

Investigation of the Persistence and Effects of Core Stability Exercises on Disability and Dynamic Balance in Women with Non-Specific Chronic Low Back Pain

Hossein Shahrokhi^{1,*} , Mohammad Fallah Mohammadi², Zahra Nabizade³

¹ Assistant Professor, Department of Sports Injury and Corrective Exercises, Faculty of Sport Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

² Assistant Professor, Department of Sports Sciences, Faculty of Humanities, Shafagh Institute of Higher Education, Tonekabon, Iran

³ MSc in Sport Injury and Corrective Exercise, Shafagh Institute of Higher Education, Tonekabon, Iran

* **Corresponding Author:** Hossein Shahrokhi, Department of Sports Injury and Corrective Exercises, Faculty of Sport Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran. Email: h.shahrokhi@hsu.ac.ir

Abstract

Received: 25.07.2021

Accepted: 13.11.2021

How to Cite this Article:

Shahrokhi H, Mohammadi MF, Nabizade Z. Investigation of the Persistence and Effects of Core Stability Exercises on Disability and Dynamic Balance in Women with Non-Specific Chronic Low Back Pain. *Avicenna J Clin Med.* 2021; 28(3): 166-175. DOI: 10.52547/ajcm.28.3.166

Background and Objective: Low back pain is one of the most common musculoskeletal disorders. Exercise therapy is one of the most common treatments for low back pain. The aim of the present study was to investigate the effects of 6-week core stability exercises on disability and dynamic balance in women with non-specific chronic low back pain.

Materials and Methods: This controlled clinical trial with pre-test, post-test, and follow-up design was performed on 24 women with non-specific chronic low back pain within the age range of 30-50 years. They were randomly divided into experimental and control groups. Oswestry Disability Index and Biodex stability system were used to assess disability and dynamic balance indices (overall, anterior-posterior, medial-lateral indices, and limit of stability), respectively. Core stability exercise sessions were held for the experimental group three times per week for 6 weeks and the control group received no intervention. Data were analyzed by using mixed analysis of variance repeated measure at a significance level of $P \leq 0.05$.

Results: The results showed that core stability exercises led to a significant increase in the limit of stability and a significant decrease in disability and overall, anterior-posterior, and medial-lateral dynamic postural stability indexes ($P \leq 0.05$). Moreover, significant differences were observed between the two groups regarding all outcome measures after the intervention. Besides, there was a significant difference between pre-test and follow-up stages in terms of outcome measures ($P \leq 0.05$).

Conclusion: According to findings, the core stability exercises resulted in considerable improvements in disability and balance in women with non-specific chronic low back pain.

Keywords: Core Stability Exercises, Disability, Dynamic Balance, Low Back Pain

بررسی اثر و ماندگاری تمرینات ثبات مرکزی بر ناتوانی و تعادل داینامیک زنان مبتلا به کمردرد مزمن غیراختصاصی

حسین شاهرخی^{۱*}، محمد فلاح محمدی^۲، زهرا نبی زاده^۳

^۱ استادیار، گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

^۲ استادیار، گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، مؤسسه آموزش عالی شفق، تنکابن، ایران

^۳ کارشناس ارشد آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی، مؤسسه آموزش عالی شفق، تنکابن، ایران

* نویسنده مسئول: حسین شاهرخی، گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.

ایمیل: h.shahrokhi@hsu.ac.ir

چکیده

سابقه و هدف: کمردرد یکی از شایع‌ترین اختلالات عضلانی اسکلتی است. تمرین‌درمانی یکی از رایج‌ترین روش‌های درمانی کمردرد است. هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر شش هفته تمرینات ثبات مرکزی بر ناتوانی و تعادل داینامیک در زنان مبتلا به کمردرد مزمن غیراختصاصی بود.

مواد و روش‌ها: در این کارآزمایی بالینی کنترل‌شده با طرح پیش‌آزمون، پس‌آزمون و یک دوره پیگیری، ۲۴ زن مبتلا به کمردرد مزمن غیراختصاصی با دامنه سنی ۳۰ تا ۵۰ سال به‌صورت تصادفی در دو گروه تجربی و کنترل قرار گرفتند. ارزیابی ناتوانی با استفاده از شاخص ناتوانی اسوستری و ارزیابی شاخص‌های تعادل داینامیک (ثبات کلی، قدمی خلفی، جانبی داخلی و محدوده ثبات پویا) با استفاده از سیستم بایودکس انجام شد. گروه تجربی تمرینات ثبات مرکزی را سه بار در هفته و به مدت شش هفته دریافت کردند، درحالی‌که گروه کنترل هیچ مداخله‌ای دریافت نکردند. داده‌ها با استفاده از آزمون‌های تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری مرکب در سطح معناداری ۰/۰۵ تجزیه و تحلیل شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد تمرینات ثبات مرکزی منجر به افزایش معناداری در محدوده ثبات و کاهش معناداری در میزان ناتوانی و شاخص‌های ثبات داینامیک کلی، قدمی خلفی و جانبی داخلی شد ($P \leq 0/05$). همچنین تفاوت معناداری در تمام متغیرهای اندازه‌گیری‌شده بین دو گروه بعد از مداخله و تفاوت معناداری بین تمام متغیرهای اندازه‌گیری‌شده بین دو گروه بین مرحله پیش‌آزمون و پیگیری وجود داشت ($P \leq 0/05$). **نتیجه‌گیری:** مطابق یافته‌های مطالعه حاضر، تمرینات ثبات مرکزی موجب بهبود ناتوانی و تعادل در زنان مبتلا به کمردرد مزمن غیراختصاصی شد.

کلیدواژه‌ها: تعادل دینامیک، تمرینات ثبات مرکزی، کمردرد، ناتوانی

مقدمه

و اختلالات در کیفیت زندگی می‌شود [۴]. تغییرات حرکتی و ثبات مهره‌ها، ناکارآمدی در عملکرد حسی حرکتی، هماهنگی، قدرت عضلانی، توانایی برای حفظ کنترل تعادل بدن و حس عمقی با کمردرد در ارتباط و از عوارض این درد است [۴]. سیستم کنترل تعادل و پاسچر مسیر بازخوردی بین مغز و سیستم عضلانی اسکلتی است که باعث تبادل اطلاعات بین عضلات اندام تحتانی، فوقانی و مغز می‌شود [۵].

تبادل اطلاعات بین سیستم عصبی عضلانی، این امکان را به فرد می‌دهد تا با انقباض‌های عضلانی مناسب و به‌موقع در حفظ

کمردرد مزمن یک مشکل گسترده است که باعث مشکلات زیادی در حیطه‌های اقتصادی، اجتماعی و سلامتی می‌شود [۱] مطالعات پیشین نشان می‌دهد ۷۰ تا ۸۰ درصد از افراد حداقل یک بار کمردرد را در طول عمر خود تجربه می‌کنند [۲]. در ۹۰ درصد از بیماران، کمردرد از نوع غیراختصاصی است که پاتولوژی خاصی برای آن وجود ندارد. به‌طورکلی کمردرد با جنسیت، ضعف عضلات تنه، کاهش انعطاف‌پذیری، وضعیت نشسته یا ایستاده در طولانی‌مدت، بی‌حرکی فیزیکی، چاقی و سیگار کشیدن در ارتباط است [۳] و باعث محدودیت حرکتی، ناتوانی طولانی‌مدت

برای بیماران مبتلا به کمردرد مزمن است و هدف اصلی آن به دست آوردن قدرت، تحمل و انعطاف پذیری عضلات ستون فقرات به منظور بهبود بافت‌های آسیب دیده و بازگشت به فعالیت‌های روزانه طبیعی است. همچنین با بازآموزی و فراخوانی عضلات ثبات‌دهنده در حرکات اندام‌ها و حرکات عملکردی در کنترل سگمنتال، ثبات و سفتی کمر نیز نقش بسزایی دارد [۱۴].

نتایج مطالعات در زمینه اثرات تمرینات ثبات مرکزی متناقض است و متغیرهای تغییر یافته و مرتبط با کمردرد پس از درمان هنوز با افراد سالم تفاوت زیادی دارند؛ بنابراین، در این زمینه انجام تحقیقات بیشتر نیاز است. Tsao و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی تداوم بهبود در استراتژی‌های کنترل پاسچر به دنبال تمرینات کنترل حرکت در بیماران مبتلا به کمردرد نشان دادند بعد از گذشت چهار هفته از تمرین، زمان شروع و ضریب تغییر پذیری الکترومیوگرافی فعالیت عضلات عرضی شکم کاهش یافت. همچنین نتایج نشان داد این تمرینات به یادگیری حرکتی استراتژی‌های کنترل پاسچرال اتوماتیک منجر شد. از طرفی تغییرات در شش ماه بعد در مرحله پیگیری همچنان حفظ شد [۱۵].

بنابراین، یکی از اهداف مهم، انجام تمرینات در بیماران مبتلا به کمردرد، ماندگاری اثر تمرینات به دنبال قطع آن است. با وجود اهمیت ماندگاری اثر تمرین بعد از قطع آن، مطالعه پیشینه تحقیق نشان داد تاکنون مطالعه‌ای اثر و ماندگاری تمرینات ثبات مرکزی ناتوانی و تعادل دینامیک زنان مبتلا به کمردرد مزمن غیراختصاصی را بررسی نکرده است. به همین منظور، در مطالعه حاضر به بررسی و تعیین اثر تمرینات ثبات مرکزی بر میزان ناتوانی و تعادل دینامیک زنان مبتلا به کمردرد مزمن غیراختصاصی و ماندگاری آن یک ماه بعد از قطع تمرین پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر از نوع کارآزمایی بالینی کنترل شده با طرح پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پیگیری با دو گروه کنترل و تجربی بود. ۲۴ زن مبتلا به کمردرد مزمن غیراختصاصی با دامنه سنی ۳۰ تا ۵۰ سال با شاخص ناتوانی اوسوستری (Oswestry disability index) برابر یا بیشتر از ۱۵ نمونه آماری پژوهش حاضر را تشکیل دادند. بدین منظور از نرم‌افزار G-Power مبتنی بر آزمون تحلیل واریانس اندازه‌های تکراری بر اساس مطالعات گذشته و با توان آماری ۸۰ درصد و سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده شد. در این پژوهش، نمونه‌گیری به صورت در دسترس و هدفمند انجام شد. معیارهای ورود به تحقیق شامل حداقل سه ماه سابقه کمردرد مزمن غیراختصاصی و دامنه سنی بین ۳۰ تا ۵۰ سال و جنسیت زن بود. معیارهای حذف شرکت‌کنندگان از پژوهش، سابقه علامت‌های خطرناک (Red Flag) (علائم مربوط به کمردردهای اختصاصی نظیر اسپوندیلیت آنکیلوزان، بیماری‌های التهابی، سرطان، سندرم کودا اکوینا) در بیمار با تشخیص پزشک، نشانه‌های مشکلات عصبی شامل ضعف یا بی

ثبات پاسچر در مقابل نیروی جاذبه بهترین عملکرد را داشته باشد؛ بنابراین، هرگونه اختلال در مسیر بین مغز و سیستم عضلانی اسکلتی باعث کاهش تعادل فرد می‌شود. عوامل زیادی در برهم زدن این مسیر بازخوردی نقش دارند؛ از آن جمله می‌توان به بی‌نظمی‌های عصبی، ضعف عضلات، عدم کارایی سیستم عصبی عضلانی، ضعف کنترل حرکت عضلات ناحیه تنه، خستگی و وضعیت روانی فرد اشاره کرد. از این رو عملکرد مناسب سیستم عصبی عضلانی ناحیه تنه در تعادل فرد اهمیت می‌یابد [۱۶].

نتایج مطالعات گذشته نشان‌دهنده کاهش کنترل پاسچر در بیماران مبتلا به کمردرد مزمن است، به طوری که حفظ تعادل فرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد که این تغییرات خود را به صورت اختلالات تعادلی نشان می‌دهد [۱۷].

در این رابطه صلواتی و همکاران (۲۰۰۳) با بررسی اثر هشت هفته تمرینات ثبات مرکزی روی تغییر شاخص‌های ثباتی بایودکس در بیماران مبتلا به کمردرد و افراد سالم نشان دادند بیماران مبتلا به کمردرد نسبت به افراد سالم تحمل عضلانی کمتر، ثبات تعادلی ضعیف‌تر، وابستگی بیشتر به ورودی‌های بینایی، بی‌ثباتی در صفحه فرونتال، غلبه استراتژی‌های حرکتی ران و محدوده ثباتی کوچک‌تری دارند. همچنین در بررسی شاخص‌های ثباتی به این نتیجه رسیدند که بیماران مبتلا به کمردرد نسبت به افراد سالم، میزان انحراف مرکز ثقل بیشتری نسبت به افراد سالم دارند. همچنین با مقایسه شاخص‌های ثباتی قدامی خلفی و طرفی نشان دادند با افزایش بی‌ثباتی پاسچرال، این شاخص طرفی است که به صورت قابل توجهی افزایش می‌یابد. بیماران مبتلا به کمردرد به خصوص در وضعیت تعادلی پیچیده، در بی‌ثباتی در صفحه فرونتال نسبت به صفحه ساجیتال، اختلال شدیدتر و واضح‌تری را نشان می‌دهند. در مطالعه آن‌ها مدت زمان آزمون محدوده ثباتی پویا، در افراد سالم کوتاه‌تر از بیماران مبتلا به کمردرد بود [۱۸].

از آنجاکه تعادل در هر دو حالت استاتیک و دینامیک بخشی ضروری در انجام فعالیت روزمره افراد است، شاخص کنترل پاسچر و حفظ تعادل باید به عنوان یکی از متغیرهای مهم در ارزیابی افراد دارای اختلالات مختلف از جمله اختلالات عصبی عضلانی و اسکلتی عضلانی بررسی شود [۹، ۱۰]. در تحقیقات انجام شده به درمان‌های متعددی نظیر استراحت، آبدرمانی، تمرینات معمول فیزیوتراپی و ... برای درمان کمردرد اشاره شده است، اما به دلیل عدم توافق کلی درباره مؤثرترین روش برای درمان کمردرد، انجام تحقیقات بیشتر برای دستیابی به این مهم نیاز است. در این میان یکی از روش‌های درمانی استفاده شده برای بیماران مبتلا به کمردرد، ورزش‌درمانی است [۱۱-۱۳].

با توجه به ماهیت تمرینات ثبات مرکزی، نیاز به تحقیقات در زمینه اثرگذاری و ماندگاری این تمرینات در درمان بیماران مبتلا به کمردرد مزمن اهمیت دوچندانی دارد. تمرینات ورزشی ثبات‌دهنده ستون فقرات یکی از رایج‌ترین مدالیته‌های درمانی

در کنار بدن خود قرار می‌داد تا از آن‌ها به‌عنوان گشتاور برای حفظ تعادل استفاده نکند. انجام هر یک از آزمون‌های دینامیک و محدوده ثبات نیز به‌صورت یک در میان بود. برای تعیین ثبات دینامیک، آزمودنی روی صفحه نیروی کم‌ثبات ایستاد و سعی کرد تعادل خود را حفظ کند. در این آزمون روی نمایشگر دستگاه چهار دایره متحدالمرکز رسم شده بود که دایره اول A، دایره دوم B، دایره سوم C و دایره چهارم D نام‌گذاری شده بود. تمام دایره با دو خط به چهار قسمت تقسیم شده بودند و فرد باید سعی می‌کرد مکان‌نما را در مرکز ناحیه A نگه دارد که همان مرکز دایره بود.

مدت زمان انجام این آزمون ۲۰ ثانیه بود. در آزمون محدوده ثبات، آزمودنی روی صفحه نیروی کم‌ثبات ایستاد و سعی می‌کرد تعادل خود را حفظ کند. در مانیتور دستگاه، مربع‌های چشمک‌زنی بود که در هشت جهت (چهار جهت اصلی و چهار جهت فرعی) قرار داشتند. فرد با حرکت به صفحه نیرو و به ثبات رساندن آن، باید مکان‌نما را روی هر یک از مربع‌ها به مدت سه ثانیه نگه می‌داشت تا مربع از حالت چشمک زدن خارج می‌شد و سپس به سراغ مربع بعدی می‌رفت. فرد باید تمام مربع‌ها را در تمام جهات تکمیل می‌کرد. ترتیب تکمیل مربع با نرم‌افزار دستگاه و به‌طور تصادفی برای فرد تعیین می‌شد و زمان انجام این تست تا تکمیل هشت جهت اصلی و فرعی ثبت شده و نتایج به‌دست‌آمده به‌صورت شاخص محدوده ثبات گزارش شد [۱۸].

پروتکل تمرینی

در گام بعد از ارزیابی‌های پیش‌آزمون، گروه تجربی، تمرینات ثبات مرکزی را به مدت شش هفته، سه جلسه در هفته و به‌صورت یک روز در میان، هر جلسه حدود ۶۰ دقیقه انجام دادند. پروتکل تمرین در پژوهش حاضر مجموعه‌ای از تمرینات ثباتی مرکزی تعدیل‌شده Marshall و همکاران (۲۰۰۸) برای بیماران مبتلا به کم‌درد مزمن بود [۱۹]. محقق در تمامی جلسات تمرینی حضور داشت تا اطمینان یابد آزمودنی‌ها تمرینات را به‌طور صحیح انجام می‌دهند. آزمودنی‌های گروه تجربی باید حداقل در ۱۵ جلسه از ۱۸ جلسه تمرینی حضور می‌داشتند، در غیر این صورت از روند تحقیق حذف می‌شدند. در ابتدای هر جلسه ۱۰ دقیقه گرم کردن انجام شد. سپس برنامه اصلی پژوهش شامل تمرینات ثبات مرکزی به مدت ۳۵ تا ۴۵ دقیقه اجرا می‌شد [۲۰] (شکل ۱). پروتکل تمرینی شامل ۱۶ تمرین بود که نحوه پیشرفت و ترتیب انجام تمرینات در جلسات به این صورت بود که در هفته اول تمرینات ۱ تا ۶، در هفته دوم تمرینات ۳ تا ۸، در هفته سوم تمرینات ۵ تا ۱۰، در هفته چهارم تمرینات ۷ تا ۱۲، در هفته پنجم تمرینات ۹ تا ۱۴ و در هفته ششم تمرینات ۱۱ تا ۱۶ انجام شد. در پایان نیز آزمودنی‌ها پنج دقیقه با انجام حرکات کششی آهسته سرد می‌کردند. درنهایت

حسی در اندام تحتانی، اختلالات وستیبولار در فرد، مشکلات شدید روانی فرد، شاخص ناتوانی اسوستری کمتر از ۱۵، انجام عمل جراحی ناحیه کمری لگنی مربوط به ستون فقرات و هرگونه جراحی اندام تحتانی و شکم در سه ماه گذشته، وجود دردهای انتشاری غیراختصاصی ثابت در بدن، ترومای حاد به ناحیه کمری لگنی و تشدید درد حاد هنگام اجرای تست بود [۱۷، ۶].

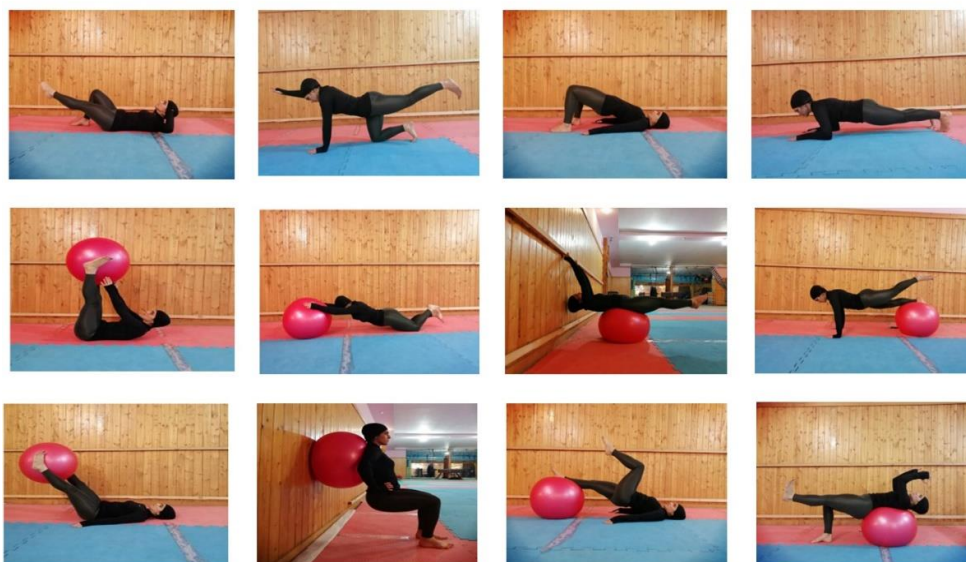
پس از انتخاب نمونه‌ها، مراحل پژوهش و هدف کلی از انجام آن برای تمام آزمودنی‌ها شرح داده شد و در صورت تمایل آن‌ها به ادامه کار، به صورت آگاهانه فرم رضایت‌نامه کتبی را امضا کردند. پس از جمع‌آوری مشخصات دموگرافیک و گرفتن رضایت‌نامه از شرکت‌کنندگان، افراد با استفاده از روش تصادفی سازی ساده که با روش پرتاب سکه انجام شد، در دو گروه تجربی (۱۲ نفر) و کنترل (۱۲ نفر) قرار گرفتند. اطلاعات آزمودنی‌ها در این تحقیق قبل و شش هفته بعد از تمرینات ثبات مرکزی و یک ماه بعد از قطع مداخلات در مرحله پیگیری به‌منظور بررسی بیماران با استفاده از آزمون‌ها به‌دست آمد. ابتدا برای انتخاب نمونه‌ها براساس ملاک‌های ورود و خروج، ناتوانی آن‌ها با استفاده از شاخص ناتوانی اسوستری ارزیابی شد و افرادی که شاخص ناتوانی اسوستری برابر یا بیشتر از ۱۵ داشتند، به‌عنوان نمونه پژوهش انتخاب شدند. در پیش‌آزمون برای ارزیابی ناتوانی و شاخص‌های تعادلی دینامیکی (ثبات کلی، قدامی خلفی، جانبی داخلی و محدوده ثبات پویا) به ترتیب از شاخص ناتوانی اسوستری و دستگاه بایودکس استفاده شد.

ارزیابی ناتوانی

شاخص ناتوانی اسوستری که به‌صورت خودگزارش‌دهی تکمیل می‌شود، شامل ده بخش است که محدودیت‌های فعالیت‌های مختلف زندگی روزمره افراد را ارزیابی می‌کند. هر قسمت شش گزینه دارد و نمره هر بخش بین صفر تا ۵ است که ۵ نشان‌دهنده بیشترین میزان ناتوانی است. برای محاسبه نمره هر فرد مجموع نمرات کسب‌شده بر حداکثر نمره قابل کسب تقسیم و در عدد ۱۰۰ ضرب می‌شود تا نمره فرد بر اساس درصد به‌دست آید. در مطالعات گذشته، روایی و اعتبار شاخص ناتوانی اسوستری در سنجش میزان درد کمر و ناتوانی در فعالیت‌های روزمره تأیید و پایایی آن ۰/۸۴ گزارش شده است [۷].

ارزیابی شاخص‌های تعادل دینامیکی

برای ارزیابی شاخص‌های تعادل دینامیکی (Dynamic Balance Indexes) (ثبات کلی، قدامی خلفی، جانبی داخلی و محدوده ثبات پویا) از دستگاه بایودکس مدل Shirley, NY Biodex, Inc، ساخت کشور آمریکا استفاده شد. هنگام انجام دو آزمون ثبات دینامیک و محدوده ثبات، آزمودنی دست‌ها را



شکل ۱: تمرینات ثبات مرکزی

(جدول ۲). همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، تعامل بین گروه و زمان برای متغیرهای ناتوانی و شاخص‌های تعادل داینامیکی معنادار است ($P \leq 0/05$).

با توجه به نتایج آزمون تی مستقل گزارش شده در جدول ۳، در میزان ناتوانی در مرحله پیش‌آزمون تفاوت معنی‌داری بین دو گروه وجود نداشت، ولی در مرحله پس‌آزمون و پیگیری تفاوت معنی‌داری بین دو گروه وجود داشت. همچنین بین شاخص‌های تعادل داینامیکی در مرحله پیش‌آزمون تفاوت معنی‌داری بین دو گروه گزارش نشد، ولی در مرحله پس‌آزمون و پیگیری تفاوت معنی‌داری بین دو گروه وجود داشت.

با توجه به نتایج آزمون تحلیل واریانس تکراری گزارش شده در جدول ۴، بین میزان ناتوانی و شاخص‌های تعادل داینامیکی در پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پیگیری یک ماه در گروه تجربی تفاوت معنی‌داری وجود داشت.

به‌منظور مقایسه دوبه‌دوی هریک از مراحل، از آزمون تعقیبی بنفرونی استفاده شد. همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، بین میزان ناتوانی و شاخص‌های تعادل داینامیکی از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون و از پیش‌آزمون تا پیگیری یک ماه بعد تفاوت معنی‌داری وجود داشت، اما بین میزان ناتوانی و شاخص‌های تعادل داینامیکی از پس‌آزمون تا پیگیری یک ماه بعد تفاوتی گزارش نشد.

بعد از پایان شش هفته برنامه تمرینی، در پس‌آزمون و یک ماه بعد در مرحله پیگیری تمام متغیرها در دو گروه تجربی و کنترل دوباره اندازه‌گیری شدند.

در این مطالعه به‌منظور توصیف و تشریح اطلاعات از جدول، میانگین و انحراف استاندارد استفاده شد. برای بررسی اثر تمرینات بعد از مداخله و همچنین بعد از یک ماه پیگیری، از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری مرکب، آزمون‌های تی مستقل، تحلیل واریانس تکراری و آزمون تعقیبی بنفرونی به شرط وجود پیش‌فرض‌های این آزمون‌ها استفاده شد. آزمون‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ در سطح معناداری ۰/۰۵ انجام شد.

یافته‌ها

مشخصات فردی آزمودنی‌ها با استفاده از شاخص‌های آمار توصیفی شامل میانگین و انحراف استاندارد در جدول ۱ آمده است. نتایج نشان داد تفاوت معناداری بین دو گروه از نظر سن، قد، وزن و میزان ناتوانی وجود ندارد.

بر اساس عوامل درون‌گروهی (پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پیگیری) و عوامل بین‌گروهی (دو گروه تجربی و کنترل) برای تعیین اثر اصلی و تعامل برای تمام متغیرهای وابسته، از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری مرکب (۲×۳) استفاده شد

جدول ۱: میانگین و انحراف استاندارد ویژگی‌های فردی

P	گروه کنترل (۱۲ نفر)	گروه تجربی (۱۲ نفر)	سن (سال)
۰/۷۸	۴۱/۰۸ ± ۸/۷۱	۴۳/۰۸ ± ۵/۱۰	
۰/۱۶۶	۷۳/۱۷ ± ۴/۸۹	۷۱/۴۲ ± ۴/۹۵	وزن (کیلوگرم)
۰/۱۸۶	۱۶۰/۹۱ ± ۵/۹۶	۱۶۳/۳۳ ± ۶/۶۱	قد (سانتی‌متر)
۰/۴۲	۵۳/۶۶ ± ۴/۹۰	۵۱/۴۱ ± ۷/۸۲	میزان ناتوانی

جدول ۲: تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری مرکب میزان ناتوانی و شاخص‌های تعادل داینامیک

متغیرها	اثر اصلی			اثر تعامل		
	زمان		گروه		گروه × زمان	
	F	P	اندازه اثر	F	P	اندازه اثر
میزان ناتوانی	۱۰/۹۹	۰/۰۰۱	۰/۳۳	۱۰۴/۶۷	۰/۰۰۱	۰/۸۲
ثبات کلی	۱۲/۵۹	۰/۰۰۱	۰/۳۶	۲۸/۴۲	۰/۰۰۱	۰/۵۶
ثبات قدامی خلفی	۱۹/۵۲	۰/۰۰۱	۰/۴۷	۴۳/۱۶	۰/۰۰۱	۰/۶۶
ثبات جانبی داخلی	۱۳/۰۰	۰/۰۰۱	۰/۳۷	۳۰/۶۰	۰/۰۰۱	۰/۵۸
محدوده ثبات پویا	۲۲/۱۱	۰/۰۰۱	۰/۵۰	۶۱/۶۰	۰/۰۰۱	۰/۷۳

جدول ۳: آزمون تی مستقل برای مقایسه میزان ناتوانی و شاخص‌های تعادل داینامیک در دو گروه

گروه	پیش آزمون		پس آزمون		پیگیری	
	اختلاف میانگین	t	P	اختلاف میانگین	t	P
میزان ناتوانی	۲/۲۵	۰/۸۴	۰/۴۰	۱۹/۳۳	۱۰/۹۲	۰/۰۰۱
ثبات کلی	۰/۱۱	۰/۳۴	۰/۷۳	۱/۷۸	۷/۳۳	۰/۰۰۱
ثبات قدامی خلفی	۰/۱۴	۰/۵۰	۰/۶۱	۱/۸۵	۵/۶۴	۰/۰۰۱
ثبات جانبی داخلی	۰/۰۹	۰/۳۶	۰/۷۱	۱/۳۶	۵/۱۴	۰/۰۰۱
محدوده ثبات پویا	۰/۶۰	۰/۵۴	۰/۵۹	۱/۳۶	۸/۳۸	۰/۰۰۱

جدول ۴: آزمون تحلیل واریانس تکراری تغییرات درون گروهی میزان ناتوانی و شاخص‌های تعادل داینامیک در گروه تجربی

متغیر	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	p
میزان ناتوانی	۱۶۵۳/۶۱	۲	۸۲۶/۸۰	۲۳/۶۰	۰/۰۰۱
ثبات کلی	۱۸/۴۲	۲	۹/۲۱	۲۸/۹۴	۰/۰۰۱
ثبات قدامی خلفی	۳۱/۷۳	۲	۱۵/۸۶	۴۳/۱۵	۰/۰۰۱
ثبات جانبی داخلی	۱۶/۰۵	۲	۸/۰۳	۱۸/۰۷	۰/۰۰۱
محدوده ثبات پویا	۶۱۰/۲۲	۲	۳۰۵/۱۱	۲۵/۳۰	۰/۰۰۱

جدول ۵: آزمون تعقیبی بنفرونی برای مقایسه دوبه‌دوی میزان ناتوانی و شاخص‌های تعادل داینامیک

متغیر	پیش آزمون - پس آزمون	پیش آزمون - پیگیری	پس آزمون - پیگیری
میزان ناتوانی	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۱/۰۰
ثبات کلی	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۱/۰۰
ثبات قدامی خلفی	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۱/۰۰
ثبات جانبی داخلی	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۱/۰۰
محدوده ثبات پویا	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۱۶۷

یک ماه بعد از تمرینات وجود داشت و تمرینات باعث کاهش معنادار ناتوانی در زنان مبتلا به کمردرد مزمن غیراختصاصی شد. در این رابطه Kumar و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند درد

بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان داد تفاوت معناداری در میزان ناتوانی بین دو گروه بعد از تمرینات ثبات مرکزی و پیگیری

کمردرد مزمن نشان دادند کینزیوتیپ به بهبود تعادل و کاهش ناتوانی منجر شد [۴].

Jeong و همکاران (۲۰۱۵) نیز با بررسی میزان اثر تمرینات قدرتی عضلات سرینی و تمرینات ثبات‌دهنده مرکزی بر قدرت عضلات کمر و تعادل در بیماران مبتلا به کمردرد گزارش دادند تعادل و قدرت به‌طور معناداری در هر دو گروه بعد از مداخله افزایش یافت [۵]. Carpes و همکاران (۲۰۰۸) نیز با بررسی اثرات برنامه قدرتی و ثباتی کمر روی تعادل و کینماتیک لگن حین راه رفتن در شش بیمار مبتلا به کمردرد به این نتیجه رسیدند که به دنبال ۷ هفته آموزش تمرینات قدرتی و ثباتی مرکز فشار در جهت قدامی خلفی در وضعیت دو پا با چشمان باز و بسته و مرکز فشار طرفی به‌طور معناداری کاهش یافت [۳۱]. صلواتی و همکارانش (۲۰۰۳) نیز در یک مطالعه کارآزمایی بالینی روی بیماران مبتلا به کمردرد به این نتیجه رسیدند که تمرینات ثبات مرکزی نسبت به درمان‌های رایج فیزیوتراپی اثر بیشتری بر شاخص‌های تعادل و محدوده ثبات پویا دارد.

نتایج مطالعات گذشته نشان‌دهنده این است که اختلالات در صفحه فرونتال نسبت به صفحه ساجیتال در بیماران مبتلا به کمردرد مزمن بیشتر است که با نتایج مطالعات گذشته در زمینه پیچیده و مشکل‌تر بودن حفظ تعادل در صفحه فرونتال همسو است [۸، ۱۸، ۳۲]. از آنجاکه نوسانات در صفحه فرونتال بیشتر با حرکات در مفاصل ران ایجاد می‌شود، بی‌ثباتی عملکردی در مفاصل ناحیه کمری لگنی را می‌توان از دلایل اصلی بی‌ثباتی طرفی در بیماران مبتلا به کمردرد مزمن دانست [۳۳]. کاهش سفتی عضلانی و مفصلی در ناحیه کمری لگنی به دنبال اختلالات تعادلی ممکن است باعث افزایش تحرک، جابه‌جایی و انحراف این ناحیه در تلاش برای حفظ و کنترل تعادل شود. در نتیجه این افزایش تحرک، نوسان در سطح فرونتال افزایش می‌یابد و بی‌ثباتی طرفی، به‌عنوان یکی از واضح‌ترین ویژگی‌های غیرعادی عملکرد تعادلی در بیماران مطرح می‌شود.

شاید موارد ذکر شده در بالا بخشی از علل معنادار شدن شاخص ثبات طرفی در گروه تجربی در مطالعه حاضر را توجیه کند. اگر با توجه به نتایج مطالعات گذشته [۱۸]، ضعف عضلات در ناحیه کمری لگنی یکی از عوامل اختلال در ثبات طرفی باشد، پس منطقی به نظر می‌رسد که تغییرات معنادار در شاخص طرفی را بتوان به ماهیت تقویتی تمرینات ثبات مرکزی در مطالعه حاضر نسبت داد. یکی از عوامل مهم برای حفظ تعادل به دنبال افزایش میزان بی‌ثباتی در سطوح پایودکس، افزایش هم‌انقباضی عضلات است؛ بنابراین، توانایی تمرینات ثبات مرکزی در مطالعه حاضر برای افزایش فراخوانی عضلات لوکال و گلوبال از عوامل مهم در بهبود شاخص ثبات طرفی در بیماران است که این خود از دلایل

و ناتوانی عملکردی کاهش معناداری بعد از تمرینات ثبات مرکزی داشتند [۲۱] همچنین Eliks و همکاران (۲۰۱۹) نیز با بررسی اثر تمرینات ثبات مرکزی در درمان بیماران مبتلا به کمردرد مزمن نشان دادند تمرینات به بهبود میزان ناتوانی در بیماران منجر شد [۲۲]. همچنین da Luz و همکاران (۲۰۱۴)، Miyamoto و همکاران (۲۰۱۳)، Rydeard و همکاران (۲۰۰۶)، O'Brien و همکاران (۲۰۰۶) و Lauridsen و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند تمرینات ثبات مرکزی موجب بهبود ناتوانی در بیماران مبتلا به کمردرد مزمن می‌شود [۹، ۲۳-۲۶].

یکی از دلایل احتمالی کاهش ناتوانی در زنان مبتلا به کمردرد مزمن در مطالعه حاضر ممکن است با فعالیت عضلات مرکزی بدن و بهبود در ریتم فعالیت ناحیه کمری لگنی به دنبال تمرینات ثبات مرکزی مرتبط باشد؛ بنابراین، بهبود در فعالیت عضلات عمقی تنه در مطالعه حاضر ممکن است به کاهش ناتوانی منجر شود. نتایج مطالعات گذشته نشان می‌دهد تمرینات با هدف بازیابی هماهنگی عضلات تنه به کاهش ناتوانی در بیماران مبتلا به کمردرد مزمن منجر شود [۲۷]. در بیماران مبتلا به کمردرد مزمن کاهش ثبات به‌خصوص در نواحی تنه و پروگزیمال اندام تحتانی و همچنین اختلال در هماهنگی در سیستم‌های عصبی عضلانی اسکلتی به نقصان و کم شدن عوامل ثبات داینامیک و استاتیک منجر می‌شود و در نتیجه فعالیت‌های روزانه و عملکردی بیمار را تحت تأثیر قرار می‌دهد و در کارایی و توانایی این دسته از بیماران کاهش قابل ملاحظه‌ای ایجاد می‌کند [۲۸]. تمرینات ثبات مرکزی با به‌کارگیری روش‌های خاص تعریف‌شده موجب تقویت و بازتوانی سیستم‌های عصبی عضلانی اسکلتی می‌شود و ثبات و کنترل ستون فقرات و لگن فرد را افزایش می‌دهد و در نهایت موجب افزایش کارایی و بهبود فعالیت‌های روزانه و عملکردی و توانایی بیماران می‌شود [۲۹].

نتایج مطالعه حاضر نشان داد انجام تمرینات ثبات مرکزی منجر به افزایش معناداری در میانگین شاخص تعادل داینامیکی در زنان مبتلا به کمردرد مزمن شد. همچنین بعد از تمرینات ثبات مرکزی و پیگیری یک ماه بعد از قطع مداخلات تفاوت معناداری بین دو گروه در میانگین شاخص تعادل داینامیکی (ثبات کلی، قدامی خلفی، طرفی و محدوده ثبات پویا) گزارش شد. Balasubramaniam و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند تمرینات کنترل حرکتی به بهبود معنادار دامنه حرکتی و تعادل داینامیک در بیماران مبتلا به کمردرد مزمن منجر می‌شود [۳۰]. در این رابطه نتایج مطالعه Kumar و همکاران نیز نشان‌دهنده اثر تمرینات ثبات مرکزی در بهبود معنادار متغیرهای استابیلومتریکی در گروه تجربی بود [۲۱]. همچنین Celenay و همکاران (۲۰۱۹) با بررسی اثر فوری کینزیوتیپ بر درد و تعادل در بیماران مبتلا به

ثبات در ناحیه کمری لگنی به بهبود محدوده ثبات پویا منجر شد. انجام تمرینات ثبات مرکزی با ایجاد برانگیختگی در عضلات بین سگمانی مانند عرضی شکم و مولتی‌فیدوس به افزایش ثبات سگمنتال و ایجاد یک سیستم مرکزی باثبات منجر می‌شود که در نتیجه عضلات گلوبال و حرکت‌دهنده با تکیه بر این پایه ثباتی اولیه، راحت‌تر می‌توانند کنترل اغتشاش خارجی را با بازوی گشتاوری بزرگ انجام دهند. در واقع بهبود در ثبات عضلات موضعی سگمنتال عاملی برای بهبود عملکرد عضلات حرکت‌دهنده و سراسری است که نتیجه کلی این مراحل، بهبود ثبات پاسچرال فرد و تعادل است [۳۳].

Boudreau و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی پاسخ عضلات سراسری شکمی و پشتی به اغتشاشات خارجی روی صفحه ناپایداری که حرکت لغزشی و کج‌شدگی قدامی خلفی داشت، به این نتیجه رسیدند که در اغتشاشات غیر قابل پیش‌بینی، برخلاف اغتشاشات قابل پیش‌بینی، انقباض هم‌زمان عضلات لوکال و گلوبال به‌منظور کاهش نوسان نقطه مرکزی بدن اتفاق می‌افتد [۳۷]. بنابراین اجرای تمرینات هم‌انقباضی عضلات شکم با هم با هدف افزایش آمادگی عضلات برای هم‌انقباضی در مطالعه حاضر، از عوامل بهبود توانایی بیماران در کنترل نوسان بدن در تعادل پویا بود. در نهایت می‌توان گفت که در مطالعه حاضر استفاده از تمرینات ثبات مرکزی باعث بهبود ثبات دینامیک با افزایش ورودی‌های حسی و کاهش تأخیر در رفلکس‌های پاسچرال در بیماران مبتلا به کمردرد مزمن می‌شود [۴]. همچنین بهبود ثبات دینامیک در جهت خلفی قدامی به سازگاری‌های صفحه ساجیتال و نوسانات جهت داخلی جانبی به سازگاری‌های صفحه فرونتال بستگی دارد [۳۸].

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد استفاده از تمرینات ثبات مرکزی در ناحیه کمری لگنی به بهبود در نوسانات داخلی جانبی و افزایش بهبود در سیستم حسی حرکتی منجر شده است. به‌ویژه به‌طور خاص به بهبود تعادل پاسچر دینامیک در صفحه ساجیتال منجر شده است. اغتشاشات تعادل در صفحه ساجیتال عموماً به بیماری‌های دژنراتیو دیسک بستگی دارد و از آنجاکه احتمالاً درجانی از دژنراتیو دیسک در بیماران وجود دارد، بهبود در تعادل را می‌توانیم به این نسبت دهیم، ولی این عامل حتماً باید بررسی شود.

تشکر و قدردانی

این مقاله از پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی مصوب مؤسسه آموزش عالی شفق تنکابن گرفته شده است. بدین‌وسیله نویسندگان از تمام

مغایرت نتایج مطالعه حاضر با نتایج مطالعه یعقوبی و همکاران (۱۳۹۱) است. با وجود اینکه در مطالعه یعقوبی و همکاران از سطح ثباتی ۸ در صفحه بایودکس استفاده شد که نسبت به سطح ثباتی ۲ در مطالعه حاضر با ثبات‌تر بوده است و تعادل فرد را خیلی دچار اغتشاش نمی‌کرد، اما استفاده از تمرین فرو بردن شکم که فقط به فراخوانی عضلات لوکال منجر می‌شود، نتوانست تغییرات معناداری در شاخص‌های ثباتی طرفی ایجاد کند. در واقع این مداخله توانایی فراخواندن عضلات گلوبال را نداشت؛ بنابراین، قادر به کنترل مناسب نوسان بدن نبود و در نتیجه در مقایسه با تمرینات به‌کار برده‌شده در مطالعه حاضر، نتوانست شاخص‌های ثباتی طرفی را بهبود بخشد و هم‌انقباضی عضلات در پاسخ به اغتشاشات نیز در حدی نبود که نوسان مرکز ثقل بدن را کاهش دهد [۳۳].

یکی از دلایل احتمالی کاهش شاخص‌های ثبات کلی و قدامی خلفی به دنبال تمرینات ثبات مرکزی را می‌توان با ماهیت تمرینات هم‌انقباضی عضلات شکم در ارتباط دانست. از آنجاکه افزایش بی‌ثباتی در صفحه بایودکس، تعادل را به مخاطره می‌اندازد، در نتیجه به هم‌انقباضی عضلات دیواره شکم و فراخوانی عضلات لوکال همراه با عضلات گلوبال برای حفظ ثبات کلی بیشتر نیاز می‌شود [۸]. درحقیقت هم‌انقباضی عضلات شکم به افزایش سفتی بدن و متعاقب آن، کاهش نوسان منجر می‌شود. اجزای آوران‌ها، پردازشگرها و وایران‌ها هر کدام به‌نحوی در بیماران مبتلا به کمردرد مزمن دچار اختلال عملکردی هستند [۸، ۳۴]. تأثیر مجزا یا متقابل این اختلالات، عملکرد و کارایی کل سیستم را تحت تأثیر قرار می‌دهد. اثرات این اختلالات در کاهش توانایی بیماران در کنترل تعادل، یکی از مهم‌ترین و اساسی‌ترین جنبه‌های کنترل ثبات و حرکت است؛ بنابراین، بهبودی در پیام‌های آوران‌ها به دنبال تمرینات ثبات مرکزی از دلایل احتمالی دیگر برای بهبود تعادل در مطالعه حاضر است.

از طرف دیگر، چون هماهنگی عصبی عضلانی مورد نیاز برای حفظ پاسچر استاتیک به عملکرد سیستم حسی وابسته است، هرچه سیستم حسی قوی‌تر باشد، حفظ پاسچر نیز بهتر انجام می‌شود؛ بنابراین، احتمالاً انقباضات تکراری مداوم صورت‌گرفته در مجموعه عضلات پشتی و شکمی در جلسات تمرینات ثبات مرکزی در مطالعه حاضر توانسته است حساسیت دوک‌های عضلانی را بالا ببرد که از مهم‌ترین گیرنده‌های حسی هستند [۳۵] و پیام‌های بیشتر و دقیق‌تری به سمت مراکز کنترل‌کننده بالا مخابره کند و متعاقباً پیام‌های وایران بیشتر و دقیق‌تری را نیز تولید کند که در نهایت به بهبود استراتژی‌های تعادلی بیماران مبتلا به کمردرد در سطح بایودکس به دنبال تمرینات در مطالعه حاضر منجر شده است [۳۶].

در مطالعه حاضر تمرینات ثبات مرکزی با توانایی بهبود

سهم نویسندگان

نویسنده اول (پژوهشگر اصلی): مسئول مکاتبات، طراحی پروژه، تحلیل آماری، تدوین و ویرایش مقاله ۵۰ درصد؛ نویسنده دوم (پژوهشگر همکار): مشاور علمی طرح و مشارکت در تدوین مقاله ۳۰ درصد؛ نویسنده سوم (پژوهشگر اصلی): نگارش پروپوزال، جمع‌آوری داده‌ها و بازنگری متون ۲۰ درصد.

حمایت مالی

این پروژه از سوی هیچ سازمان و ارگانی تأمین مالی نشده است.

آزمودنی‌هایی که در انجام این پژوهش همکاری کردند، تشکر و قدردانی می‌کنند.

تضاد منافع

نتایج مطالعه حاضر با منافع نویسندگان در تعارض نیست.

ملاحظات اخلاقی

تحقیق حاضر از کمیته اخلاق پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی به شماره IR.SSRC.REC.1399.076 تأییدیه دارد. همچنین در مرکز کارآزمایی بالینی ایران با کد IRCT20200107046035N5 ثبت شده است.

REFERENCES

- Dagenais S, Caro J, Haldeman S. A systematic review of low back pain cost of illness studies in the United States and internationally. *Spine J*. 2008;**8**(1):8-20. PMID: 18164449 DOI: 10.1016/j.spinee.2007.10.005
- Taylor JB, Goode AP, George SZ, Cook CE. Incidence and risk factors for first-time incident low back pain: a systematic review and meta-analysis. *Spine J*. 2014;**14**(10):2299-319. PMID: 24462537 DOI: 10.1016/j.spinee.2014.01.026
- Sitthipornvorakul E, Janwantanakul P, Purepong N, Pensri P, van der Beek AJ. The association between physical activity and neck and low back pain: a systematic review. *Eur Spine J*. 2011;**20**(5):677-89. PMID: 21113635 DOI: 10.1007/s00586-010-1630-4
- Celenay ST, Kaya DO. Immediate effects of kinesio taping on pain and postural stability in patients with chronic low back pain. *J Bodyw Mov Ther*. 2019;**23**(1):206-10. PMID: 30691754 DOI: 10.1016/j.jbmt.2017.12.010
- Jeong UC, Sim JH, Kim CY, Hwang-Bo G, Nam CW. The effects of gluteus muscle strengthening exercise and lumbar stabilization exercise on lumbar muscle strength and balance in chronic low back pain patients. *J Phys Ther Sci*. 2015;**27**(12):3813-6. PMID: 26834359 DOI: 10.1589/jpts.27.3813
- Kamioka H, Tsutani K, Katsumata Y, Yoshizaki T, Okuizumi H, Okada S, et al. Effectiveness of Pilates exercise: A quality evaluation and summary of systematic reviews based on randomized controlled trials. *Complement Ther Med*. 2016;**25**:1-19. PMID: 27062942 DOI: 10.1016/j.ctim.2015.12.018
- Karimi N, Talimkhani A, Mosallanezhad Z, Arab AM, Keshavarz R. The effects of consecutive supervised functional lumbar stabilizing exercises on the postural balance and functional disability in low back pain. *Iranian Rehab J*. 2014;**12**(20):21-7.
- Salavati M, Bagheri H, Ebrahimi Takamjani E, Mobini B. Comparative study of biodex dynamic balance and limits of stability test in normal subject and patient with chronic lowback pain. *Razi J Med Sci*. 2003;**9**(32):699-708. URL: <http://rjms.iuims.ac.ir/article-1-1687-en.html>
- Lauridsen HH, Hartvigsen J, Manniche C, Korsholm L, Grunnet-Nilsson N. Responsiveness and minimal clinically important difference for pain and disability instruments in low back pain patients. *BMC Musculoskelet Disord*. 2006;**7**(1):1-6. PMID: 17064410 DOI: 10.1186/1471-2474-7-82
- Norris CM. Spinal Stabilisation: 4. muscle imbalance and the low back. *Physiotherapy*. 1995;**81**(3):127-38. DOI:10.1016/S0031-9406(05)67068-X
- Alikhajeh Y, Barabadi E, Mohammad Rahimi GR. A comparison of 6 weeks of aquatic exercise and kinesio taping in patients with chronic nonspecific low back pain. *J Sport Rehabil*. 2020;1-6. PMID: 32087600 DOI: 10.1123/jsr.2019-0185
- Hayden JA, Ellis J, Ogilvie R, Malmivaara A, van Tulder MW. Exercise therapy for chronic low back pain. *Cochrane Database Syst Rev*. 2021;**9**(9):CD009790. DOI: 10.1002/14651858.CD009790.pub2
- Macedo LG, Hodges PW, Bostick G, Hancock M, Laberge M, Hanna S, et al. Which Exercise for Low Back Pain? (WELBack) trial predicting response to exercise treatments for patients with low back pain: a validation randomised controlled trial protocol. *BMJ Open*. 2021;**11**(1):e042792. DOI: 10.1136/bmjopen-2020-042792
- Hides JA, Stanton WR, Mendis MD, Gildea J, Sexton MJ. Effect of motor control training on muscle size and football games missed from injury. *Med Sci Sports Exerc*. 2012;**44**(6):1141-9. PMID: 22157811 DOI: 10.1249/mss.0b013e318244a321
- Tsao H, Hodges PW. Persistence of improvements in postural strategies following motor control training in people with recurrent low back pain. *J Electromyogr Kinesiol*. 2008;**18**(4):559-67. PMID: 17336546 DOI: 10.1016/j.jelekin.2006.10.012
- Rafeeyan Z, Mostafa Musa F. The effectiveness of aquatic exercises on pain and disability of the patients with chronic low back pain. *Evidence Based Care*. 2014;**3**(4):39-46. PMID: 17336546 DOI: 10.1016/j.jelekin.2006.10.012
- Yalfani A, Ahmadnezhad L, Gholami B, Mayahi F. The effect of six-weeks aquatic exercise therapy on static balance, function of trunk and pelvic girdle muscles, pain, and disability in woman with chronic low back pain. *Iran J Health Educ Health Promot*. 2017;**5**(4):288-95. DOI: 10.30699/acadpub.ijhehp.5.4.288.
- Karimi N, Ebrahimi I, Kahrizi S, Torkaman G. Evaluation of postural balance using the biodex balance system in subjects with and without low back pain. *Pakistan J Medl Sci*. 2008;**24**(3):372-77.
- Marshall PW, Murphy BA. Muscle activation changes after exercise rehabilitation for chronic low back pain. *Arch Phys Med Rehabil*. 2008;**89**(7):1305-13. PMID: 18586132 DOI: 10.1016/j.apmr.2007.11.051
- Gkikas P, Mazis N. The effects of a 3 week trunk stabilization exercise program on erector spinae EMG activity measurements on patients with non-specific low back pain (NSLBP): A single blinded randomized controlled trial. *JSM Neurosurg Spine*. 2016;**1**(2):27-31. DOI: 10.15761/PMRR.1000109.
- Kumar A, Kumar P, Sarkar B. Effectiveness of pilates exercise program on pain, function and stabilometric parameters in subjects with chronic nonspecific low back pain: a randomized clinical trial. *Int J Res Analytic Rev (IJRAR)*. 2019;**6**(3):403-8. PMID: 24984069 DOI: 10.1371%2Fjournal.pone.0100402
- Eliks M, Zgorzalewicz-Stachowiak M, Zeńczak-Praga K. Application of Pilates-based exercises in the treatment of chronic non-specific low back pain: state of the art. *Postgrad Med J*. 2019;**95**(1119):41-5. PMID: 30636192 DOI: 10.1136/postgradmedj-2018-135920
- da Luz MA Jr, Costa LO, Fuhro FF, Manzoni AC, Oliveira NT, Cabral CM, et al. Effectiveness of mat Pilates or equipment-based Pilates exercises in patients with chronic

- nonspecific low back pain: a randomized controlled trial. *Phys Ther.* 2014;**94**(5):623-31. [PMID: 24435105](#) [DOI: 10.2522/ptj.20130277](#)
24. Miyamoto GC, Costa LO, Galvanin T, Cabral CM. Efficacy of the addition of modified Pilates exercises to a minimal intervention in patients with chronic low back pain: a randomized controlled trial. *Phys Ther.* 2013;**93**(3):310-20. [PMID: 23064732](#) [DOI: 10.2522/ptj.20120190](#)
 25. O'Brien N, Hanlon M, Meldrum D. Randomized, controlled trial comparing physiotherapy and Pilates in the treatment of ordinary low back pain. *Phys Ther Rev.* 2006;**11**:205-28. [PMID: 15377573](#) [DOI: 10.1136/bmj.38216.868808.7C](#)
 26. Rydeard R, Leger A, Smith D. Pilates-based therapeutic exercise: effect on subjects with nonspecific chronic low back pain and functional disability: a randomized controlled trial. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2006;**36**(7):472-84. [PMID: 16881464](#) [DOI: 10.2519/jospt.2006.2144](#)
 27. Macedo LG, Maher CG, Latimer J, McAuley JH. Motor control exercise for persistent, nonspecific low back pain: a systematic review. *Phys Ther.* 2009;**89**(1):9-25. [PMID: 19056854](#) [DOI: 10.2522/ptj.20080103](#)
 28. Fredericson M, Moore T. Muscular balance, core stability, and injury prevention for middle- and long-distance runners. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* 2005;**16**(3):669-89. [PMID: 16005399](#) [DOI: 10.1016/j.pmr.2005.03.001](#)
 29. Kim JH, Kim YE, Bae SH, Kim KY. The effect of the neurac sling exercise on postural balance adjustment and muscular response patterns in chronic low back pain patients. *J Phys Ther Sci.* 2013;**25**(8):1015-9. [PMID: 24259906](#) [DOI: 10.1589/jpts.25.1015](#)
 30. Balasubramaniam A, Gandhi V M, M A. Effect of motor control exercises with spinal manual therapy on pain, range of motion and postural balance in chronic low back pain. *Int J Pharm Bio Sci.* 2019;**10**(1):33-7. [PMID: 29895232](#) [DOI: 10.22376/ijpbs](#)
 31. Carpes FP, Reinehr FB, Mota CB. Effects of a program for trunk strength and stability on pain, low back and pelvic kinematics, and body balance: a pilot study. *J Bodyw Mov Ther.* 2008;**12**(1):22-30. [PMID: 19083652](#) [DOI: 10.1016/j.jbmt.2007.05.001](#)
 32. Mann L, Kleinpaul JF, Pereira Moro AR, Mota CB, Carpes FP. Effect of low back pain on postural stability in younger women: influence of visual deprivation. *J Bodyw Mov Ther.* 2010;**14**(4):361-6. [PMID: 20850043](#) [DOI: 10.1016/j.jbmt.2009.06.007](#)
 33. Ya'ghoubi Z, Kahrizi S, Parmian-Pour M, Ebrahimi-Takmajani E, Faghieh-Zadeh S. The short effects of two spinal stabilization exercise on balance tests and limit of stability in men with non-specific chronic low back pain: randomized clinical trial study. *Arch Rehab.* 2012;**13**(1):102-13.
 34. Richardson C, Hodges P, Hides J. Therapeutic exercise for lumbopelvic stabilization. 2nd Ed. NewYork: Churchill Livingstone. 2004.
 35. Budini F, Rafolt D, Christova M, Gallasch E, Tilp M. The recovery of muscle spindle sensitivity following stretching is promoted by isometric but not by dynamic muscle contractions. *Front Physiol.* 2020;**11**:905. [PMID: 32848855](#) [DOI: 10.3389/fphys.2020.00905](#)
 36. Mok NW, Brauer SG, Hodges PW. Hip strategy for balance control in quiet standing is reduced in people with low back pain. *Spine (Phila Pa 1976).* 2004;**29**(6):E107-12. [PMID: 15014284](#) [DOI: 10.1097/01.brs.0000115134.97854.c9](#)
 37. Boudreau S, Farina D, Kongstad L, Buus D, Redder J, Sværisdóttir E, et al. The relative timing of trunk muscle activation is retained in response to unanticipated postural-perturbations during acute low back pain. *Exp Brain Res.* 2011;**210**(2):259-67. [PMID: 21442223](#) [DOI: 10.1007%2Fs00221-011-2629-8](#)
 38. Gong H, Sun L, Yang R, Pang J, Chen B, Qi R, et al. Changes of upright body posture in the sagittal plane of men and women occurring with aging - a cross sectional study. *BMC Geriatr.* 2019;**19**(1):71. [PMID: 30836933](#) [DOI: 10.1186/s12877-019-1096-0](#)