

The effect of Progressive Core Stability Exercises with and without Respiratory Exercises on Plantar Pressure Distribution in Patients with Lumbar Segmental Instability: a Semi-Experimental Study

Nasiri B, Saki F*, Ziya M

Department of Corrective Exercise and Sport injury, Faculty of Sport Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

*Corresponding author. Tel: +989188503783, E-mail: f_saki@basu.ac.ir

Received: Jul 10, 2022

Accepted: Sep 21, 2022

ABSTRACT

Background & aim: Lumbar segmental instability is one of the consequences of non-specific chronic low back pain, which is defined as excessive intervertebral transmission and rotational movements and causes functional disabilities. The aim of this study was to determine the effect of progressive stability exercises with and without breathing exercises on plantar pressure variables in patients with lumbar segmental instability.

Methods: The present study was a single-blind randomized clinical trial with a pre-test-post-test design. The population of the present study was male employees of Hamedan city suffering from back instability who were selected as available. . In order to select the research samples, the ability to stand on one leg for 30 seconds and back instability tests were used (three out of five tests were positive). Subjects were randomly selected in two experimental groups (combined core stability-respiratory exercises (CCSRE) and core stability exercises (CSE)) and a control group. The variables of plantar pressure distribution were investigated using a foot scan device. Data were analyzed by ANOVA with repeated measurement ($p \leq 0.05$).

Results: The results showed changes in the vertical ground reaction force in the CCSRE group ($p=0.016$), the center of pressure (anterior-posterior) in the CSE group ($p=0.001$) and the CCSRE group ($p=0.001$), the center of pressure (internal-external) in the CSE group ($p=0.007$) and the CCSRE group ($p=0.033$) and the travel distance in the CSE group ($p=0.014$), was significant from pre-test to post-test. Also, the inter-group results (interaction between group and time) showed a statistically significant difference in the variables of vertical ground reaction force, center of pressure (internal-external) and (anterior-posterior) and travel distance ($p < 0.05$).

Conclusion: According to the results, it is recommended to use the combination of breathing exercises and core stability in the rehabilitation and treatment of patients with lumbar instability.

Keywords: Joint Instability, Exercise Therapy, Low Back Pain, Core stability

تأثیر تمرینات ثباتی پیشرونده با و بدون تمرینات تنفسی بر متغیرهای توزیع فشار کف پای در بیماران مبتلا به بی‌ثباتی سگمنتال کمری: یک مطالعه نیمه تجربی

بهزاد نصیری، فرزانه ساکی*، مرضیه ضیاء

گروه حرکات اصلاحی و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

* نویسنده مسئول. تلفن: ۰۹۱۸۸۵۰۳۷۸۳ ایمیل: f_saki@basu.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: بی‌ثباتی سگمنتال کمر از پیامدهای کم‌درد مزمن غیراختصاصی است که به‌عنوان انتقال بیش از حد بین مهره‌ای و حرکات چرخشی تعریف می‌شود و موجب ناتوانی‌های عملکردی می‌شود. هدف از مطالعه حاضر تعیین تأثیر تمرینات ثباتی پیشرونده با و بدون تمرینات تنفسی بر متغیرهای فشار کف پای در بیماران مبتلا به بی‌ثباتی سگمنتال کمری بود.

روش کار: پژوهش حاضر یک مطالعه نیمه تجربی تک سو کور با طرح پیش‌آزمون- پس‌آزمون و با گروه کنترل بود. جامعه پژوهش، مردان کارمند شهر همدان مبتلا به بی‌ثباتی کمر بودند که بصورت در دسترس انتخاب شدند. جهت انتخاب نمونه‌های پژوهش از آزمون توانایی ایستادن روی یک پا به مدت ۳۰ ثانیه و تست‌های بی‌ثباتی کمر (مثبت شدن سه تست از پنج تست) استفاده شد. آزمودنی‌ها در دو گروه تجربی (گروه تمرینات ترکیبی ثبات مرکزی- تنفسی (CCSRE) و گروه تمرینات ثبات مرکزی (CSE) و یک گروه کنترل به صورت تصادفی قرار گرفتند. متغیرهای توزیع فشار کف پای با استفاده از دستگاه فوت اسکن مورد بررسی قرار گرفتند. داده‌ها با استفاده از آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌گیری تکراری تحلیل شد ($p < 0.05$).

یافته‌ها: نتایج نشان داد تغییرات نیروی عکس‌العمل عمودی زمین در گروه CCSRE ($p = 0.016$)، مرکز فشار (قدامی- خلفی) در گروه CSE ($p = 0.001$) و گروه CCSRE ($p = 0.001$)، مرکز فشار (داخلی-خارجی) در گروه CSE ($p = 0.007$) و گروه CCSRE ($p = 0.033$) و محدوده جابجایی در گروه CSE ($p = 0.014$) نسبت به پیش‌آزمون، معنادار بود. همچنین نتایج بین گروهی (تعامل گروه در زمان) در متغیرهای مؤلفه نیروی عکس‌العمل عمودی زمین، مرکز فشار (داخلی-خارجی) و (قدامی-خلفی) و محدوده جابجایی، تفاوت معنادار آماری را نشان داد ($p < 0.05$).

نتیجه‌گیری: بر اساس یافته‌ها توصیه می‌شود از ترکیب تمرینات تنفسی و ثبات مرکزی در توانبخشی و درمان بیماران مبتلا به بی‌ثباتی کمر استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: ناپایداری مفصلی، تمرینات درمانی، کم‌درد، ثبات مرکزی

دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۱۹ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۳۰

مقدمه

این میان شیوع بیشتری دارد. کم‌درد یک اختلال فراگیر است که منجر به ناتوانی عملکردی می‌گردد (۱). سازمان بهداشت جهانی، این اختلال را یکی از مشکلات شایع در سراسر جهان معرفی کرده که افراد

بیماری‌های اسکلتی عضلانی از شایع‌ترین بیماری‌ها و اختلالات هستند که کم‌درد^۱ یا درد ستون فقرات در

^۱ Low Back Pain

مهرهای کمری دارند. بنابراین هرگونه اختلال در عملکرد عضلات موضعی سبب اختلال در سیستم ثبات دهنده و بروز بی ثباتی سگمنتال مهره‌های کمری و در نهایت ایجاد درد و ناتوانی عملکردی برای بیماران می شود (۱۰).

کمردرد موجب می شود که جذب نیروهای عکس العمل زمین و عملکرد مکانیکی طبیعی راه رفتن دچار اختلال شود. یکی از اختلالات عنوان شده، اثرگذاری بر میزان نیروی عکس العمل زمین در افراد مبتلا به کمردرد می باشد. در واقع، درد موجب تغییراتی در نیروهای عکس العمل زمین به هنگام حرکات انتقالی از قبیل راه رفتن و دویدن می شود؛ همچنین می تواند سایر مولفه های نیروهای عکس العمل زمین را نیز به طور مشابه تحت تأثیر قرار دهد (۱۱). به طوری که افراد دارای کمردرد مزمن دچار نقص در حس عمقی و عدم ثبات در ساختار اسکلتی-عضلانی کل بدن و در نتیجه اختلال عملکرد در ناحیه کمر می شوند (۱۲).

سیفی و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهش خود نشان دادند که در افراد مبتلا به کمردرد، الگوی ایستادن و راه رفتن در مقایسه با افراد سالم متفاوت است (۱۳). همچنین ناهنجاری هایی در الگوهای تنفسی از جمله تغییر در ظرفیت رییه (۱۴،۱۵) و مکانیک دیافراگم (۱۴،۱۶) در افراد مبتلا به NSCLBP گزارش شده است. در این راستا جانسن^۳ و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که تقویت عضله دیافراگم، ثبات وضعیتی تنه را بهبود می بخشد و پیشنهاد کردند که تمرین دیافراگم ممکن است شدت درد را کاهش دهد (۱۷).

پیشگیری، مدیریت و درمان کمردرد دارای طیف وسیعی از استراتژی های مختلف از جمله جراحی، دارودرمانی و مداخلات غیرپزشکی را شامل می شود. احتمالاً پرکاربردترین نوع درمان محافظه کارانه در این میان، ورزش است که توجه محققین زیادی را به خود جلب کرده است. طبق مطالعات قبلی، کاهش ثبات ستون فقرات در افراد مبتلا به CLNBP با بی

را در هر سنی درگیر می کند (۲). کمردرد، اولین علت ناتوانی در افراد زیر ۴۵ سال، دومین علت مراجعه به پزشک بعد از عفونت های تنفسی (سرماخوردگی) و سومین علت انجام عمل جراحی می باشد (۳-۵). معمولاً کمردرد را به دو نوع اختصاصی و غیر اختصاصی تقسیم می کنند. کمردردی که دارای علائم و نشانه های مشخص مانند پوکی استخوان، بیرون زدگی دیسک، عفونت، آرتریت روماتوئید، التهاب، شکستگی یا تومور باشد، به عنوان کمردرد اختصاصی معرفی می شود که حدود ۱۰ درصد از کمردردها را به خود اختصاص می دهد (۶). دومین نوع، کمردرد مزمن غیراختصاصی^۱ (CNSLBP) است که تقریباً ۹۰ درصد از کمردردها را شامل می شود. کمردرد مزمن غیراختصاصی یک سندرم درد مزمن است که باعث درد قابل توجهی در ناحیه کمر، کمری-خاجی و باسن می شود و هیچ علت بالینی مشخصی ندارد (۷،۶).

بی ثباتی سگمنتال کمری^۲ (LSI) از پیامدهای کمردرد مزمن غیراختصاصی است که به عنوان انتقال بیش از حد بین مهره های و حرکات چرخشی تعریف می شود و علت CNSLBP در ۳۰ تا ۳۵ درصد از بیماران است. در طول حرکات ستون فقرات کمری، درجاتی از انتقال و چرخش مهره های کمری اتفاق می افتد که برای ثبات طبیعی لازم است. مقادیر نرمال این حرکات در صفحه سهمی، ۳-۴ میلی متر برای جابجایی در مهره های L1-S1، ۷-۱۳ درجه برای چرخش در مهره های L1-L5 و ۲۰-۱۴ درجه در L5-S1 گزارش شده است (۸، ۹). در بیماران مبتلا به CNSLBP، مقادیر طبیعی این حرکات در بخش های درگیر به دلیل اختلال در عملکرد عناصر کنترل کننده حرکت افزایش می یابد (۹). در این راستا عنوان شده است که عضلات عمقی یا موضعی با توجه به کوتاه بودن بازوی اهرمی و نحوه چسبندگی سگمنتالی که دارند، نقش بسیار مهمی در کنترل حرکات بین مهره ای و حفظ ثبات سگمنتال

¹ Chronic Non-specific Low Back Pain

² Lumbar Segmental Instability

³ Janssens

ثباتی سگمنتال کمری و ناتوانی در کنترل عضلات تنه مرتبط است (۱۹،۱۸). تمرین درمانی، طراحی و اجرای تمریناتی است که هدف آن افزایش و حفظ ثبات مرکزی بدن از طریق بازآموزی حس عمقی ناحیه کمری- لگنی می‌باشد که این امر با استفاده از تأثیر بر عضلاتی همانند عرضی شکمی، چندسر، دیافراگم، عضلات کف لگن و مورب شکمی است که این عضلات نقش بسیار مهمی در افزایش ثبات سگمنتال کمری دارند (۱۹).

مطالعات اخیر نشان می‌دهند که ناحیه کرورال دیافراگم از عصب واگ عصب دهی می‌شود. این فیبرهای عصبی حرکتی باعث می‌شود دیافراگم هم دارای حس عمقی بوده و هم در صورتی که در برابر حرکت طبیعی آن، فشار اضافه‌ای وجود داشته باشد ممکن است عملکرد دیافراگم و در نتیجه الگوی تنفس صحیح تغییر یابد. با توجه به موارد بیان شده تمرینات تنفسی علاوه بر عضلات تنفسی، عضلات مرکزی را نیز درگیر و تقویت می‌کند (۲۰).

اثر بخشی تمرینات ثبات دهنده و تمرینات تنفسی به صورت مجزا در مطالعات انجام شده ولی مطالعه‌ای که تأثیر تمرینات تنفسی و ثبات مرکزی را به صورت ترکیبی بر متغیرهای فشار کف پای در بیماران مبتلا به ناپایداری کمر بررسی کند، یافت نشد. لذا مطالعه حاضر با هدف تعیین تأثیر ترکیب تمرینات ثباتی پیشرونده و تمرینات تنفسی بر متغیرهای فشار کف پای در بیماران مبتلا به بی‌ثباتی سگمنتال کمری انجام شد.

روش کار

مطالعه حاضر یک پژوهش نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون- پس‌آزمون و با گروه کنترل بود. جامعه پژوهش مردان کارمند شهر همدان مبتلا به بی‌ثباتی کمر بودند. حجم نمونه توسط نرم افزار G*Power Windows تعیین شد. بر این اساس با ضریب اطمینان ۰/۹۵، توان آزمون ۰/۹۰ و اندازه اثر ۰/۳۰ برای هر یک از گروه‌های تحقیق، حداقل تعداد ۱۲ آزمودنی

مورد نیاز بود که با احتساب ریزش احتمالی، تعداد ۱۵ آزمودنی برای شرکت در هر سه گروه در نظر گرفته شد. در نهایت آزمودنی‌های پژوهش حاضر ۴۲ مرد با سابقه ناپایداری کمر بودند که به صورت در دسترس انتخاب و با استفاده از نرم افزار مولد اعداد تصادفی به طور تصادفی به دو گروه تجربی (تمرینات ثبات مرکزی و تنفسی ترکیبی^۱ (CCSRE) و تمرینات ثبات مرکزی^۲ (CSE)) و یک گروه کنترل (هر گروه ۱۳ نفر) تقسیم شدند. تمامی مراحل اندازه‌گیری پژوهش در آزمایشگاه علوم ورزشی دانشگاه بوعلی سینا همدان انجام پذیرفت.

معیارهای ورود به تحقیق عبارت بودند از مردان بین ۳۵ تا ۵۵ سال مبتلا به کمردرد مزمن، توانایی ایستادن روی یک پا به مدت ۳۰ ثانیه و همچنین مثبت بودن سه یا بیشتر از سه تست بی‌ثباتی کمر (از پنج تست) بود (۲۱). اگر شرکت کنندگان سابقه جراحی ستون فقرات، بیماری التهابی ستون فقرات یا ناهنجاری‌های ستون فقرات داشتند، از مطالعه خارج می‌شدند. همچنین شرکت کنندگان در صورتی که قادر به اجرای برنامه تمرینی خود نبودند و یا علاقه‌ای به ادامه شرکت در مطالعه نداشتند، از مطالعه حذف می‌شدند (۱۸) (تصویر ۱).

به منظور غربالگری شرکت کنندگان از تست‌های بی‌ثباتی کمر استفاده شد. تست‌های بی‌ثباتی کمر شامل: بی‌ثباتی کمر در وضعیت خوابیده به پشت^۳ (در صورت وجود درد پس از اعمال فشار دستی از بخش قدامی و خلفی و کاهش درد پس از باز شدن هر دو اندام تحتانی تست مثبت می‌شود)، تست قدامی و خلفی بخش کمری (حرکت بیش از حد یا حرکت غیر طبیعی، زمانی که زائده‌های خاری مهره‌ها تحت فشار قرار می‌گیرند، تست مثبت است)، تست مستقیم بالا آوردن پا (زمانی تست مثبت می‌شود که میانگین

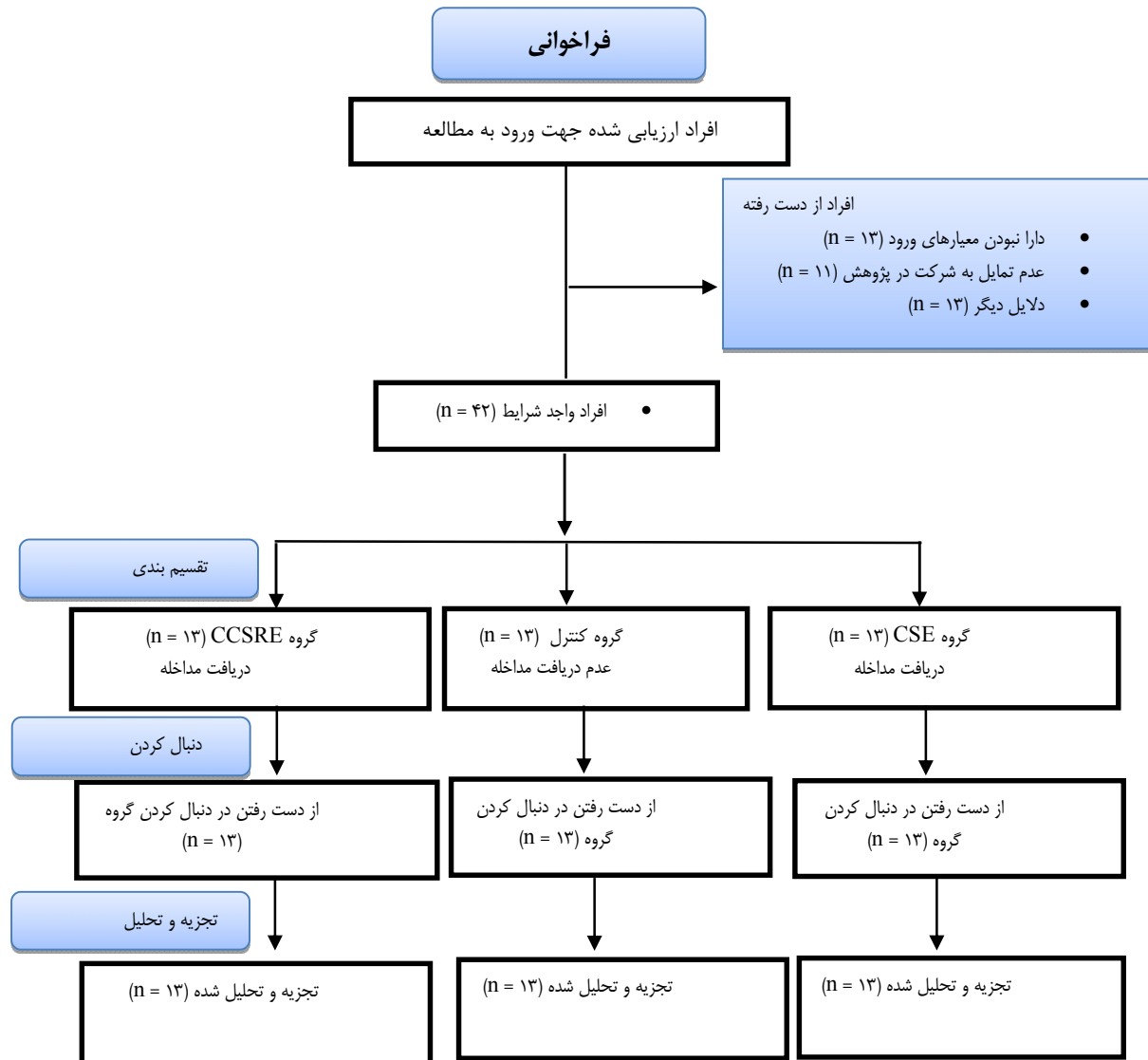
^۱ Combined Core Stability and Respiratory Exercises (CCSRE)

^۲ Core Stability Exercise (CSE)

^۳ Prone

درد تسکین می‌یابد) و سن (زیر ۴۰ سال، مثبت است). اگر سه مورد یا بیشتر تست مثبت وجود داشته باشد، شرکت کننده دارای ناپایداری کمر می‌باشد (۲۲).

زاویه هر دو مفصل ران از ۹۰ درجه بیشتر شود)، تست اکستنشن دستی کمر (در صورتی تست مثبت می‌شود که وقتی هر دو پا در حالت مستقیم بالا آورده می‌شوند، درد ظاهر شده و با پایین آمدن پاها،



تصویر ۱. فلوجارت انتخاب آزمودنی‌ها (کانسورت)

نرم افزار (RSScan) و با فرکانس نمونه‌برداری 300 Hz ثبت شدند. در شروع فرایند اندازه‌گیری کالیبره کردن دستگاه فوت اسکن انجام شد. سپس یک کوشش ایستا برای هر آزمودنی ثبت شد که در آن وزن و اندازه طول کف پای وی در نرم افزار ثبت شد. سپس فرد در تست پویای راه رفتن صحیح شرکت کرد. این تست با برخورد کامل پا روی بخش میانی

برای اندازه‌گیری میزان نوسانات وضعیتی در محدوده سطح اتکاء که نشان‌دهنده توانایی حفظ تعادل پاسچرال است از دستگاه توزیع فشار کف‌پایی استفاده شد. دستگاه فوت اسکن (RSScan International, Belgium, $0.5\text{m} \times 0.5 \times 0.02\text{m}$, 4363 Sensors) در میانه راه رفتن ۱۵ متری قرار گرفته بود. داده‌های متغیرهای توزیع فشار کف پای با استفاده از

جانبی^۵ بود. این تمرینات از سطوح آسان تا دشوار طراحی شده اند. در شروع هر جلسه تمرینی، تمرینات کششی به مدت پنج دقیقه برای گرم کردن و همچنین در پایان هر جلسه به منظور سرد کردن انجام شد. شدت تمرینات بر اساس میزان تحمل شرکت کنندگان به تدریج افزایش یافت. هر حرکت شامل سه ست و هر ست شامل ۱۰-۵ تکرار بود. برای حرکات هفته اول تا چهارم نگاه داشتن انقباض و حرکت ۲۰-۱۰ ثانیه و برای هفته پنجم تا هشتم تعداد حرکات ۲۰-۱۰ تکرار حرکت با مدت زمان ۱۵ تا ۳۰ ثانیه بود. زمان استراحت بین ست‌ها ۱۰ ثانیه و بین تمرینات، دو دقیقه بود (۲۴).

تمرینات تنفسی

فرد در وضعیت نیمه خوابیده به پشت^۶ با زاویه ۵۰-۳۰ درجه تنه، ۵۰ درجه خم شدن مفصل ران و فلکشن زانوها در وضعیت راحت قرار می‌گرفت. از آزمودنی خواسته می‌شود تا یک دست خود را روی شکم قرار دهد و با دست دیگر خود یک وزنه ۲/۵ کیلوگرمی در هفته اول تا چهارم و ۵ کیلوگرمی در هفته پنجم تا هشتم بالای حفره شکمی صاف نگه دارد. به شرکت کنندگان آموزش داده شد که حین تنفس روی حرکات شکمی تمرکز کرده و حرکات قسمت فوقانی قفسه سینه را کاهش دهند. آزمودنی‌ها تمرینات تنفسی را به شرح زیر تکمیل کردند: سه ست ۱۰-۵ تکرار با نسبت یک ثانیه دم و دو ثانیه بازدم، سه ست ۱۵-۱۰ تکرار با نسبت دو ثانیه دم و چهار ثانیه بازدم و سه ست ۲۰-۱۵ تکرار با نسبت سه ثانیه دم و شش ثانیه بازدم. بین ست‌ها ۶۰ ثانیه استراحت وجود داشت. این تمرینات سه بار در هفته به مدت هشت هفته و هر جلسه ۲۰ دقیقه انجام شد (۲۵).

برای تجزیه و تحلیل یافته‌های مطالعه حاضر از نرم‌افزار SPSS-26 استفاده شد. نرمال بودن توزیع

فوت اسکن ثبت می‌شد. اگر آزمودنی در راه رفتن دچار اختلال تعادل می‌شد یا پای آزمودنی به طور کامل روی بخش میانی فوت اسکن قرار نمی‌گرفت، تست تکرار می‌شد. اطلاعات توزیع فشار کف پایی در فاز اتکای راه رفتن (تماس پاشنه پا با زمین تا بلند شدن پنجه) در سه تکرار صحیح، به منظور تجزیه و تحلیل استخراج شد. اوج نیروی عکس العمل عمودی زمین، اوج متغیرهای فشار کف پایی در نقاط ده گانه پا، اوج نیروهای وارده بر نقاط ده گانه پا و جابجایی مرکز فشار در دو راستای داخلی- خارجی (COPx) و قدامی- خلفی (Copy)، متغیرهای مورد نظر برای اندازه‌گیری بودند. نقاط ده گانه پا شامل انگشت شست، انگشتان دوم تا پنجم، استخوان کف پای اول تا پنجم، بخش میانی پا، بخش داخلی پاشنه و بخش خارجی پاشنه می‌باشد. به منظور نرمال کردن نیروی عکس‌العمل عمودی زمین، مقادیر آن بر وزن بدن تقسیم و در عدد ۱۰۰ ضرب شدند (۲۳). اندازه‌گیری‌های مورد نظر سه بار تکرار شده و میانگین آن‌ها جهت تجزیه و تحلیل مورد استفاده قرار گرفت.

پس از تکمیل مرحله پیش‌آزمون، برنامه مداخله تمرینی برای دو گروه تجربی پژوهش (گروه CCSRE و گروه CSE) به مدت هشت هفته، هر هفته سه جلسه ۶۰-۴۰ دقیقه ای ساعت ۹-۱۲ صبح انجام پذیرفت. گروه کنترل هیچ گونه مداخله ورزشی نداشتند و فعالیت‌های روزانه و عادی خود را در این هشت هفته انجام دادند. تمرینات برنامه ریزی شده برای گروه‌های CCSRE و CSE به شرح زیر بود:

تمرینات ثبات دهنده

پروتکل تمرینات ثبات دهنده مورد استفاده در مطالعه حاضر، از مطالعه پارک و همکاران (۲۰۱۹) استخراج شده است. این پروتکل شامل تمرینات (دراز و نشست^۱، برد داگ^۲، سوپرمن^۳، ددباگ^۴ و پلانک

³ Superman

⁴ Dead Bug

⁵ Side Plank with Knee Flexion

⁶ Semi-supine Position

¹ Curl up

² Bird dog

آزمون آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها از نظر شاخص‌های دموگرافیک وجود ندارد. همچنین مقایسه نتایج نشان داد که در تمام متغیرها طی پیش‌آزمون بین گروه‌های کنترل، CCSRE و CSE به لحاظ آماری اختلاف معناداری وجود نداشت.

داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک تایید شد. جهت تحلیل داده‌ها از شاخص‌های آمار توصیفی (میانگین و انحراف معیار) و استنباطی (آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌گیری تکراری) در سطح معناداری $p < 0.05$ استفاده شد.

یافته‌ها

مشخصات آزمودنی‌ها و نتایج بررسی همگنی گروه‌های پژوهش در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. میانگین نمرات اطلاعات دموگرافیک آزمودنی‌ها در سه گروه مطالعه

P-value	گروه CSE	گروه CCSRE	گروه کنترل	متغیر
۰/۹۹۱ ^a	۴۲/۲۱ ± ۵/۹۵	۴۱/۹۳ ± ۵/۱۹	۴۲/۱۴ ± ۶/۴۰	سن (سال)
۰/۱۷۰ ^a	۱۷۸/۴۳ ± ۶/۸۶	۱۷۴/۶۸ ± ۶/۸۶	۱۷۳/۸۶ ± ۶/۷۹	قد (سانتی متر)
۰/۲۴۴ ^a	۸۱/۱۲ ± ۱۰/۶۹	۷۷/۳۲ ± ۱۰/۴۲	۷۴/۶۴ ± ۸/۹۹	وزن (کیلوگرم)
۰/۴۲۸ ^a	۲۵/۵۶ ± ۳/۷۴	۲۵/۳۸ ± ۳/۵۲	۲۴/۰۷ ± ۲/۳۳	BMI (کیلوگرم بر سانتی متر مربع)

^aمعنی داری آزمون ANOVA

مرکز فشار قدامی- خلفی ($p=0.001$) و محدوده جابجایی ($p=0.017$) بین گروه CCSRE و گروه کنترل معنادار بود اما بین گروه‌های CSE و کنترل و CCSRE و CSE تفاوت معناداری دیده نشد (جدول ۲).

همچنین یافته‌های پژوهش حاضر حاکی از آن بود که پس از هشت هفته مداخلات تمرینی تعامل گروه در زمان در متغیرهای اوج فشار کف پای در نواحی ده‌گانه (انگشت شست $p=0.023$)، انگشت دوم تا پنجم ($p=0.054$)، استخوان کف پای اول ($p=0.0912$)، استخوان کف پای دوم ($p=0.0989$)، استخوان کف پای سوم ($p=1.000$)، استخوان کف پای چهارم ($p=0.0612$)، استخوان کف پای پنجم ($p=0.0830$)، قسمت میانی پا ($p=0.0818$)، قسمت داخلی پاشنه ($p=0.0550$) و قسمت خارجی پاشنه ($p=0.0282$) بین گروه‌های پژوهش تفاوت معناداری وجود نداشت (جدول ۳).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد پس از هشت هفته مداخلات تمرینی، تغییرات نیروی عکس‌العمل عمودی زمین در گروه CCSRE ($p=0.016$)، مرکز فشار قدامی- خلفی) در گروه CSE ($p=0.001$) و گروه CCSRE ($p=0.001$)، مرکز فشار (داخلی- خارجی) در گروه CSE ($p=0.007$) و گروه CCSRE ($p=0.033$) و محدوده جابجایی ($p=0.014$) در گروه CSE از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون معنادار بود. در سایر متغیرها تفاوت‌های درون‌گروهی معنادار نبود. همچنین نتایج بین گروهی (تعامل گروه در زمان) نشان داد که پس از هشت هفته مداخلات تمرینی در متغیرهای مؤلفه نیروی عکس‌العمل عمودی زمین ($p=0.044$)، مرکز فشار (داخلی- خارجی) ($p=0.10$) و (قدامی- خلفی) ($p=0.001$) و محدوده جابجایی ($p=0.015$) تفاوت معناداری مشاهده شد. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نیز نشان داد که تفاوت‌های بین گروهی در مؤلفه نیروی عکس‌العمل عمودی زمین ($p=0.050$)، مرکز فشار داخلی- خارجی ($p=0.10$)،

جدول ۲. نتایج آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌های تکراری اوج نیروی عکس العمل عمودی زمین، مرکز فشار و محدوده جابجایی

متغیر	درون گروهی			بین گروهی	
	گروه	پیش آزمون	پس آزمون	P-value	آزمون تعقیبی (بونفرونی)
مؤلفه نیروی عکس العمل عمودی زمین	CSE	۱۲/۱۲ ± ۲/۳۴	۱۲/۰۹ ± ۲/۹۰	۰/۹۳۵	P=۰/۰۵ ^a
	CCSRE	۱۲/۳۵ ± ۲/۰۸	۱۰/۹۸ ± ۲/۰۹	۰/۰۱۶	
	کنترل	۱۴/۰۲ ± ۲/۳۲	۱۳/۶۴ ± ۲/۷۱	۰/۱۵۳	
داخلی- خارجی	CSE	۱۱/۶۴ ± ۳/۰۰	۸/۵۰ ± ۲/۱۳	۰/۰۰۷	P=۰/۰۱ ^a
	CCSRE	۹/۵۷ ± ۴/۱۰	۷/۱۴ ± ۱/۵۱	۰/۰۳۳	
	کنترل	۱۰/۷۹ ± ۳/۶۴	۱۰/۹۳ ± ۲/۵۵	۰/۹۱۴	
مركز فشار	CSE	۱۰/۱۴ ± ۳/۱۳	۵/۷۱ ± ۱/۶۸	۰/۰۰۱	P=۰/۰۰۱ ^a
	CCSRE	۹/۰۰ ± ۳/۰۸	۱/۳۹ ± ۴/۵۷	۰/۰۰۱	
	کنترل	۱۱/۲۱ ± ۲/۶۰	۱۰/۶۴ ± ۲/۶۲	۰/۵۶۴	
محدوده جابجایی	CSE	۵۸/۲۹ ± ۱۶/۷۱	۴۳/۸۶ ± ۱۵/۳۷	۰/۰۱۴	P=۰/۰۱۷ ^a
	CCSRE	۵۱/۲۹ ± ۱۳/۲۵	۴۳/۹۳ ± ۱۹/۹۴	۰/۱۵۸	
	کنترل	۶۱/۳۶ ± ۱۱/۹۵	۶۲/۰۰ ± ۱۰/۴۲	۰/۷۱۵	

a: معنی داری بین گروه CCSRE و گروه CSE

جدول ۳. نتایج جدول آنالیز واریانس با اندازه‌های تکراری بر اوج فشار کف پای در نواحی ده گانه

متغیر	درون گروهی			بین گروهی	
	گروه	پیش آزمون	پس آزمون	P-value	F
انگشت شست	CSE	۱۰/۴۴ ± ۲/۲۰	۱۰/۱۰ ± ۲/۹۴	۰/۵۹۲	۰/۲۳۸
	CCSRE	۱۰/۷۱ ± ۲/۳۱	۱۰/۰۷ ± ۲/۶۵	۰/۹۳۶	
	کنترل	۱۰/۵۹ ± ۲/۳۱	۱۱/۰۸ ± ۲/۸۶	۰/۵۸۹	
انگشت دوم تا پنجم	CSE	۴/۷۲ ± ۱/۳۴	۴/۶۳ ± ۱/۳۸	۰/۳۰۷	۰/۹۸۳
	CCSRE	۴/۲۹ ± ۱/۲۰	۴/۱۳ ± ۰/۹۲	۰/۳۹۷	
	کنترل	۴/۶۴ ± ۱/۱۷	۴/۸۶ ± ۱/۱۴	۰/۸۷۹	
استخوان کف پای اول	CSE	۹/۷۰ ± ۲/۳۴	۹/۶۵ ± ۲/۱۵	۰/۷۳۳	۱/۲۵۴
	CCSRE	۹/۳۴ ± ۲/۶۹	۹/۶۵ ± ۲/۶۸	۰/۰۷۶	
	کنترل	۱۰/۶۸ ± ۲/۳۵	۱۰/۶۶ ± ۲/۳۳	۰/۱۸۶	
استخوان کف پای دوم	CSE	۱۸/۱۰ ± ۲/۹۱	۱۷/۹۶ ± ۳/۸۴	۰/۱۷۶	۰/۱۹۸
	CCSRE	۱۷/۲۰ ± ۵/۴۵	۱۷/۰۱ ± ۴/۱۳	۰/۹۷۸	
	کنترل	۱۷/۳۴ ± ۴/۵۱	۱۷/۳۲ ± ۴/۵۹	۰/۶۲۹	
استخوان کف پای سوم	CSE	۱۷/۸۳ ± ۳/۰۶	۱۷/۲۹ ± ۲/۷۴	۰/۴۵۹	۰/۴۸۵
	CCSRE	۱۶/۷۶ ± ۴/۰۵	۱۶/۲۴ ± ۲/۹۸	۰/۹۳۲	
	کنترل	۱۷/۲۱ ± ۲/۲۴	۱۶/۶۷ ± ۲/۵۱	۰/۴۰۵	
استخوان کف پای چهارم	CSE	۱۳/۴۸ ± ۳/۷۰	۱۳/۸۵ ± ۴/۳۸	۰/۱۶۹	۰/۸۱۴
	CCSRE	۱۲/۴۴ ± ۲/۶۵	۱۲/۷۰ ± ۲/۶۸	۰/۲۳۹	
	کنترل	۱۲/۴۲ ± ۲/۵۲	۱۲/۱۱ ± ۲/۹۰	۰/۱۸۵	
استخوان کف پای پنجم	CSE	۸/۴۸ ± ۲/۸۹	۸/۴۰ ± ۲/۶۱	۰/۲۳۱	۰/۲۷۲
	CCSRE	۷/۶۸ ± ۲/۴۱	۷/۹۷ ± ۲/۲۱	۰/۵۳۳	
	کنترل	۸/۱۲ ± ۲/۲۶	۸/۳۹ ± ۲/۰۴	۰/۲۴۰	

			۶/۴۱ ± ۲/۴۳	۶/۲۰ ± ۲/۱۰	CSE	
قسمت میانی پا	۰/۹۵۲	۰/۰۵۰	۶/۱۳ ± ۱/۲۱	۶/۰۹ ± ۱/۵۹	CCSRE	
			۶/۱۶ ± ۱/۵۰	۶/۲۹ ± ۱/۵۳	کنترل	
			۱۳/۵۴ ± ۱/۷۲	۱۴/۵۷ ± ۲/۵۷	CSE	
قسمت داخلی پاشنه	۰/۷۶۷	۰/۲۶۷	۱۳/۵۴ ± ۲/۶۴	۱۳/۶۶ ± ۲/۵۱	CCSRE	
			۱۳/۲۲ ± ۲/۴۱	۱۳/۷۶ ± ۲/۶۲	کنترل	
			۱۳/۱۹ ± ۲/۰۵	۱۳/۷۹ ± ۲/۸۳	CSE	
قسمت خارجی پاشنه	۰/۶۴۸	۰/۴۳۹	۱۲/۴۹ ± ۱/۵۳	۱۳/۳۲ ± ۲/۴۳	CCSRE	
			۱۳/۸۶ ± ۲/۳۶	۱۳/۲۲ ± ۲/۷۳	کنترل	
			۱۳/۱۹ ± ۲/۰۵	۱۳/۷۹ ± ۲/۸۳	CSE	

استخوان کف پایي چهارم ($p=0/076$)، استخوان کف پایي پنجم ($p=0/430$)، قسمت میانی پا ($p=0/536$)، قسمت داخلی پاشنه ($p=0/506$) و قسمت خارجی پاشنه ($p=0/470$) بین گروه‌های پژوهش تفاوت معناداری نداشتند (جدول ۴).

همچنین یافته‌های پژوهش حاضر حاکی از آن بود که پس از هشت هفته مداخلات تمرینی، تعامل گروه در زمان در متغیرهای اوج نیرو در نواحی ده گانه (انگشت شست $p=0/855$)، انگشت دوم تا پنجم ($p=0/608$)، استخوان کف پایي اول ($p=0/102$)، استخوان کف پایي دوم ($p=0/477$)، استخوان کف پایي سوم ($p=0/055$).

جدول ۴. نتایج جدول آنالیز واریانس با اندازه‌های تکراری بر اوج نیروی کف پایي (نیوتن بر سانتی مترمربع) در نواحی ده گانه

بین گروهی		درون گروهی				متغیر
P-value	F	P-value	پس آزمون	پیش آزمون	گروه	
۰/۵۱۶	۰/۶۷۴	۰/۶۶۵	۱۵۵/۷۴ ± ۵۳/۴۲	۱۶۱/۶۹ ± ۴۱/۳۳	CCSRE	انگشت شست
		۰/۳۲۹	۱۶۲/۶۸ ± ۴۴/۸۰	۱۶۱/۹۷ ± ۳۳/۸۹	CSE	
		۰/۲۷۲	۱۷۱/۹۳ ± ۱۷/۰۰	۱۷۴/۳۸ ± ۲۲/۹۳	کنترل	
۰/۱۵۴	۱/۹۶۵	۰/۷۳۱	۵۴/۱۵ ± ۱۷/۳۰	۵۹/۰۰ ± ۲۳/۲۰	CCSRE	انگشت دوم تا پنجم
		۰/۵۶۱	۵۲/۱۴ ± ۱۶/۵۵	۵۵/۳۲ ± ۲۱/۵۸	CSE	
		۰/۳۹۷	۶۵/۹۵ ± ۱۳/۹۹	۶۵/۴۲ ± ۱۴/۴۳	کنترل	
۰/۱۴۹	۱/۹۹۹	۰/۹۳۷	۱۹۱/۹۷ ± ۶۳/۶۶	۱۸۶/۸۹ ± ۵۴/۶۲	CCSRE	استخوان کف پایي اول
		۰/۶۳۷	۱۹۸/۵۶ ± ۵۶/۴۴	۱۷۷/۰۲ ± ۶۳/۹۱	CSE	
		۰/۹۷۹	۱۴۷/۳۶ ± ۳۶/۹۲	۱۶۷/۳۳ ± ۴۲/۹۳	کنترل	
۰/۹۲۷	۰/۰۷۶	۰/۸۴۳	۱۹۲/۴۰ ± ۵۳/۴۶	۱۸۳/۲۰ ± ۴۳/۴۹	CCSRE	استخوان کف پایي دوم
		۰/۸۵۴	۱۸۶/۴۱ ± ۵۱/۸۴	۱۸۶/۶۴ ± ۵۵/۷۷	CSE	
		۰/۹۷۵	۱۹۰/۵۱ ± ۳۲/۳۴	۱۹۵/۱۳ ± ۴۴/۸۷	کنترل	
۰/۲۰۱	۴/۳۴۱	۰/۱۵۶	۲۱۹/۵۱ ± ۳۹/۷۹	۲۱۳/۹۱ ± ۳۶/۴۲	CCSRE	استخوان کف پایي سوم
		۰/۴۵۳	۲۲۳/۴۲ ± ۵۱/۷۸	۲۲۲/۷۳ ± ۴۵/۵۳	CSE	
		۰/۱۳۸	۱۷۷/۲۸ ± ۲۶/۰۷	۱۹۴/۸۷ ± ۱۵/۱۷	کنترل	
۰/۳۵۰	۱/۰۷۸	۰/۵۷۶	۱۷۹/۵۹ ± ۶۴/۶۱	۱۶۶/۱۴ ± ۴۸/۲۱	CCSRE	استخوان کف پایي چهارم
		۰/۶۲۲	۱۷۰/۷۷ ± ۳۱/۴۷	۱۶۲/۷۱ ± ۳۱/۷۹	CSE	
		۰/۳۷۷	۱۷۷/۰۱ ± ۴۴/۸۹	۱۹۴/۱۱ ± ۲۶/۲۱	کنترل	
۰/۰۳۱	۳/۸۱۴	۰/۸۵۱	۷۸/۲۰ ± ۲۷/۷۸	۹۱/۳۶ ± ۱۸/۲۹	CCSRE	استخوان کف پایي پنجم
		۰/۶۱۴	۸۷/۱۵ ± ۲۴/۸۸	۸۳/۲۱ ± ۲۸/۴۵	CSE	
		۰/۵۶۱	۱۰۸/۲۹ ± ۲۶/۵۳	۹۹/۹۶ ± ۱۵/۶۶	کنترل	

			۱۹۹/۶۶ ± ۵۶/۲۳	۱۸۹/۰۸ ± ۴۷/۵۲	CCSRE	
	۰/۶۷۳	۰/۴۰۱	۱۹۶/۰۹ ± ۵۹/۳۴	۱۹۸/۰۳ ± ۵۳/۹۹	CSE	قسمت میانی پا
			۲۱۲/۴۶ ± ۵۰/۸۳	۲۰۸/۴۲ ± ۴۸/۹۱	کنترل	
			۲۷۴/۲۰ ± ۴۶/۹۸	۲۹۰/۹۰ ± ۶۱/۵۱	CCSRE	
	۰/۱۲۶	۰/۸۸۲	۲۸۴/۷۳ ± ۵۶/۲۲	۲۸۸/۰۷ ± ۴۷/۸۸	CSE	قسمت داخلی پاشنه
			۲۸۹/۱۰ ± ۵۰/۵۷	۲۹۴/۶۶ ± ۴۷/۶۰	کنترل	
			۲۵۳/۵۵ ± ۴۷/۲۸	۲۵۵/۶۵ ± ۴۹/۲۲	CCSRE	
	۰/۸۷۲	۰/۱۳۸	۲۵۶/۸۵ ± ۵۰/۰۹	۲۵۷/۹۳ ± ۴۸/۹۸	CSE	قسمت خارجی پاشنه
			۲۴۷/۱۷ ± ۳۸/۳۶	۲۵۱/۷۹ ± ۳۳/۱۱	کنترل	

بحث

هدف از این مطالعه تأثیر تمرینات ثبات مرکزی و ترکیب ثبات مرکزی- تنفسی و مقایسه این دو پروتکل تمرینی بر متغیرهای فشار کف پای بیماران مبتلا به ناپایداری کمری بود. نتایج نشان داد مؤلفه نیروی عکس‌العمل عمودی زمین در گروه CCSRE، مرکز فشار (قدامی- خلفی) در گروه CSE و مرکز فشار (داخلی- خارجی) در گروه CCSRE، مرکز فشار (داخلی- خارجی) در گروه CSE و مرکز فشار (داخلی- خارجی) در گروه CCSRE، مرکز فشار (داخلی- خارجی) در گروه CSE از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون کاهش معناداری داشت که این کاهش در گروه CCSRE بیشتر بود. اما در سایر متغیرهای فشار کف پای (فشار و نیرو در نقاط ده‌گانه) تفاوت معناداری در درون گروه‌ها مشاهده نشد. در گروه کنترل هیچیک از متغیرها تغییر معنی‌داری نداشتند. همچنین در مؤلفه نیروی عکس‌العمل عمودی زمین، مرکز فشار قدامی- خلفی، مرکز فشار داخلی- خارجی و محدوده جابجایی بین گروه‌ها تفاوت معناداری مشاهده شد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که اجرای هشت هفته تمرینات ترکیبی تنفسی- ثباتی، در مؤلفه نیروی عکس‌العمل عمودی زمین و جابجایی مرکز فشار در جهت قدامی خلفی، کاهش معنی‌داری به وجود آورده است. این نتایج نشانگر بهبود تعادل نسبی بدن به دنبال اجرای هشت هفته تمرینات تنفسی و ثباتی می‌باشد. تحقیقات اندکی اثر تمرینات ثبات مرکزی یا تنفسی را بر متغیرهای فشار کف پای در افراد مبتلا به کمردرد مورد بررسی قرار داده‌اند و اکثر تحقیقاتی که در

حیطه تمرینات ثبات مرکزی و تنفسی در بیماران مبتلا به کمردرد انجام شده اثربخشی این تمرینات را بر متغیرهای درد، دامنه حرکتی، حس عمقی و کیفیت زندگی مورد بررسی قرار داده‌اند (۱۸،۲۱،۲۴). غلامی بروجنی و همکاران به بررسی رابطه بین درد و متغیرهای فشار کف پای پرداختند. نتایج آن‌ها حاکی از آن بود که کمردرد عاملی است که می‌تواند کنترل وضعیتی را مختل کند (۲۷). درد کمر تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر ظرفیت‌های عملکردی افراد مبتلا به بی‌ثباتی کمر دارد. محدودیت در فعالیت‌های فیزیکی یکی از دلایل شکایت بیماران می‌باشد، زیرا درد با محدود کردن فعالیت‌های فیزیکی و افزایش ناتوانی عملکردی موجب تحریک دائمی گیرنده‌های درد در افراد مبتلا به کمردرد مزمن می‌شود (۲۶). تغییر در توزیع فشار کف پای در افراد مبتلا به بی‌ثباتی کمر، موجب تغییراتی در عملکرد دوک‌های عضلانی، گیرنده‌های وتری گلژی و سایر گیرنده‌های موجود در مفاصل و عضلات می‌شود که به دنبال آن اطلاعات نادرستی برای حفظ و پایداری و برقراری ثبات تنه ارسال می‌شود. در نتیجه آن عدم تعادل به وجود آمده در تنه باعث اختلال در عملکرد مکانیکی و الگوهای حرکتی ایستا و پویای فرد می‌شود (۱۳). قرار گرفتن در موقعیت‌های ضد درد و اختلالات به وجود آمده حاصل از این وضعیت، تغییراتی مانند چرخش بیش از حد پاشنه به خارج روی خط پیشروی گام برداری را موجب می‌شود و به دنبال آن مرکز فشار داخلی- خارجی و خلفی- قدامی افزایش می‌یابد و

نیاز به پیگیری وجود دارد. همچنین از آنجایی که مردان دارای ناپایداری کمتری در مطالعه حاضر مقایسه شده‌اند؛ بنابراین، یافته‌ها را نمی‌توان به سایر شرایط پاتولوژیک یا مقایسه با مردان سالم تعمیم داد.

نتیجه گیری

پژوهش حاضر نشان داد که تمرینات ترکیبی ثبات مرکزی و تنفسی می‌تواند در مقایسه با تمرینات ثبات مرکزی به تنهایی بر مؤلفه نیروی عکس العمل عمودی زمین و مرکز فشار قدامی- خلفی تأثیرگذار باشد اما موجب تغییرات در مرکز فشار و نیروی نقاط ده گانه نمی‌شود. لذا به فیزیوتراپیست‌ها و درمانگران این حوزه پیشنهاد می‌شود علاوه بر مداخلات درمانی دیگر برای این افراد به تمرینات تنفسی در ترکیب با تمرینات ثبات مرکزی نیز توجه نمایند. از این رو توصیه می‌شود مطالعاتی انجام پذیرد که به طور دقیق‌تر تأثیر این تمرینات و اثرات بلندمدت آن را بر کنترل وضعیتی و بهبود تقارن فشار کف پا، ارزیابی کند.

تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد رشته آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی دانشگاه بوعلی سینای همدان با کد اخلاق IR.BASU.REC.1400.029 می‌باشد که با شماره IRCT20190224042827N3 در مرکز کارآزمایی بالینی ایران به ثبت رسیده است. بدینوسیله از تمامی شرکت‌کنندگانی که در انجام این پژوهش یاری رساندند، تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

موجب تغییراتی در نحوه توزیع فشار کف پای می‌شود (۱۳). هاجز^۱ و همکاران نیز در رابطه با تمرینات تنفسی استدلال کردند که عضلات تنفسی (به ویژه دیافراگم) که در طول کنترل وضعیتی، حیاتی هستند نقش کلیدی در کنترل ستون فقرات ایفا می‌کنند (۲۸). تمرینات تنفسی منجر به بکارگیری دیافراگم شده که این عضله در فشار درون شکمی نیز تأثیر دارد. افزایش قدرت عضلات تنفسی بخصوص دیافراگم منجر به بهبود ستون فقرات می‌شود (۲۸). تمرینات تنفسی منجر به بهبود عملکرد عضله عرضی شکم می‌شود. عضله عرضی شکم حین بازدم منقبض می‌شود. تمرینات ثبات مرکزی شامل تمریناتی هستند که در آن عضله عرضی شکم و عضلات مرکزی بدن بکار گرفته می‌شوند. مطالعات نشان داده‌اند که فعالیت مناسب عضلات عمقی، تراز و کنترل وضعیتی بدن را بهبود می‌بخشد. همچنین، تغییر در تراز بدن بر فشار کف پا تأثیر می‌گذارد (۲۹).

یافته‌های پژوهش حاضر همچنین نشان داد که تغییرات معناداری در متغیرهای اوج فشار و نیروی کف پای در نقاط ده گانه حاصل نشده است. با توجه جستجوهای محققان، مطالعه همسو یا ناهمسوئی یافت نشد که تأثیر تمرینات تنفسی و ثبات دهنده را بر متغیرهای فشار کف پا در نقاط ده گانه بررسی کرده باشد. در مطالعه حاضر عدم معناداری در متغیرهای اوج فشار کف پای در نواحی ده گانه و اوج نیروی کف پای در نواحی ده گانه، احتمالاً به دلیل نوع تمرینات و مدت زمان انجام تمرینات باشد این احتمال وجود دارد که تمرین طولانی مدت عضلات عمقی بتواند موجب ایجاد تغییرات در توزیع فشار کف پای و تقارن فشار کف پا شود.

از محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به عدم تعیین تأثیر بلندمدت مداخلات انجام‌شده اشاره کرد؛ لذا به‌منظور تعیین تأثیر بلندمدت مداخلات انجام شده،

¹ Hodges

References

- 1- Yarahmadi Y, Hadadnejad M, Shojaedin SS. Effect of TRX resistance training on functional capacity and lumbar range of motion of middle aged men with non-specific chronic low back pain. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2019;8(1):119–27 [Persian].
- 2- Clark S, Horton R. Low back pain: a major global challenge. *Lancet*. 2018; 391(10137): 2302-2312.
- 3- Ezadi H, Ghanizadeh Hesar N. The effect of eight weeks of selected exercises in water on pain and balance of female nurses with chronic back pain. *Journal of Sport Biomechanics*. 2021;6(4):44–55 [Persian].
- 4- Heydari M, Babamiri M, Karimi S, Rostami F. A survey of relationship between severity and pain states with disability in patients with low back pain. *Journal of Anesthesiology and Pain*. 2018;8(4):37-45 [Persian].
- 5- Letafatkar A, Javdaneh N. Comparison of physical therapy with and without positional release techniques on the pain, disability and range of motion of patients with chronic low back pain. *Journal of Anaesthesia and Pain*. 2019;10(1):11-21 [Persian].
- 6- Khaledi A, Bayattork M, Gheitasi M. The effectiveness of exercise therapy on improving pain and functional disability in patients with non-specific chronic low back pain: a Systematic review of english clinical trials. *Journal of Anesthesiology and Pain*. 2020;11(2):89–107 [Persian].
- 7- Rubinstein SM, De Zoete A, Van Middelkoop M, Assendelft WJJ, De Boer MR, Van Tulder MW. Benefits and harms of spinal manipulative therapy for the treatment of chronic low back pain: systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *British Medical Journal*. 2019;364(1689):1-15.
- 8- Taghipour Darzi M, Ebrahimi Takamjani E, Salavati M, Mobini B, Zekavat H. Translation and rotational profiles of lumbar vertebrae in flexion-extension radiography. *Knowledge and Health*. 2010;4(4):1–6 [Persian].
- 9- O’Sullivan PB. Lumbar segmental “instability”: clinical presentation and specific stabilizing exercise management. *Manual Therapy*. 2000;5(1):2–12.
- 10- Barr KP, Griggs M, Cadby T. Lumbar stabilization: core concepts and current literature, part 1. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2005;84(6):473–80.
- 11- Gandomi F, Soufivand P, Fadaei Dehcheshmeh P. Studying the pattern of foot pressure distribution, symmetry index, and center of pressure sways in women with back pain due to lumbar disc herniation: a descriptive study. *Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences*. 2021;20(5):487–502 [Persian].
- 12- Jafarnejadgero A, Ghane G, Valizadehorang A, Malekabadi AM. A comparison of planatar pressure variables during three differnt running patterns in pronated feet individuals with and without low back pain. *Pain*. 2020;11(3):77-87 [Persian].
- 13- Seify F, Mamashli E, Jafarnejadgero A, Dehghani M, Katanchi M, Alavi-Mehr SM. The effect of eight-week elastic walking exercise on the pattern of plantar pressure distribution in women with chronic low back pain during walking. *Medical Journal of Tabriz University of Medical Sciences*. 2021;42(6):713-21 [Persian].
- 14- O’Sullivan PB, Beales DJ. Changes in pelvic floor and diaphragm kinematics and respiratory patterns in subjects with sacroiliac joint pain following a motor learning intervention: a case series. *Manual Therapy*. 2007;12(3):209–18.
- 15- Kolář P, Šulc J, Kynčl M, Šanda J, Čakrt O, Andel R, et al. Postural function of the diaphragm in persons with and without chronic low back pain. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2012;42(4):352–62.
- 16- Hagins M, Lamberg EM. Individuals with low back pain breathe differently than healthy individuals during a lifting task. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2011;41(3):141–48.
- 17- Janssens L, Brumagne S, Polspoel K, Troosters T, McConnell A. The effect of inspiratory muscles fatigue on postural control in people with and without recurrent low back pain. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010;35(10):1088–94.

- 18- Otadi K, Nakhostin Ansari N, Sharify S, Fakhari Z, Sarafraz H, Aria A, et al. Effects of combining diaphragm training with electrical stimulation on pain, function, and balance in athletes with chronic low back pain: a randomized clinical trial. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*. 2021;13(1):13-20.
- 19- Kumar SP. Efficacy of segmental stabilization exercise for lumbar segmental instability in patients with mechanical low back pain: a randomized placebo controlled crossover study. *North American Journal of Medicine & Science*. 2011;3(10):456-61.
- 20- Kocjan J, Gzik-Zroska B, Nowakowska K, Burkacki M, Suchoń S, Michnik R, et al. Impact of diaphragm function parameters on balance maintenance. *PLoS One*. 2018;13(12):1-14.
- 21- Oh YJ, Park SH, Lee MM. Comparison of effects of abdominal draw-in lumbar stabilization exercises with and without respiratory resistance on women with low back pain: a randomized controlled trial. *International Medical Journal of Experimental and Clinical Research*. 2020;26:e921295-1-e921295-9.
- 22- Park SH, Lee MM. Effects of progressive neuromuscular stabilization exercise on the support surface on patients with high obesity with lumbar instability: a double-blinded randomized controlled trial. *Medicine*. 2021;100(4):1-8.
- 23- Farahpour N, Jafarnejhad AA, Damavandi M, Bakhtiari A, Allard P. Gait ground reaction force characteristics of low back pain patients with pronated foot and able-bodied individuals with and without foot pronation. *Journal of Biomechanics*. 2016;49(9):1705-10.
- 24- Park SH, Lee MM. Effects of a progressive stabilization exercise program using respiratory resistance for patients with lumbar instability: a randomized controlled trial. *Medical Science Monitor*. 2019;25:1740-48.
- 25- Shaw I, Shaw BS, Brown GA. Role of diaphragmatic breathing and aerobic exercise in improving pulmonary function and maximal oxygen consumption in asthmatics. *Science Sports*. 2010;25(3):139-45.
- 26- Hodges PW, Gandevia SC. Changes in intra-abdominal pressure during postural and respiratory activation of the human diaphragm. *Journal of Applied Physiology*. 2000;89(3):967-76.
- 27- Gholami Borujeni B, Yalfani A. Postural control and plantar pressure symmetry in male and female athletes with chronic low back pain when performing overhead squat. *Journal of Kerman University of Medical Sciences*. 2019;26(4):307-15 [Persian].
- 28- Hodges PW, Eriksson AM, Shirley D, Gandevia SC. Intra-abdominal pressure increases stiffness of the lumbar spine. *Journal of Biomechanics*. 2005;38(9):1873-80.
- 29- Herrington L, Davies R. The influence of Pilates training on the ability to contract the transversus abdominis muscle in asymptomatic individuals. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2005;9(1):52-57.