



## The six weeks effect of selected core stabilization exercises on lumbar curvature and functional movement screening test in women with lower crossed syndrome in Covid Pandemic 19

Mohammad Rahimi<sup>1\*</sup>, Maryam Sadeghiyan<sup>2</sup>, Hadi Samadi<sup>3</sup>

1. Assistant Professor of Corrective Exercises and Sport Injuries, Faculty of Sport Sciences, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran
2. MSc of sports injuries and corrective exercises, Hakim Nezami Institute of Higher Education, Quchan, Iran.
3. Assistant Professor of Corrective Exercises and Sport Injuries, Faculty of Sport Sciences, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran

### ABSTRACT

**Aims and background:** Nowadays, core stability exercises are very important for performance enhancement, injury prevention and post-injury rehabilitation. The aim of this study was to investigate the effect of six weeks of selected core stability exercises on lumbar curvature and functional movement screening test of women with lower crossed syndrome in Covid Pandemic 19.

**Material and Methods:** The present study is a quasi-experimental study with pretest-posttest design. The statistical population of the study was women aged 20 to 30 years (12 people) and 40 to 50 years (12 people) in Mashhad. The subjects' lordosis arch was examined with a flexible ruler and angles greater than 30 degrees were selected as hyperlordosis. Then FMS test was performed. Both groups performed selected core stability exercises for 6 weeks. Lumbar curvature and FMS test were measured at the end of 6 weeks of training intervention. Paired t-test was used to evaluate the effect of central stability exercises on two groups of 20-30 and 40-50 years. Also, analysis of covariance was used to compare the effect of central stability exercises between the two groups of 20-30 and 40-50 years.

**Results:** The results showed a significant reduction in the lordosis angle of women in both groups after six weeks of selected core stabilization exercises ( $P < 0/05$ ). Also, the results obtained from FMS test showed a significant improvement in this test in both groups after six weeks of training intervention ( $P < 0/05$ ). The effect of central stability exercises on both groups of 20-30 and 40-50 years of age was similar for both lordosis variables and FMS test.

**Conclusion:** According to the results of the present study, performing core stability exercises can play an important role in reducing lordosis angle and correcting dysfunctional movement patterns and improving performance. Also because they cost short time in each training session, they can be run continuously throughout life and at home due to Corona virus pandemic. Therefore, this protocol can be used as an alternative to bulky and time-consuming exercises.

**Keywords:** Selected core Stability Exercises, Lumbar Curvature, Functional Movement Screening, Lower Crossed Syndrome

► Please cite this paper as:

Rahimi M, Sadeghiyan M, Samadi M [ The six weeks effect of selected core stabilization exercises on lumbar curvature and functional movement screening test in women with lower crossed syndrome in Covid Pandemic 19 (Persian) J Anesth Pain 2022;13(3):96-108.

**Corresponding Author:** Mohammad Rahimi, Assistant Professor of Corrective Exercises and Sport Injuries, Faculty of Sport Sciences, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran

**Email:** M.rahimi6465@gmail.com

فصلنامه علمی پژوهشی بیهوشی و درد، دوره ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۱

## تأثیر شش هفته تمرینات منتخب ثبات مرکزی بر انحنای کمر و آزمون غربالگری حرکت عملکردی زنان با سندروم متقاطع تحتانی در پاندمی کووید ۱۹

محمد رحیمی<sup>۱\*</sup>، مریم صادقیان<sup>۲</sup>، هادی صمدی<sup>۳</sup>

۱. استادیار حرکات اصلاحی و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران
۲. کارشناسی ارشد حرکات اصلاحی و آسیب‌شناسی ورزشی، گروه علوم ورزشی، موسسه آموزش عالی حکیم نظامی قوچان، خراسان رضوی
۳. استادیار حرکات اصلاحی و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۵/۲۶

تاریخ بازبینی: ۱۴۰۱/۴/۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۴/۷

### چکیده

**زمینه و هدف:** امروزه تمرینات ثبات مرکزی از اهمیت زیادی برای ارتقاء عملکرد، پیشگیری از آسیب و توانبخشی پس از آسیب برخوردار است. هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر شش هفته تمرینات منتخب ثبات مرکزی بر انحنای کمر و آزمون غربالگری حرکت عملکردی (FMS; Functional Movement Screen) زنان با سندروم متقاطع تحتانی در پاندمی کووید ۱۹ بود.

**مواد و روش‌ها:** تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی و با طرح پیش آزمون - پس آزمون می‌باشد. نمونه آماری تحقیق زنان با دامنه سنی ۲۰ تا ۳۰ سال (۱۲ نفر) و ۴۰ تا ۵۰ سال (۱۲ نفر) شهر مشهد بودند. ابتدا قوس لوردوز آزمودنی‌ها بوسیله خط کش منقطع بررسی و زوایا بیشتر از ۳۰ درجه به عنوان هایپرلوردوزیس انتخاب شدند. سپس آزمون FMS گرفته شد. هر دو گروه تمرینات منتخب ثبات مرکزی را به مدت ۶ هفته انجام دادند. میزان انحنای کمر و آزمون FMS در پایان ۶ هفته مداخله تمرینی اندازه گیری شد. از آزمون تی زوجی به منظور بررسی تأثیر تمرینات ثبات مرکزی بر دو گروه ۲۰-۳۰ و ۴۰-۵۰ سال استفاده شد. همچنین برای مقایسه میزان تأثیر تمرینات ثبات مرکزی بین دو گروه ۲۰-۳۰ و ۴۰-۵۰ سال از آنالیز کوواریانس استفاده شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان دهنده کاهش معنی‌دار در میزان زاویه لوردوز زنان در هر دو گروه پس از شش هفته تمرینات منتخب ثبات دهنده بود ( $P \leq 0/05$ ). همچنین نتایج به دست آمده از نمره کلی آزمون FMS نشان دهنده بهبود معنی داری در این آزمون در هر دو گروه پس از شش هفته مداخله تمرینی بود ( $P \leq 0/05$ ). میزان تأثیر تمرینات ثبات مرکزی بر هر دو گروه ۲۰-۳۰ و ۴۰-۵۰ سال سن از نظر هر دو متغیر لوردوز و آزمون FMS مشابه بود.

**نتیجه‌گیری:** با توجه به نتایج تحقیق حاضر، انجام تمرینات منتخب ثبات مرکزی می‌تواند در کاهش زاویه لوردوز و اصلاح الگوهای ناکارآمد حرکتی و ارتقاء عملکرد نقش به‌سزایی داشته باشد و به دلیل عدم نیاز به زمان طولانی در هر جلسه تمرینی می‌تواند باعث استفاده مداوم از آنها در طول زندگی شود، همچنین قابلیت اجرا در منزل به دلیل شیوع ویروس کرونا را نیز دارد. لذا میتوان از این پروتکل به عنوان جایگزینی برای تمرینات پر حجم و زمانبر استفاده کرد.

**واژه‌های کلیدی:** تمرینات منتخب ثبات مرکزی، انحنای کمر، غربالگری حرکت عملکردی، سندروم متقاطع تحتانی

نویسنده مسئول: محمد رحیمی، استادیار حرکات اصلاحی و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران  
پست الکترونیک: M.rahimi6465@gmail.com

## مقدمه

آمادگی جسمانی مطلوب، نقش مهمی در تندرستی افراد جامعه ایفا می‌کند، به طوری که در اغلب موارد بیماری‌ها و ناراحتی‌های جسمانی و روانی افراد، نتیجه زندگی ماشینی، فقر حرکتی و آمادگی جسمانی کم آن‌هاست. نداشتن آگاهی کافی از سطح آمادگی جسمانی و تندرستی افراد مختلف جامعه، امکان برنامه ریزی برای توسعه سطح تندرستی افراد، مسئولان و برنامه ریزان کشور را با مشکل مواجه کرده است<sup>(۱)</sup>. ناحیه مرکزی بدن به عنوان مجموعه کمری- لگنی- رانی تعریف شده است. مرکز بدن در واقع همان جایی است که مرکز ثقل بدن در آن واقع شده و حرکات بدن از آنجا آغاز می‌شود. مرکز بدن به عنوان جعبه‌ای در نظر گرفته شده که عضلات شکمی در جلو، مولتی فیذوس در عقب، عضله دیافراگم به عنوان سقف و عضلات لگن در کف آن قرار گرفته‌اند. باور بر این است که ناحیه مرکزی بدن به عنوان پایه و اساس زنجیره حرکتی مسئولیت تسهیل انتقال نیروها و گشتاورها را بین اندام‌های فوقانی و تحتانی در تکلیف‌های حرکتی درشت در زندگی روزمره، ورزش و تمرین به عهده دارد. ناحیه مرکزی در برگیرنده ترکیب کمری- لگنی- رانی با ۲۹ جفت عضله می‌باشد<sup>(۲)</sup>.

اخیراً تمرینات ثبات دهنده مرکزی، نگرش تازه‌ای در حیطه ورزش و توانبخشی ایجاد کرده است. این تمرینات که بر روی عضلات شکم و تحتانی پشت تمرکز دارند، درد ناحیه پشت را کاهش داده و آسیب مهره‌های کمری را از طریق حفظ راستای مناسب ستون فقرات کاهش می‌دهند<sup>(۳)</sup>. اگرچه آزمون‌های غربالگری حرکت عملکردی، توسط فیزیوتراپیست‌ها با هدف شناخت اختلالات از طریق مطالعه الگوهای ناهماهنگ حرکتی استفاده می‌شود و این آزمون به طور فزاینده‌ای مورد توجه محققین برای ارزیابی هماهنگی، انعطاف پذیری و استقامت ناحیه مرکزی و تنه قرار گرفته است. در تحقیقی Okada و همکاران به بررسی ارتباط بین استقامت عضلات ثبات دهنده مرکزی در ۲۸ زن سالم غیر ورزشکار پرداختند و نتایج آنان ارتباط معناداری را بین استقامت عضلات ثبات دهنده مرکزی با آزمون غربالگری

حرکت عملکردی نشان نداد<sup>(۴)</sup>.

در همین راستا، Cook و همکاران آزمون‌های طراحی کردند که قابلیت پیش بینی آسیب‌های اندام تحتانی و فوقانی را دارد. آنها نام این آزمون را غربالگری حرکات عملکردی (FMS; Functional Movement Screen) نامیدند. به طور کلی، آزمون غربالگری حرکت عملکردی ثبات تنه، دامنه حرکتی، کیفیت حرکت و تقارن را در حین اجرای حرکات عملکردی پایه ارزیابی می‌کند<sup>(۵)</sup>. در سال‌های اخیر، در حرکت درمانی تمرکز بر طراحی و اجرای نوعی از تمرینات است که هدف آن حفظ و افزایش ثبات موضعی کمری از طریق بازآموزی حس عمقی ناحیه کمری- لگنی با استفاده از تأثیر بر روی عضلاتی همانند عرضی شکمی، مولتی فیذوس، دیافراگم، عضلات کف لگن و مورب شکمی بوده که این عضلات نقش بسیار مهمی در افزایش ثبات بخش کمری دارد این تمرینات را تحت عنوان تمرینات ثبات دهنده مرکزی تعریف می‌کنند<sup>(۶)</sup>. یکی از مهم‌ترین قسمت‌های ستون فقرات، قوس کمری است که به علت موقعیت منحصر به فرد و ارتباط مستقیم با لگن خاصره از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هرگونه افزایش یا کاهش در میزان قوس آن بر تعادل کل وضعیت بدن تأثیر می‌گذارد و ناهنجاری‌های مختلفی را در ناحیه کمری- لگنی به دنبال دارد تغییر در قوس طبیعی کمر به عوامل متعددی مرتبط می‌باشد که می‌توان علت عمده این ناهنجاری‌ها را عدم تعادل عضلانی در ناحیه کمر نام برد. با مختل شدن عملکرد عضلات در این ناحیه، ستون مهره‌ها که توسط این عضلات نگهداری و حمایت می‌شوند تحت فشار قرار گرفته، در نتیجه قوس کمر تغییر می‌یابد و کمردرد از جمله پیامدهای آن می‌باشد<sup>(۸)</sup>.

با توجه به مطالب گفته شده، نقش اصلی عضلات مرکزی بدن کمک به ثبات ستون فقرات و لگن در حرکات پایه و عملکردی می‌باشد و همچنین ثبات ناحیه مرکزی باعث افزایش تعادل و کنترل عصبی-عضلانی و بهبود عملکرد اندام‌های فوقانی و تحتانی می‌شود. با توجه به این که با بالا رفتن سن شاخص‌های مرتبط با انحنای کمری و الگوهای حرکتی تحت تأثیر قرار می‌گیرد و محقق تحقیقی

عنوان آزمودنی‌های تحقیق انتخاب شدند و پروتکل تمرینات ثبات مرکزی منتخب را انجام دادند. این افراد به مدت ۶ هفته، هفته‌ای سه جلسه و هر جلسه حدود ۲۰ تا ۲۵ دقیقه تمرینات را انجام دادند. در قبل و بعد از اجرای تمرینات، زاویه لوردوز آزمودنی‌ها به وسیله خطکش منعطف و الگوی حرکتی آزمودنی‌ها با آزمون غربالگری حرکت عملکردی اندازه‌گیری شد.

### ابزار اندازه‌گیری انحنای کمری

با توجه به مزایای خط کش منعطف، محققان از آن به عنوان یک ابزار غیرتهاجمی برای ارزیابی کلینیکی و غربالگری در افراد سالم و تشخیص ناهنجاری‌های قوس‌های ستون فقرات بهره برده‌اند. این وسیله سبک و ارزان قیمت است و به علاوه خطر تشعشعات مکرر امواج X را ندارد. در پژوهش حاضر برای اندازه‌گیری قوس کمر با خط کش منعطف، از ناحیه T12 تا S2 در حالت ایستاده اندازه‌گیری شد. جهت انجام تست از آزمودنی خواسته شد با کمترین پوشش در قسمت بالاتنه، پاهای او را به اندازه عرض شانه باز و در حالت ایستاده و راحت و طبیعی با پاهای برهنه بر روی مقوایی که محل قرارگیری پا در آن مشخص شده، قرار گیرد. سپس محقق برای یافتن نقاط مرجع، در پشت سر آزمودنی قرار گرفت و زائده‌ی شوکی مهره دوازدهم پشتی (T12) و مهره دوم خاجی (S2) به وسیله ماژیک ضد حساسیت بر روی پوست علامت گذاری شد. سپس خط کش روی نقاط مورد نظر قرار گرفت و نقاط مشخص شده بر روی خط کش علامت‌گذاری شد و خط کش بدون هیچ تغییری روی کاغذ قرار داده و انحنای شکل گرفته روی خط کش منعطف به وسیله‌ی مداد روی کاغذ رسم شد. بعد از برداشتن خط کش از روی کاغذ، دو نقطه مشخص شده‌ی (T12) و (S2) با خط راست به هم وصل و طول این خط اندازه‌گیری و با حرف L نامگذاری شد. در مرحله‌ی بعد از عمیق‌ترین نقطه‌ی قوس، خط عمودی بر خط L رسم و عمق قوس H اندازه‌گیری شد. با قرار دادن مقادیر به دست آمده در فرمول  $\Theta = 4 \text{Arc tang}(2H/L)$ ، زاویه انحنای حاصل از خط

که تأثیر تمرینات ثبات مرکزی بر انحنای کمر و حرکات عملکردی را در سنین مختلف بررسی و مقایسه کرده باشد پیدا نکرد. لذا هدف اصلی تحقیق حاضر بررسی تأثیر شش هفته تمرینات منتخب ثبات مرکزی بر انحنای کمری و آزمون غربالگری حرکت عملکردی زنان با سندروم متقاطع تحتانی می‌باشد.

### روش تحقیق

تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی با طرح پیش آزمون و پس آزمون و دارای دو گروه تجربی می‌باشد. جامعه آماری این تحقیق را زنان با سندروم متقاطع تحتانی در دو رده سنی (۲۰ تا ۳۰ سال) و (۴۰ تا ۵۰ سال) تشکیل دادند. نمونه آماری تحقیق حاضر از بین زنان با سندروم متقاطع تحتانی شهر مشهد که بر اساس ملاک‌های ورود و خروج از تحقیق انتخاب شدند و بصورت تصادفی بر اساس سن در دو گروه ۲۰ تا ۳۰ سال (گروه A) و ۴۰ تا ۵۰ سال (گروه B) قرار گرفتند. تعداد ۲۴ آزمودنی بر اساس نرم‌افزار تعیین حجم نمونه G Power3 و با در نظر گرفتن پارامترهای اندازه اثر = ۰/۹، ضریب آلفا = ۰/۰۲۵ و توان آزمون = ۰/۸ محاسبه شد. ملاک‌های ورود به تحقیق شامل: دامنه سنی آزمودنی‌ها بین ۲۰ تا ۳۰ و ۴۰ تا ۵۰ سال، داشتن لوردوز کمری بالای ۳۰ درجه، نداشتن سابقه آسیب حاد در اندام فوقانی و تحتانی، فقدان هرگونه سابقه عمل جراحی یا بیماری‌های مداخله گر در متغیرهای تحقیق، رضایت کامل جهت شرکت در پژوهش، رعایت پروتکل بهداشتی جهت پیشگیری از ویروس کرونا بود و معیارهای خروج آزمودنی‌ها از مطالعه شامل: ۳ جلسه غیبت در برنامه تمرینی، حاضر نبودن در زمان پیش آزمون و پس آزمون و ایجاد درد در حین اجرای تمرینات بود. دامنه سنی ۲۰ تا ۳۰ سال (۱۲ نفر) با میانگین سنی  $25/08 \pm 3/55$  سال، میانگین قد  $163/25 \pm 4/61$  و میانگین وزن  $63/33 \pm 9/96$  و دامنه سنی ۴۰ تا ۵۰ سال (۱۲ نفر) با میانگین سنی  $44/33 \pm 3/57$  سال، میانگین قد  $159/08 \pm 3/94$  و میانگین وزن  $71/16 \pm 12/93$  که رضایت شان را به صورت کتبی برای شرکت در تحقیق اعلام داشتند، به

جلسه به مدت ۲۰ تا ۲۵ دقیقه تمرینات مورد نظر محقق را انجام دهند. به دلیل انجام تحقیق در شرایط شیوع ویروس کرونا در جلسه اول نحوه صحیح اجرای تمرینات به افراد آموزش داده شد و اشتباهات احتمالی حین انجام تمرینات برطرف شد سپس جلسات بعدی تمرین در منزل آزمودنی‌ها در ارتباط انجام شد و محقق به صورت آنلاین با آزمودنی‌ها در ارتباط بود و به سئوالات و مشکلات آن‌ها پاسخ داده شد.

هر جلسه شامل ۵ دقیقه گرم کردن و کشش عضلات مورد نظر، ۱۰ تا ۱۵ دقیقه تمرینات اصلی و ۵ دقیقه سرد کردن بود. در جلسه اول از آزمودنی خواسته شد که به حالت پل (bridge mode) قرار گیرند و بیشترین زمانی که می‌توانست بدن را در وضعیت پل نگه دارد ثبت شد. سپس با توجه به بیشترین زمان نگهداری پل، ۷۵ درصد این زمان محاسبه و برای شروع تمرینات در جلسه اول از آن استفاده شد (برای مثال اگر فردی ۱۰۰ ثانیه بدن را در حالت پل نگه داشت، او تمرینات را در جلسه اول با ۷۵ ثانیه شروع کرد). به منظور رعایت اصل اضافه بار (Overload) هر دو هفته یک بار مجدداً آزمون بیشینه نگهداری بدن در حالت پل انجام و مجدداً زمان انجام تمرین برای جلسات بعد محاسبه می‌شد. هر تمرین سه ست تکرار و در بین ست‌ها با توجه به وضعیت جسمی آزمودنی استراحت داده می‌شد<sup>(۱۲)</sup>. تمام تمرینات توسط محقق کنترل شد.

### تجزیه و تحلیل آماری

به منظور بررسی تأثیر تمرینات ثبات مرکزی بر انحنای کمر در دو گروه A و B، از آزمون تی زوجی استفاده شد. همچنین برای مقایسه تأثیر تمرینات ثبات مرکزی بین دو گروه A و B از آنالیز کوواریانس استفاده گردید. سطح معنی‌داری برای کلیه آزمون‌های آماری ( $P \leq 0.05$ ) در نظر گرفته شد. تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ انجام گرفت.

کش منعطف برای آزمودنی محاسبه شد در این پژوهش جهت افزایش دقت از هر آزمودنی دوبار آزمایش به عمل آمده و در صورت مغایرت، آزمایش سوم جهت محاسبات آماری ثبت گردید<sup>(۸)</sup>.

### آزمون غربالگری حرکت عملکردی

آزمون غربالگری حرکت عملکردی متشکل از هفت آزمون حرکتی شامل اسکات کامل، گام برداری از مانع، لانج خطی، تحرک پذیری شانه، بالا آوردن مستقیم فعال پا، شنای سوئدی با حفظ ثبات تنه و پایداری چرخشی می‌باشد که با مقیاس ۰ تا ۳ ارزیابی می‌شود. نحوه انجام و امتیازدهی آزمون FMS آزمودنی‌ها در صورت انجام صحیح و بدون حرکات جبرانی ۳ امتیاز، در صورت انجام حرکت با حرکات جبرانی ۲ امتیاز کسب می‌کردند. عدم توانایی انجام حرکت یا انجام حرکت با بیش از یک الگوی حرکت جبرانی ۱ امتیاز برای فرد به همراه داشت و در صورت احساس درد حین انجام حرکت یا انجام آزمون آشکارسازی آزمودنی امتیازی دریافت نمی‌کرد. روایی و پایایی این آزمون توسط محققین سنجیده شده و بالای ۰/۷۰ گزارش شده است<sup>(۹-۱۱)</sup>.

### برنامه تمرینی

با توجه به تأثیر تمرینات ثبات مرکزی و نقش مهم آن در تمرین درمانی، دستیابی به یک برنامه درمانی و توان بخشی جهت بهبود سریع‌تر همواره مورد توجه بوده است. تاکنون محققان اثر تمرینات مختلف را به شیوه‌های مختلف بررسی کرده‌اند. با این وجود به دلیل حجیم بودن پروتکل‌های پیشنهادی و کارمندی شدن زندگی‌ها (نبود زمان کافی برای انجام این پروتکل‌ها) افراد قادر به انجام اصولی این تمرینات نیستند. لذا این مطالعه با هدف کاهش حجم و کاهش زمان انجام تمرینات در پی رفع سردرگمی می‌باشد. بنابراین یک پروتکل مختصر از بین تمرینات ثبات دهنده انتخاب و توسط فرد متخصص تأیید شد که شامل سه تمرین به مدت حدوداً ۲۰ دقیقه می‌باشد. از آزمودنی‌ها خواسته شد تا به مدت ۶ هفته، سه جلسه در هفته و هر



شکل ۱. پروتکل تمرینی منتخب ثبات‌دهنده: A. Supine bridge B. Prone bridge C. Lateral bridge

جدول ۱. پروتکل تمرینات منتخب ثبات‌دهنده

مشخصات هفته‌ها	نوع تمرین	ارزیابی اولیه	شدت تمرین	مدت هر تمرین	تعداد تکرار هر تمرین	مدت هر جلسه تمرینی
هفته اول	Supine bridge	آزمون بیشینه نگهداری بدن در حالت پل (ثانیه)	۷۵ درصد زمان آزمون بیشینه نگه داری بدن در حالت پل (ثانیه)	بسته به وضعیت بیمار هر تمرین ۵ تا ۶ دقیقه	سه تکرار	۱۵ تا ۲۵ دقیقه
	Prone bridge					
	Lateral bridge					
هفته دوم		مشابه هفته اول				
هفته سوم	Supine bridge	آزمون بیشینه نگهداری بدن در حالت پل (ثانیه)	۷۵ درصد زمان آزمون بیشینه نگه داری بدن در حالت پل (ثانیه)	بسته به وضعیت بیمار هر تمرین ۵ تا ۷ دقیقه	سه تکرار	۱۵ تا ۲۵ دقیقه
	Prone bridge					
	Lateral bridge					
هفته چهارم		مشابه هفته سوم				
هفته پنجم	Supine bridge	آزمون بیشینه نگه داری بدن در حالت پل (ثانیه)	۷۵ درصد زمان آزمون بیشینه نگه داری بدن در حالت پل (ثانیه)	بسته به وضعیت بیمار هر تمرین ۵ تا ۸ دقیقه	سه تکرار	۱۵ تا ۲۵ دقیقه
	Prone bridge					
	Lateral bridge					
هفته ششم		مشابه هفته پنجم				

تصاویر حرکات supine, prone, lateral bridge در شکل ۱ نمایش داده شده است.

## یافته‌ها

توصیفی هریک از گروه‌ها، شامل سن، قد، وزن، شاخص توده بدنی (BMI)، درجه لوردوز کمری و نمره کلی آزمون FMS آزمودنی‌ها در جدول ۲ خلاصه شده است.

آزمودنی‌های این تحقیق را زنان در دو گروه ۲۰ تا ۳۰ سال (گروه A) و ۴۰ تا ۵۰ سال (گروه B) تشکیل دادند. آمار

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار متغیرهای تحقیق به تفکیک دو گروه A و B

میانگین $\pm$ انحراف معیار (گروه B)	میانگین $\pm$ انحراف معیار (گروه A)	
۴۴/۳۳ $\pm$ ۳/۵۷	۲۵/۰۸ $\pm$ ۳/۵۵	سن (سال)
۷۱/۱۶ $\pm$ ۱۲/۹۳	۶۳/۳۳ $\pm$ ۹/۹۶	وزن (کیلوگرم)
۱۵۹/۰۸ $\pm$ ۳/۹۴	۱۶۳/۲۵ $\pm$ ۴/۶۱	قد (سانتی متر)
۲۸/۱۱ $\pm$ ۵/۱۵	۲۳/۸۶ $\pm$ ۴/۲۷	شاخص توده بدنی (کیلوگرم به متر)
۶۱/۶۴ $\pm$ ۷/۵۹	۵۰/۹۸ $\pm$ ۱۰/۲۷	درجه لوردوز کمری (پیش آزمون)
۴۸/۵۴ $\pm$ ۷/۹۹	۴۲/۴۹ $\pm$ ۱۰/۲۶	درجه لوردوز کمری (پس آزمون)
۱۴/۲۵ $\pm$ ۲/۷۶	۱۵/۹۲ $\pm$ ۲/۶۴	نمره کلی آزمون FMS (پیش آزمون)
۱۷/۲۵ $\pm$ ۲/۵۹	۱۸/۲۵ $\pm$ ۲/۱۳	نمره کلی آزمون FMS (پس آزمون)

گروه A: زنان با سندروم متقاطع تحتانی در دامنه سنی ۲۰ تا ۳۰ سال، گروه B: زنان با سندروم متقاطع تحتانی در دامنه سنی ۴۰ تا ۵۰ سال

مورد مطالعه در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون از توزیع نرمال برخوردار است ( $P < 0/05$ ). همچنین آزمون لون بیانگر همگنی واریانس خطاهای آزمایش بود (جدول ۳).

ابتدا پیش فرض‌های آزمون‌های تی زوجی و آزمون کوواریانس بررسی شد (جدول ۳). نتایج آزمون شاپیرو-ویلک برای مطابقت توزیع داده‌ها با توزیع نرمال نشان داد که توزیع فراوانی متغیرهای مورد بررسی در گروه‌های

جدول ۳. آزمون شاپیرو-ویلک و لون به ترتیب برای مطابقت توزیع داده‌ها با توزیع نرمال و همگنی واریانس خطاهای آزمایشی

متغیر	زمان	آزمون شاپیرو-ویلک		آزمون لون	
		آماره	P	F	P
لوردوز کمری	پیش آزمون	۰/۹۴۷	۰/۲۳۷	۱/۶۰۲	۰/۲۱۹
	پس آزمون	۰/۹۵۸	۰/۳۹۵		
آزمون FMS	پیش آزمون	۰/۹۵۱	۰/۲۸۸	۰/۴۸۸	۰/۴۹۲
	پس آزمون	۰/۹۴۹	۰/۶۱۶		

به وجود آمده است ( $P < 0/001$ ). همچنین نمره آزمون FMS نیز بطور معنی‌داری افزایش یافته است ( $P > 0/001$ ). بنابراین تأثیر تمرینات ثبات مرکزی بر کاهش زاویه لوردوز کمری و افزایش نمره آزمون FMS در هر دو گروه A و B تأیید می‌شود.

نتایج آزمون تی زوجی در مورد درجه انحنای کمر زنان نشان داد که برای هر دو متغیر لوردوز کمری و آزمون FMS تفاوت بین میانگین نمره پیش‌آزمون و پس‌آزمون در هر دو گروه A و B معنی‌دار است. بنابراین، پس از شش هفته تمرین کاهش معناداری در درجه انحنای کمر زنان در هر دو گروه A و B

جدول ۴. آزمون تی زوجی برای تأثیر تمرینات ثبات مرکزی بر انحنای کمر در دو گروه A و B

متغیر	گروه‌ها	تفاوت درون گروهی (تی زوجی)		
		زمان	خطای استاندارد $\pm$ میانگین	تفاوت میانگین‌ها
		آماره t	P	
لوردوز کمری	۲۰-۳۰ سال	پیش‌آزمون	$2,97 \pm 50/99$	$8/5$
		پس‌آزمون	$2/96 \pm 42/49$	
	۴۰-۵۰ سال	پیش‌آزمون	$2/19 \pm 61/65$	$13/11$
		پس‌آزمون	$2/31 \pm 48/54$	
آزمون FMS	۲۰-۳۰ سال	پیش‌آزمون	$0/76 \pm 15/92$	$-2/33$
		پس‌آزمون	$0/62 \pm 18/25$	
	۴۰-۵۰ سال	پیش‌آزمون	$0/8 \pm 14/25$	$-3$
		پس‌آزمون	$0/75 \pm 17/25$	

لوردوز کمری و آزمون FMS بود ( $P < 0/05$ ). بنابراین تفاوت تأثیر تمرینات ثبات مرکزی بین دو گروه A و B تأیید نمی‌شود و میزان تأثیر تمرینات ثبات مرکزی بر گروه‌های تحقیق مشابه است.

مقایسه تأثیر تمرینات ثبات مرکزی بین دو گروه A و B با کنترل پیش‌آزمون از طریق تحلیل کوواریانس انجام شد (جدول ۵). نتایج حاکی از نبود تفاوت معنی‌دار بین دو گروه A و B برای هر دو متغیر



جدول ۵. آزمون کوواریانس برای مقایسه تأثیر تمرینات ثبات مرکزی بین دو گروه A و B

متغیر	منبع تغییر	مجموع مجزورات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	P
لووردوز کمری	کووریت (پیش آزمون)	۱۲۸۸/۹۱	۱	۱۲۸۸/۹۱	۴۷/۳۳	$P > 0.001$
	گروه	۳۸/۶۶	۱	۳۸/۶۶	۱/۴۲	۰/۲۵
	خطا	۵۷۱/۸۳	۲۱	۲۷/۲۳		
آزمون FMS	کووریت (پیش آزمون)	۱۰۲/۴۵	۱	۱۰۲/۴۵	۹۷/۶۰	$P > 0.001$
	گروه	۰/۵۹	۱	۰/۵۹	۰/۵۶	۰/۴۶
	خطا	۲۲/۰۵	۲۱	۱/۰۵		

### بحث و نتیجه گیری

نتایج تحقیق حاضر حاکی از آن است که پس از انجام شش هفته تمرینات منتخب ثبات مرکزی زاویه لووردوز کمری به طور معنی داری کاهش یافته است. نتایج نشان داد که میانگین زاویه لووردوز کمری در گروه تمرینی A به میزان ۸/۵۰ درجه و در گروه تمرینی B به میزان ۱۳/۱۱ درجه کاهش (بهبود) داشت و سبب اصلاح راستای ستون فقرات در آزمودنی‌ها گردید. این یافته‌ها با نتایج تحقیقات باباخانی<sup>(۱۳)</sup>، زاهد پور و همکاران<sup>(۱۴)</sup>، قاسمی و همکاران<sup>(۱۳)</sup>، رضائی و همکاران<sup>(۱۵)</sup> همخوانی دارد. افراد گروه B (۴۰ تا ۵۰ سال) به دلیل زایمان‌های مکرر، چاقی شکمی و سن بالاتر، در پیش آزمون میانگین زاویه لووردوز بیشتری نسبت به گروه A (۲۰ تا ۳۰ سال) داشتند اما در پس آزمون تأثیر بیشتری از تمرینات در کاهش زاویه لووردوز نسبت به گروه A گرفتند. در نتیجه تمرینات ثبات مرکزی در کاهش زاویه لووردوز در هر دو گروه تأثیر داشته ولی در گروه B تأثیر بیشتری داشته است. نتایج پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد، هم انقباضی عضلات موضعی مرکزی (که نقش اصلی آنها پایدار

کردن ستون فقرات است)، یکی از دلایل چرخش خلفی لگن است<sup>(۱۶)</sup>. این درحالیست که انقباض بخش تحتانی عضلات شکم به تنهایی، باعث چرخش خلفی لگن و کاهش گودی کمر می‌شود. لذا در وضعیت هایپرلووردوزیس، لگن چرخش قدامی پیدا می‌کند و این وضعیت با عدم تعادل در طول عضلات شکم و سرینی‌ها و کوتاهی خم کننده‌های ران ارتباط دارد<sup>(۱۷)</sup>. لذا در تبیین نتایج پژوهش حاضر می‌توان گفت احتمالاً بخش مهمی از کاهش لووردوز کمری بعد از تمرینات ثبات دهنده عضلات مرکزی، به دلیل چرخش خلفی لگن در اثر تقویت بخش تحتانی شکم بوده است. در این زمینه، شواهد پژوهشی بیانگر آن است که همکاری عضلات موافق و مخالف تنه به هنگام اجرای تمرینات مرکزی، ثبات و قدرت عضلات کمر را افزایش می‌دهد. از اینرو، تقویت و ثبات عضلات مرکزی به عنوان یک روش درمانی مؤثر در بهبود کمر درد شناخته شده است<sup>(۱۴)</sup>. با توجه به تأثیر مفید این تمرینات که از نتایج این تحقیق به دست آمد، این تمرینات به منظور اصلاح عارضه لووردوز کمری توصیه می‌شود در مجموع نتایج بدست آمده در این

عضلات مرکزی بدن و تعادل پویا با نمرات آزمون غربالگری عملکردی ارتباط معنی‌داری وجود دارد، ولی تنها استقامت عضلات فلکسور تنه و تعادل پویا بود که به طور معنی‌داری نمرات آزمون غربالگری حرکت عملکردی را پیش بینی کرده بود<sup>(۲۰)</sup>. با توجه به نتایج به دست آمده و همسانی نتایج با بیشتر مطالعات، می‌توان به مکانیسم‌های تشریح شده در کنترل حرکتی در زنجیره حرکتی بسته اشاره کرد، عضلات مرکزی بدن همه توان و تحرک بدن را تولید می‌کنند و تقویت این عضلات باعث بهبود تحرک و پایداری ستون فقرات می‌شود که این امر به بهبود عملکرد ورزشکار کمک بزرگی می‌کند<sup>(۲۱)</sup>. Hodges و همکاران ترتیب فعالیت عضلانی طی حرکات اندام تحتانی را مطالعه کردند و متوجه شدند تعدادی از عضلات ثبات دهنده مرکزی به طور دائمی قبل از حرکات اندام تحتانی منقبض می‌شوند<sup>(۲۲)</sup>. این موضوع به ویژه در ورزشکاران که در صفحات حرکتی مختلف به تولید قدرت بیشتری در عضلات ران و تنه نیاز دارند، نقش ثبات مرکزی را بیشتر می‌کند<sup>(۲۳)</sup>. به طوری که هماهنگی مناسب این عضلات به منظور تولید، انتقال و کنترل مناسب نیروها در راستای حرکات بدن ضروری است و فعال سازی هماهنگ عضلات مرکزی سبب ایجاد الگوهای حرکتی و ثبات پاسچرال بهتر و بازدهی عملکردی بیشتر می‌شود<sup>(۲۴)</sup>. در ایجاد هماهنگی، همه عضلات تنه و ران مؤثرند و عضلات به طور مجزا در افزایش ثبات مرکزی نقش ندارند<sup>(۲۵)</sup>. در آزمون غربالگری حرکت عملکردی، فاکتورهای تعادل و ثبات مرکزی از اهمیت بالایی برخوردار است. به منظور انجام صحیح حرکات فرد نیازمند تعادل نسبتاً خوب و همچنین داشتن ثبات ناحیه مرکزی بدن به منظور حفظ تنه و عدم نوسان اندام فوقانی در طول انجام حرکات دارای اهمیت بالایی می‌باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که براساس زنجیره حرکتی بسته، حرکت ایجاد شده در یک قسمت از بدن بر روی قسمت‌های دیگر

تحقیق نشان داد که برنامه تمرینی بکار گرفته شده یک برنامه مؤثر در کاهش قوس کمر، افزایش قدرت - استقامت عضلات شکم می‌باشد. تمرینات ثباتی منتخب در تحقیق حاضر بیشتر بر عضلات کوچک، عمقی و خلفی ستون فقرات تأکید دارند و سعی دارند با بازآموزی عصبی و افزایش استقامت این عضلات، وضعیت صحیح بدنی را حفظ و ثبات دهند و با ایجاد ثبات در ستون فقرات در کاهش قوس کمر نقش به‌سزایی داشته باشند. از طریق تمرینات ورزشی با هدف در قالب حرکات اصلاحی، می‌توان به بسیاری از افرادی که دارای قوس غیرطبیعی ناحیه کمری هستند، یاری رسانید تا از بروز ناهنجاری‌ها و عوارض پاتولوژیک پیشگیری کرده و از هزینه‌های هنگفت درمان کاست<sup>(۱۸)</sup>. محقق با کاهش زمان هر جلسه تمرینی (بین ۲۰ تا ۲۵ دقیقه) باعث استفاده مداوم از آنها در طول زندگی روزانه شد، لذا می‌توان از این پروتکل به عنوان جایگزینی برای تمرینات پر حجم و زمانبر استفاده کرد. از سوی دیگر نتایج تحقیق حاضر حاکی از آن است که پس از انجام شش هفته تمرینات منتخب ثبات مرکزی نمره آزمون غربالگری حرکت عملکردی به طور معنی‌داری افزایش یافته است که میانگین نمره کلی آزمون غربالگری حرکت عملکردی در گروه تمرینی A به میزان ۲/۳۳ عدد و در گروه تمرینی B به میزان ۳ عدد افزایش داشت. که این یافته‌ها با نتایج تحقیقات دانشجو و همکاران<sup>(۳)</sup> و Mitchell و همکاران<sup>(۱۹)</sup> همخوانی دارد و با نتایج ساکی و همکاران<sup>(۲۰)</sup> و Okada و همکاران<sup>(۴)</sup> همسو نبود. دانشجو و همکاران در ۱۳۹۸ به بررسی " اثر تمرینات ثبات مرکزی بر تعادل و نمرات آزمون عملکرد حرکتی فوتبالیست‌های نوجوان " پرداختند نتایج تحقیق نشان داد که تمرینات پایداری ناحیه مرکزی بدن می‌تواند در بهبود تعادل ایستا و پویا و آزمون عملکرد حرکتی (FMS) بازیکنان فوتبال نقش بسزایی داشته باشد<sup>(۳)</sup>. ساکی و همکاران نیز مشاهده کردند، به طور کلی بین متغیرهای ثبات

آن تأثیر می‌گذارد.

همچنین نتایج تحقیق حاضر حاکی از نبود تفاوت معنی‌دار بین دو گروه A و B برای هر دو متغیر لووردوز کمتری و آزمون FMS بود. بنابراین در مقایسه تأثیر تمرینات ثبات مرکزی بین دو گروه A و B تفاوت تأیید نمی‌شود و میزان تأثیر تمرینات ثبات مرکزی بر گروه‌های تحقیق مشابه است. در نتیجه در هر دو گروه سنی جوان و میانسال در متغیرهای لووردوز کمتری و آزمون FMS پیشرفت مشاهده شد.

انجام تمرینات ثباتی برای تأمین کنترل و ثبات ستون فقرات ضروری است و ثبات مرکزی در عملکرد عضلات اندام فوقانی و تحتانی به منظور تولید، انتقال و کنترل مناسب نیروها و بهبود تعادل مورد نیاز است. دستیابی به این امر مهم نیازمند هماهنگی بین ساختارهای فعال، غیرفعال و عصبی می‌باشد. به نظر می‌رسد تمرینات منتخب ثبات مرکزی در تحقیق حاضر علاوه بر تقویت عضلات سطحی و عمقی ستون فقرات و شکمی، باعث بازآموزی عصبی عضلات این ناحیه می‌شود. بنابراین می‌توان گفت که تمرینات ثبات مرکزی شیوه تمرینی مناسب برای اصلاح ناهنجاری لووردوزیس کمتری به شمار می‌آید. همچنین در آزمون غربالگری حرکت عملکردی، به منظور انجام صحیح حرکات فرد نیازمند تعادل نسبتاً خوب و همچنین داشتن ثبات ناحیه مرکزی بدن به منظور حفظ تنه و عدم نوسان اندام فوقانی در طول انجام حرکات می‌باشد بنابراین با توجه به نتایج، استفاده از تمرینات ثبات مرکزی تحقیق حاضر سبب اصلاح الگوهای حرکتی ناکارآمد در آزمودنی‌ها می‌شود. در پژوهش اخیر یک پروتکل تمرینی مختصر (شامل سه تمرین منتخب از بین تمرینات ثبات مرکزی) استفاده شد و مدت زمان مورد نیاز برای انجام تمرینات در هر جلسه را کاهش داد که از این طریق می‌تواند باعث افزایش تمایل افراد به سمت ورزش‌های ثبات مرکزی شود. تفاوت اساسی این پژوهش با پژوهش‌های پیشین کاستن

حجم و زمان مورد نیاز برای انجام تمرینات بود که نیاز جوامع صنعتی و زندگی‌های کارمندی عصر حاضر می‌باشد. همچنین به دلیل شیوع ویروس کرونا این تمرینات قابلیت اجرا در منزل را نیز دارد.

### تشکر و قدردانی

پژوهشگران مطالعه حاضر از تمامی آزمودنی‌ها که حداکثر همکاری را در اجرای تحقیق به عمل آوردند کمال تقدیر و تشکر را دارند. این مقاله حاصل پایان‌نامه کارشناسی ارشد گرایش آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی می‌باشد که در دانشگاه حکیم نظامی قوچان انجام شد. شایان ذکر است که کد اخلاقی با شماره IR.SRTTU.SSF,2021/144 از کمیته اخلاق دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی توسط پژوهشگر اخذ گردید.

## References

1. Okhli H, Hojjati H, Akhoundzadeh G. [Comparing the Effect of the Corrective Exercises of America's National Academy of Sports Medicine and Pilates on the Correction of Lordosis among Female High School Students in Golestan Province in 2018 (persian)]. *International Journal of School Health*. 2019;6(4):1-6. doi:10.30476/INTJSH.2019.45883
2. Arazzadeh H, Norasteh AA, Eidi Dahneh A. [The Effect of 8 Weeks of Balance Training on Upper Extremity Function and Functional Movement Screening Test Scores of Adolescent Volleyball Players (persian)]. *Journal of Exercise Science and Medicine*. 2019;10(2):231-46. doi:10.22059/JSMED.2019.263540.911
3. DANESHJOO A, Eslami SAA, MOUSAVI SSK. [Effect of Core Stability Training on the Balance and FMS Scores of Adolescent Soccer Players(persian)]. 2020. doi:10.22037/JRM.2019.111518.2053
4. Okada T, Huxel KC, Nesser TW. Relationship between core stability, functional movement, and performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2011;25(1):252-61. doi:10.1519/JSC.0b013e3181b22b3e
5. Cook G, Burton L, Hoogenboom B. Pre-participation screening: the use of fundamental movements as an assessment of function-part 1. *North American journal of sports physical therapy: NAJSPT*. 2006;1(2):62-72.
6. Cook G, Burton L, Hoogenboom B. Pre-participation screening: the use of fundamental movements as an assessment of function-part 2. *North American journal of sports physical therapy: NAJSPT*. 2006;1(3):132-9.
7. Ghasemi G, Goharjoo M, Faizi M. [Effects of conventional core stability and core stability suspension exercises on multifidus muscle endurance, pain and quality of life in people with nonspecific chronic low back pain. *Jundishapur Scientific Medical Journal (persian)*]. 2020;18(6):571-84. doi:10.22118/JSMJ.2020.207945.1896
8. Branch B. [The effect of a selected spinal core-muscle stabilization training in water on pain intensity and lumbar lordosis. *Feyz, Journal of Kashan University of Medical Sciences (persian)*]. 2013;17(3):267-74.
9. Brown P. *Movement: Functional Movement Systems—Screening, Assessing, Corrective Strategies On Target Publications*. The Journal of the Canadian Chiropractic Association. 2012;56(4):316.
10. Mokha M, Sprague PA, Gatens DR. Predicting musculoskeletal injury in national collegiate athletic association division II athletes from asymmetries and individual-test versus composite functional movement screen scores. *Journal of athletic training*. 2016;51(4):276-82. doi:10.4085/1062-6050-51.2.07
11. Duke SR, Martin SE, Gaul CA. Preseason functional movement screen predicts risk of time-loss injury in experienced male rugby union athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2017;31(10):2740-7. doi:10.1519/JSC.0000000000001838
12. ali Ghasemi G, Fallah A, Sekhavat E. [Effects of selected core stabilization exercise protocol on pain and functional disability in patients with chronic non-specific low back pain(persian) ]. *Journal of Research in Rehabilitation Sciences*. 2014;10(1):56-66.
13. Babakhani F. [The Effectiveness of Central Muscle Exercises with Physiobal Balls on Balancing and Curvature Changes of Lordosis in Trainable Mentally Retard Female Students (persian)]. *Health Research Journal*. 2020;5(3):144-51. doi:10.29252/hrjbaq.5.3.144
14. Zahedpour F, Mohammadi M, Damavandi M, Agah J. [The effect of core stability training on postpartum lumbar lordosis and low back pain in nulliparous women (persian)]. *The Iranian Journal of Obstetrics, Gynecology and Infertility*. 2017;20(3):89-97. doi:10.22038/IJOGI.2017.8876
15. Mahdavinejad R, Rezaei S. [Pilates selected exercises effects on women's lumbar hyperlordosis

- in immediate post-partum period (persian)]. *Asian J Multidiscip Stud.* 2014;2:48-53.
16. Faries MD, Greenwood M. Core training: stabilizing the confusion. *Strength and conditioning journal.* 2007;29(2):10.
17. Gheitasi M, Bayattork M, Bahmani S. Validity and Reliability of Digital Photogrammetry in Determining the Degrees of Thoracic Hyperkyphosis and Lumbar Hyperlordosis in Iranian Adolescent Girls and Boys. *Journal of Paramedical Sciences & Rehabilitation.* 2021. doi:10.22038/JPSR.2021.47268.2092
18. Mehrdad R, Esmaeili Javid G, Hasan Zadeh H, Sotodeh-Manesh A, et al. [Sports and laser resurfacing in the treatment of low back pain (persian)]. *Tehran University of Medical Sciences.* 2005;63(4):322-30.
19. Mitchell UH, Johnson AW, Adamson B. Relationship between functional movement screen scores, core strength, posture, and body mass index in school children in Moldova. *The Journal of Strength & Conditioning Research.* 2015;29(5):1172-9. doi:10.1519/JSC.0000000000000722
20. Saki F, Sedaghati P. [Investigation of the Relationship between Functional Movement Screen Composite Scores and Core Stability Muscles Endurance in Taekwondoists (persian)]. *Journal of Paramedical Sciences & Rehabilitation.* 2018;7(4):62-72.
21. Yoon S-D, Sung D-H, Park GD. The effect of active core exercise on fitness and foot pressure in Taekwondo club students. *Journal of physical therapy science.* 2015;27(2):509-11. doi:10.1589/jpts.27.509
22. Hodges PW, Richardson CA. Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. *Physical therapy.* 1997;77(2):132-42. doi:10.1093/ptj/77.2.132
23. Robinson RL, Nee RJ. Analysis of hip strength in females seeking physical therapy treatment for unilateral patellofemoral pain syndrome. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy.* 2007;37(5):232-8. doi:10.2519/jospt.2007.2439
24. Kavcic N, Grenier S, McGill SM. Quantifying tissue loads and spine stability while performing commonly prescribed low back stabilization exercises. *Spine.* 2004;29(20):2319-29. doi:10.1097/01.brs.0000142222.62203.67
25. Mascal CL, Landel R, Powers C. Management of patellofemoral pain targeting hip, pelvis, and trunk muscle function: 2 case reports. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy.* 2003;33(11):647-60. doi:10.2519/jospt.2003.33.11.647