



Effects of eight weeks of corrective exercises on plantar pressure distribution and lumbar disc structure in women with lumbar disc herniation

Mahboobe Rahimzadeh , Seyed Aliakbar Hashemi Javaheri  Nahid Khoshraftar Yazdi

Department of Sports Injury and Corrective Exercises, Faculty of Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Received: 2024/01/03

Accepted: 2024/06/02

Abstract

Background and Aim: Lumbar disc herniation is one of the most common spinal degenerative disorders, which may cause low back pain (LBP) and subsequently lead to impaired postural motor coordination. This study aimed to investigate the effect of eight weeks of corrective exercises on plantar pressure distribution and lumbar disc structure in women with lumbar disc herniation.

Materials and Methods: In this semi-experimental study with a pretest-posttest design, the statistical population included women (aged 45 to 55) with low back pain caused by disc herniation residing in Mashhad. A total of 30 participants were selected as the statistical sample and randomly assigned into two groups: experimental (n=15) and control (n=15). The amount of plantar pressure distribution and the height and structure of the lumbar discs L4-L5 and L5-S1 were measured using a plantar pressure scanner and an MRI, respectively, before and after an 8-week intervention. The training program consisted of 45 to 60 minutes of corrective exercise, three sessions per week for eight weeks. During this period, control group participants did not take part in any regular exercise programs. Significance level was set at $P \leq 0.05$.

Result: At the end of eight weeks of intervention, there were significant differences in pressure distribution of the right foot ($P < 0.001$) and left ($P < 0.001$), lumbar disc height L4-L5 ($P = 0.02$), lumbar disc height L5-S1 ($P = 0.04$), L4-L5 lumbar disc protrusion ($P = 0.02$), and L5-S1 lumbar disc protrusion ($P = 0.01$) between the experimental and control groups.

Conclusion: In general, the results of the present study showed that corrective exercises can improve plantar pressure, increase height, and reduce protrusion of the L4-L5 and S1-L5 lumbar discs. Therefore, people with back pain caused by disc herniation can benefit from this corrective exercise program to improve their condition.

Keywords: Rehabilitation exercises; plantar pressure; intervertebral disc structure; women's health.

Please cite this article as:

Rahimzadeh M, Hashemi Javaheri S A, Khoshraftar Yazdi N. Effects of eight weeks of corrective exercises on plantar pressure distribution and lumbar disc structure in women with lumbar disc herniation. Irtiqa Imini Pishgiri Masdumiyat 2023;11(4):269-284. <https://doi.org/10.22037/iipm.v11i3.44388>

*Corresponding Author: hashemi_j@um.ac.ir

تأثیر هشت هفته تمرینات اصلاحی بر توزیع فشار کف پای و ساختار دیسک کمر در زنان مبتلا به بیرون‌زدگی دیسک کمر

محبوبه رحیم زاده ^{id}، سید علی اکبر هاشمی جواهری ^{id}*، ناهید خوشرفتار یزدی

گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۱۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۳

چکیده

سابقه و هدف: بیرون‌زدگی دیسک کمر یکی از شایع‌ترین اختلالات دژنراتیو ستون فقرات است که ممکن است باعث کمردرد و در ادامه منجر به اختلال در هماهنگی حرکتی وضعیتی شود. هدف از این مطالعه بررسی تأثیر هشت هفته تمرینات اصلاحی بر توزیع فشار کف پای و ساختار دیسک کمر در زنان مبتلا به بیرون‌زدگی دیسک بود.

روش بررسی: در این تحقیق نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون، جامعه آماری شامل زنان (۴۵ تا ۵۵ سال) دارای کمردرد ناشی از بیرون‌زدگی دیسک ساکن شهر مشهد بود که تعداد ۳۰ نفر به عنوان نمونه آماری انتخاب و به طور تصادفی به دو گروه تجربی (۱۵ نفر) و کنترل (۱۵ نفر) تقسیم شدند. میزان توزیع فشار کف پای و ارتفاع و ساختار دیسک کمری L4-L5 و L5-S1 به ترتیب با استفاده از دستگاه اسکتر فشار کف پا و تصویربرداری پرتو مغناطیسی، قبل و بعد از یک مداخله هشت هفته‌ای اندازه‌گیری شد. برنامه تمرینی شامل ۴۵ تا ۶۰ دقیقه تمرین اصلاحی با تواتر سه جلسه در هفته و به مدت هشت هفته بود. در طول دوره، گروه کنترل در هیچ برنامه تمرینی منظمی شرکت نکردند. سطح معنی‌داری $P \leq 0.05$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: در پایان هشت هفته مداخله، تفاوت معنی‌داری در میزان توزیع فشار کف پای راست ($P < 0.001$) و چپ ($P < 0.001$)، ارتفاع دیسک کمری L4-L5 ($P = 0.02$)، ارتفاع دیسک کمری L5-S1 ($P = 0.04$)، بیرون‌زدگی دیسک کمری L4-L5 ($P = 0.02$) و بیرون‌زدگی دیسک کمری L5-S1 ($P = 0.01$) بین دو گروه تجربی و کنترل مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: به طور کلی نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تمرینات اصلاحی می‌تواند باعث بهبود فشار کف پای، افزایش ارتفاع و کاهش بیرون‌زدگی دیسک‌های کمری L4-L5 و L5-S1 شود. از اینرو، افراد دارای کمردرد ناشی از بیرون‌زدگی دیسک می‌توانند از این برنامه تمرینات اصلاحی جهت بهبود شرایط خود بهره ببرند.

واژگان کلیدی: تمرینات توانبخشی؛ فشار کف پای؛ ساختار دیسک بین‌مهره‌ای؛ سلامت زنان.

به این مقاله، به صورت زیر استناد کنید:

Rahimzadeh M, Hashemi Javaheri S A, Khoshraftar Yazdi N. Effects of eight weeks of corrective exercises on plantar pressure distribution and lumbar disc structure in women with lumbar disc herniation. Irtiqa Imini Pishgiri Masdumiyat 2023;11(4):269-284. <https://doi.org/10.22037/iipm.v11i3.44388>

*نویسنده مسئول مکاتبات: hashemi_j@um.ac.ir

مقدمه

در جوامع مدرن، کمردرد یکی از شایع‌ترین و پرهزینه‌ترین بیماری‌ها است (۱)؛ به‌طوری‌که بیش از ۶۰ درصد افراد در طول زندگی خود با کمردرد مواجه می‌شوند (۲). همچنین، تخمین زده می‌شود که یک فرد، تقریباً در ۸۰ درصد از طول عمر خود، دارای درد کمر می‌باشد (۳). درد کمر در سنین ۳۵ تا ۵۵ سال بسیار شایع است و تقریباً بین ۲ تا ۷ درصد از کمردردهای حاد به کمردردهای مزمن تبدیل می‌شوند، که این امر منجر به ناتوانی‌های شغلی و فعالیت‌های روزانه می‌شود (۳-۵).

کمردرد به عنوان یک اختلال اسکلتی - عضلانی، به دلیل عدم تحرک، تغییر سبک زندگی، وضعیت کار و رژیم غذایی بسیار شایع شده است. در واقع کمردرد مزمن، وضعیت بالینی همراه با تظاهرات بالینی متوسط تا شدید در قسمت تحتانی ستون فقرات در گذر زمان است که در وضعیت‌های پیشرفته می‌تواند با بیرون‌زدگی دیسک و یا پارگی دیسک همراه باشد که در اثر استرس‌های مکانیکی، نیروی وارده غیرمتعارف، ناهنجاری‌های قامتی و پاسچر، ضعف عضلات مرکزی، چاقی و سبک زندگی ایجاد می‌گردد. این وضعیت می‌تواند با توزیع نامتقارن الگوی فشار کف پای در طول زمان همراه باشد (۶، ۷). بیرون‌زدگی دیسک بین مهره‌ای در ناحیه کمری یکی از مهم‌ترین علل شایع درد، به ویژه در دهه‌های سوم و چهارم زندگی است (۸).

درد در ناحیه خاجی - کمری، لگن و ران ایجاد می‌شود و دارای ماهیت مکانیکی است. در این زمینه، نشان داده شده است که تغییرات دژنراتیو یا جراحی در مراحل پیشرفته‌تر، باعث آسیب به سطوح مفصلی و دیسک‌های بین مهره‌ای می‌شود که می‌تواند منجر به تشدید درد در قسمت کمر گردد (۹). یکی از تظاهرات بالینی بیرون‌زدگی دیسک، درد است که باعث می‌شود فرد در زمان ایستادن، راه رفتن و فعالیت ورزشی مکانیزم‌های جبرانی بیشتری به کار گیرد (۱۰). در بیماران مبتلا به کمردرد مزمن، الگوی راه رفتن تغییر کرده که در بلندمدت نه تنها سبب تغییرات جبرانی پاسچر می‌شود بلکه باعث توزیع نامتقارن الگوی فشار کف پای نیز می‌شود و می‌تواند ناهنجاری در ساختار اسکلتی قامتی را به دنبال داشته باشد (۱۱، ۱۴). توزیع نامناسب نیروها در کف پا سبب وارد شدن فشار نامتعارف به بخش‌های مختلف کف پا می‌شود. همچنین تغییرات در دریافت اطلاعات حسی - عمقی عضلات، اندام و تری گلژی و مفاصل در افراد دارای کمردرد

مشاهده شده است (۱۵). از اینرو، این تغییرات سبب بروز وضعیت‌های ایستا و پویای نامناسب و غیرمتقارن در فرد مبتلا می‌شود که با بروز دردهای یکطرفه در کمر، میزان توزیع نامتقارن تشدید می‌شود (۱۶). نشان داده شده است که اختلاف فشار بین پاها در افراد مبتلا به کمردرد نسبت به افراد سالم بیشتر بوده و میزان جابجایی قدامی - خلفی برای جلوگیری از درد نیز زیاده‌تر می‌گردد (۱۵، ۱۷) که همگی روی تغییرات مرکز ثقل و تعادل تأثیر نامطلوب دارند (۱۸).

روش‌های مختلفی برای درمان بیرون‌زدگی دیسک کمر از جمله جراحی و تجویز داروهای مسکن و همچنین تزریق استروئید اپیدورال ارائه شده است (۱۹-۲۱). تمرینات ورزشی به دلیل نداشتن عوارض جانبی، مقرون به صرفه بودن و بهبود کیفیت زندگی مورد حمایت متخصصان قرار گرفته است. شیوه‌های مختلف تمرین مانند تمرین در آب، تمرینات اصلاحی، مقاومتی، استقامتی، ثبات‌دهنده مرکزی و انعطاف‌پذیری و همچنین ماساژ درمانی می‌تواند به تسکین یا از بین بردن درد، بهبود پاسچر و تقویت عضلات مرکزی کمک کند (۲۱-۲۶)؛ که به نوبه خود باعث بهبود کیفیت زندگی افراد مبتلا می‌شود. به عنوان مثال، ژانگ و همکاران (۲۰۱۹) اثر هشت هفته تمرین قدرتی ایزوکنتیک تنه را بر عملکرد عضلانی و حس عمقی در افراد دارای بیرون‌زدگی مزمن ناحیه کمری بررسی کردند و نشان دادند که تمرین مقاومتی ایزوکنتیک نسبت به تمرین عضلات مرکزی در بهبود حس عمقی کمر و عملکرد عضلات کمری برتری دارد (۲۷).

با در نظر داشتن تمامی موارد، بیرون‌زدگی دیسک با علت‌های مختلف که بر الگوهای توزیع فشار کف پای و ایجاد مکانیزم‌های جبرانی به منظور کاهش درد اثر می‌گذارد، به عنوان یک چالش اساسی که سبب اختلال در زندگی فرد می‌شود، شناخته شده است. از طرفی، شواهد حمایتی به منظور استفاده از برنامه‌های تمرینی به عنوان یک راهکار مداخله‌ای مناسب مداخله‌ای نیز وجود دارد. با این حال، با وجود شواهد فراوان درباره تأثیرات مثبت تمرینات، مطالعات بیشتری برای شناسایی دقیق‌تر اثرات برنامه‌های تمرینی بر تغییرات ساختار دیسک و الگوی توزیع فشار کف پای در افراد مبتلا به بیرون‌زدگی دیسک مورد نیاز است. بنابراین، هدف این پژوهش بررسی تأثیر هشت هفته تمرینات اصلاحی جامع بر تغییرات ساختار مهره‌های کمری L4-L5، L5-S1 و الگوی فشار کف پای در زنان دارای بیرون‌زدگی دیسک تأثیری بود.

روش کار

این پژوهش از نوع نیمه تجربی با طرح پیش آزمون و پس آزمون روی دو گروه (تجربی و کنترل) بود که در سال ۱۴۰۰ در شهر مشهد انجام شد. جامعه آماری تحقیق را زنان میانسال مبتلا به کمردرد ناشی از بیرون زدگی دیسک تشکیل دادند. ابتدا با نصب پوستر در سالن های ورزشی و تبلیغات در فضای مجازی از افراد داوطلب برای شرکت در پژوهش دعوت به عمل آمد. انتخاب شرکت کنندگان براساس شرایط و ضوابط ورود به طرح پژوهش بود. معیارهای ورود به پژوهش شامل: دامنه سنی بین ۴۵ تا ۵۵ سال، تایید بیرون زدگی دیسک از طریق MRI در ناحیه L5-L4 و L5-S1 بصورت خلفی - جانبی توسط پزشک متخصص، شرکت نکردن در فعالیت های ورزشی در شش ماه گذشته، شاخص توده بدنی بین ۲۵ تا ۳۰ کیلوگرم بر مترمربع و برخورداری از سلامت کامل جسمانی (عدم بیماری های قلبی - عروقی و متابولیکی) و روانی بود. همچنین معیارهای خروج از تحقیق شامل غیبت سه جلسه متوالی در تمرینات اصلاحی و یا تشدید وضعیت درد کمر آزمودنی ها بود. پس از اینکه شرکت کنندگان بصورت داوطلبانه اعلام آمادگی کردند، تعداد ۳۰ بیمار زن داوطلب به روش نمونه گیری هدفمند و در دسترس انتخاب و به صورت تصادفی در دو گروه تمرین (۱۵ نفر) و کنترل (۱۵ نفر) تقسیم شدند. اندازه نمونه از طریق برنامه G-Power با در نظر گرفتن مولفه های اندازه اثر ۰/۵۰، خطای آلفای ۰/۰۵ و توان آزمون آماری ۰/۸۰ تعیین شد. با این حال، به دلیل ریزش یا انصراف احتمالی شرکت کنندگان از پژوهش، به میزان ۱۵ درصد به حجم نمونه اضافه گردید و حجم نمونه به ۳۰ نفر افزایش یافت.

در این پژوهش اصول اخلاقی از جمله رضایت آگاهانه کتبی، حفظ بی نامی، رازداری و اختیار شرکت کنندگان برای ترک پژوهش رعایت شد. همچنین، به منظور رعایت منشور اخلاقی به تمامی شرکت کنندگان توسط محقق درباره چگونگی اجرای طرح و هم چنین درباره خطرات و مزایای شرکت در این طرح، اطلاعات کامل داده شد. در اولین جلسه حضور شرکت کنندگان در آزمایشگاه دانشکده علوم ورزشی دانشگاه فردوسی مشهد، فرم ها و پرسشنامه های مربوطه به هر شرکت کننده داده شد و از آنها خواسته شد که با دقت مطالعه و آن را تکمیل نمایند.

در روز نخست، قد و وزن هر شرکت کننده اندازه گیری شد.

شرکت کنندگان بدون کفش و با توزیع مساوی وزن روی هر دو پا می ایستادند و قد آن ها با استفاده از یک تخته افقی که بر روی سر قرار می گرفت، اندازه گیری می شد. وزن هر فرد نیز با حداقل لباس و با استفاده از ترازو ثبت می گردید.

در جلسه دوم (۲۴ ساعت بعد)، با برنامه زمانبندی مشخص شده، تست الگوی فشار کف پای انجام شد. در جلسه سوم و با توجه به نوبت دهی بخش رادیولوژی بیمارستان قائم مشهد، تست های تصویربرداری پرتو مغناطیسی برای تعیین میزان ارتفاع دیسک و شاخص بیرون زدگی دیسک توسط فرد متخصص رادیولوژی انجام شد.

فشار کف پا با استفاده از اسکنر فشار کف پا (فوت اسکن، فوت پرشر) PT-SCAN ارزیابی شد. نحوه اندازه گیری به صورت یک سو کور بود. ابتدا نحوه اجرای آزمون توسط محقق به هر شرکت کننده توضیح داده شد. سپس هر شرکت کننده چندین بار روی مسیر اندازه گیری راه رفت تا از مصنوعی نبودن راه رفتن و هم چنین سرعت راه رفتن طبیعی اطمینان حاصل شود (میانگین سرعت راه رفتن پنج کیلومتر در ساعت) (۲۸). برای اندازه گیری فشار کف پای پویا، با قرارگیری روی مسیر راه رفتن پنج متری (۲۹)، توزیع فشار کف پای چپ و راست اندازه گیری شد. هر شرکت کننده سه مرتبه روی مسیر قرار گرفت و طبیعی ترین کوشش راه رفتن به عنوان توزیع فشار کف پای چپ و راست ثبت شد. همچنین با قرارگیری بصورت ایستاده، فشار کف پای برای مقایسه پای چپ و راست ثبت گردید (۲۹، ۳۰).

همچنین، تغییرات دیسک کمری با استفاده از دستگاه تشخیصی تصویربرداری پرتو مغناطیسی بررسی شد. براساس برنامه زمانی مشخص در نوبت صبح ساعت ۷ با مراجعه به آزمایشگاه، هر شرکت کننده این تست را انجام داد و توسط فرد متخصص ارتفاع و ساختار دیسک کمری L5-S1 و L4-L5 تعیین شد. با استفاده از فرمول های زیر میزان ارتفاع بیرون زدگی دیسک و شاخص بیرون زدگی دیسک توسط فرد متخصص محاسبه گردید (۳۱، ۳۲):

$$\text{ارتفاع دیسک} = (A+B+C) \div 3$$

A: ارتفاع قدامی دیسک (میلی متر)

B: ارتفاع میانی دیسک (میلی متر)

C: ارتفاع خلفی دیسک (میلی متر)

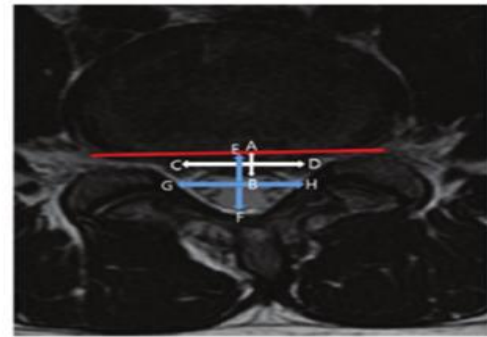
شاخص بیرون زدگی دیسک = $1000 \times ([AB \times CD] / [EF \times GH])$

AB: بیشترین طول قدامی - خلفی دیسک بین مهره‌ای

CD: عرض ناحیه بیرون زدگی شده در ناحیه میانی AB

EF: بیشترین طول قدامی خلفی کانال نخاعی

GH: عرض کانال نخاعی در ناحیه میانی خط AB



شکل ۱: نحوه اندازه گیری ساختار و ارتفاع بیرون زدگی دیسک

پس از اندازه گیری داده‌های پیش‌آزمون، شرکت‌کنندگان در گروه تجربی به مدت هشت هفته، هفته‌ای سه جلسه و هر جلسه ۶۰ دقیقه بر برنامه تمرینات اصلاحی جامع شرکت کردند و مجدداً تمام اندازه‌گیری‌ها، مشابه مرحله پیش‌آزمون، تکرار شد. لازم به ذکر است که گروه کنترل فعالیت‌های روزمره خود را انجام می‌دادند.

برنامه تمرینات اصلاحی جامع (پیوست ۱) به مدت هشت هفته طراحی شده بود که با تواتر سه جلسه در هفته به مدت ۴۵ تا ۶۰ دقیقه در هر جلسه و به صورت گروهی در سالن ورزشی مجموعه ۲۲ بهمن دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. کلیه تمرینات توسط فرد متخصص طراحی شده بود و زیر نظر محقق انجام شد. در شروع هر جلسه تمرینی، شرکت‌کنندگان به مدت ۱۰ دقیقه به گرم کردن و انجام حرکات کششی پرداختند و پس از آن برنامه اصلی انجام شد و در پایان نیز به مدت ۱۰ دقیقه به سرد کردن پرداختند. بخش اصلی تمرینات به صورت زیر بود. مرحله اول به صورت مهارتی و پسیو؛ مرحله دوم با کمک؛ مرحله سوم با وزن عضو؛ مرحله چهارم شامل تمرینات عصبی - عضلانی؛ مرحله پنجم شامل تمرینات ایزومتریک مقاومتی ایستا؛ مرحله ششم شامل تمرینات ایزوتونیک (مقاومتی و استقامت موضعی)؛ مرحله هفتم شامل تمرینات قدرتی؛ مرحله هشتم شامل تمرینات اختصاصی؛ مرحله نهم شامل تمرینات شبیه‌سازی شده و مرحله دهم شامل تمرینات بهبود عملکرد و انجام یکپارچه‌سازی بود (پیوست ۱).

در پایان پس از جمع‌آوری و وارد کردن اطلاعات در محیط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶، داده‌های خام مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. به‌طوری‌که برای محاسبه شاخص‌های گرایش مرکزی و پراکندگی، از آمار توصیفی استفاده شد. همچنین آزمون شاپیرو-ویلک جهت بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها و آزمون لون جهت بررسی همگنی واریانس گروه‌ها استفاده گردید. سپس به منظور بررسی تفاوت‌های درون‌گروهی و بین‌گروهی از آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌های مکرر ۲ (گروه: کنترل و تجربی) $\times$ ۲ (مرحله: پیش‌آزمون و پس‌آزمون) استفاده شد. علاوه بر این، برای نشان دادن اندازه اثر در آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر، Partial eta-squared (η^2_p) گزارش شد. برای آزمون فرضیه‌ها و تفسیر نتایج، سطح معنی‌داری $P < 0.05$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

براساس نتایج آزمون شاپیرو - ویلک، توزیع داده‌ها در تمامی متغیرها در هر دو گروه نرمال بود. همچنین، نتایج تست لون نیز نشان داد که در تمامی متغیرها واریانس گروه‌ها همگن بود ($P > 0.05$). جدول ۱ داده‌های مربوط به ویژگی‌های فردی شرکت‌کنندگان از جمله (سن، قد، وزن و شاخص توده بدن) را نشان می‌دهد که با توجه به آزمون تی مستقل، بین گروه‌ها در این متغیرها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت.

جدول ۱: آماره‌های گرایش مرکزی و پراکندگی ویژگی‌های فردی شرکت‌کنندگان

گروه متغیر	تجربی (انحراف استاندارد $\pm$ میانگین)	کنترل (انحراف استاندارد $\pm$ میانگین)
سن (سال)	۴۸/۶۹ $\pm$ ۶/۱۱	۴۶/۸۴ $\pm$ ۴/۵۲
قد (متر)	۱۶۲/۰۷ $\pm$ ۳/۵۹	۱۶۲/۵۳ $\pm$ ۴/۲۷
وزن (کیلوگرم)	۶۶/۹۷ $\pm$ ۴/۶۵	۶۶/۲۶ $\pm$ ۴/۶
شاخص توده بدن (کیلوگرم/مترمربع)	۲۵/۳۳ $\pm$ ۱/۷۱	۲۴/۸۷ $\pm$ ۱/۳۲

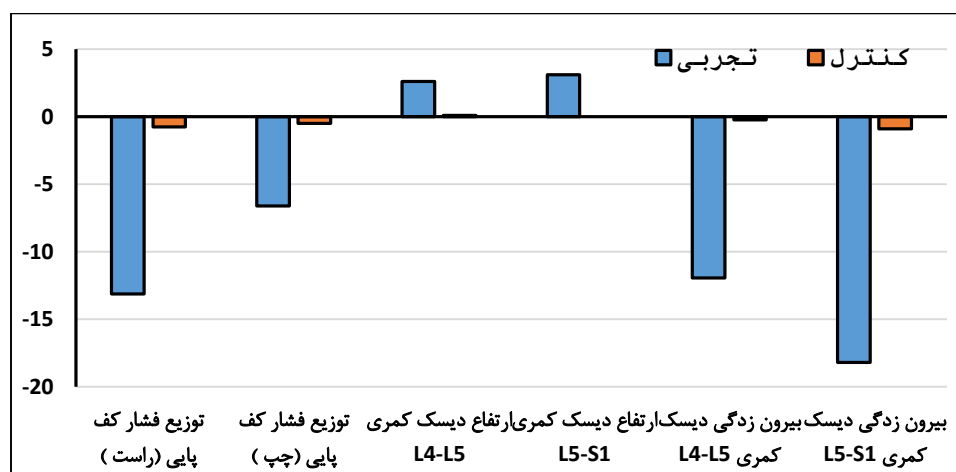
نتایج حاصل از اندازه‌گیری متغیرهای وابسته در جدول ۲ نشان داده شده است. بر اساس نتایج آزمون تحلیل واریانس اندازه‌های تکراری، اثر زمان تنها در گروه تجربی در تمام متغیرهای وابسته در سطح خطای پنج درصد معنی‌دار بود. همچنین، اثر گروه نیز برای تمام متغیرها معنی‌دار بود.

جدول ۲: مقایسه متغیرهای وابسته در دو گروه طی مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون

η^2_p	سطح معنی‌داری		انحراف استاندارد $\pm$ میانگین		گروه‌ها	متغیرها
	اثر گروه	اثر زمان	پس‌آزمون	پیش‌آزمون		
۱/۵۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	$44/36 \pm 3/06$	$51/06 \pm 3/39$	تجربی	توزیع فشار کف پایي راست
			$50/43 \pm 4/64$	$50/81 \pm 4/76$	کنترل	(پاسکال)
۱/۵۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	$46/39 \pm 3/89$	$49/68 \pm 5/24$	تجربی	توزیع فشار کف پایي چپ
			$52/96 \pm 4/61$	$53/22 \pm 4/30$	کنترل	(پاسکال)
۰/۹۷	۰/۰۲۰	۰/۰۰۱	$9/74 \pm 0/30$	$9/49 \pm 0/35$	تجربی	ارتفاع دیسک کمری
			$9/42 \pm 0/37$	$9/41 \pm 0/37$	کنترل	L4-L5 (میلی‌متر)
۰/۸۸	۰/۰۴۰	۰/۰۰۱	$9/70 \pm 0/31$	$9/41 \pm 0/39$	تجربی	ارتفاع دیسک کمری
			$9/42 \pm 0/32$	$9/42 \pm 0/34$	کنترل	L5-S1 (میلی‌متر)
۰/۵۵	۰/۰۲۲	۰/۰۰۱	$3/47 \pm 1/53$	$3/94 \pm 1/69$	تجربی	بیرون‌زدگی دیسک کمری
			$4/19 \pm 1/01$	$4/20 \pm 1/02$	کنترل	L4-L5 (میلی‌متر)
۱/۰۱	۰/۰۱۲	۰/۰۰۱	$3/51 \pm 0/69$	$4/29 \pm 0/90$	تجربی	بیرون‌زدگی دیسک کمری
			$4/42 \pm 1/06$	$4/46 \pm 1/06$	کنترل	L5-S1 (میلی‌متر)

یافت. علاوه بر این، ارتفاع دیسک کمری در مهره‌های L4-L5 و L5-S1 به ترتیب ۲/۶ و ۳/۱ درصد بهبود یافت. در پایان نیز، بیرون‌زدگی دیسک‌های کمری در مهره‌های L4-L5 و L5-S1 به ترتیب ۱۱/۹۳ و ۱۸/۱۸ درصد بهبود یافت.

همچنین، درصد تغییرات هر کدام از متغیرهای وابسته در پاسخ به هشت هفته مداخله تمرینات اصلاحی جامع در نمودار ۱ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود توزیع فشار کف پا در گروه تجربی در هر دو پای راست و چپ به ترتیب ۱۳ و ۶ درصد کاهش



نمودار ۱. درصد تغییرات متغیرهای وابسته به دنبال هشت هفته مداخله

S1 در زنان مبتلا به بیرون‌زدگی دیسک کمر به طور معنی‌داری تاثیر داشت.

در مطالعه سیفی و همکاران، کاهش معنی‌داری در اوج نیروی عکس-العمل زمین مشاهده شد. این محققان اثر هشت هفته تمرینات راه

بحث:

نتایج مطالعه حاضر نشان داد هشت هفته برنامه تمرینات اصلاحی جامع بر توزیع فشار کف پایي، ارتفاع دیسک کمری مهره‌های L5-L4 و L5-S1 و میزان بیرون‌زدگی دیسک کمری مهره‌های L5-L4 و L5-S1

گیرنده‌های حس عمقی می‌باشد (۱۳، ۴۲) که باعث افزایش فشار کف پا هنگام راه رفتن می‌شود. بنابراین این احتمال وجود دارد که تمرینات به کار گرفته شده در پژوهش حاضر از قبیل تمرینات عصبی-عضلانی، ایزومتریک و مقاومتی، باعث بهبود تعادل افراد و متعاقب آن کاهش فشار کف پای شده باشد، چرا که مطالعات نشان داده‌اند که بهبود قدرت عضلات ثبات مرکزی و اندام تحتانی باعث بهبود تعادل افراد دارای کمردرد مزمن می‌شود (۲۵، ۴۴، ۴۳).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که هشت هفته برنامه تمرینات اصلاحی جامع بر ارتفاع دیسک کمری و بیرون زدگی دیسک کمری L4-L5 و S1-L5 در زنان مبتلا به بیرون زدگی دیسک کمر تاثیر معنی‌داری داشت. تمرینات اصلاحی باعث افزایش ارتفاع در دیسک کمری L4-L5 به میزان ۰/۲۵ میلی‌متر و در دیسک S1-L5 برابر ۰/۲۹ میلی‌متر بود. علاوه بر این، میزان بیرون زدگی دیسک کمری L4-L5 و S1-L5 به ترتیب ۰/۴۷ و ۰/۷۸ میلی‌متر کاهش یافت. تنها یک مطالعه در این زمینه یافت شد که توسط خانزاده و همکاران انجام شده بود. این محققان تاثیر یک جلسه تمرینات معلق را بر ارتفاع و ساختار دیسک بین مهره‌ای بررسی کردند و با اینکه بهبود مشاهده شد، از نظر آماری تفاوت معنی‌داری گزارش نشد (۴۵)؛ که با یافته‌های ما ناهمخوان است. شاید از جمله مهمترین دلایل ناهمخوانی این یافته‌ها را بتوان به طول مداخله ارتباط داد.

به طور کلی تمرینات به کار گرفته شده در پژوهش حاضر احتمالاً باعث کاهش فشار از روی ستون فقرات کمری شده است که متعاقب آن افزایش ارتفاع بین مهره‌های کمری و کاهش بیرون زدگی دیسک را در پی داشته است. نشان داده شده است که اجرای تمرینات کششی، باعث فعالیت اندام‌های وتری گلژی می‌شود (۴۶). این گیرنده‌ها فعالیت نرون‌های حرکتی را مهار می‌کنند در نتیجه تانسین و اسپاسم عضله کاهش می‌یابد و از آنجایی که یکی از مهم‌ترین عوامل ایجاد درد در عضلات وجود اسپاسم و اسپاسم می‌باشد (۴۷)، در نتیجه تمرینات کششی احتمالاً توانسته باعث کاهش اسپاسم، برگشتن دیسک به فضای بین مهره‌ای و در نهایت افزایش ارتفاع بین مهره‌ای شود. تمرینات کششی در برنامه تمرینات اصلاحی نه تنها یک روش منطقی و مناسب برای عدم کاهش ارتفاع دیسک‌ها است، بلکه هم‌چنین باعث تغذیه دیسک‌ها نیز می‌شود. نکته مهم دیگری که باید به آن توجه داشت، عضلات حمایت‌کننده ستون مهره‌ها می‌باشد که در فرایند تخریب و فرسایش دیسک‌ها و نشستن‌های طولانی مدت، در کنار

رفتن الاستیکی را در زنان مبتلا به کمردرد مزمن بررسی کردند و با اینکه با روش متفاوتی به ارزیابی فشار کف پا پرداختند، اما به نتایج مشابهی دست یافتند (۳۳). آزمودنی‌ها در این پژوهش حرکاتی مانند راه رفتن الاستیکی، راه رفتن با اندام کشیده بدون خم کردن زانوها و با قدم‌های بلند را انجام دادند که بیشتر تمرکز بر بهبود شرایط راه رفتن آنها بود؛ با این حال بهبود معنی‌داری در نیروهای وارد شده به پا مشاهده کردند. از طرفی، در پژوهش حاضر تمرکز بر تمرینات موضعی بود چرا که نشان داده شده است که اتخاذ وضعیت‌های جبرانی در افراد مبتلا به کمردرد باعث تغییر در الگوی راه رفتن می‌شود (۳۴). علاوه بر این، در مطالعه دیگری، تاثیر مثبت تمرینات ثبات پاسچر بر توزیع مجدد فشار کف پا گزارش شد (۳۵)، که همسو با نتایج مطالعه حاضر بود. در زمینه دلایل احتمالی برای تغییر توزیع فشار کف پای در افراد مبتلا به کمردرد، پژوهش‌ها بیان کردند که عملکرد اندام وتری گلژی، دوک عضلانی و گیرنده‌های موجود در مفاصل در افراد مبتلا به کمر درد تغییر می‌کند که متعاقب آن اطلاعات نادرستی جهت حفظ پایداری تنه فراهم می‌آید (۳۶). این اطلاعات نادرست باعث ضعف تعادل تنه و اختلال عملکرد مکانیکی می‌شود و همچنین در الگوی راه رفتن و دویدن بروز می‌کند (۳۷). نهایتاً تغییر در الگوی راه رفتن و دویدن موجب تغییر در نحوه توزیع فشار کف پای می‌شود. از اینرو، تمرینات اصلاحی در پژوهش حاضر احتمالاً توانسته باعث بهبود ساز و کارهای درگیر در تعادل عضلات تنه شود که متعاقب آن به صورت زنجیروار تاثیر مثبتی بر راه رفتن افراد گذاشته است. در همین ارتباط، کاهش معنی‌دار میزان فشار پای راست و چپ پس از چهار هفته شرکت در تمرینات ثبات‌دهنده مرکزی گزارش شده است (۳۸). از طرفی، مطالعه دیگری گزارش کرد که مرکز فشار در افراد مبتلا به کمردرد در وضعیت ایستاده، به سمت پاشنه پا (افزایش فشار کف پای) متمایل می‌شود که علت آن را ساز و کار جبرانی فرد بیمار هنگام ایستادن بیان کردند (۳۹). علاوه بر این، یافته‌های کینماتیکی نشان داده است که در هنگام راه رفتن و دویدن چرخش داخلی استخوان-های تیبیا و ران و همچنین تیلت قدامی لگن در بیماران دارای کمر درد بالا است (۴۰)؛ که برای جبران این وضعیت ممکن است تنه را به سمت عقب جابجا و بردار وزن بدن را به عقب منتقل کنند (۴۱)، بنابراین می‌تواند باعث انتقال مرکز فشار به سمت خلف و افزایش فشار کف پای شود. ساز و کار دیگری که باعث افزایش فشار کف پا در افراد دارای کمردرد می‌شود کاهش تعادل می‌باشد. این بیماران در هنگام راه رفتن قدم‌های خود را کوتاه برمی‌دارند که علت آن ضعف در

ممکن است بر نتایج تاثیرگذار باشند، می‌تواند به بهبود دقت نتایج کمک کند.

نتایج این تحقیق می‌تواند به عنوان راهنمایی برای تدوین برنامه‌های تمرینی و درمانی برای زنان مبتلا به بیرون‌زدگی دیسک کمر مورد استفاده قرار گیرد. برنامه‌های تمرینی جامع که شامل تمرینات اصلاحی، مقاومتی و کششی هستند، می‌توانند به بهبود توزیع فشار کف پای، افزایش ارتفاع دیسک‌های کمری و کاهش میزان بیرون‌زدگی دیسک کمک کنند. این نتایج می‌تواند در مراکز فیزیوتراپی و تمرینات ورزشی برای کاهش درد و بهبود کیفیت زندگی بیماران مورد استفاده قرار گیرد. همچنین، این تحقیق می‌تواند به مربیان و فیزیوتراپیست‌ها کمک کند تا برنامه‌های تمرینی موثرتری برای بیماران خود طراحی کنند که به طور خاص بر بهبود تعادل، تقویت عضلات مرکزی و کاهش فشار کف پای تمرکز دارد. به طور کلی، یافته‌های این تحقیق می‌تواند به توسعه روش‌های درمانی غیرتهاجمی و موثر برای بیماران مبتلا به بیرون‌زدگی دیسک کمر کمک کند.

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تمرینات اصلاحی جامع باعث کاهش معنی‌دار در میزان فشار کف پای آزمودنی‌ها در هر دو پای چپ و راست و همچنین باعث افزایش ارتفاع و کاهش بیرون‌زدگی دیسک‌های کمری L4-L5 و S1-L5 شد. از اینرو، افراد دارای کمردرد ناشی از بیرون‌زدگی دیسک می‌توانند از این برنامه تمرینات اصلاحی جهت بهبود شرایط خود بهره ببرند.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر برگرفته از پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد خانم محبوبه رحیم زاده با راهنمایی دکتر سیدعلی اکبر هاشمی جواهری و مشاوره دکتر ناهید خوشرفتار یزدی است. بدین‌وسیله نویسندگان مقاله از کلیه شرکت‌کنندگانی که در این تحقیق همکاری داشتند، تقدیر و تشکر به عمل می‌آورند.

ملاحظات اخلاقی

این پژوهش با شناسه کد اخلاق IR.UM.REC.1399.091 کمیته اخلاق پژوهشی زیستی دانشگاه فردوسی مشهد به ثبت رسیده است.

کاهش ارتفاع دیسک‌ها، دچار ضعف، کوتاهی و همچنین اسپاسم‌های حفاظتی می‌شوند (۴۸). در این بین تمرین و حرکت با توجه به این که تاثیر مثبتی بر عضلات اطراف ستون فقرات دارد، می‌تواند روند بهبود را تسریع بخشد (۴۶). برای مثال تمرینات ایزومتریک و ایزوتونیک موضعی که باعث بهبود استقامت و قدرت عضلات ناحیه می‌شود، می‌تواند عضلات را در شرایطی قرار دهد که زمینه را برای ایجاد فضای بیشتر دیسک‌های بین مهره‌ای فراهم آورد و فشار را از روی آن‌ها بردارد.

یکی از نقاط قوت اصلی این مطالعه، جامعیت برنامه تمرینی است. استفاده از تمرینات اصلاحی، مقاومتی و کششی در یک برنامه جامع و چندجانبه به پژوهشگران این امکان را داد تا تاثیر این تمرینات را بر بهبود توزیع فشار کف پای، ارتفاع دیسک کمری و میزان بیرون‌زدگی دیسک در زنان مبتلا به بیرون‌زدگی دیسک کمر بررسی کنند. همچنین، ارزیابی دقیق با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری توزیع فشار کف پای، دقت و یکپارچگی نتایج را تضمین می‌کند. دوره تمرینی هشت هفته‌ای نیز به پژوهشگران این فرصت را داد تا تاثیرات بلندمدت تمرینات بر ساختار و عملکرد دیسک‌های کمری را مورد بررسی قرار دهند. همخوانی نتایج این مطالعه با مطالعات قبلی نیز اعتبار علمی یافته‌ها را افزایش داده است. با این حال، این مطالعه دارای محدودیت‌هایی نیز بود. یکی از محدودیت‌های اصلی، حجم نمونه نسبتاً کوچک آن بود که می‌تواند تعمیم‌پذیری نتایج را محدود کند. همچنین، مطالعه تنها بر روی زنان انجام شده است و نتایج ممکن است به مردان یا دیگر گروه‌های سنی به طور کامل تعمیم داده نشود. عدم پیگیری بلندمدت (Follow-up) برای بررسی تاثیرات درازمدت تمرینات نیز یکی دیگر از محدودیت‌ها بود. علاوه بر این، برخی متغیرهای محیطی و شخصی مانند رژیم غذایی و سبک زندگی که می‌توانند بر نتایج تاثیرگذار باشند، به طور کامل کنترل نشده بودند.

برای افزایش تعمیم‌پذیری نتایج، پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آینده حجم نمونه بزرگتری مورد بررسی قرار گیرد. همچنین، انجام مطالعات مشابه بر روی مردان، گروه‌های سنی مختلف و افراد با شرایط پزشکی متفاوت می‌تواند به تعمیم نتایج کمک کند. پیگیری‌های طولانی مدت برای بررسی پایداری نتایج و تاثیرات درازمدت تمرینات نیز توصیه می‌شود. به علاوه، کنترل دقیق‌تر متغیرهای محیطی و شخصی مانند رژیم غذایی، فعالیت‌های روزانه و سبک زندگی که

تضاد منافع

نویسندگان هیچ تضادی بر سر منافع خود نداشته‌اند.

منابع مالی

هیچ بودجه‌ای از هیچ سازمانی دریافت نشده است.

نقش نویسندگان

محبوبه رحیم زاده: طراحی مطالعه، اجرای مطالعه، جمع‌آوری داده‌ها، نگارش دست‌نوشته، ویرایش، بازنگری و نهایی کردن مقاله.
سیدعلی اکبر هاشمی جواهری: طراحی مطالعه، تجزیه و تحلیل، تفسیر و اعتبارسنجی داده‌ها، نگارش دست‌نوشته، ویرایش، بازنگری و نهایی کردن مقاله.
ناهید خوشرفتار یزدی: طراحی مطالعه، تجزیه و تحلیل، تفسیر و اعتبارسنجی داده‌ها، نگارش دست‌نوشته، ویرایش، بازنگری و نهایی کردن مقاله.

References

- Sharma S, McAuley JH. Low back pain in low-and middle-income countries, part 1: the problem. JOSP, Inc. JOSP, 1033 North Fairfax Street, Suite 304, Alexandria, VA ...; 2022. p. 233-5.
- 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. The Spine Journal. 2014;14(10):2299-319.
- Chiarotto A, Koes BW. Nonspecific low back pain. New England Journal of Medicine. 2022;386(18):1732-40.
- Allegri M, Montella S, Salici F, Valente A, Marchesini M, Compagnone C, et al. Mechanisms of low back pain: a guide for diagnosis and therapy. F1000Research. 2016;5.
- Ganiyu SO, Gujba KF. Effects of acupuncture, core-stability exercises, and treadmill walking exercises in treating a patient with postsurgical lumbar disc herniation: a clinical case report. Journal of acupuncture and meridian studies. 2015;8(1):48-52.
- Mehrparvar A, Ranjbar S, Mostaghaci M, Salehi M. Risk assessment of musculoskeletal disorders by QEC method in a food production factory. Occupational Medicine Quarterly Journal. 2011;3(2):54-60.
- Lee Y-C, Lee C-H. SEE: A proactive strategy-centric and deep learning-based ergonomic risk assessment system for risky posture recognition. Advanced Engineering Informatics. 2022;53:101717.
- Frymoyer JW. Back pain and sciatica. New England Journal of Medicine. 1988;318(5):291-300.
- Dydyk AM, Forro SD, Hanna A. Sacroiliac joint injury. 2020.
- Lee CE, Simmonds MJ, Etnyre BR, Morris GS. Influence of pain distribution on gait characteristics in patients with low back pain: part 1: vertical ground reaction force. Spine. 2007;32(12):1329-36.
- Barzilay Y, Segal G, Lotan R, Regev G, Beer Y, Lonner BS, et al. Patients with chronic non-specific low back pain who reported reduction in pain and improvement in function also demonstrated an improvement in gait pattern. European Spine Journal. 2016;25(9):2761-6.
- Martínez-Martí F, Ocón-Hernández O, Martínez-García MS, Torres-Ruiz F, Martínez-Olmos A, Carvajal MA, et al. Plantar pressure changes and their relationships with low back pain during pregnancy using instrumented insoles. Journal of Sensors. 2019;2019.
- Smith JA, Stabbert H, Bagwell JJ, Teng H-L, Wade V, Lee S-P. Do people with low back pain walk differently? A systematic review and meta-analysis. Journal of Sport and Health Science. 2022;11(4):450-65.
- Du S-H, Zhang Y-H, Yang Q-H, Wang Y-C, Fang Y, Wang X-Q. Spinal posture assessment and low back pain. EFORT Open Reviews. 2023;8(9):708-18.
- Oliver KM, Florez-Paz DM, Badea TC, Mentis GZ, Menon V, de Nooij JC. Molecular correlates of muscle spindle and Golgi tendon organ afferents. Nature communications. 2021;12(1):1451.
- Taylor S, Frost H, Taylor A, Barker K. Reliability and responsiveness of the shuttle walking test in patients with chronic low back pain. Physiotherapy Research International. 2001;6(3):170-8.
- Carvalho AR, Briani RV, Bertor WRR, Svistalski JR, Andrade A, Peyré-Tartaruga LA. Chronic low back pain and walking speed: effects on the spatiotemporal parameters and in gait variability. BrJP. 2019;2:342-7.
- Park J, Nguyen VQ, Ho RLM, Coombes SA. The effect of chronic low back pain on postural control during quiet standing: A meta-analysis. Sci Rep. 2023;13(1):7928.
- Schoenfeld AJ, Weiner BK. Treatment of lumbar disc herniation: evidence-based practice. International journal of general medicine. 2010;3:209.
- Weinstein JN, Tosteson TD, Lurie JD, Tosteson AN, Hanscom B, Skinner JS, et al. Surgical vs nonoperative treatment for lumbar disk herniation: the Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT): a randomized trial. Jama. 2006;296(20):2441-50.
- Esmaili M, Tahan N, Miri SM, Montazeri A, Akbarzade Bagheban A. Factors affecting the results of lumbar discectomy. Tehran University Medical Journal TUMS Publications. 2017;75(2):126-34.
- Huang W, Han Z, Liu J, Yu L, Yu X. Risk factors for recurrent lumbar disc herniation: a systematic review and meta-analysis. Medicine. 2016;95(2).
- Sumaila FG, Sokunbi GO. Effect of core stability and treadmill walk exercises on the functional status of postlumbar-Surgical patients with low back pain: A pilot study. Nigerian Journal of Experimental and Clinical Biosciences. 2019;7(1):23.
- 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. Journal of Sport Rehabilitation. 2020;30(1):37-42.
- Wang H, Fan Z, Liu X, Zheng J, Zhang S, Zhang S, et al. Effect of Progressive Postural Control Exercise Versus Core Stability Exercise in Young Adults with Chronic Low Back Pain: A Randomized Controlled Trial. Pain Ther. 2023;12(1):293-308.
- Piralaee L, Barati AH, Ghafouri MH. The Effect of Eight Weeks of TRX Training on the Pain, Quality of Life and Core Muscle Endurance and Quality of Life in Patients with Chronic Non-Specific Low Back Pain. 2022.
- Zhang X, Bi X, Shao J, Sun D, Zhang C, Liu Z. Curative effects on muscle function and proprioception in patients with chronic lumbar disk herniation using isokinetic trunk muscle strength training. INTERNATIONAL

JOURNAL OF CLINICAL AND EXPERIMENTAL MEDICINE. 2019;12(4):4311-20.

28. Crossley SG, Mackintosh KA, Wilson RP, Lester LJ, Griffiths IW, McNarry MA. Energy expenditure associated with walking speed and angle of turn in children. *European Journal of Applied Physiology*. 2018;118(12):2563-76.

29. van der Leeden M, Dekker JH, Siemonsma PC, Lek-Westerhof SS, Steultjens MP. Reproducibility of plantar pressure measurements in patients with chronic arthritis: a comparison of one-step, two-step, and three-step protocols and an estimate of the number of measurements required. *Foot & ankle international*. 2004;25(10):739-44.

30. yazdani s, DIZJI E, ALIZADEH F, HOSSEINI Y. Comparison of peak pressure and time to peak pressure during normal walking between females with idiopathic chronic low back pain and healthy controls. 2017.

31. khazadeh r, mahdavejad r, baghery ghuzhdi m, borhani a. Effect of one session of suspension exercises on characteristic of intervertebral disc and pain in office staff with chronic pain caused by lumbar herniated disc. *Anesthesiology and Pain*. 2019;10(2):30-41.

32. Jeong D-K, Choi H-H, Kang J-i, Choi H. Effect of lumbar stabilization exercise on disc herniation index, sacral angle, and functional improvement in patients with lumbar disc herniation. *Journal of physical therapy science*. 2017;29(12):2121-5.

33. Seifi-Skishahr F, Alavi Mehr SM, Jafarnezhadgero A, Katanchi M. Effect of elastic gait training on Foot pressure variables in subjects with low back pain during running. *Anesthesiology and Pain*. 2018;9(2):47-59.

34. Lee JH, Fell DW, Kim K. Plantar pressure distribution during walking: comparison of subjects with and without chronic low back pain. *Journal of Physical Therapy Science*. 2011;23(6):923-6.

35. Battasha HHM, Elhak RKAEG. Effect of trunk control training on plantar pressure in patients with lumbar disc herniation. *International Journal of Therapy and Rehabilitation*. 2020;27(8):1-12.

36. Meints SM, Mawla I, Napadow V, Kong J, Gerber J, Chan S-T, et al. The relationship between catastrophizing and altered pain sensitivity in patients with chronic low back pain. *Pain*. 2019;160(4):833.

37. Wu K-W, Wang T-M, Hu C-C, Hong S-W, Lee P-A, Lu T-W. Postural adjustments in adolescent idiopathic thoracic scoliosis during walking. *Gait & posture*. 2019;68:423-9.

38. Lee W-J, Park S, Park J-W. Influence of trunk stabilization exercise upon the lumbar stabilization and foot pressure in patients with back pain. *The Journal of Korean Physical Therapy*. 2014;26(1):21-6.

39. Lin J, Halaki M, Rajan P, Leaver A. Relationship between proprioception and pain and disability in people with

non-specific low back pain: a systematic review with meta-analysis. *Spine*. 2019;44(10):E606-E17.

40. Menz HB, Dufour AB, Riskowski JL, Hillstrom HJ, Hannan MT. Foot posture, foot function and low back pain: the Framingham Foot Study. *Rheumatology*. 2013;52(12):2275-82.

41. MacRae CS, Critchley D, Lewis JS, Shortland A. Comparison of standing postural control and gait parameters in people with and without chronic low back pain: a cross-sectional case-control study. *BMJ open sport & exercise medicine*. 2018;4(1):e000286.

42. Mishra P, Ayyapan J. Reliability and Sensitivity of Shuttle Walk Test in Chronic Mechanical Low Back Pain Patients. *Quadriceps Femoris Strength Training: effect of Neuromuscular Electrical Stimulation Vs Isometric Exercise in Osteoarthritis of Knee*. 2015;9(3):67.

43. Cobb SC, Bazett-Jones DM, Joshi MN, Earl-Boehm JE, James CR. The relationship among foot posture, core and lower extremity muscle function, and postural stability. *Journal of athletic training*. 2014;49(2):173-80.

44. Yu J-H, Lee G-C. Effect of core stability training using pilates on lower extremity muscle strength and postural stability in healthy subjects. *Isokinetics and exercise science*. 2012;20(2):141-6.

45. Khazadeh R, MahdaviNejad R, Borhani A. Effect of one session of suspension exercises on characteristic of intervertebral disc and pain in office staff with chronic pain caused by lumbar herniated disc. 2019.

46. Page P. Current concepts in muscle stretching for exercise and rehabilitation. *International journal of sports physical therapy*. 2012;7(1):109.

47. Hirayama J, Yamagata M, Ogata S, Shimizu K, Ikeda Y, Takahashi K. Relationship between low-back pain, muscle spasm and pressure pain thresholds in patients with lumbar disc herniation. *European Spine Journal*. 2006;15(1):41-7.

48. Billy GG, Lemieux SK, Chow MX. Changes in lumbar disk morphology associated with prolonged sitting assessed by magnetic resonance imaging. *PM&R*. 2014;6(9):790-5.

پیوست‌ها:

پیوست ۱: برنامه تمرینات اصلاحی جامع

هفته	پروتکل	نوع حرکت	تعداد ست	تکرار یا ثانیه	
اول	پروتکل کمر	۱۰۰ درصد پسیو کامل	۳	۱۰ تکرار	
			۳	۱۲ تکرار	
			۳	۱۵ تکرار	
	بین هر حرکت ۲۰ ثانیه کشش کمر و عضله پریفورمیس				
	عضلات CORE	پلانک پهلوی و شکم زانو خم	۳	۱۰ تکرار	
		پل ایزومتریک	۳	۲۰ ثانیه	
		هایپراکستنشن تنه یا سوپر من-ایزومتریک	۳	۵۰ ثانیه	
		دراز-نشست نیمه (پا روی زمین)	۳	۱۰ تکرار	
	عضلات سرینی	برای kich back /side hip hyper extensionحرکت سرینی بزرگ	۳	۱۰ تکرار	
		برای سرینی میانیclam shellحرکت	۳	۱۰ تکرار	
	عضلات اداکتور	به پهلوی خوابیده، پای زیر بصورت خم	۳	۱۰ تکرار	
	عضلات چهارسر رانی	SLR	۳	۱۰ تکرار	
		به پهلوی خوابیده اداکشن و فلکشن (پای زیرخم)	۳	۱۰ تکرار	
	عضلات ساقی قدامی	دورسی و پلانترفلکشن (بدون کش و نشسته)	۳	۱۵ تکرار	
عضلات عمقی ناحیه کمر بند کمری_لگنی	خوابیده به پشت بطوری که پا نسبت به سطح بدن در زاویه ۹۰ درجه باشد. سپس هر دو پا با چرخش لگن کمی به راست و چپ حرکت می کند	۳	۱۲ تکرار		
پروتکل کمر	۳۰ درصد اکتیو - ۷۰ درصد پسیو	۳	۱۰ تکرار		
		۳	۱۲ تکرار		
		۳	۱۵ تکرار		
بین هر حرکت ۲۰ ثانیه کشش کمر و عضله پریفورمیس					
دوم	عضلات CORE	پلانک پهلوی و شکم زانو خم	۳	۱۰ تکرار	
		پل ایزومتریک با حرکت اندام فوقانی	۳	۲۰ ثانیه	
		هایپراکستنشن تنه یا سوپر من-ایزومتریک	۳	۵۰ ثانیه	
		دراز-نشست نیمه پا روی زمین	۳	۱۰ تکرار	
	عضلات سرینی	برای kich back /side hip hyper extensionحرکت سرینی بزرگ	۳	۱۰ تکرار	
		برای سرینی میانیclam shellحرکت	۳	۱۰ تکرار	
	عضلات اداکتور	پهلوی خوابیده پای زیر خم	۳	۱۰ تکرار	
	عضلات چهارسر رانی	SLR	۳	۱۰ تکرار	
	به پهلوی خوابیده اداکشن و چهارسرپای زیرخم	۳	۱۰ تکرار		

عضلات ساقی قدامی	دورسی و پلانتر فلکشن کش ۱	۳	۱۵ تکرار
عضلات عمقی ناحیه کمر بند کمری_لگنی	خوابیده به پشت بطوری که پا نسبت به سطح بدن در زاویه ۹۰ درجه باشد. سپس هر دو پا با چرخش لگن کمی به راست و چپ حرکت می کند	۳	۱۲ تکرار
پروتکل کمر	۵۰ درصد فعال - ۵۰ درصد غیر فعال	۳	۱۰ تکرار ۱۲ تکرار ۱۵ تکرار
بین هر حرکت ۲۰ ثانیه کشش کمر و عضله پریفورمیس			
عضلات CORE	پلانک پهلو و شکم زانو خم پلانک پهلو با رفت و برگشت لگن با برخورد به زمین پل ایزوتونیک هایپراکستنشن تنه یا سوپر من-ایزوتونیک دراز-نشست پا زاویه ۹۰ درجه	۳	۲۰ تکرار ۵۰ ثانیه ۱۲ تکرار ۵ ثانیه ۱۰ تکرار
عضلات سرینی	برای kich back /side hip hyper extension حرکت سرینی بزرگ برای سرینی میانی clam shell حرکت	۳	۱۰ تکرار ۱۵ تکرار
عضلات اداکتور	به پهلو خوابیده پای زیر خم	۳	۱۵ تکرار
عضلات چهارسر رانی	SLR به پهلو خوابیده اداکشن و چهارسر پای زیر خم	۳	۱۵ تکرار ۱۵ تکرار
عضلات ساقی قدامی	دورسی و پلانتر فلکشن با کش ۲	۳	۱۵ تکرار
عضلات عمقی ناحیه کمر بند کمری_لگنی	خوابیده به پشت بطوری که پا نسبت به سطح بدن در زاویه ۹۰ درجه باشد. سپس هر دو پا با چرخش لگن کمی به راست و چپ حرکت می کند	۳	۱۵ تکرار
پروتکل کمر	مرحله حمایت	۳	۱۰ تکرار ۱۲ تکرار ۱۵ تکرار
بین هر حرکت ۲۰ ثانیه کشش کمر و عضله پریفورمیس			
عضلات CORE	پلانک پهلو و شکم زانو خم پلانک پهلو با رفت و برگشت لگن با برخورد به زمین پل ایزوتونیک هایپراکستنشن تنه یا سوپر من-ایزوتونیک دراز-نشست پا زاویه ۹۰ درجه	۳	۲۵ تکرار ۱۰ ثانیه ۱۵ تکرار ۱۰ تکرار ۱۲ تکرار
عضلات سرینی	برای kich back /side hip hyper extension حرکت سرینی بزرگ برای سرینی میانی clam shell حرکت	۳	۱۲ تکرار ۱۵ تکرار
عضلات اداکتور	به پهلو خوابیده پای زیر خم	۳	۲۰ تکرار
عضلات چهارسر رانی	SLR	۳	۲۰ تکرار

سوم

چهارم

		به پهلو خوابیده ابداکشن و چهارسر پای زیرخم به پشت خوابیده با زاویه ۹۰ درجه	۳	۲۰ تکرار
	عضلات ساقی قدامی	دورسی و پلانتر فلکشن با کش ۲	۳	۲۰ تکرار
	عضلات عمقی ناحیه کمر بند کمری_لگنی لگن	خوابیده به پشت بطوری که پا نسبت به سطح بدن در زاویه ۹۰ درجه باشد. سپس هر دو پا با چرخش لگن کمی به راست و چپ حرکت می کند	۳	۲۰ تکرار
پنجم	پروتکل کمر	فعال ۱۰۰ درصد	۳	۱۲ تکرار ۱۵ تکرار ۲۰ تکرار
	بین هر حرکت ۱۰ ثانیه کشش کمر و عضله پریفورمیس			
	عضلات CORE	پلانک پهلو و شکم با زانو باز	۳	۱۰ تکرار
		پلانک پهلو با رفت و برگشت لگن با برخورد به زمین	۳	۵ تکرار
		پل ایزوتونیک کش درجه ۱ بالای زانو	۳	۲۰ تکرار
		هایپراکستنشن تنه یا سوپر من-ایزوتونیک	۳	۱۰ ثانیه
		دراز-نشست نیمه کش درجه ۱ بالای زانو پا ۹۰ درجه	۴	۱۲ تکرار
	عضلات سرینی	دراز-نشست پهلو	۳	۱۰ تکرار
		چهار دست و پا با کش ۱ بالای زانو	۳	۱۲ تکرار
		پلانک پهلو همراه با چرخش خارجی ران قرار گرفتن در وضعیت چهار دست و پا - سپس هایپراکستنشن ران تک پا با زانوی صاف	۳	۲۰ تکرار ۱۰ تکرار
	عضلات ابداکتور	کش ۱ به پهلو خوابیده	۳	۱۲ تکرار
	عضلات چهارسر رانی	SLR کش ۱ بالای زانو	۳	۱۲ تکرار
		به پهلو خوابیده کش ۱ بالای زانو ابداکشن و چهارسر	۳	۱۲ تکرار
	عضلات ساقی قدامی	به پشت خوابیده با یک پا توپ پیلاتس کوچک رو نگه می داریم سپس خم و باز کردن پا داخل شکم	۳	۱۲ تکرار
	عضلات عمقی ناحیه کمر بند کمری_لگنی	خوابیده به پشت بطوری که پا نسبت به سطح بدن در زاویه ۹۰ درجه باشد. سپس هر دو پا با چرخش لگن کمی به راست و چپ حرکت می کند	۳	۲۵ تکرار
ششم	پروتکل کمر	با کش ۱	۳	۱۲ ثانیه ۱۵ ثانیه ۲۰ ثانیه
	بین هر حرکت ۱۰ ثانیه کشش کمر و عضله پریفورمیس			
	CORE عضلات	پلانک با زانو صاف	۳	۱۵ تکرار
		پلانک پهلو با رفت و برگشت لگن با برخورد به زمین	۳	۱۰ تکرار
		پل ایزوتونیک با لگن با کش ۲	۳	۲۰ تکرار
		هایپراکستنشن تنه یا سوپر من-ایزوتونیک	۳	۱۵ ثانیه
		دراز-نشست نیمه با کش ۲ بالای زانو ۹۰ درجه	۴	۱۵ تکرار

۱۲ تکرار	۳	دراز-نشست پهلوی		
۱۵ تکرار	۳	چهار دست و پا کش ۲ بالای زانو	عضلات سربینی	
۱۵ تکرار	۳	پلانک پهلوی همراه با چرخش خارجی ران		
۱۲ تکرار	۳	قرار گرفتن در وضعیت چهار دست و پا - سپس هاپر اکستنشن ران تک پا با زانوی صاف		
۱۵ تکرار	۳	کش ۲ به پهلوی خوابیده	عضلات ابداکتور	
۱۵ تکرار	۳	همراه با بلند کردن تنه و رسیدن دست و پای SLR کش ۱ مخالف به همدیگر	عضلات چهار سر رانی	
۱۵ تکرار	۳	به پهلوی خوابیده کش ۱ بالای زانو ابداکشن و چهار سر		
۱۲ تکرار	۳	به پشت خوابیده با یک پا توپ پیلاتس کوچک رو نگه می داریم سپس خم و باز کردن پا داخل شکم	عضلات ساقی قدامی	
۲۵ تکرار	۳	خوابیده به پشت بطوری که پا نسبت به سطح بدن در زاویه ۹۰ درجه باشد. سپس هر دو پا با چرخش لگن کمی به راست و چپ حرکت می کند کش ۱	عضلات عمقی ناحیه کمر بند کمری_لگنی	
۱۲ تکرار	۳			
۱۵ تکرار	۳	کش ۲ سر و گردن بالا- دست کنار بدن	پروتنکل کمر	
۲۰ تکرار	۳			
بین هر حرکت ۱۰ ثانیه کشش کمر و عضله پریفورمیس				
۲۰ تکرار	۳	پلانک زانو صاف		
۱۵ تکرار	۳	پلانک پهلوی با رفت و برگشت لگن با برخورد به زمین		
۱۲ تکرار	۳	پل ایزومتریک روی سطح بالا (استپ) با کش ۳		
۱۰ ثانیه	۳	هایپر اکستنشن تنه یا سوپر من-ایزوتونیک	CORE عضلات	
۱۵ تکرار	۴	دراز-نشست نیمه با کش ۳ بالای زانو ۹۰ درجه		
۱۵ تکرار	۳	دراز-نشست پهلوی		
۱۲ تکرار	۳	چهار دست پا با کش ۱ روی مچ		هفتم
۱۲ تکرار	۳	پلانک پهلوی کش ۲	عضلات سربینی	
۱۲ تکرار	۳	قرار گرفتن در وضعیت چهار دست و پا - سپس هاپر اکستنشن ران تک پا با زانوی صاف کش ۱		
۱۲ تکرار	۳	روی پلانک پای زیر خم کش ۱	عضلات ابداکتور	
۱۵ تکرار	۳	همراه با دراز نشست نیمه با کش ۱ در مچ پا SLR		
۱۲ تکرار	۳	به پهلوی خوابیده کش ۱ روی مچ ابداکشن و چهار سر	عضلات چهار سر رانی	
۱۲ تکرار	۳	به پشت خوابیده با یک پا توپ پیلاتس کوچک رو نگه می داریم سپس خم و باز کردن پا داخل شکم	عضلات ساقی قدامی	
۲۵ تکرار	۳	خوابیده به پشت بطوری که دست نسبت به سطح بدن در زاویه ۹۰ درجه باشد. سپس هر دو پا با چرخش لگن کمی به راست و چپ حرکت می کند کش ۲	عضلات عمقی ناحیه کمر بند کمری_لگنی	

پروتکل کمر		با کش درجه ۳ دست کنار بدن و سر و گردن بالا	۳	۱۲ تکرار
			۳	۱۵ تکرار
			۳	۲۰ تکرار
بین هر حرکت ۱۰ ثانیه کشش کمر و عضله پریفورمیس				
CORE عضلات	پلانک		۳	۳۰ تکرار
	پلانک پهلو با رفت و برگشت لگن با برخورد به زمین		۳	۲۰ تکرار
	پل ایزوتونیک روی (استپ) با کش ۳		۳	۱۵ تکرار
	هایپراکستنشن تنه با سوپر من-ایزوتونیک		۳	۱۵ ثانیه
	دراز-نشست نیمه با کش ۳ بالای زانو ۹۰ درجه		۳	۲۰ تکرار
	دراز-نشست پهلو		۳	۲۰ تکرار
عضلات سرینی	چهار دست و پا کش ۲ روی مچ		۳	۱۵ تکرار
	پلانک پهلو کش ۳		۳	۱۵ تکرار
	قرار گرفتن در وضعیت چهار دست و پا – سپس هایپراکستنشن ران تک پا با زانوی صاف کش ۲		۳	۱۵ تکرار
عضلات ابدانگور	روی پلانک پای زیر خم کش ۱		۳	۱۵ تکرار
عضلات چهار سر رانی	+دراز و نشست نیمه SLR کش ۱ دور مچ پا-		۳	۲۰ تکرار
	به پهلو خوابیده کش ۱ روی مچ، ابدانگش و چهار سر		۳	۱۵ تکرار
عضلات ساقی قدامی	به پهلو خوابیده با یک پا توپ پیلاتس کوچک رو نگه می داریم سپس خم و باز کردن پا داخل شکم		۳	۱۵ تکرار
عضلات عمقی ناحیه کمر بند کمری_ لگنی	خوابیده به پشت بطوری که دست و پا نسبت به سطح بدن در زاویه ۹۰ درجه باشد. سپس هر دو پا با چرخش لگن کمی به راست و چپ حرکت می کند همراه با فلکشن تنه (سر و گردن) کش ۲		۳	۳۰ تکرار