو درجه دو)				گروه تجربی دو (استئوآرتریت زانو درجه سه)				p–مقدار (اندازه اثر)		
		پیش آزمون	پس آزمون	95% CI	Δ%	پیش آزمون	پس آزمون	95% CI	Δ%	زمان	گروه	زمان*گروه
مرکز فشار	تعادل	۴/۴۶±۱/۸۶	۵/۰۰±۳/۱۲	۵–/۹۷ ۳/۴۹	↑ ۱۲/۱۰٪	۴/۲۶±۱/۸۱	۳/۲۲±۵/۳۳	۳/۶–۵۵/۰۴	۲۳/۹۵٪ ↑	استئوآرتریت زانو درجه دو ۰/۵۶۰ / استئوآرتریت زانو درجه سه ۰/۲۴۹	۰/۷۹۹	۰/۶۷۹
	داخلی–خارجی	۴/۳۰±۲/۵۳	۲/۲۷±۱/۳۲	۴–/۴۹ ۲/۰۷	↓ ۴۷/۲۰٪	۵/۸۹±۴/۱۴	۲/۸۶±۱/۴۸	۳/۵–۱۷/۵۹	/۴۴٪ ↓ ۵۱	استئوآرتریت زانو درجه دو ۰/۰۴۸ / استئوآرتریت زانو درجه سه ۰/۰۰۵	۰/۳۱۶	۰/۴۶۹
	قدامی–خلفی	۶/۲۵±۲/۹۱	۴/۳۲±۲/۵۶	۶–/۹۴ ۳/۵۴	↓ ۱۸/۰۵٪	۸/۸۹±۵/۰۶	۶/۵۲±۳/۸۰	۶/۹–۰۱/۴۱	۴۴/۱۷٪ ↓	استئوآرتریت زانو درجه دو ۰/۱۵۷ / استئوآرتریت زانو درجه سه ۰/۱۰۱	۰/۰۹۷	۰/۸۶۳

95% CI: سطح اطمینان ۹۵ درصد (Confidence Interval). Δ%: درصد تغییرات از پیش آزمون تا پس آزمون. *سطح معنی داری پذیرفته شده ۰/۰۵>

بحث

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی تأثیر یک پروتکل ۸ هفته‌ای تمرینات عصبی–عضلانی در آب بر شاخص های تعادل و نوسانات مرکز فشار کف پایی در دو جهت قدامی–خلفی و داخلی–خارجی در زنان سالمند دارای استئوآرتریت درجه ۲ و ۳ انجام شد. یافته‌ها نشان داد که پس از دوره تمرینات در آب، شاخص تعادل و نوسانات مرکز فشار کف‌پایی در دو جهت قدامی–خلفی و داخلی–خارجی در دو گروه استئوآرتریت درجه ۲ و ۳ تغییرات معناداری ندارد. با این وجود، با توجه به تفاوت میانگین‌های پیش آزمون و پس آزمون در فاکتورهای تعادل و نوسانات مرکز فشار کف‌پایی در هر دو جهت قدامی–خلفی و داخلی–خارجی، پیشرفت معناداری در هر دو گروه استئوآرتریت درجه ۲ و ۳ ثبت شد. به طور کلی نتایج به دست آمده حاکی از آن است که میزان پیشرفت در فاکتورهای تعادل و نوسانات مرکز فشار کف‌پایی، در هر دو گروه استئوآرتریت زانو همسو بوده و این امر مؤید آن است که افراد در هر دو درجه استئوآرتریت توانسته‌اند از مزایای تمرینات عصبی عضلانی در آب بهره‌مند باشند. به عبارت دیگر بین دو گروه استئوآرتریت درجه ۲ و ۳ در هیچ یک از شاخص‌های تعادل و نوسانات مرکز فشار کف پایی تفاوت معناداری مشاهده نشد.

در این زمینه مطالعات متعددی تأثیر پروتکل های تمرینی متفاوت را بر شاخص‌های تعادل و نوسانات مرکز فشار کف پایی در افراد مبتلا به استئوآرتریت بررسی کرده اند. از جمله دمیرچی و همکاران، گزارش کردند که الکتروتراپی به همراه تمرینات رومبرگ می‌تواند تأثیرات مثبت معناداری را بر فاکتورهای تعادل، درد و عملکرد در افراد دارای استئوآرتریت، به دنبال داشته باشد. به علاوه، اجرای تمرینات ورزشی در کنار تمرینات فیزیوتراپی می‌تواند منجر به بهبود بیشتری در فاکتورهای مذکور شود [۳۵]. همچنین گندمی و همکاران، نشان دادند که تمرینات عصبی–عضلانی به همراه تمرینات ذهنی می‌توانند تأثیر معناداری بر بهبود تعادل و عملکرد افراد مبتلا به استئوآرتریت زانو داشته باشد و افزودن تمرینات روانشناختی به تمرینات جسمانی می‌تواند نتایج بهتری را ایجاد کند [۳۶]. علاوه بر این، مطالعه Chen و همکاران، نشان داد که تمرینات راه رفتن به عقب بهبود معناداری را در ثبات ایستا، تعادل و حس عمقی ایجاد می‌کند. محققین همچنین بیان کردند که وضعیت پا، گیرنده های حسی و نیروهای فشار کف پایی ارتباط نزدیکی با کنترل وضعیت ایستا و نوسانات مرکز فشار کف پایی دارند [۱۷]. قابل ذکر است که میانگین بهبود متغیرهای تعادل و نوسانات مرکز فشار کف پایی در این مطالعه با نتایج حاضر تفاوت‌هایی دارد، که احتمالاً این تفاوت ها به تفاوت موجود در پروتکل تمرینی، آزمودنی‌ها و روش های تست‌گیری برمی‌گردد.

علاوه بر این نتایج مطالعه حاضر حاکی از آن بود که پس از اجرای پروتکل تمرینی، نوسانات مرکز فشار کف پایی در جهت قدامی–خلفی در هر دو گروه به صورت معناداری کاهش یافت، در حالی که میزان کاهش نوسانات در جهت داخلی–خارجی از نظر آماری معنادار نبود. این نتایج با گزارشات پیشین همسو است [۲۹،۳۷]. بدین ترتیب Prabhakar و همکاران، بیان کردند که تمرینات حسی–حرکتی با بهبود تعادل و حس وضعیت منجر به کاهش نوسانات پاسچر می شود [۳۸]. همچنین حسینی و همکاران، بیان کردند که افراد مبتلا به استئوآرتریت زانو در نوسانات قدامی–خلفی اختلالات بیشتری نشان داده و این مسئله می‌تواند منجر به تغییر الگوی حرکتی، هم انقباضی و سفتی عضلات اطراف مفصل ران شود [۳۹]. تحقیقات گزارش کرده‌اند آنچه باعث کاهش نوسانات مرکز فشار می‌شود، ایجاد ارتباط بهینه بین مکانیسم های فیدبکی حاصل از سیستم‌های حسی پیکری و گیرنده های کف‌پایی است [۳۷]. اما این تفاوت بین جهت‌ها را می‌توان با استراتژی‌های مورد استفاده برای کنترل تعادل در هنگام ایستادن توضیح داد. در هنگام ایستادن آرام و نوسانات جزئی، استراتژی مچ پا برای کنترل تعادل کافی است. این استراتژی مسئول نوسانات مرکز فشار کف پایی در جهت قدامی–خلفی است. اما در نواسانات بزرگتر یا ضعف عضلات مچ پا، استراتژی ران و استراتژی گام برداشتن پاسخ می‌دهد تا مرکز توده بدن را حرکت دهد. بدین ترتیب سالمندان با ضعف استراتژی مچ پا بیشتر به دو استراتژی دیگر متکی هستند [۱۲]. به عبارت دیگر سطح اولیه نوسانات در جهت قدامی خلفی بیشتر بوده و این موضوع احتمالاً می‌تواند کاهش معنادار نوسانات در جهت قدامی–خلفی را توجیه کند، علاوه بر این توصیه می شود که به تقویت قدرت عضلات اطراف مفصل ران در طراحی پروتکل‌های تمرینی بیشتر توجه شود.

به طورکلی محققان نشان دادند که افراد مبتلا به استئوآرتریت در طول ایستادن یک پا و تعادل ایستا، نوسانات وضعیتی بیشتر و تعادل کمتری را نشان می‌دهند [۱۸]. از سوی دیگر گزارشات حاکی از آن است که افراد مبتلا به استئوآرتریت برای کنترل تعادل در صفحه فرونتال با ضعف و اختلالات بیشتری نسبت به صفحه ساجیتال مواجه هستند. به گونه ای که بیشتر مکانیسم های سقوط در این صفحه مشاهده می شود، این در حالیست که محققین تاکنون به مؤلفه های صفحه فرونتال توجه کمتری داشته اند [۸]. اما قابل ذکر است که سیستم عصبی مرکزی از دو مکانیسم کنترلی پیش‌بینی و جبران کننده برای نگهداری و بازیابی تعادل در مواجهه با نوسانات استفاده می‌کنند. کنترل تعادل در انسان به میزان مؤثر بودن استفاده از این دو مکانیسم بستگی دارد. با بروز سالمندی، کاهش عملکرد حرکتی و تعادل اتفاق می‌افتد که یکی از دلایل ایجاد این کاهش عملکرد و کاهش به‌کارگیری در مکانیسم پیش‌بین در سالمندان است. تأخیر در فعالیت عضلانی مکانیسم پیش‌بین در سالمندان باعث جابه‌جایی بزرگتر مرکز جرم بعد از نوسان می‌شود که نشان دهنده ناپایداری بیشتر قامت است [۴۰]. بنابراین با توجه به نوسانات و جابه جایی های بزرگتر مرکز فشار کف پایی، این گروه سالمندان به استراتژی ران و گام برداشتن

بیشتر متکی هستند. علاوه بر این مطالعات نشان داده‌اند که کاهش عملکرد عضلانی، کاهش دامنه حرکتی زانو و حس عمقی مفصل زانو با افت تعادل مرتبط است و این به معنی کاهش توانایی حفظ مرکز فشار کف پایی با حداقل نوسان یا حداکثر پایداری است. مطالعات همچنین نشان داده اند که نوسانات مرکز فشار کف پایی حین ایستادن ساکن در افراد مبتلا به استئوآرتریت زانو افزایش می‌یابد و این موضوع با کاهش پایداری و تعادل در این افراد ارتباط مستقیمی دارد [۴۱]. بنابراین برای بهبود تعادل و نوسانات مرکز فشار کف پایی بایستی تمرینات مربوط به سایر استراتژی‌های تعادل در مفاصل اندام تحتانی و ۳ صفحه حرکتی، مورد توجه قرار گیرد.

باتوجه به عدم وجود درمان قطعی بیماری استئوآرتریت و تأثیرات مثبت پروتکل‌های ورزشی بر کنترل پیامدهای این بیماری، محققین به دنبال روشی هستند که بیشترین مزیت را برای افراد به همراه داشته باشد [۲]. اگرچه تاکنون مکانیسم اصلی تأثیرات مثبت انواع پروتکل‌های ورزشی به درستی شناخته نشده، و انواع مداخلات ورزشی، از ورزش هوازی تا تمرینات مقاومتی منفرد استفاده شده‌اند، اما گزارشات حاکی از آن است که برخلاف تمرینات قدرتی معمولی، تمرینات عصبی عضلانی منجر به بهبود کنترل حسی–حرکتی و ثبات عملکردی مفصل در هر ۳ صفحه حرکتی می‌شود و بدین ترتیب بر الگوهای عملکرد و بیومکانیک زانو تاثیر می‌گذارد [۳۲]. از جهت دیگر مطالعات نشان دادند که اجرای تمرینات در آب، یک محیط امن و با خطر کمتر را برای افراد فراهم می‌آورد. همچنین گزارش شده که آب درمانی مزایای فیزیولوژیکی و بیومکانیکی بیشتری را در مقایسه با تمرینات در محیط خشکی ارائه می‌دهد. زیرا با توجه به خاصیت بالقوه شناوری در آب، تقویت پویای عضلانی و تحرک فعال افراد را، حتی در صورت وجود درد شدید، سرعت می‌بخشد. علاوه بر این فشار و دمای آب می تواند منجر به افزایش ورودی حسی و کمک بیشتر به تسکین درد مفاصل گردد [۲۳]. از سوی دیگر اجرای تمرینات عصبی–عضلانی زنجیره بسته و به خصوص تمرینات پلایومتریک به دلیل ایجاد فشار بر مفصل تنها در محیط ایمن آب قابل انجام است. زیرا اجرای تمرینات زنجیره بسته و تمرینات پلایومتریک علاوه بر بهبود قدرت و عملکرد، منجر به بهبود الگوهای حرکتی، اصلاح وظایف روزانه، رفع نقص حسی–حرکتی و بی ثباتی عملکردی در استئوآرتریت زانو می‌شود [۲۲].

یکی از محدودیت‌های پژوهش حاضر، تعداد کم آزمودنی‌ها و بررسی تأثیر کوتاه مدت تمرینات بود. بنابراین پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده افراد بیشتری با تأثیرات طولانی مدت تمرینات بررسی شود.

نتیجه‌گیری

طبق نتایج پژوهش حاضر، اجرای پروتکل ۸ هفته‌ای تمرینات عصبی–عضلانی در آب، باعث بهبود در تعادل و کاهش نوسانات مرکز فشار کف پایی به خصوص در جهت قدامی–خلفی در زنان مبتلا به استئوآرتریت درجه ۲ و ۳ شد. با توجه به تأثیرات سوء بیماری استئوآرتریت و پیشگیری از فرسایش پیشرونده مفصل زانو، توصیه می‌شود که برای بهبود تعادل و نوسانات مرکز فشار کف پایی، افراد در مراحل اولیه بیماری استئوآرتریت با انجام تمرینات عصبی–عضلانی به خصوص در محیط آب به استراتژی‌های عملکردی صحیح و بهبود پیامدهای بیماری استئوآرتریت زانو دست یابند. همچنین پیشنهاد می‌شود که برای اثرگذاری بهتر این تمرینات در سالمندان زن دارای استئوآرتریت، تمرینات در تمام مفاصل اندام تحتانی، در ۳ سطح حرکتی و با مدت زمان و سطوح سختی بیشتر در دستورالعمل تمرین افزوده شوند.

تشکر و قدردانی: این مطالعه مستخرج از پایان نامه دوره دکتری تخصصی آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی دانشگاه شهید باهنر کرمان است. بدینوسیله نویسندگان از حمایت معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه تشکر و قدردانی می‌کنند.

نقش نویسندگان: همه نویسندگان در نگارش اولیه مقاله یا بازنگری آن سهیم بودند و همه با تایید نهایی مقاله حاضر، مسئولیت دقت و صحت مطالب مندرج در آن را می پذیرند.

تضاد منافع: نویسندگان تصریح می کنند که هیچ گونه تضاد منافعی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

منابع

1. Etesami AS, Zolaktaf V, Esmaeili H. Comparison of the Effect of 8 Weeks of Land Exercise Therapy and Hydrotherapy on Functional Activities of Elderly Women with Knee Osteoarthritis. Salmand: Iran J Ageing. 2022;17(2):154-69. doi:10.32598/sija.2022.546.2

2. Raposo F, Ramos M, Lúcia Cruz A. Effects of exercise on knee osteoarthritis: A systematic review. Musculoskeletal care. 2021;19(4):399-435. doi:10.1002/msc.1538 PMid:33666347

3. Bricca A, Juhl CB, Steultjens M, Wirth W, Roos EM. Impact of exercise on articular cartilage in people at risk of, or with established, knee osteoarthritis: a systematic review of randomised controlled trials. Br J Sports Med. 2019;53(15):940-7doi:10.1136/bjsports-2017-098661 PMid:29934429

4. Raghava Neelapala YV, Bhagat M, Shah P. Hip Muscle Strengthening for Knee Osteoarthritis: A Systematic Review of Literature. J Geriatric Physical Therapy. 2020;43(2):89-98. doi:10.1519/JPT.0000000000000214 PMid:30407271

5. Huang C-C, Wang H-H, Chen K-C, Yang K-J, Chang L-Y, Shiang T-Y, et al. Effects of a dynamic

combined training on impulse response for middle-aged and elderly patients with osteoporosis and knee osteoarthritis: a randomized control trial. Aging Clin Experimental Res. 2021;33:115-23. doi:10.1007/s40520-020-01508-0 PMid:32100224
6. 6Palazzo C, Nguyen C, Lefevre-Colau M-M, Rannou F, Poiraudeau S. Risk factors and burden of osteoarthritis. Annals of physical and rehabilitation medicine. 2016;59(3):134-8. doi:10.1016/j.rehab.2016.01.006 PMid:26904959
7. Liu C, Wan Q, Zhou W, Feng X, Shang S. Factors associated with balance function in patients with knee osteoarthritis: An integrative review. Int J Nurs Sci. 2017;4(4):402-9. doi:10.1016/j.ijnss.2017.09.002 PMid:31406784 PMCid:PMC6626142
8. Hislop A, Collins NJ, Tucker K, Semciw AI. Hip strength, quadriceps strength and dynamic balance are lower in people with unilateral knee osteoarthritis compared to their non-affected limb and asymptomatic controls. Brazilian J Physical Therapy. 2022; 26(6):100467. doi:10.1016/j.bjpt.2022.100467 PMid:36521350 PMCid:PMC9772797
9. Gill-Body KM, Hedman LD, Plummer L, Wolf L, Hanke T, Quinn L, et al. Movement system diagnoses for balance dysfunction: recommendations from the academy of neurologic physical Therapy's movement system task force. Physical Ther. 2021; 101(9): pzab153. doi:10.1093/ptj/pzab153 PMid:34160028
10. Loram ID, Maganaris CN, Lakie M. Paradoxical muscle movement in human standing. J physiol. 2004;556(3):683-9. doi:10.1113/jphysiol.2004.062398 PMid:15047776 PMCid:PMC1664994
11. Patel T, Brod B, Ahmed S, Khoja M, Sainvil F, Rizvi S. Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension (CTEPH) presenting as a right atrial myxoma- A case report and review of the literature. Novel Clin Med, 2023; 2(4): 209-218. doi: 10.22034/ncm.2023.407925.1100
12. Fernandez-Cervantes E, Montesinos L, Gonzalez-Nucamendi A, Pecchia L. Recurrence quantification analysis of center of pressure trajectories for balance and fall-risk assessment in young and older adults. IEEE Trans Neural syst Rehabil Eng. 2023;31:926-35. doi:10.1109/TNSRE.2023.3236454 PMid:37018724
13. Liikavainio T, Lyytinen T, Tyrväinen E, Sipilä S, Arokoski JP. Physical function and properties of quadriceps femoris muscle in men with knee osteoarthritis. Arch Phys Med Rehabil. 2008;89(11): 2185-94. doi:10.1016/j.apmr.2008.04.012 PMid:18996249
14. Ince B, Goksel Karatepe A, Akcay S, Kaya T. The efficacy of balance and proprioception exercises in female patients with knee osteoarthritis: A randomized controlled study. Clin Rehabil. 2023; 37(1):60-71. doi:10.1177/02692155221111929 PMid:35801287
15. Hajmohammadi F, Hosseinifar M, Akbari A, Ghiasi F, Namvar H, Askari Ashtiani A. The Effect of Aquatic and Non-aquatic Balance Training on the Fall Risk of Patients With Grade 2 and 3 Knee Osteoarthritis: A Randomized Clinical Trial. Iran Rehabil J. 2021;19(4):343-50. doi:10.32598/irj.19.4.1166.1
16. Jamali Masoomi S, Khoshraftar Yazdi N, Rashidlamir A, Raezaie Yazdi Z. The Effect of Pilates Trainings on Pain Intensity and Indicators of Balance in the Female with Knee Osteoarthritis. J Paramedical Sci Rehabil. 2019;8(1):101-8.
17. Chen Z, Ye X, Wang Y, Shen Z, Wu J, Chen W, et al. The efficacy of backward walking on static stability, proprioception, pain, and physical function of patients with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. Evid Based Complement Alternat Med. 2021; 2021. doi:10.1155/2021/5574966 PMid:34221078 PMCid:PMC8213492
18. Duffell LD, Southgate DF, Gulati V, McGregor AH. Balance and gait adaptations in patients with early knee osteoarthritis. Gait Posture. 2014; 39(4): 1057-61. doi:10.1016/j.gaitpost.2014.01.005 PMid:24582072 PMCid:PMC3989045
19. Etesami AS, Zolaktaf V, Esmaeili H. Effect of knee osteoarthritis on plantar pressure distribution pattern and timing of stance sub-phases in elderly females. Studies Sport Med. 2021;13(29):97-114.
20. de Paula Gomes C, Politti F, de Souza Bacelar Pereira C, da Silva A, Dibai-Filho A, de Oliveira A, et al. 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 PMid:32312265 PMCid:PMC7171730
21. Kunduracilar Z, Guvenir Sahin H, Sonmezer E, Sozay S. The effects of two different water exercise trainings on pain, functional status and balance in patients with knee osteoarthritis. Complement Ther Clin Pract. 2018;31:374-8 doi:10.1016/j.ctcp.2018.01.004 PMid:29475802
22. Heywood S, McClelland J, Geigle P, Rahmann A, Villalta E, Mentiplay B, et al. Force during functional exercises on land and in water in older adults with and without knee osteoarthritis: Implications for rehabilitation. Knee. 2019;26(1):61-72 doi:10.1016/j.knee.2018.11.003 PMid:30611642
23. Dias JM, Cisneros L, Dias R, Fritsch C, Gomes W, Pereira L, et al. Hydrotherapy improves pain and function in older women with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. Braz J Phys Ther. 2017; 21(6):449-56. doi:10.1016/j.bjpt.2017.06.012 PMid:28733093 PMCid:PMC5693429
24. Yázigi F, Espanha M, Vieira F, Messier SP, Monteiro C, Veloso AP. The PICO project: aquatic exercise for knee osteoarthritis in overweight and obese individuals. BMC Musculoskelet Disord. 2013;14:320. doi:10.1186/1471-2474-14-320 PMid:24219758 PMCid:PMC3830983
25. Kellgren JH, Lawrence J. Radiological assessment of osteo-arthrosis. Ann Rheum Dis. 1957; 16(4):494. doi:10.1136/ard.16.4.494 PMid:13498604 PMCid:PMC1006995
26. Abdollahi A, Goodarzi B, Shakoori SK. The effect of isokinetic training on pain and function in patients with knee osteoarthritis: clinical traial. Med

J Tabriz Uni Med Sciences Health Services. 2019;41(1): 56-64. doi:10.34172/mj.2019.007
27. Schmitz R, Arnold B. Intertester and Intratester Reliability of a Dynamic Balance Protocol Using the Biodex Stability System. J Sport Rehabil. 1998;7(2):95-101. doi:10.1123/jsr.7.2.95
28. El-Gohary TM, Khaled OA, Ibrahim SR, Alshenqiti AM, Ibrahim MI. Effect of proprioception cross training on repositioning accuracy and balance among healthy individuals. J Phys Ther Sci. 2016;28(11):3178-82. doi:10.1589/jpts.28.3178 PMid:27942145 PMCid:PMC5140825
29. Khalaj N, Abu Osman NA, Mokhtar AH, Mehdikhani M, Wan Abas WAB. Balance and risk of fall in individuals with bilateral mild and moderate knee osteoarthritis. PloS One. 2014; 9(3):e92270. doi:10.1371/journal.pone.0092270 PMid:24642715 PMCid:PMC3958479
30. Jafarzadeh M, Golpayegani AT, Ghomsheh FT. Effect of Offloading Plantar Pressure on Peak Pressure in Ten Plantar Regions and Gait Speed in Men With Diabetes and Active Diabetic Foot Ulcers, and Healthy Men. Sci J Rehab Med. 2023;11(6):864-77. doi:10.32598/SJRM.11.6.2
31. Cloak R, Nevill A, Day S, Wyon M. Six-week combined vibration and wobble board training on balance and stability in footballers with functional ankle instability. Clin J Sport Med. 2013; 23(5):384-91. doi:10.1097/JSM.0b013e318291d22d PMid:23657122
32. 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 PMid:28653869 PMCid:PMC5488851
33. Pallant J. SPSS survival manual: A step by step guide to data analysis using IBM SPSS: McGraw-hill education (UK); 2020. doi:10.4324/9781003117452
34. Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. Lawrence Erlbaum. Hillsdale, NJ. 1988:75-108.
35. Behrooz Damirchi F, Kheirollahi Meidani H, Imani Brouj S, Hesari S. The Effectiveness of Electrotherapy and Exercise Therapy on Pain and Balance in Elderly Women with Knee Osteoarthritis. J Sport Biomech. 2023; 8(4):344-55. doi:10.61186/JSportBiomech.8.4.344
36. Chaharmahali L, Gandomi F, Yalfani A, Fazaeli A. The effect of mindfulness and motivational interviewing along with neuromuscular exercises on pain, function, and balance of women affected by knee osteoarthritis: a rater-blinded randomized controlled clinical trial. Disabil Rehabil. 2023:1-12. doi:10.1080/09638288.2023.2228691 PMid:37376745
37. Momenifar F, Jafarnezhadgro AA, Raji A, Najafi K. The Effect of a Selected Exercise Course on Plantar Pressure Variables in the Older Adults With Low Back Pain During Walking. Sci J Rehab Med. 2021;10(4):822-35. doi:10.32598/SJRM.10.4.16
38. Prabhakar AJ, Joshua AM, Prabhu S, Kamat YD. Effectiveness of proprioceptive training versus conventional exercises on postural sway in patients with early knee osteoarthritis-A randomized controlled trial protocol. Int J Surgery Protocols. 2020;24:6-11. doi:10.1016/j.isjp.2020.09.002 PMid:33089033 PMCid:PMC7558027
39. Hosseini I, Ashtiani MN, Bahrpeyma F. Postural Stability in Patients with Moderate Knee Osteoarthritis: Roles of Visual Feedback and Dynamic Perturbations. J Rehab Sci Res. 2021;8(4):189-97.
40. Arghavani H, Zolaktaf V, Lenjannejadian S. The Effect of an 8-week Exercise Program Focused on Anticipatory Postural Adjustments on Postural Control and Motor Function in the Elderly. Salmand: Iran J Ageing. 2020;15(2):236-45. doi:10.32598/sija.2020.3.220
41. Ebrahimipour E, Saeedaskari S, Sabet F. Amirseyfaddini MR, Mohammadipour F. The Effect of Four Weeks of Quadriceps Swedish Massage on the Fluctuation Indices of the Center of Pressure of Middle Age Women with Medial Compartment Knee Osteoarthritis. J Paramedical Sci Rehab. 2023;11(4): 28-39.

How to Cite this Article:
Khaje S, Daneshjoo A, Sahebozamani M, Karimi afshar F. The effect of eight weeks of neuromuscular exercises in water on balance and center of pressure displacement in women with grade 2 and 3 knee osteoarthritis. Feyz Med Sci J. 2024;28(1):48-57. doi: 10.48307/FMSJ.2024.28.1.48