



## Correlation of pain and lumbar arch with electromyography of ankle muscle in athletes with low back pain

Behnam Gholami Borujeni<sup>1</sup>, Ali Yalfani<sup>2\*</sup>

1. PhD student of Sport Injury and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran.
2. Associate professor of sport Rehabilitation, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

### ABSTRACT

**Aims and background:** Aims and background: Lumbar muscle imbalances could affect the lower extremity. The aim of present study was to survey the relationship between pain and lumbar arch with ankle muscle activity and comparison these variables in males and females with chronic non-specific low back pain when implementing single leg squat.

**Materials and methods:** 47 Participants with chronic nonspecific low back pain (CNLBP) were selected in this study (male=22 and female=25). Visual Analogue Scale (VAS) was used to evaluate the LBP intensity. Lumbar lordosis curve was recorded using a flexible ruler. The Participants perform single leg squat position and dominant foot electromyography would be measured when the person was in the single leg squat position. The Pearson correlation coefficient was used to examine the relationship between variables and Independent t test was used to compare variables between males and females.

**Findings:** The results showed there were positive and significant correlation between pain of tibialis anterior muscle activity and peroneus longus muscle in males and females.

**Conclusion:** Regarding the results of this study, it would be concluded that low back pain is one of those factor that may increase ankle muscle activity. Treatment of low back pain could decrease the risk of injury caused by changes in postural control mechanisms and proprioception in lumbar and other joints in the kinetic chain, especially the ankle joint.

**Keywords:** Low Back Pain, Electromyography, Single Leg Squat, Ankle

► Please cite this paper as:

Gholami Borujeni B, Yalfani A [Correlation of pain and lumbar arch with electromyography of ankle muscle in athletes with low back pain (Persian)]. J Anesth Pain 2019;10(3):105-118.

**Corresponding Author:** Ali Yalfani, Associate professor of sport Rehabilitation, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Bu-Ali Sina University

**Email:** ali\_yalfani@yahoo.com

فصلنامه علمی پژوهشی بیهوشی و درد، دوره ۱۰، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸

فصلنامه علمی پژوهشی بیهوشی و درد، دوره ۱۰، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸

## رابطه میزان درد و قوس ناحیه لومبار با الکترومیوگرافی عضلات مفصل مچ پا در ورزشکاران مبتلا به کمر درد

بهنام غلامی بروجنی<sup>۱</sup>، علی یلفانی<sup>۲\*</sup>

۱. دانشجوی دکتری آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران  
۲. دانشیار توانبخشی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۳/۲۵

تاریخ بازبینی: ۱۳۹۸/۳/۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۰

### چکیده

**زمینه و هدف:** زمینه و هدف: ایملانس‌های عضلانی ایجاد شده در کمردرد می‌توانند اندام تحتانی را تحت تأثیر قرار دهند. هدف از این مطالعه بررسی رابطه بین میزان درد و زاویه قوس ناحیه لومبار با فعالیت عضلات عمل کننده بر مفصل مچ پا و همچنین مقایسه فعالیت عضلانی در مردان و زنان ورزشکار مبتلا به کمردرد مزمن غیر اختصاصی هنگام انجام اسکات تک پا بود.

**مواد و روش‌ها:** شرکت‌کنندگان در این مطالعه ۴۷ نفر مبتلا به کمردرد مزمن غیر اختصاصی بودند که در دو گروه مرد (۲۲ نفر) و زن (۲۵ نفر) قرار گرفتند. در این پژوهش برای ارزیابی میزان درد ناحیه لومبار از مقیاس بصری درد (VAS) استفاده شد. با استفاده از خط کش منعطف منحنی لوردوز ثبت شد. فعالیت عضلات پای برتر در هنگام اجرای اسکات تک پا با استفاده از دستگاه الکترومیوگرافی ثبت شد. از آزمون همبستگی پیرسون برای بررسی روابط بین متغیرها استفاده شد و برای مقایسه متغیرها آزمون t مستقل استفاده شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که رابطه درد و فعالیت عضلات ساقی قدامی و نازکنی طویل در مردان و زنان مثبت و معنی‌دار بود.

**نتیجه‌گیری:** با توجه به نتایج پژوهش می‌توان گفت که درد کمر عاملی است که می‌تواند باعث افزایش فعالیت عضلات اطراف مفصل مچ پای افراد شود. درمان کمردرد می‌تواند خطر ابتلا به آسیب‌هایی که با تغییر در مکانیزم‌های کنترل پاسچر و حس عمقی در کمر و مفاصل دیگر در زنجیره حرکتی مخصوصاً مفصل مچ پا به وجود می‌آید را به حداقل برساند.

**کلید واژه‌ها:** کمردرد، الکترومیوگرافی، اسکات تک پا، مفصل مچ پا

### مقدمه

را بر عضلات آگونیست و آنتاگونیست وارد می‌کند که در نتیجه این الگوهای غلط سبب کمردرد می‌شوند. ثبات ستون فقرات توسط ناحیه لگن و تنه تأمین می‌شود و ایملانس‌های عضلانی در ناحیه کمری-لگنی سبب

وجود کمردرد در ورزش‌های برخوردی و غیربرخوردی یک شکایت رایج است<sup>(۱)</sup>. تمرینات ورزشی غلط سبب ایملانس عضلانی ناحیه کمر شده و بار و تنش زیادی

نویسنده مسئول: علی یلفانی، دانشیار توانبخشی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

پست الکترونیک: ali\_yalfani@yahoo.com

یافته‌های این پژوهش نشان داد که در طی راه رفتن با سرعت راحت، با وجود الگوی مشابه شروع فعالیت عضلانی در عضلات اندام تحتانی، کم‌ری و پشتی مورد آزمون، شروع فعالیت عضلانی در تمام عضلات مورد آزمون در گروه کم‌درد نسبت به گروه کنترل با تأخیر بوده است؛ اگرچه از نظر آماری این تفاوت معنی‌دار نبود<sup>(۹)</sup>. Cai و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهشی با عنوان کم‌درد و عملکرد اندام تحتانی در مردان و زنان دوندۀ مبتلا به کم‌درد مزمن به مقایسه خستگی‌پذیری عضلات اکستنسور کم‌ری، فعالیت عضلات کم‌ری و قدرت اندام تحتانی بین مردان و زنان دوندۀ تفریحی مبتلا به کم‌درد مزمن و افراد سالم پرداختند. Cai و همکاران به این نتیجه رسیدند که دوندگان با کم‌درد مزمن قدرت عضلات اکستنسور زانوی کم‌تری را نسبت به دوندگان سالم به نمایش گذاشتند و دوندگان مرد با کم‌درد مزمن نقص بیشتری را در فعال‌سازی عضلات مولتی‌فیدوس کم‌ری نشان دادند<sup>(۱۰)</sup>.

در تمرینات قدرتی از اسکات و اسکات تک پا به عنوان یکی از مهم‌ترین و پراستفاده‌ترین تمرینات استفاده می‌شود<sup>(۱۱)</sup>. در تمرینات مقاومتی و آماده‌سازی همه ورزش‌ها برای بالابردن تعادل، قدرت و توان از اسکات تک پا در رژیم‌های تمرینی استفاده می‌شود<sup>(۱۱، ۱۲)</sup>. اسکات تک پا علاوه بر قدرت، هماهنگی عصبی عضلانی زیادی را نیاز دارد و کنترل نامناسب پاسچر در این حرکت احتمالاً سبب آسیب می‌شود<sup>(۱۳، ۱۴)</sup>، از طرفی اسکات تک پا به دلیل نشان دادن ایمبالانس‌ها و عدم تقارن‌هایی که در بدن وجود دارد در سال‌های اخیر توسط پژوهشگران مورد استقبال قرار گرفت<sup>(۱۴)</sup>، این آزمون‌ها توسط آکادمی ملی طب ورزشی آمریکا (NASM) به عنوان یک شاخص مناسب برای بررسی حرکات انتقالی معرفی شد. اسکات تک پا برای بررسی اختلالات اسکلتی عضلانی استفاده می‌شود که توسط آکادمی ملی طب ورزشی آمریکا به عنوان یک ابزار ارزیابی معرفی شد<sup>(۱۴)</sup>.

توسعه کم‌درد می‌شوند<sup>(۳)</sup>. برای مثال ایمبالانس در عضلات مختلف ناحیه مرکزی و غلبه عضلات گلوبال بر عضلات لوکال می‌تواند سبب ایجاد کم‌درد شود<sup>(۳)</sup>. برخی مطالعات ایمبالانس‌های عضلانی و اختلال در فعالیت عضلانی ناحیه کمر را در بیماران مبتلا به کم‌درد نشان دادند<sup>(۳، ۱۷)</sup>. Vieira و Vitoria Ruas (۲۰۱۷) نشان دادند که ایمبالانس‌ها و عدم تقارن‌ها در زنجیره حرکتی سبب کم‌درد شده و کم‌درد نیز این ایمبالانس‌ها و عدم تقارن‌ها را تشدید می‌کند که در نهایت سبب تغییر در سراسر مفاصل زنجیره حرکتی شده و در نتیجه تعادل نیز دچار اختلال می‌شود<sup>(۳)</sup>. یکی از علت‌های کم‌درد تغییر در کنترل عصبی عضلانی و از دست رفتن الگوهای نرمال حرکت ستون فقرات است که در نهایت کنترل پاسچر را تهدید می‌کند و سبب تغییر در مکانیزم کنترل پاسچر می‌شود<sup>(۴)</sup>.

در افراد مبتلا به کم‌درد مزمن تغییر الگوی فعالیت عضلات لوکال و گلوبال منجر به کاهش فعالیت عضله عرضی شکمی و افزایش فعالیت جبرانی عضلات گلوبال شده که باعث مختل شدن روند حفظ ثبات مفصلی در این بیماران می‌شود<sup>(۴)</sup>.

کنترل پاسچر چند قسمتی در افراد مبتلا به کم‌درد دچار اختلال می‌شود<sup>(۵، ۶)</sup>. در بیماران مبتلا به کم‌درد تعادل و کنترل پاسچر با استفاده از یک استراتژی سخت شامل استراتژی مچ پا حفظ می‌شود و در نتیجه نوسانات در ناحیه مچ پا و افزایش می‌یابد و برای کنترل مفصل مچ پا احتمالاً فعالیت عضلات عمل‌کننده بر مفصل مچ پا افزایش می‌یابد<sup>(۶)</sup>. مکانیزم‌های این اختلال در افراد مبتلا به کم‌درد هنوز مشخص نشده است. مکانیزم‌های قلمداد شده شامل درد<sup>(۷)</sup>، تغییر در هماهنگی، خستگی عضلانی و یک اختلال در توانایی سیستم حس عمقی می‌باشد<sup>(۸)</sup>. محمودی و همکاران (۲۰۱۴) به مقایسه زمان‌بندی فعالیت عضلانی در عضلات اندام تحتانی، کم‌ری و پشتی در افراد مبتلا به کم‌درد مزمن و سالم در طی مرحله ایستایی راه رفتن پرداختند.

با توجه به معیارهای ورود به تحقیق انتخاب شده‌اند<sup>(۱۵)</sup>. از ۴۷ نفر شرکت‌کننده در این پژوهش، تعداد ۲۲ نفر مبتلا به کمردرد مزمن غیراختصاصی در گروه مردان و ۲۵ نفر مبتلا به کمردرد مزمن غیراختصاصی در گروه زنان بودند. شرکت‌کنندگان پس از انجام معاینات لازم برای شرکت در این پژوهش انتخاب شدند.

ورزشکاران در این مطالعه از میان افرادی انتخاب شد که حداقل سه سال سابقه حضور مستمر و منظم در تمرینات مقاومتی و تمرینات با وزنه را داشتند و هر هفته حداقل سه جلسه تمرین می‌کردند و مدت زمان هر جلسه تمرینی نیز بیش‌تر از یک ساعت بود. نداشتن سابقه جراحی، شکستگی، سوختگی، مشکلات عصبی-عضلانی، آسیب شدید در ستون فقرات (از جمله فتق دیسک، استئوآرتریت و آرتروز روماتوئید و ...) و اندام تحتانی و عدم استفاده از اندام مصنوعی در ران، زانو و مچ پا، عدم سابقه استفاده از هر نوع توکفشی یا کفش طبی، نداشتن دیابت و بیماری‌های مربوط به اعصاب پیرامونی، عدم وجود ناراستایی در ناحیه ستون فقرات سینه‌ای، گردنی، ناحیه لگن، ناحیه کمری و اندام تحتانی، عدم وجود اسکولیوز در ستون فقرات از شرایط عمومی آزمودنی‌ها بود. اطلاعات مربوط به سابقه بیماری و آسیب از طریق پرسشنامه عمومی و نیز به صورت شفاهی از آزمودنی‌ها دریافت شد و راستای ستون فقرات، اندام فوقانی و اندام تحتانی توسط آزمونگر مورد بررسی قرار گرفت تا در صورت وجود دفورمیتی و یا ناراستایی در ستون فقرات، اندام فوقانی و اندام تحتانی از مطالعه خارج شوند.

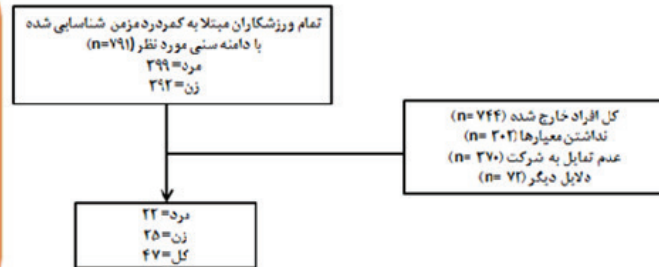
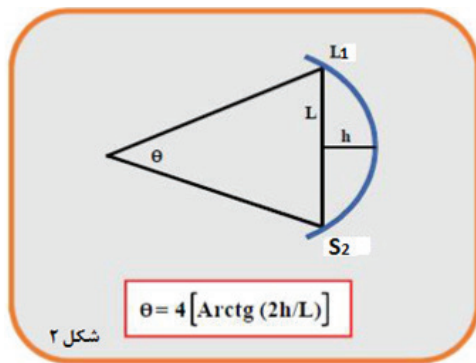
افرادی که BMI آن‌ها بین ۲۰ تا ۲۵ نبود نیز از مطالعه خارج شدند. افرادی که سابقه استفاده از داروهای استروئیدی و سایر مواد نیروزا را داشته‌اند نیز از پژوهش حذف شدند. قبل از ورود به آزمایش، آزمودنی‌ها فرم رضایت‌نامه کتبی را مطالعه کرده و سپس آن را امضا کردند. مراحل آزمون به افراد توضیح داده شد. این مطالعه در کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی همدان با کد IR.UMSHA.REC.1396.844 تأیید و ثبت شده بود.

کمردرد سبب می‌شود که حس عمقی از ناحیه کمری به مفصل مچ پا منتقل شود و بدین ترتیب اندام تحتانی را تحت تأثیر قرار می‌دهد<sup>(۷،۵،۲)</sup> و می‌تواند سبب تغییر الگوی فعالیت عضلانی در مفصل مچ پا به عنوان مفصلی که نقص حس عمقی ناحیه کمر را جبران می‌کند، شود. ایمبالانس‌های عضلانی علاوه بر اینکه کمردرد را در ورزشکارانی که تمرینات با وزنه انجام می‌دهند و سایر ورزشکاران تشدید می‌کنند با تغییر در مکانیزم‌های کنترل پاسچر و حس عمقی در کمر و مفاصل دیگر در زنجیره حرکتی مخصوصاً مفصل مچ پا می‌تواند احتمال بروز آسیب در مفاصل این افراد را افزایش دهند. با توجه به موارد ذکر شده ما در این مطالعه به بررسی رابطه میزان درد و زاویه قوس ناحیه لومبار با الکترومیوگرافی عضلات عمل‌کننده بر مفصل مچ پا و همچنین مقایسه الکترومیوگرافی عضلات در مردان و زنان ورزشکار مبتلا به کمردرد مزمن غیراختصاصی حین انجام آزمون اسکات تک پا، پرداختیم.

## مواد و روش‌ها

تحقیق همبستگی و مقایسه‌ای حاضر دارای طرح تحقیقی ۲ گروهی (مرد و زن) مبتلا به کمردرد می‌باشد. شرکت‌کنندگان در این تحقیق ورزشکاران رشته‌های قدرتی شهر همدان با دامنه سنی ۱۸ تا ۲۵ سال می‌باشند. ورزشکارانی که بیش از سه ماه درد با علت نامشخص در ناحیه کمری داشته‌اند به عنوان ورزشکاران مبتلا به کمردرد مزمن انتخاب شده‌اند. روش نمونه‌گیری، نمونه‌گیری در دسترس بود.

با محاسبات انجام شده توسط نرم‌افزار G\*power (برای توان آزمونی ۰/۹۵، اندازه اثر ۰/۸۰ و سطح معنی‌داری ۰/۰۵)، تعداد حداقل ۲۴ نفر برای هر دو گروه تعیین گردید ولی با توجه به اینکه احتمال ریزش شرکت‌کنندگان به دلیل انجام خطا در تست‌ها یا وجود نویز در داده‌های الکترومیوگرافی بود، ۴۷ ورزشکار مبتلا به کمردرد به عنوان نمونه آماری به صورت در دسترس و



شکل ۱: نمودار انتخاب شرکت کنندگان، شکل ۲- نحوه به دست آوردن شاخص قوس ستون فقرات

الکترومیوگرافی ۸ کاناله مدل ME6000 ساخت شرکت مگاوین فنلاند ثبت شد. الکترودهای استفاده شده در این مطالعه SKINTACT و از نوع چسبیده و یک بار مصرف بودند. جنس این الکترودها Ag/AgCl بوده و دارای ژل هادی بودند. فاصله بین مرکز الکترودها در این تحقیق به پیشنهاد پروتکل اروپایی SENIAM 2 سانتی متر در نظر گرفته شد.

برای کاهش دادن امپدانس و مقاومت پوست، با تراشیدن موهای زائد آزمودنی‌ها و تمیز کردن و شستشوی کامل ناحیه مورد نظر با الکل، پوست آزمودنی‌ها برای نصب الکترودها آماده‌سازی گردید. فرکانس نمونه‌برداری، ۱۰۰۰ هرتز و با نسبت سیگنال به نویز ۹۰ دسی بل تعیین گردید. داده‌های EMG با استفاده از نرم افزار مگاوین ثبت شده‌اند و برای تجزیه و تحلیل وارد نرم‌افزار متلب شدند. برای حذف اثرات آرتیفکت حرکت الکترودها و دیگر سیگنال‌های ناخواسته، از یک فیلتر میان‌گذر ۱۰ تا ۵۰۰ هرتز استفاده شد.

برای نرمال‌سازی سیگنال‌های الکترومیوگرافی، اطلاعات ریشه مجذور میانگین (RMS) هر عضله، طی اجرای هر بار تکرار مهارت، به مقدار حداکثر انقباض ارادی ایزومتریک (MVIC) آن عضله تقسیم و سپس در عدد صد ضرب گردید. برای تعیین پای برتر از شرکت کننده خواسته شد به توپ فوتبال ضربه بزند، پای ضربه زننده

در این پژوهش برای ارزیابی میزان درد ناحیه لومبار از مقیاس آنالوگ بصری (VAS) درد استفاده شد. معیار اندازه‌گیری درد خط‌کشی به طول ۱۰ سانتی‌متر (۱۰۰ میلی‌متر) بود. در این روش اندازه‌گیری عدد صفر نشان دهنده عدم وجود درد و عدد ۱۰ نشان دهنده حداکثر مقدار درد را نشان می‌دهد<sup>(۱۶)</sup>.

با استفاده از خط کش منعطف منحنی لوردوز کمری ثبت و با فرمول مخصوص آن محاسبه شد<sup>(۱۷)</sup>. خط کش استفاده شده یک خط کش سربی با روکش پلاستیکی ۳۰ سانتی‌متری بوده که فقط در یک صفحه خم می‌شد و بعد از خم شدن نیز شکل خود را حفظ می‌کرد. برای اندازه‌گیری زاویه لوردوز ابتدا زواید خاری مهره‌های S2 و S1 و گودترین نقطه قوس کمری را نشانه گذاری کرده و سپس با قرار دادن خط کش منعطف بر روی قوس و ثبت آن بر روی کاغذ و زاویه لوردوز با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد<sup>(۱۷، ۱۸)</sup>. افراد با زاویه لوردوز کمری بین زاویه ۲۰ تا ۴۰ به عنوان افراد با لوردوز نرمال انتخاب شده و وارد مطالعه شدند<sup>(۱۹)</sup>.

فعالیت الکترومیوگرافی عضلات ساقی قدامی (TA)، نازکنئی طویل (PL)، دوقلوی داخلی (GM) و دوقلوی خارجی (GL) پای برتر طبق پروتکل اروپایی SENIAM در هنگام اجرای اسکات تک پا با استفاده از دستگاه

شده و سطح معناداری برابر با  $\alpha = 0/05$  در نظر گرفته شد.



شکل ۳: ثبت فعالیت الکترومیوگرافی عضلات هنگام انجام اسکات تک پا

#### یافته‌ها

ویژگی‌های دموگرافیک شرکت‌کنندگان از جمله سن، وزن، شاخص میزبان درد (VAS) و شاخص قوس کمری (LAI) شرکت‌کنندگان در جدول ۱ آورده شده است. نتایج آزمون شاپیرو-ویلک در جدول شماره ۲ آورده شد، نتایج این آزمون در هر گروه نشان داد که توزیع داده‌ها در متغیرهای پژوهش در آن گروه نرمال بود. نتایج حاصل از آزمون لون برای پیش فرض برابری واریانس‌ها برای آزمون t مستقل نیز نشان داد که تفاوت معناداری بین واریانس‌های دو گروه در متغیرهای مورد نظر وجود ندارد.

به عنوان پای برتر انتخاب می‌شد. قبل از انجام آزمون شرکت‌کنندگان به مدت ۶ دقیقه گرم کردن بدن را انجام دادند که شامل ۳ دقیقه گرم کردن با ارگومتر در سرعت ثابت و ۳ دقیقه حرکات کششی سراسری بود. برای انجام آزمون اسکات تک پا فرد بر روی پای غالب ایستاده و دست‌ها بر روی هیپ قرار داده شدند. سر مستقیم رو به جلو بوده و پا (انگشتان دوم و سوم) نیز همراستا با زانو و مستقیم رو به جلو بود، همچنین ناحیهٔ مچ پا و پا در وضعیت خنثی (بدون پرونیشن و سوپینیشن، والگوس و واروس پاشنه) بود. زاویه زانو در این تست ۱۱۰ درجه بود<sup>(۱۴)</sup>.

افرادی که قادر به انجام صحیح و بدون خطای اسکات تک پا نبودند از پژوهش حذف شدند. مدت زمان انجام تست ۳۰ ثانیه بود، زمانی که فرد در زاویه اسکات مورد نظر قرار می‌گرفت فعالیت عضلانی عضلات مورد نظر با استفاده از دستگاه الکترومیوگرافی مگاوین ثبت می‌شد. این تست سه بار به صورت صحیح انجام شد و میانگین نمرات این سه تست به عنوان نمره فرد در نظر گرفته شد. برای تعیین نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک و از آزمون لون برای همگنی واریانس‌ها استفاده شد. از آزمون همبستگی پیرسون برای بررسی رابطه بین درد و الکترومیوگرافی عضلات و همچنین بررسی رابطه بین قوس ناحیه لومبار و الکترومیوگرافی عضلات استفاده شد و برای مقایسه الکترومیوگرافی عضلات بین مردان و زنان از آزمون t مستقل استفاده شد. داده‌ها به وسیله نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ تجزیه و تحلیل

جدول ۱: ویژگی‌های دموگرافیک شرکت‌کنندگان (میانگین  $\pm$  انحراف استاندارد)

گروه	تعداد	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)	میزان درد	شاخص توده بدنی	شاخص قوس لومبار (درجه)
مرد	۲۲	۲۱ $\pm$ ۱/۷۳	۱۷۵/۴۵ $\pm$ ۷/۸۴	۶۸/۹۶ $\pm$ ۹/۰۳	۴/۷۰ $\pm$ ۱/۸۵	۲۲/۴۱ $\pm$ ۲/۳۱	۲۹/۹۱ $\pm$ ۴/۳۲
زن	۲۵	۲۲/۳۵ $\pm$ ۱/۹۴	۱۶۱/۷۹ $\pm$ ۶/۰۹	۵۶/۷۳ $\pm$ ۸/۶۵	۵/۸۷ $\pm$ ۱/۴۵	۲۱/۶۲ $\pm$ ۳/۰۹	۳۰/۸۵ $\pm$ ۵/۱۵

جدول ۲: نتایج آزمون شاپیرو-ویلک برای بررسی نرمالیتی داده‌ها

متغیر	مرد	زن
	P	P
میزان درد	۰/۴۹۶	۰/۰۶۶
قوس لومبار	۰/۱۸۰	۰/۱۶۰
ساقی قدامی	۰/۳۵۰	۰/۰۹۵
نازک‌نی طویل	۰/۰۹۱	۰/۱۶۵
دوقلوی داخلی	۰/۹۳۳	۰/۳۵۹
دوقلوی خارجی	۰/۰۸۷	۰/۵۷۰

\*نشان دهنده معنی‌داری آزمون است.

مزمّن مثبت و معنی‌دار بود. ولی همبستگی بین درد و فعالیت عضلات دوقلوی داخلی و دوقلوی خارجی در مردان و زنان با اینکه مقادیر منفی را نشان دادند ولی از لحاظ آماری این رابطه معنی‌دار نبودند.

نتایج آزمون همبستگی پیرسون بین درد و الکترومیوگرافی عضلات ساق پا در جدول ۳ آورده شده است. نتایج نشان داد که همبستگی بین درد و فعالیت عضلات ساقی قدامی و نازک‌نی طویل در مردان و زنان مبتلا به کمردرد

جدول ۳: نتایج ضریب همبستگی پیرسون در رابطه بین درد و الکترومیوگرافی عضلات

عضله	گروه	تعداد افراد	ضریب همبستگی	P
ساقی قدامی	مرد	۲۲	۰/۸۳۰	۰/۰۰۲*
	زن	۲۵	۰/۷۰۵	۰/۰۰۵*
نازک‌نی طویل	مرد	۲۲	۰/۸۳۵	۰/۰۰۱*
	زن	۲۵	۰/۶۴۷	۰/۰۱۲*
دوقلوی داخلی	مرد	۲۲	-۰/۵۱۲	۰/۱۰۷
	زن	۲۵	-۰/۳۴۸	۰/۲۲۳
دوقلوی خارجی	مرد	۲۲	-۰/۳۰۵	۰/۳۶۱
	زن	۲۵	-۰/۱۴۹	۰/۶۱۱

\*نشان دهنده معنی‌داری آزمون است.

بین شاخص قوس ناحیه لومبار و فعالیت عضلات ساقی قدامی، نازکنی طویل، دوقلوی داخلی و دوقلوی خارجی مردان و زنان مبتلا به کمردرد مزمن نشان نداد.

نتایج آزمون همبستگی پیرسون بین میزان قوس ناحیه لومبار و الکترومیوگرافی عضلات ساق پا در جدول ۴ آورده شده است. نتایج این آزمون رابطه معنی‌داری

**جدول ۴:** نتایج ضریب همبستگی پیرسون در رابطه بین میزان قوس ناحیه لومبار و الکترومیوگرافی عضلات

عضله	گروه	تعداد	ضریب همبستگی	P
ساقی قدامی	مرد	۲۲	-۰/۰۶۱	۰/۸۵۹
	زن	۲۵	۰/۱۳۰	۰/۶۵۹
نازکنی طویل	مرد	۲۲	-۰/۳۵۳	۰/۲۸۷
	زن	۲۵	۰/۱۰۲	۰/۷۲۸
دوقلوی داخلی	مرد	۲۲	۰/۰۱۲	۰/۹۷۲
	زن	۲۵	-۰/۱۵۵	۰/۵۹۷
دوقلوی خارجی	مرد	۲۲	۰/۲۰۹	۰/۵۳۸
	زن	۲۵	-۰/۰۵۳	۰/۸۵۸

\*نشان دهنده معنی‌داری آزمون است.

نتایج آزمون t مستقل در مقایسه فعالیت عضلانی مردان و زنان در جدول ۵ آورده شد. نتایج این آزمون نشان داد که در میزان فعالیت عضلات ساقی قدامی، نازکنی طویل، دوقلوی داخلی و دوقلوی خارجی تفاوت معنی‌داری بین مردان و زنان مبتلا به کمردرد مزمن وجود ندارد.

همچنین نتایج همبستگی بین قوس ناحیه لومبار و میزان درد در مردان ( $r = -0/204$  و  $p = 0/207$ ) رابطه معکوس و منفی را نشان داده ولی این همبستگی ضعیف بوده به طوری که از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. در زنان نیز رابطه قوس ناحیه لومبار و میزان درد ( $r = 0/158$  و  $p = 0/591$ ) ضعیف بود.

**جدول ۵:** نتایج آزمون t مستقل در مقایسه فعالیت عضلانی مردان و زنان

عضله	درجه آزادی	t مستقل	P
ساقی قدامی	۴۵	۰/۵۶۷	۰/۵۷۶
نازکنی طویل	۴۵	۰/۸۵۲	۰/۴۰۳
دوقلوی داخلی	۴۵	۱/۷۲	۰/۲۵۳
دوقلوی خارجی	۴۵	۰/۰۲۲	۰/۹۸۳

\*نشان دهنده معنی‌داری آزمون است.



### بحث و بررسی

در این مطالعه رابطه میزان درد و زاویه قوس ناحیه لومبار با فعالیت عضلات عمل کننده بر مفصل مچ پا در ورزشکاران مبتلا به کمردرد مزمن غیر اختصاصی بررسی شد و همچنین فعالیت عضلات ساقی قدامی، نازکنی طویل، دوقلوی داخلی و دوقلوی خارجی در مردان و زنان مقایسه شد. نتایج این مطالعه نشان داد که رابطه درد و فعالیت عضلات ساقی قدامی و نازکنی طویل در مردان و زنان مبتلا به کمردرد مزمن مثبت و معنی دار بود، ولی رابطه درد و فعالیت عضله دوقلوی داخلی و خارجی در مردان و زنان معنی دار نبود.

با مروری بر مطالعات گذشته، پژوهشی که به صورت مستقیم رابطه درد کمر و فعالیت عضلات مفصل مچ پا را بررسی کرده باشد توسط محقق یافت نشد ولی پژوهش حاضر با تعدادی از پژوهش‌های پیشین طبق برخی جوانب همخوانی دارد (۲۰-۲۶).

Claeys و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که تغییر در راستای ناحیه کمر و مفصل مچ پا می‌تواند اثرات متقابلی بر هم بگذارند به طوری که تغییر وضعیت مفصل مچ پا سبب تشدید کمردرد شد و از آن جهت که رابطه ناحیه کمری و مفصل مچ پا را در زنجیره حرکتی اثبات نموده‌اند، می‌توان گفت که نتایج مطالعه حاضر را تصدیق می‌کنند (۲۰).

Lisinski و همکاران (۲۰۱۴) بیان کردند که فعالیت عضلات اندام تحتانی در افراد مبتلا به کمردرد دچار اختلال شده است (۳۱). Haddas و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای بیان کردند که انقباض عضلات شکمی سبب شده تا اثرات خستگی بر بیومکانیک اندام تحتانی کاهش یابد، آن‌ها بیان نمودند که انقباض بهتر عضلات شکمی کنترل بر روی اندام تحتانی را بهبود می‌بخشد (۳۲). در افراد مبتلا به کمردرد به دلیل ایملانس‌های عضلانی در ناحیه مرکزی، انقباض موثر این عضلات تحت تأثیر قرار می‌گیرد و کنترل اندام تحتانی دچار اختلال می‌شود (۳۳). Farahpour و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی الکترومیوگرافی

عضلات در افراد مبتلا به کمردرد پرداختند، در مطالعه آن‌ها از عضلات اطراف مفصل مچ پا فقط عضله دوقلوی داخلی مورد بررسی قرار گرفت، نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که فعالیت عضله دوقلوی داخلی در افراد مبتلا به کمردرد با افراد بدون کمردرد تفاوت معنی‌داری ندارد و از این جهت با مطالعه حاضر که نشان می‌دهد درد با فعالیت عضله دوقلوی داخلی رابطه قوی ندارد، همسو است (۳۳).

Haddas و همکاران (۲۰۱۵) بیان نمودند که کمردرد در مردان و زنان سبب شد تا طی عمل فرود در تماس اولیه زاویه ابداکشن زانو کاهش یابد، حرکت حداکثر فلکشن زانو بیشتر شود، در فعال‌سازی عضلات نیم‌وتری، مولتی فیدوس، سرینی بزرگ و راست‌رانی تأخیر ایجاد شود که در مجموع سبب تغییر در بیومکانیک اندام تحتانی شد (۳۴). که این مطالعه نیز رابطه ناحیه کمری و اندام تحتانی را در زنجیره حرکتی نشان می‌دهد. Müller و همکاران (۲۰۱۵) نیز نشان دادند که حرکات تنه و همچنین اندام تحتانی در افراد مبتلا به کمردرد تحت تأثیر قرار می‌گیرند (۳۵).

کمردرد سبب ضعف و آتروفی فیبرهای عضلانی ثبات دهنده کمر می‌شود (۲۶، ۲۷)، همچنین سبب می‌شود لیگامنت‌ها و مفاصل سفت شوند و فعالیت عضلات ناحیه مرکزی کاهش یابند و این احتمال رخ دادن مجدد کمردرد را افزایش می‌دهد (۲۸). حفظ تعادل عضلانی در ناحیه تنه برای پیشگیری از کمردرد مهم می‌باشد، همچنین لازم است که یک پاسچر راست اتخاذ شده و طول و قدرت مناسب عضلات حفظ شود (۲۹).

انقباض عضلات ثبات دهنده لوکال برای ثبات تنه ضروری است، به این معنی که انقباض ثبات دهنده‌های گلوبال به تنهایی، سبب ایجاد بی‌ثباتی در تنه می‌شود و ستون فقرات بی‌ثبات سبب افزایش فشار بر لیگامنت‌ها و استخوان‌هایی که انتهای حرکت را کنترل می‌کنند می‌شود و سبب درد در ناحیه ستون فقرات می‌شود (۳۰). استراتژی حس عمقی برای حفظ تعادل اهمیت فراوانی

می‌کند. هر بی‌نظمی در این راستا می‌تواند باعث تغییراتی در سگمان‌های نزدیک و دیگر اجزاء شود و یا حتی در کار سیستم‌ها و ارگان‌های بدن تغییراتی ایجاد کند<sup>(۳۶)</sup>. با افزایش و کاهش قوس‌های ستون فقرات، موقعیت مهره‌ها و عضلات آگونیست و آنتاگونیست نسبت به یکدیگر تغییر کرده و گیرنده‌های مفصلی و عضلانی اطلاعات حسی را به درستی به CNS مخابره نمی‌کنند و نوسان بدن زیاد می‌شود<sup>(۳۷)</sup>. دلیل اینکه در این مطالعه رابطه‌ای بین میزان لوردوز کمری و فعالیت عضلانی پیدا نشد احتمالاً این بوده است که در این مطالعه هدف اصلی تبیین رابطه درد و فعالیت عضلانی بود از این رو با هدف جلوگیری از تأثیر ناراستایی بر نتایج مطالعه درد افراد انتخاب شده در این پژوهش همگی از لحاظ پاسچرال بدون مشکل بوده و زاویه لوردوز این افراد بین ۲۰ تا ۴۰ درجه که در مطالعات به عنوان لوردوز نرمال شناخته می‌شود، بود.

همچنین نتایج مطالعه حاضر نشان داد که در میزان فعالیت عضلات ساقی قدامی، نازکنی طویل، دوقلوی داخلی و دوقلوی خارجی تفاوت معنی‌داری بین مردان و زنان مبتلا به کمردرد مزمن وجود ندارد. در مقایسه فعالیت عضلات این ناحیه بین مردان و زنان مبتلا به کمردرد، مطالعه‌ای یافت نشد ولی در برخی از پژوهش‌ها کنترل پاسچر بین مردان و زنان مبتلا به کمردرد مقایسه شد<sup>(۳۸،۳۷)</sup>. Ericksen و همکاران (۲۰۱۲) تفاوت معنی‌داری در نمرات کنترل پاسچر پویا مردان و زنان نشان دادند<sup>(۳۷)</sup> ولی Holden و همکاران (۲۰۱۵) در یک مطالعه مروری سیستماتیک و متاآنالیز به بررسی تفاوت‌های جنسیتی در کنترل پاسچر در مردان و زنان تفاوتی نداشتند<sup>(۳۸)</sup>.

مطالعه حاضر با مطالعات بالا این تفاوت عمده را دارد که در این مطالعه کنترل عضلانی در مفصل مچ پا بررسی شد و از این طریق انتقال استراتژی کنترل پاسچر از کمر به مفصل مچ پا بررسی شد ولی در مطالعه Ericksen و همکاران و همچنین در بررسی Holden و همکاران کنترل پاسچر

دارد، حس عمقی در افراد مبتلا به کمردرد دچار اختلال می‌شود. افراد سالم ثبات پاسچرال نرمال دارند و از کنترل چند قسمتی که بر اساس تمام استراتژی‌های تعادل است استفاده می‌کنند<sup>(۳۱)</sup>.

در مقابل افراد مبتلا به کمردرد توانایی استفاده از کنترل چند قسمتی را از دست می‌دهند<sup>(۴،۵)</sup> و کنترل پاسچر آن‌ها با استفاده از یک استراتژی سخت شامل استراتژی مچ پا حفظ می‌شود<sup>(۶،۳۲)</sup>، در نتیجه این باعث می‌شود عضلات اطراف مفصل مچ پا برای حفظ تعادل فعالیت بیشتری داشته باشند. در افراد مبتلا به کمردرد عضلات ناحیه مرکزی دچار ضعف و دیسفانکشن می‌شوند و این دیسفانکشن در عضلات ناحیه مرکزی سبب اختلال در کنترل پاسچر شده و بر عملکرد مفصل مچ پا اثر می‌گذارد<sup>(۳۳)</sup>.

همچنین عضلات ناحیه مرکزی عملکرد پاسچرال را بر عهده دارند، درد سبب اختلال در انقباضات این عضلات شده و در نتیجه کنترل پاسچر دچار اختلال می‌شود و در نهایت نوسانات پاسچر با افزایش درد افزایش می‌یابد، در این حالت عضلات مفصل مچ پا برای حفظ تعادل فعالیت بیشتری را نشان می‌دهند<sup>(۳۴)</sup>.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که رابطه معنی‌داری بین شاخص قوس ناحیه لومبار و فعالیت عضلات ساقی قدامی، نازکنی طویل، دوقلوی داخلی و دوقلوی خارجی مردان و زنان مبتلا به کمردرد مزمن وجود ندارد. در مورد رابطه بین شاخص قوس ناحیه کمری و فعالیت عضلانی در اندام تحتانی، Butowicz و همکاران (۲۰۱۶) بیان کردند که ضعف عضلات عمقی می‌تواند در اثر نقص‌های پاسچرال مخصوصاً در ناحیه کمری ایجاد شود و ضعف عضلات عمقی همراه با ناراستایی‌های ستون فقرات می‌توانند تعادل و استراتژی‌های حفظ تعادل مخصوصاً در ناحیه مچ پا را دچار اختلال کند<sup>(۳۵)</sup>. و این اختلال‌ها در تعادل سبب تغییر در فعالیت عضلات کنترل کننده مفصل مچ پا شوند. راستای مناسب اندام‌ها نسبت به خط ثقل، پاسچر مناسب را تضمین

فعالیت عضلات ساقی قدامی و نازکنی طویل افراد مبتلا به کمردرد مزمن ارتباط دارد. در نتیجه می‌توان گفت که درد کمر عاملی است که می‌تواند باعث ایجاد تغییر در فعالیت عضلات اطراف مفصل مچ پای افراد شود و افزایش فعالیت عضلات می‌تواند سبب خستگی زودتر در این عضلات شده و در نتیجه ریسک بروز آسیب در مفصل مچ پای ورزشکاران مبتلا به کمردرد مزمن هنگام تمرین یا مسابقه افزایش می‌یابد.

### سیاسگزاری

این مقاله مستخرج از رساله دکتری اینجانب می‌باشد، که این پژوهش در کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی همدان با کد IR.UMSHA.REC.1396.844 تأیید و ثبت شده بود. نویسندگان مقاله از کلیه شرکت کنندگان در این پژوهش تشکر می‌نمایند.

کل بدن به صورت یک واحد مورد بررسی قرار گرفت. یکی از محدودیت‌های این پژوهش نداشتن یک گروه افراد سالم برای مقایسه متغیرها با گروه مبتلا به کمردرد بود، دلیل اینکه در این پژوهش افراد سالم مورد بررسی قرار نگرفته‌اند این بوده که اولاً هدف اصلی این پژوهش بررسی رابطه بین درد ناحیه کمر و میزان فعالیت عضلانی بوده که در این حالت نیازی به گروه افراد سالم احساس نشده و همچنین با توجه به پژوهش‌های گذشته وجود نقص در کل زنجیره حرکتی افراد مبتلا به کمردرد مشخص شده بود و در این پژوهش مقایسه بین زنان و مردان برای بیان تفاوت‌های جنسیتی در این متغیرها به عنوان هدف تعیین شد.

### نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که میزان کمردرد با

## References

1. Sairyo K, Nagamachi A. State-of-the-art management of low back pain in athletes: Instructional lecture. *Journal of Orthopaedic Science* 2016; 21(3):263-72.
2. Grosdent S, Demoulin C, Souchet M, Tomasella M, Crielaard JM, Vanderthommen M. Trunk muscle profile in elite tennis players with and without low back pain. *The Journal of sports medicine and physical fitness* 2015; 55(11):1354-62.
3. Victora Ruas C, Vieira A. Do Muscle Strength Imbalances and Low Flexibility Levels Lead to Low Back Pain? A Brief Review. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology* 2017; 2(3):29.
4. Smith MD, Russell A, Hodges PW. The relationship between incontinence, breathing disorders, gastrointestinal symptoms, and back pain in women: a longitudinal cohort study. *The Clinical journal of pain* 2014; 30(2):162-7.
5. Mok NW, Brauer SG, Hodges PW. Hip strategy for balance control in quiet standing is reduced in people with low back pain. *Spine* 2004; 29(6):E107-12.
6. Brumagne S, Janssens L, Knapen S, Claeys K, Suuden-Johanson E. Persons with recurrent low back pain exhibit a rigid postural control strategy. *European Spine Journal* 2008; 17(9):1177-84.
7. Moseley GL, Hodges PW. Are the changes in postural control associated with low back pain caused by pain interference? *The Clinical journal of pain* 2005; 21(4):323-9.
8. 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* 2010; 35(10):1088-94.
9. Mahmoodi R, Talebian S, Sajadi E. Comparison of muscle activity timing during stance phase of gait cycle in chronic low back pain and healthy subjects. *Journal of Modern Rehabilitation* 2014; 8(4):79-86. [persian]
10. Cai C, Kong PW. Low back and lower-limb muscle performance in male and female recreational runners with chronic low back pain. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 2015; 45(6):436-43.
11. Myer GD, Kushner AM, Brent JL, Schoenfeld BJ, Hugentobler J, Lloyd RS, Vermeil A, Chu DA, Harbin J, McGill SM. The back squat: A proposed assessment of functional deficits and technical factors that limit performance. *Strength and conditioning journal* 2014; 36(6):4.
12. Sánchez-Medina L, Pallarés JG, Pérez CE, Morán-Navarro R, González-Badillo JJ. Estimation of relative load from bar velocity in the full back squat exercise. *Sports Medicine International Open* 2017; 1(02):E80-8.
13. da Silva JJ, Schoenfeld BJ, Marchetti PN, Pecoraro SL, Greve JM, Marchetti PH. Muscle Activation Differs Between Partial and Full Back Squat Exercise With External Load Equated. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 2017; 31(6):1688-93.
14. Mauntel TC, Frank BS, Begalle RL, Blackburn JT, Padua DA. Kinematic differences between those with and without medial knee displacement during a single-leg squat. *Journal of applied biomechanics* 2014; 30(6):707-12.
15. Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A. G\* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior research methods* 2007; 39(2):175-91.
16. Armstrong K, Gokal R, Chevalier A, Todorsky W, Lim M. Microcurrent Point Stimulation Applied to Lower Back Acupuncture Points for the Treatment of Nonspecific Neck Pain. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine* 2017; 23(4):295-9.
17. Fatemi R, Javid M, Najafabadi EM. Effects of William training on lumbosacral muscles function, lumbar curve and pain. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation*. 2015; 28(3):591-7.

18. Mirbagheri SS, Rahmani-Rasa A, Farmani F, Amini P, Nikoo MR. Evaluating kyphosis and lordosis in students by using a flexible ruler and their relationship with severity and frequency of thoracic and lumbar pain. *Asian spine journal* 2015; 9(3):416-22.
19. Fernand R, Fox DE. Evaluation of lumbar lordosis. A prospective and retrospective study. *Spine* 1985; 10(9): 799-803.
20. Claeys K, Dankaerts W, Janssens L, Pijnenburg M, Goossens N, Brumagne S. Young individuals with a more ankle-steered proprioceptive control strategy may develop mild non-specific low back pain. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2015; 25(2):329-38.
21. Lisinski P, Huber J, Ciesielska J, Lipiec J, Kulczyk A, Bandosz A, Zukiewicz-Sobczak W, Mojs E, Samborski W. A new concept for evaluating muscle function in the lower extremities in cases of low back pain syndrome in anamnesis. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 2014; 21(2).
22. Haddas R, Sawyer SF, Sizer PS, Brooks T, Chyu MC, James CR. Effects of volitional spine stabilization and lower-extremity fatigue on the knee and ankle during landing performance in a population with recurrent low back pain. *Journal of sport rehabilitation* 2017; 26(5):329-38.
23. Farahpour N, Jafarnezhadgero A, Allard P, Majlesi M. Muscle activity and kinetics of lower limbs during walking in pronated feet individuals with and without low back pain. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2018 Apr 1;39:35-41.
24. Haddas R, James CR, Hooper TL. Lower extremity fatigue, sex, and landing performance in a population with recurrent low back pain. *Journal of athletic training* 2015; 50(4):378-84.
25. Müller R, Ertelt T, Blickhan R. Low back pain affects trunk as well as lower limb movements during walking and running. *Journal of biomechanics* 2015; 48(6):1009-14.
26. Oyarzo CA, Villagrán CR, Silvestre RE, Carpintero P, Berral FJ. Postural control and low back pain in elite athletes comparison of static balance in elite athletes with and without low back pain. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation* 2014; 27(2):141-6.
27. Hodges PW, Sapsford R, Pengel LH. Postural and respiratory functions of the pelvic floor muscles. *Neurourology and urodynamics* 2007; 26(3):362-71.
28. Huang Q, Li D, Zhang Y, Rui G, Huo M, Maruyama H. The intervention effects of different treatments for chronic low back pain as assessed by the thickness of the musculus transversus abdominis. *Journal of physical therapy science* 2014; 26(9):1383-5.
29. Kim SJ, Ha SM, Park KN, Jung DH, Kim TJ, Cynn HS, Kwon OY. Effects of three lumbar stabilization exercises on the thickness of deep and superficial fibers of the lumbar multifidus. *Physical Therapy Korea* 2012; 19(2):20-8.
30. Gardner-Morse M, Stokes IA, Laible JP. Role of muscles in lumbar spine stability in maximum extension efforts. *Journal of Orthopaedic Research* 1995; 13(5):802-8.
31. Schieppati M, Giordano A, Nardone A. Variability in a dynamic postural task attests ample flexibility in balance control mechanisms. *Experimental brain research* 2002; 144(2):200-10.
32. Hides JA, Richardson CA, Jull GA. Multifidus muscle recovery is not automatic after resolution of acute, first-episode low back pain. *Spine* 1996; 21(23):2763-9.
33. Lee M, Suh D, Son J, Kim J, Eun SD, Yoon B. Patient perspectives on virtual reality-based rehabilitation after knee surgery: Importance of level of difficulty. *Journal of Rehabilitation Research & Development* 2016; 53(2).
34. Vostatek P, Novak D, Rychnovský T, Rychnovská Š. Diaphragm postural function analysis using magnetic resonance imaging. *PloS one* 2013; 8(3):e56724.
35. Butowicz CM, Ebaugh DD, Noehren B, Silfies SP.

- Validation of two clinical measures of core stability. *International journal of sports physical therapy* 2016; 11(1):15.
36. Kibler WB, Press J, Sciascia A. The role of core stability in athletic function. *Sports medicine* 2006; 36(3):189-98.
  37. Ericksen H, Gribble PA. Sex differences, hormone fluctuations, ankle stability, and dynamic postural control. *Journal of athletic training* 2012; 47(2):143-8.
  38. Holden S, Boreham C, Delahunt E. Sex differences in landing biomechanics and postural stability during adolescence: a systematic review with meta-analyses. *Sports medicine* 2016; 46(2):241-53.