

Research Paper



Effect of Motor Control Exercise on Proprioception and Lumbar Motor Control of Women With Chronic Nonspecific Low Back Pain and Motor Control Impairment

*Seyyede Yasaman Asadi¹

1. Department of Sport Injury and Corrective Exercise, Faculty of Human Science, Sari Branch, Islamic Azad University, Sari, Iran.



Citation Asadi SY. [Effect of Motor Control Exercise on Proprioception and Lumbar Motor Control of Women With Chronic Nonspecific Low Back Pain and Motor Control Impairment (Persian)]. Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2021; 10(2):294-305. <https://doi.org/10.32598/sjrm.10.2.9>

<https://doi.org/10.32598/sjrm.10.2.9>



Received: 07 Jun 2020

Accepted: 23 Jun 2020

Available Online: 01 Jun 2021

Keywords:

Motor control exercise, Proprioception, Lumbar motor control

ABSTRACT

Background and Aims Patients with Non-Specific Low Back Pain (NSLBP) experience impairment in proprioception and lumbar motor control which are associated with pain. This study aims to evaluate the effect of motor control exercise on proprioception and lumbar motor control of women with chronic NSLBP and motor control impairment.

Methods Participants were 48 women with chronic NSLBP who were selected based on the Oswestry Disability Index score. They were randomly assigned into two groups of exercise (n=25) and control (n=23). The exercise group performed 8 weeks of motor control exercises, while the control group did not perform any exercises. To assess proprioception and lumbar motor control of patients, goniometer and Luomajoki's motor control test were used, respectively. Paired t-test was used for within-group comparison of pre-test and post-test scores, and independent t-test was used for between-group comparison. The significance level was set at 0.05.

Results There was a significant difference between the pre-test and post-test scores in the exercise group compared to the control group in the variables of proprioception and lumbar motor control. Significant difference was also found between the two groups.

Conclusion Motor control exercise is effective for the treatment of NSLBP in women by improving their proprioception and lumbar motor control.

Extended Abstract

1. Introduction

Patients with chronic Nonspecific Low Back Pain (NSLBP) have impaired proprioception and lumbar motor control. These disorders are associated with pain in these patients. Motor control impairment is one of the causes of chronic NSLBP. In these people, pain is associated with

decreased proprioception and muscle strength, which can affect the quality of communication between postural responses and sensory information. It has been shown that patients with low back pain have more visual dependence than healthy individuals to maintain their balance. This can be an indirect sign of a disorder in the proprioception system of these patients. In people with NSLBP, changes in proprioception are recognized as a key factor in reducing postural balance. Other reported changes following NSLBP include changes in postural and motor control strategies,

*** Corresponding Author:**

Seyyede Yasaman Asadi, PhD.

Address: Department of Sport Injury and Corrective Exercise, Faculty of Human Science, Sari Branch, Islamic Azad University, Sari, Iran.

Tel: +98 (11) 33032891

E-Mail: sportsciencephd@gmail.com

delayed muscle response to sudden loading of the trunk, increased threshold for understanding trunk movements, changes in trunk muscle synergy pattern towards an increase in the global abdominal muscle activity, change in motion control strategy in the form of increasing the time to reach the maximum force, and change in the pattern of variability in trunk force production. Studies in people with NSLBP have shown that there are specific disorders in the control of trunk muscles (e.g. transversus abdominis and multifidus) that are responsible for stabilizing and maintaining the spine. The present study aims to investigate the effect of motor control exercises on proprioception and lumbar motor control of women with chronic NSLBP.

2. Methods

The study population consists of women aged 35-45 years with chronic NSLBP. Of these, 48 were purposefully selected and randomly divided into two groups of exercise (n=25) and control (n=23). The samples were introduced to the researcher by a physician specializing in physical medicine and rehabilitation. The samples had a history of pain > 3 months and a VAS score of 4-8 [19]. Their demographic characteristics were first recorded using a form surveying information such as height, weight, age, history of exercise, and history of lumbar spine injury. The inclusion criteria, an Oswestry Disability Index score > 15 [20], and having at least two defects under the motor control test of Luomajoki.

Exercises were performed for 8 weeks, 3 sessions per week each for about 60 minutes under the supervision of the researcher. Two consecutive absences from the sessions was an exclusion criterion. Before and after eight weeks of motor control exercises, pre- and post-tests of lumbar motor control and proprioception were performed and the results were statistically analyzed. Paired t-test was used for within-group comparison and independent t-test was used for between-group comparison of variables. The significance level was set at 0.05.

3. Results

The results showed a significant difference between the pre-test and post-test scores of the exercise group in comparison with the control group in terms of lumbar motor control and proprioception, and a significant difference was also observed between the two groups. The results of paired t-test showed that there were significant changes from pre-test to post-test in all study variables in the exercise group, while these changes were not significant in the control group. The percentage of changes in the groups also indicates an increase of more than 50% in the exercise group ($P < 0.05$). Independent t-test results for the pre-test phase did not show a significant difference between the two groups in any of the variables ($P > 0.05$), but significant changes were observed between the two groups for the post-test phase ($P < 0.05$).

4. Discussion and Conclusion

The motor control exercise program had an effect on improving lumbar motor control and proprioception of women with chronic NSLBP and movement control exercises can be used for the treatment of NSLBP. Performing balance exercises on unstable surfaces may cause the muscles that were inactivated due to low back pain, to be activated and the central nervous system to receive more appropriate and effective stimuli from the afferent receptors of these muscles. Increased latency of muscle activity in patients with low back pain indicates that these patients, even when they do not have pain while moving, have an inappropriate decision to start moving or respond to environmental stimuli, which may have been caused by motor impairment. This instability shows mechanical instability in the spine, which indicates that the body is not in an appropriate state of balance. Motor control exercises, most of which were performed on the Swiss ball, created unstable conditions for the patient which stimulated the proprioceptive receptors and led to an increase in proprioception in women with NSLBP. Since the focus of this type of exercise is on the proper use of local muscles and on how to timely use the transversus abdominis and multifidus, it can be said that this exercise program can be effective for the treatment of patients with chronic NSLBP. It is recommended that these programs be considered by therapists for the treatment of chronic NSLBP and compared with modern treatment methods such as physiotherapy, massage therapy, acupuncture, etc. so that patients and physicians have a good alternative for optimal treatment.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This study was approved by the Ethics Committee of the Islamic Azad University of Sari Branch (Code: IR.IAU.SASRI.REC.1397) and is a registered clinical trial (Code: R000038517UMIN000033767). All ethical principles are considered in this article. The participants were informed about the purpose of the research and its implementation stages. They were also assured about the confidentiality of their information and were free to leave the study whenever they wished, and if desired, the research results would be available to them.

Funding

This research did not receive any grant from funding agencies in the public, commercial, or non-profit sectors.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

This Page Intentionally Left Blank

مقاله پژوهشی

اثر آزمایشات کنترل حرکتی بر حس عمقی و کنترل حرکت کمر در بیماران کمردردی مبتلا به اختلال کنترل حرکت

*سیده یاسمن اسدی^۱

۱. گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ساری، ساری، ایران.

چکیده

اهداف: بیماران مبتلا به کمردرد غیراختصاصی مزمن دچار اختلال در حس عمقی و کنترل حرکت کمر هستند و این اختلالات با میزان درد این بیماران ارتباط دارد. هدف از مطالعه حاضر، بررسی تأثیر آزمایشات کنترل حرکتی بر حس عمقی و کنترل حرکات کمر بیماران مبتلا به کمردرد غیراختصاصی مزمن است.

مواد و روش‌ها: ۴۸ بیمار مبتلا به کمردرد مکانیکی با استفاده از پرسش‌نامه اوسوستوری انتخاب شدند و به طور تصادفی به دو گروه آزمایشات کنترل حرکت (۲۵ نفر) و گروه کنترل (۲۳ نفر) تقسیم شدند؛ گروه آزمایشی هشت هفته آزمایش تعیین شده را انجام داد و گروه کنترل هیچ آزمایشی انجام نداد. برای سنجش حس عمقی و کنترل حرکت کمر بیماران به ترتیب از گونیامتر و آزمون کنترل حرکت لوماجوگی استفاده شد. برای مقایسه درون گروهی بین متغیرها از آزمون تی زوجی و برای مقایسه بین گروهی متغیرها از آزمون تی مستقل استفاده شد ($P \leq 0.05$).

یافته‌ها: نتایج تحقیق نشان داد که تفاوت معناداری بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون گروه آزمایشی در مقایسه با گروه کنترل در متغیر حس عمقی و کنترل حرکت کمر وجود دارد و بین دو گروه تفاوت معناداری مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: آزمایشات کنترل حرکت بر افزایش حس عمقی و کنترل حرکت کمر بیماران مبتلا به کمردرد غیراختصاصی مزمن تأثیر داشته و آزمایشات کنترل حرکت می‌تواند بر درمان کمردرد مزمن غیراختصاصی اثرگذار باشد.

تاریخ دریافت: ۱۸ خرداد ۱۳۹۹

تاریخ پذیرش: ۰۳ تیر ۱۳۹۹

تاریخ انتشار: ۱۱ خرداد ۱۴۰۰

کلیدواژه‌ها:

تمرینات کنترل حرکتی، حس عمقی، کنترل حرکت کمر

مقدمه

بیشتری جهت حفظ تعادل خود دارند [۳] که این موضوع خود به صورت غیرمستقیم می‌تواند نشانه‌های دال بر وجود اختلال در سامانه حس عمقی این بیماران باشد.

در افراد مبتلا به کمردرد غیراختصاصی مزمن تغییر در حس عمقی به عنوان عامل اساسی برای کاهش تعادل پوسچرال شناخته شده است. در این افراد درد همراه با کاهش حس عمقی و قدرت عضلانی است که این امر می‌تواند کیفیت ارتباط بین پاسخ‌های پوسچرال و اطلاعات حسی را تحت تأثیر قرار دهد [۲].

از دیگر تغییرات گزارش شده به دنبال بروز کمردرد غیراختصاصی مزمن می‌توان به تغییر در استراتژی کنترل وضعیتی و حرکتی [۴]، تأخیر در پاسخ عضلانی به بارگذاری ناگهانی تنه [۵]، افزایش آستانه درک حرکات تنه، تغییر در الگوی سینرژی عضلات تنه به سمت افزایش فعالیت عضلات

اختلال کنترل حرکتی^۱ به عنوان یکی از علل کمردرد غیراختصاصی مزمن^۲ شناخته شده است [۱]. بر اساس مطالعات انجام شده، این بیماران تعادل پوسچرال کمی دارند.

تعادل پوسچرال افراد از طریق اطلاعات حسی، سیستم اعصاب مرکزی و پاسخ‌های عصبی عضلانی کنترل می‌شود. سیستم وستیبولار، بینایی و سوماتوسنسوری اطلاعات حسی را به سیستم اعصاب مرکزی ارسال کرده و ایمپالس‌های عصبی برای هماهنگی و کنترل اجزای بدن به عضلات ارسال می‌شود [۲].

بیماران مبتلا به کمردرد نسبت به افراد سالم وابستگی بینایی

1. Motor Control Impairment
2. Non-Specific Low Back Pain

* نویسنده مسئول:

دکتر سیده یاسمن اسدی

نشانی: ساری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ساری، دانشکده علوم انسانی، گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی.

تلفن: ۳۳۰۳۲۸۹۱ (۱۱) ۹۸+

رایانامه: sportsciencephd@gmail.com

لگن است [۱۴]. در نتیجه، آزمایشات کنترل حرکتی می‌تواند تأثیر بسزایی در افزایش کنترل حرکتی و حس عمقی در این بیماران داشته باشد [۱۴-۱۸].

نظرزاده و همکاران به بررسی اثر برنامه آزمایشات حسی حرکتی بر کنترل حرکت و میزان درد بیماران مبتلا به کمردرد مزمن غیراختصاصی پرداخته و نشان دادند آزمایشات حسی حرکتی در بهبود کنترل حرکت، حس عمقی، هماهنگی عصبی عضلانی و همچنین کاهش درد اثر داشته است [۱۵].

افراد مبتلا به کمردرد غیراختصاصی از فقدان حس عمقی و کنترل حرکات کمر رنج می‌برند و این عامل بسیار مهمی در ثبات ناحیه کمری است و از آنجا که آزمایشات کنترل حرکتی در بیماران کمردرد غیراختصاصی مزمن باعث بهبود کنترل حرکت و کنترل بهینه ستون فقرات می‌شود، می‌توان انتظار داشت که با تحت تأثیر قرار گرفتن الگوهای حرکتی و کنترل عصبی عضلانی در این بیماران هنگام آزمایش، حس عمقی و کنترل حرکات کمر این بیماران نیز تحت تأثیر قرار گیرد.

بنابراین هدف تحقیق حاضر، بررسی تأثیر آزمایشات کنترل حرکتی بر حس عمقی و کنترل حرکات کمر بیماران مبتلا به کمردرد غیراختصاصی مزمن دچار اختلال کنترل حرکتی است.

مواد و روش‌ها

جامعه آماری تحقیق حاضر زنان ۳۵ تا ۴۵ ساله مبتلا به کمردرد غیراختصاصی مزمن بودند. نمونه‌های آماری متشکل از ۴۸ نفر بودند که به صورت هدفمند انتخاب شدند و به صورت تصادفی به دو گروه آزمایشات کنترل حرکتی (n=۲۵) و گروه کنترل (n=۲۳) تقسیم شدند.

نمونه‌ها از طریق پزشک متخصص طب فیزیکی و توانبخشی به محقق معرفی شدند. بیماران مورد مطالعه شامل افرادی بودند که سابقه درد آن‌ها بیش از سه ماه بود و بر مبنای اندازه‌گیری VAS میزان درد آن‌ها ۴-۸ گزارش شده بود [۱۹].

پس از مراجعه افراد، برای همگن کردن و انتخاب آزمودنی‌ها مشخصات جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها از فرم جمع‌آوری اطلاعات استفاده شد. این فرم شامل اطلاعاتی در ارتباط با ویژگی‌های شخصی (قد، وزن، سن و سابقه فعالیت ورزشی) و سابقه آسیب در ناحیه ستون فقرات کمری بود.

از اطلاعات موجود در فرم با توجه به معیارهای ورود تعیین شده و نمره بالای ۱۵ در پرسش‌نامه اوسوستوری که ابزاری برای ارزیابی میزان ناتوانی بیماران کمردردی است، برای انتخاب آزمودنی‌ها استفاده شد [۲۰].

افراد دارای کمردرد که دارای حداقل دو نقص در آزمون‌های کنترل حرکت کمر لوماجوکی و همکاران بودند، برای انجام این

گلوبال شکمی [۶]، تغییر در استراتژی کنترل حرکتی در قالب افزایش زمان رسیدن به حداکثر نیرو و الگوی تغییرپذیری نیروهای تولیدی تنه [۷] اشاره کرد.

مطالعات روی افراد مبتلا به کمردرد نشان می‌دهد که در کنترل عضلات عمقی تنه (مثل مولتی‌فیدوس و عرضی شکمی) که مسئول پایداری و حفظ ستون فقرات است، اختلالاتی وجود دارد [۵].

به طور مثال، فعالیت عضلانی عضلات عرضی شکمی و مولتی‌فیدوس در طول حرکت بازو در افراد دارای کمردرد با تأخیر آغاز می‌شود؛ بنابراین شواهدی از کاهش سطح مقطع عضله، افزایش خستگی‌پذیری آن و افزایش میزان چربی بین عضلانی در عضلات پاراسپاینال وجود دارد. هدف تمرینات کنترل حرکتی، بازگرداندن کنترل عصبی عضلانی تنه، با الگوهای حرکتی مناسب است [۸].

محققان معتقد هستند که بیماران با اختلال کنترل حرکتی، پاسخ‌های حرکتی نامناسبی به درد و همچنین عدم آگاهی حس عمقی دارند [۶]. این پاسخ حرکتی نامناسب به نظر می‌رسد با از دست دادن کنترل عملکردی اطراف منطقه خنثی با نقصان کنترل عصبی عضلانی همراه است [۹].

الگوهای حرکتی نادرست در بیماران مبتلا به کمردرد غیراختصاصی مزمن باعث کاهش حس عمقی [۱۰]، اختلال در کنترل حرکات ستون فقرات کمری [۱۱]، ایجاد حرکات جبرانی آسیب‌زا [۱۲] و در نهایت به وجود آمدن درد می‌شود و در مقابل، کنترل عصبی عضلانی مناسب باعث ایجاد ثبات در ستون فقرات و پیشگیری از آسیب و درد می‌شود [۱۳].

راهنماهای درمانی به طور مداوم تمرین‌درمانی را برای درمان کمردرد توصیه می‌کنند [۱۴]. آزمایشات کنترل حرکتی کمر در این بیماران باعث بهبود کنترل حرکت، پوسچر و بهبود درد در فعالیت‌های عملکردی شده است [۱۵].

همچنین تحقیقات بی‌شماری نشان داده‌اند که آزمایشات کنترل حرکتی می‌تواند اثرگذاری خاصی بر ارتقای پارامترهای کنترل حرکت در منطقه ستون فقرات کمری و شکمی لگنی داشته باشد [۸، ۱۴].

هدف آزمایشات کنترل حرکتی، بازگشت کنترل بهینه ستون فقرات برای عملکرد درست تنه است. یکی از استراتژی‌های مورد استفاده برای رسیدن به کنترل ستون فقرات، تمرینات هماهنگی عضلات تنه، مانند عضله عرضی شکم، عضله مایل داخلی و مایل خارجی است.

هدف درمانگر هنگام اجرای آزمایشات کنترل حرکتی، ایجاد الگوی فراخوانی مناسب عضلات تنه با عملکرد طبیعی سیستم‌های دیگر مانند سیستم تنفسی و کنترل عضلات کف

را (بدون وجود تحریک صوتی) بازسازی می‌کرد. این آزمون سه بار تکرار شد و میزان خطاهای آزمودنی بر حسب درجه ثبت شد. نیوکامر روش این آزمون را معرفی کرد و اعتبار آن نیز در حد ۸۷ درصد ارزیابی شده است [۱۵].

تمرینات کنترل حرکتی

این بخش شامل حدود ۱۰ دقیقه گرم کردن عمومی، حدود ۴۰ دقیقه آزمایشات کنترل حرکت و ۱۰ دقیقه آزمایشات سرد کردن به شکل آزمایشات کششی بود. برنامه آزمایشات کنترل حرکتی بر مبنای برنامه درمانی هدجز و همکاران انجام شد.

هدف اولیه این آزمایشات، توانمند کردن بیمار برای دست یافتن کنترل و هماهنگی ستون فقرات و لگن با استفاده از اصول یادگیری حرکتی است. آزمایشات کنترل حرکتی شامل سه بخش می‌شود: این سه بخش و اهداف اصلی آن‌ها شامل:

۱. ارتقای فعال‌سازی مستقل عضلات ثبات‌دهنده عمقی (عرضی شکم و مولتی‌فیدوس) و آموزش بیمار برای استفاده از این عضلات، این بخش از آزمایشات خوابیده، ساکن و بدون استفاده از ابزار است.

۲. اجرای مطلوب انقباضات در حالت ایستا، در این بخش از آزمایشات نشسته، ایستاده و یا چهارزانو استفاده می‌شود.

۳. ترکیب کردن مهارت‌ها به شکل پویا و عملکردی، در این بخش از توپ جیم‌بال استفاده می‌شود [۲۱].

بخش اول آزمایشات کنترل حرکتی شامل ارزیابی پوسچر، الگوهای حرکتی، فعال‌سازی عضلانی و بهبود عملکرد عضلاتی که باعث کنترل ضعیف تنه می‌شوند، مانند عضله عرضی شکم و مولتی‌فیدوس و کاهش عملکرد عضلاتی که فعالیت بیش از حد دارند، مانند مایل شکمی است.

در این مرحله، تأکید عمده روی هم‌انقباضی عضله مولتی‌فیدوس و عرضی شکم است که به کمک لمس و در صورت نیاز با بیوفیدبک فشاری عملکرد جداگانه این عضلات به فرد آموزش داده می‌شود که چگونه عضلات پایین شکم را بدون اینکه نفس عمیق بکشد و یا وقفه‌ای در ریتم تنفس ایجاد شود، به سمت ناحیه اسپاینال ببرند و تنش عضلات عمقی شکم به تدریج بالا می‌رود، بدون اینکه الگوهای حرکتی جبرانی دیگر همچون تیلت خلفی لگن، فلکشن کمر، پایین آمدن و یا بالا آمدن دنده‌ها که نشان‌دهنده وارد عمل شدن عضلات گلوبال است، صورت گیرد.

در اول برنامه آزمایشی، تمرکز بر عضله عرضی شکم و بعد از آن عضله مولتی‌فیدوس است. همچنین در ابتدای برنامه آزمایشی، درمانگر باید حداکثر بازخورد را به بیمار بدهد و با یادگیری آزمایش توسط بیمار بازخورد به حداقل برسد. از خستگی و انقباضات غیرعادی در این بخش باید جلوگیری شود [۲۱].

تحقیق انتخاب شدند. آزمایشات در هشت هفته و هر هفته، سه جلسه و هر جلسه حدود ۶۰ دقیقه زیر نظر محقق انجام شد. دو جلسه غیبت متوالی سبب حذف آزمودنی در برنامه تحقیق شد. پیش و پس از انجام هشت هفته آزمایشات برای گروه‌های آزمایشی، پیش و پس از آزمون کنترل حرکتی و حس عمقی انجام گرفت و نتایج تجزیه و تحلیل آماری شد.

آزمون کنترل حرکت کمر

کنترل حرکت کمر از طریق آزمون لوماجوقی ارزیابی شد. آزمون‌های کنترل حرکت شامل شش آزمون است که توسط لوماجوقی ارائه شد و اعتبار لازم را کسب کردند. لوماجوقی ده آزمون کنترل حرکت را برای اعتبارسنجی ارزیابی کرد که شش آزمون اعتبار کافی را کسب کردند؛ بنابراین در تحقیق حاضر از شش آزمون دارای اعتبار بالا استفاده شد.

در اجرای آزمون‌ها اگر آزمودنی اجرای غلط داشت، روش درست اجرای آزمون برای او شرح داده می‌شد و اگر حرکت را درست درک می‌کرد، ولی توانایی اجرای صحیح حرکت را نداشت، این نشان‌دهنده اختلال کنترل حرکت در فرد بود. آزمودنی با لباس زیر یا لباس چسبان بود تا کل ستون فقرات قابل مشاهده باشد.

هر اجرا سه بار تکرار داشت که به وسیله عکس ثبت شد. به هر سه تکرار نمره داده شد. نمره یک: فرد اختلال کنترل کمر ندارد، نمره دو: فرد اختلال کنترل کمی دارد و نمره سه: فرد اختلال کنترل حرکت با شدت زیادی دارد. میانگین اعداد به دست آمده نمره کمی آزمون را نشان می‌داد [۱۵].

حس عمقی

سه نشانگر به مرکز سطح فوقانی خارجی بازو، برجستگی ستیغ ایلپاک و سطح فوقانی خارجی مفصل ران متصل شد. آزمودنی‌ها در وضعیت ایستاده، راحت و بدون کفش و جوراب قرار گرفتند. پاها به اندازه عرض شانه‌ها باز و دست‌ها به صورت ضربدری و آرنج‌ها خمیده در جلوی بدن قرار گرفت. گردن در حالت طبیعی حفظ شد و چشم‌ها بسته بودند.

در ادامه، مرکز گونیامتر روی ستیغ ایلپاک گذاشته شد و دو بازوی گونیامتر یکی روی نشانگر نصب شده روی قسمت خارجی ران و بازوی دیگر روی ۳۰ درجه خم شدن تنظیم شد و از آزمودنی خواسته شد با چشمان بسته و سرعت یکنواخت و نسبتاً آهسته تا ۳۰ درجه خم شود و با مکث ۵ ثانیه‌ای سعی کند این وضعیت را به خاطر بسپارد (در این مرحله با تحریک صوتی خاتمه حرکت به اطلاع آزمودنی رسانده شد).

سپس مجدداً به آرامی به وضعیت اولیه بازگشت و پس از مکث ۵ ثانیه‌ای حرکت بعدی را شروع کرد. پس از سه بار تکرار (برای یادگیری) در مرحله آزمون فرد باید وضعیت ۳۰ درجه خم شدن

جدول ۱. برنامه آزمایشات کنترل حرکتی

هفته	آزمایش	بست × تکرار	استراحت بین حرکات	استراحت بین بست‌ها
۱	A, B, C, D, E	۳×۱۰	۱۰ ثانیه	۲۰ ثانیه
۲	B, C, D, E, F, G	۳×۱۰	۱۰ ثانیه	۲۰ ثانیه
۳	C, D, E, F, G, H, I	۳×۱۰	۱۲ ثانیه	۲۴ ثانیه
۴	E, F, G, H, I, J, K, L	۳×۱۲	۱۲ ثانیه	۲۴ ثانیه
۵	G, H, I, J, K, L, M, N	۳×۱۲	۱۲ ثانیه	۲۴ ثانیه
۶	J, K, L, M, N, O, P, Q	۳×۱۲	۱۳ ثانیه	۲۶ ثانیه
۷	M, N, O, P, Q, R, S, T	۳×۱۵	۱۳ ثانیه	۲۶ ثانیه
۸	P, Q, R, S, T, U, V, W	۳×۱۵	۱۳ ثانیه	۲۶ ثانیه

طبتوانبخشی

حرکت به طرفین در حالت نشسته روی توپ؛ R، بالا آوردن سر در وضعیت سوپاین روی توپ؛ S، بالا آوردن سر و شانه در وضعیت پرون روی توپ؛ T، بالا آوردن پا در وضعیت پرون روی توپ؛ L، جمع کردن پاها داخل شکم در حالی که توپ بین دو زانو است؛ V، حرکت پا به طرفین با توپ بین زانوها؛ W، کشش دست‌ها روی توپ و به همراه کشش عضلات پشت

یافته‌ها

میانگین و انحراف معیار ویژگی‌های جمعیت‌شناختی آزمودنی‌های گروه‌های پژوهش در **جدول شماره ۲** ارائه شده است. بررسی تغییرات متغیرهای تحقیق از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون، نتایج آزمون تی زوجی نشان داد که در تمام متغیرهای تحقیق تغییرات معناداری از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون در گروه آزمایشات کنترل حرکتی وجود دارد، در صورتی که این تغییرات در گروه کنترل معنادار نبود.

درصد تغییرات در گروه‌ها نیز حاکی از افزایش بالای ۵۰ درصد متغیرهای تحقیق در گروه آزمایشات کنترل حرکتی است ($P < 0/05$) (**جدول شماره ۳**).

نتایج آزمون تی مستقل برای مرحله پیش‌آزمون بین دو گروه در هیچ‌یک از متغیرها تفاوت معناداری نشان نداد ($P < 0/05$)

در بخش دوم آزمایشات کنترل حرکت، آزمایشات هم‌انقباضی عضلات عرضی شکم و مولتی‌فیدوس در وضعیت‌های ایستاده، نشسته و چهار دست‌وپا انجام می‌شود. بیمار باید عضلات عرضی شکم و مولتی‌فیدوس را هنگام راه رفتن، خم شدن و کار کردن به کار گیرد و هدف بخش سوم آزمایشات کنترل حرکتی هم‌انقباضی عضلات عمقی با حرکات پویا و عملکردی است. آزمایشات با توپ جیم‌بال در این بخش گنجانده شده است. راه رفتن بیمار همراه با انقباض عضلات عمقی است [۲۲] (**جدول شماره ۱**).

آزمایشات فاز اول: A، هم‌انقباضی عضلات شکم؛ B، هم‌انقباضی عضله مولتی‌فیدوس؛ C، انقباض ایستای شکم؛ D، حرکت زانو به طرفین؛ E، دراز و نشست اصلاح‌شده؛ F، زانو جمع؛ G، بلند کردن پا از پشت

تمرینات فاز دوم: H، بالا و پایین بردن لگن در وضعیت سوپاین؛ I، بالا بردن پا و لگن در وضعیت سوپاین؛ J، بلند کردن دست در حالت چهار دست‌وپا؛ K، بلند کردن دست و پا در حالت چهار دست‌وپا؛ L، اسکات؛ M، لانچ و N، لانچ تک‌پا.

تمرینات فاز سوم بر روی توپ: O، انقباض ایستای عضلات عرضی شکم و مولتی‌فیدوس در حالت نشسته روی توپ؛ P، کاهش و افزایش قوس کمر در حالت نشسته روی توپ؛ Q،

جدول ۲. میانگین و انحراف استاندارد ویژگی‌های جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها در گروه‌های مختلف پژوهش

میانگین ± انحراف معیار	گروه
کنترل (N=۲۳)	آب‌درمانی (N=۲۵)
۴۱/۲ ± ۳/۳۳۸	۴۱/۹ ± ۳/۲۸۱
۱۶۰/۴ ± ۵/۳۱۹	۱۵۷/۶۵ ± ۵/۹۲۵
۶۸/۸ ± ۷/۷۹۷	۷۰/۷۵۴ ± ۱۰/۳۴۲
	سن (سال)
	قد (سانتی‌متر)
	وزن (کیلوگرم)

طبتوانبخشی

جدول ۳. نتایج آزمون تی مستقل برای مقایسه مرحله میانگین انحراف معیار متغیرهای پژوهش بین دو گروه در مرحله پیش آزمون

P	میانگین انحراف معیار		آماره متغیر
	کنترل	آزمایشات کنترل حرکتی	
۰/۸۳۴	-۱۰/۰۴۰±۱/۱۴	-۱۱/۲±۴/۷۶۴	حس عمقی
۰/۰۶۲	۲/۲۰۰±۰/۴۴۷	۲/۲۰۰±۰/۴۴۷	آزمون ۱ کنترل حرکتی
۰/۷۹۲	۲/۲۰۰±۰/۴۴۷	۲/۴۰۰±۰/۵۴۷	آزمون ۲ کنترل حرکتی
۰/۸۴۶	-۵/۰۰±۰/۷۰۷	-۴/۸۰±۱/۰۹۵	آزمون ۳ کنترل حرکتی
۰/۲۰۶	۲/۲۰۰±۰/۵۷۰	۲/۸۰۰±۰/۴۴۷	آزمون ۴ کنترل حرکتی
۰/۵۶۸	۲/۳۳۶±۰/۵۴۷	۲/۴۰۰±۰/۵۴۷	آزمون ۵ کنترل حرکتی
۰/۷۹۵	۲/۴۰۰±۰/۵۴۷	۲/۴۰۰±۰/۵۴۷	آزمون ۶ کنترل حرکتی

طب توانبخشی

برای آموزش حس عمقی این سیستم باید درگیر شود و این منظور با آزمایشات خاصی محقق می‌شود. گروه زیادی از آزمایشات حس عمقی شامل آزمایشات روی سطوح ناپایدار است [۲۳]. آزمایش در وضعیت ناپایدار موجب تحریک گیرنده‌های حس عمقی شده، فیدبکی برای حفظ تعادل و تشخیص موقعیت بدن به دست می‌آورد [۲۴].

حس عمقی تا حدود زیادی با آزمایشات تعادلی اصلاح می‌شود [۲۵]. از این رو، آزمایشات تعادلی روی سطوح ناپایدار همچون تخته تعادل و توپ سوئیس‌بال برای بهبود اختلالات حس عمقی توصیه شده است [۱۵، ۲۶، ۲۷].

در توجیه یافته‌های این بخش از تحقیق باید گفت که انجام آزمایشات تعادلی روی سطوح ناپایدار احتمالاً باعث می‌شود عضلاتی که در اثر کمردرد غیرفعال شده بودند، به طور فعال درگیر شوند و سیستم عصبی مرکزی تحریکات مناسب‌تر و

(جدول شماره ۴)، اما در مرحله پس آزمون تغییرات معناداری بین دو گروه مشاهده شد ($P < 0/05$) (جدول شماره ۵).

بحث

هدف مطالعه حاضر، تأثیر آزمایشات کنترل حرکت بر عملکرد سیستم پروپریوسپشن و کنترل حرکت کمر بیماران مبتلا به کمردرد مکانیکی غیراختصاصی مزمن مبتلا به اختلال کنترل حرکت کمر بود. پس از انجام پژوهش، بهبود قابل ملاحظه‌ای در حس عمقی و کنترل حرکت کمر بیماران مبتلا به کمردرد غیراختصاصی مزمن در گروه آزمایشات کنترل حرکتی در مقایسه با گروه کنترل مشاهده شد.

این بخش از تحقیق با یافته‌های نظرزاده و همکاران و نیز برومگ و همکاران هم‌خوانی دارد. مطالعات نشان داده‌اند حس عمقی قابل آموزش است و برنامه‌های توانبخشی که عمدتاً شامل آموزش حس عمقی است، باعث پیشرفت حرکات عملکردی می‌شود.

جدول ۴. نتایج آزمون تی مستقل برای مقایسه مرحله میانگین انحراف معیار متغیرهای پژوهش بین دو گروه در مرحله پس آزمون

P	میانگین انحراف معیار		آماره متغیر
	کنترل	آزمایشات کنترل حرکتی	
۰/۰۰۰	-۱۰/۲۰±۰/۱	-۳±۱/۲۲۴	حس عمقی
۰/۰۰۸	۱۱۰/۴۰۰±۲۰	۱/۰۰۰±۰/۰۰	آزمون ۱ کنترل حرکتی
۰/۰۰۸	۲/۲۰۰±۰/۸۳۶	۱/۰۰۰±۰/۰۰	آزمون ۲ کنترل حرکتی
۰/۰۰۳	-۴/۶۰±۱/۱۴۰	-۱/۵۰±۰/۶۱۲	آزمون ۳ کنترل حرکتی
۰/۰۰۲	۲/۱۳۵±۰/۹۰۶	۱/۰۰۰±۰/۰۰	آزمون ۴ کنترل حرکتی
۰/۰۰۳	۲/۳۳۳±۰/۳۴۳	۱/۰۰۰±۰/۰۰	آزمون ۵ کنترل حرکتی
۰/۰۰۶	۲/۶۰۰±۰/۵۴۷	۱/۲۰۰±۰/۴۷۷	آزمون ۶ کنترل حرکتی

طب توانبخشی

جدول ۵. نتایج آزمون تی زوجی متغیرهای تحقیق از پیش آزمون تا پس آزمون در گروه‌های آزمایشات کنترل حرکتی و کنترل

P	Chohen, SD	درصد تغییرات	t	میانگین \pm انحراف معیار		متغیر	گروه
				پس آزمون	پیش آزمون		
۰/۰۱۸*	-۲/۵۷	۷۲/۲۱ درصد کاهش	-۳/۸۴۸	-۳ \pm ۱/۲۲۴	-۱۱/۲ \pm ۴/۷۶۴	حس عمقی	آزمایشات کنترل حرکتی
۰/۰۰۴*	۴	۵۴/۵۵ درصد کاهش	۶/۰۰۰	۱/۰۰۰ \pm ۰/۰۰	۲/۲۰۰ \pm ۰/۴۴۷	آزمون ۱ کنترل حرکتی	
۰/۰۰۵*	۳/۸۱	۵۸/۳۳ درصد کاهش	۵/۷۱۵	۱/۰۰۰ \pm ۰/۰۰	۲/۴۰۰ \pm ۰/۵۴۷	آزمون ۲ کنترل حرکتی	
۰/۰۱۰*	-۳/۰۷	۶۸/۷۵ درصد کاهش	-۴/۵۹۸	-۱/۵۰ \pm ۰/۶۱۲	-۴/۸۰ \pm ۱/۰۹۵	آزمون ۳ کنترل حرکتی	
۰/۰۰۱*	۶	۶۲/۲۹ درصد کاهش	۹/۰۰۰	۱/۰۰۰ \pm ۰/۰۰	۲/۸۰۰ \pm ۰/۴۴۷	آزمون ۴ کنترل حرکتی	
۰/۰۰۵*	۳/۸۱	۵۸/۳۳ درصد کاهش	۵/۷۱۵	۱/۰۰۰ \pm ۰/۰۰	۲/۴۰ \pm ۰/۵۴۷	آزمون ۵ کنترل حرکتی	
۰/۰۳۳*	۲/۱۲۸	۵۰ درصد کاهش	۳/۲۰۷	۱/۲۰ \pm ۰/۴۴۷	۲/۴۰ \pm ۰/۵۴۷	آزمون ۶ کنترل حرکتی	کنترل
۱/۰۰۰	-	۱/۹۲۳ درصد کاهش	۰/۰۰۰	-۱۰/۰۰ \pm ۲/۱	-۱۰/۱۴۰ \pm ۴/۱	حس عمقی	
۱/۰۰۰	-	۴/۹ درصد کاهش	۰/۰۰۰	۲/۱۱ \pm ۰/۴۰۰	۲/۲۰۰ \pm ۰/۴۴۷	آزمون ۱ کنترل حرکتی	
۰/۷۰۴	-	۴/۳۴۷ درصد کاهش	۰/۴۰۸	۲/۲۰ \pm ۰/۸۳۶	۲/۳۰۰ \pm ۰/۴۴۷	آزمون ۲ کنترل حرکتی	
۰/۱۷۸	-	۸ درصد کاهش	-۱/۶۳۳	-۴/۶۰ \pm ۱/۱۴۰	-۵/۰۰ \pm ۰/۷۰۷	آزمون ۳ کنترل حرکتی	
۱/۰۰۰	-	۲/۹۵۴ درصد کاهش	۰/۰۰۰	۲/۱۳۵ \pm ۰/۹۰۶	۲/۲۰۰ \pm ۰/۵۷۰	آزمون ۴ کنترل حرکتی	
۱/۰۰۰	-	۳/۲۰۸ درصد کاهش	۰/۰۰۰	۲/۳۲۳ \pm ۰/۳۴۳	۲/۴۰۰ \pm ۰/۵۴۷	آزمون ۵ کنترل حرکتی	
۰/۶۲۱	-	۵۰ درصد کاهش	-۰/۵۳۵	۲/۶۰۰ \pm ۰/۵۴۷	۲/۴۰۰ \pm ۰/۵۴۷	آزمون ۶ کنترل حرکتی	

طب توانبخشی

عرضی شکم، عضله مایل داخلی و مایل خارجی است. هدف درمانگر هنگام اجرای آزمایشات کنترل حرکتی ایجاد الگوی فراخوانی مناسب عضلات تنه با عملکرد طبیعی سیستم‌های دیگر مانند سیستم تنفسی و کنترل عضلات کف لگن است [۱۴]. در نتیجه، آزمایشات درمانی تأثیر بسزایی در افزایش کنترل حرکت و حس عمقی در این بیماران دارد [۱۴-۱۸] و آزمایشات قدرتی و استقامتی می‌تواند باعث رفع این اختلال شود.

با توجه به اینکه تمرکز آزمایشات کنترل حرکتی بر افزایش قدرت و استقامت عضلات عمقی است و همچنین ناپایداری سطوح آزمایشات کنترل حرکتی و به علاوه آزمایشات تعادلی که در آزمایشات وجود داشت، افزایش حس عمقی در گروه آزمایش قابل توجهی است.

همچنین تحقیق لوماجوکی، جانتی و نظرزاده در راستای اثر آزمایشات کنترل حرکتی کمر با تحقیق حاضر هم‌خوانی دارد. مقالات مروری بسیاری به این نتیجه رسیده‌اند که آزمایش برای درمان LBP مؤثر است [۳۱-۳۳].

برای مثال، فعالیت‌های عمومی و تمرین درمانی باعث بهبود درد و ناتوانی و کاهش روزهای بیماری در بیماران LBP می‌شود [۳۴]. درد موجب تغییرات پاتولوژیکی در کنترل حرکت بیمار از

مؤثرتری از اعصاب اوران گیرنده‌های حس عمقی این عضلات دریافت کند [۲۸]. افزایش زمان تأخیر فعالیت عضلات در بیماران کم‌درد نشان می‌دهد این بیماران حتی زمانی که دردی هنگام حرکت ندارند، دچار تصمیم‌گیری نامناسب در شروع حرکت یا پاسخ به تحریکات محیطی هستند [۲۹] که احتمالاً اختلالات حرکتی باعث آن شده است.

این بی‌ثباتی بیانگر بی‌ثباتی مکانیکی در ستون فقرات است که بیان می‌کند بدن در حالت تعادل مطلوب نیست [۳۰]. در نتیجه، آزمایشات کنترل حرکتی که بخش عمده‌ای از آن روی توپ سوئیس‌بال انجام شده است، شرایط ناپایداری را برای بیمار ایجاد کرده و این شرایط ناپایدار باعث تحریک گیرنده‌های حس عمقی شده و این امر منتج به افزایش حس عمقی در بیماران مبتلا به کم‌درد شده است.

یکی از علل مهم اختلال حس عمقی در بیماران مبتلا به کم‌درد، ضعف عضلات عمقی کمر مانند عضله مولتی‌فیدوس و عرضی شکم است. هدف آزمایشات کنترل حرکتی، بازگشت کنترل بهینه ستون فقرات برای عملکرد درست تنه است.

یکی از استراتژی‌های مورد استفاده برای رسیدن به کنترل ستون فقرات، آزمایشات هماهنگی عضلات تنه، مانند عضله

در نتیجه، آزمایشات کنترل حرکتی که بر تقویت عضلات ثبات‌دهنده تأکید داشته‌اند و در گروه آموزش حرکات صحیح و پوسچر مناسب را دریافت کرده‌اند، می‌تواند بر افزایش کنترل کمر بیماران مبتلا به کمردرد مکانیکی مزمن تأثیرگذار باشد.

با توجه به این نکته که این آزمایشات باعث افزایش حس عمقی نیز گشته، می‌توان با بهبود حس عمقی شاهد بهبود عملکرد عضلات اطراف ستون فقرات و در نتیجه، افزایش تعادل و به دنبال آن افزایش کنترل حرکت بود.

نتیجه‌گیری

با توجه به یافته‌های تحقیق حاضر می‌توان نتیجه گرفت که هشت هفته آزمایشات کنترل حرکتی در افزایش کنترل حرکات کمر و حس عمقی بیماران مبتلا به کمردرد مکانیکی مزمن تأثیرگذار است.

از آنجا که تمرکز این نوع از آزمایشات بر استفاده صحیح عضلات لوکال و آموزش استفاده به موقع از عضلات عمقی شکم و مولتی‌فیدوس است؛ بنابراین به طور کلی می‌توان بیان کرد که انتخاب این روش آزمایشی برای درمان بیماران کمردرد غیراختصاصی مزمن می‌تواند تأثیرگذار باشد.

پیشنهاد می‌شود که برنامه‌های آزمایشی کنترل حرکتی در درمان کمردرد غیراختصاصی مزمن مورد توجه درمانگران قرار گیرد و همچنین با درمان‌های متداول امروزی مانند فیزیوتراپی، ماساژ، طب سوزنی و غیره مقایسه شوند تا بیماران و پزشکان انتخاب مناسبی برای درمان بهینه داشته باشند.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این مطالعه توسط کمیته اخلاق دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساری (کد: R.IAU.SASRI.REC.1397) تأیید شده است و یک کار آزمایشی بالینی ثبت شده است (کد: RTC:R000038517UMIN000033767). اصول اخلاقی تماماً در این مقاله رعایت شده است. شرکت کنندگان اجازه داشتند هر زمان که مایل بودند از پژوهش خارج شوند. همچنین همه شرکت کنندگان در جریان روند پژوهش بودند. اطلاعات آن‌ها محرمانه نگه داشته شد.

حامی مالی

این تحقیق هیچ گونه کمک مالی از سازمان‌های تأمین مالی در بخش‌های عمومی، تجاری یا غیرانتفاعی دریافت نکرد.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسنده این مقاله تعارض منافع ندارد.

طریق یک فرایند تطبیقی در طول عضلات می‌شود و این فرایند باعث ایجاد حرکات غیرطبیعی در فرد می‌شود که باعث بی‌ثباتی و درد ثانویه مزمن می‌شود [۳۵].

اوسولیوان یک سیستم طبقه‌بندی از فراخوان درد در LBP معرفی کرده است [۳۶، ۱]. فراخوان مرکزی یا سنترال و فراخوان محیطی یا پریفرال، فراخوانی درد مرکزی در ارتباط با مسائل روانی مانند ترس از حرکت و دپرشن است (حدود ۳۰ درصد از جامعه LBP). فراخوان درد پریفرال دلایل مکانیکی دارد و شامل اختلال در حرکت و کنترل حرکت است (حدود ۳۰ درصد از جامعه LBP).

بیماران با اختلال کنترل حرکتی محدودیت دردناکی در حرکت خود دارند. مطالعات مروری زیادی نشان داده‌اند که مدارک محکمی برای اثرگذاری تمرین به عنوان یک روش درمانی برای NSLBP وجود دارد [۳۷، ۱۵]. کمردرد بیمار را در چرخه‌های معیوب قرار می‌دهد، به گونه‌ای که بیماران مبتلا به کمردرد مزمن به علت درد طولانی‌مدت (بیش از سه ماه) با محدودیت حرکتی روبه‌رو می‌شوند.

میزان فعالیت فیزیکی آن‌ها به شدت محدود می‌شود. محدود شدن فعالیت بدنی باعث ضعف عضلانی بیشتر می‌شود؛ بنابراین طبیعی به نظر می‌رسد که بیماران مبتلا به کمردرد در مقایسه با افراد سالم عضلات ضعیف‌تری داشته باشند. ضعف در عضلات تنه باعث کاهش ثبات ستون فقرات، نارسایی گیرنده‌های حس عمقی، اختلال در هماهنگی عصبی عضلانی، اختلال در کنترل حرکت ستون فقرات ناحیه کمری و در نهایت درد کمر می‌شود [۳۸].

به نظر می‌رسد اختلال کنترل حرکت موجب ضعف و آتروفی عضلات مرکزی، کاهش حس عمقی و کاهش هماهنگی عصبی عضلانی در بیماران کمردرد غیراختصاصی مزمن می‌شود. این موارد منجر به حرکات غیرطبیعی ستون فقرات می‌شود.

حال با توجه به بهبود معنادار در نتایج آزمایشات کنترل حرکت روی بیماران مبتلا به کمردرد مزمن غیراختصاصی می‌توان این گونه نتیجه گرفت که آزمایشات کنترل حرکتی باعث افزایش قدرت، افزایش استقامت عضلات تنه، افزایش کنترل حسی حرکتی تنه و افزایش کنترل حرکت اندام‌ها می‌شود.

همچنین این آزمایشات، آزمایشات اختصاصی کمر است که به نظر می‌رسد حاوی جنبه‌های بیولوژیکی، آموزشی و روان‌شناختی باشد که همگی موارد مهمی در بهبود کمردرد هستند. این آزمایشات به فرد نسبت به چگونگی کاهش دادن الگوهای حرکتی غلط آگاهی می‌دهد و در نتیجه، باعث بهبود کنترل حرکتی می‌شود.

سندرم اختلال کنترل حرکتی برای درمانگران فیزیکی جهت تشخیص حرکات اشتباه حرکتی بسیار مهم است. تحقیقات نشان داده است که برای بهبود کمردرد در بیماران کمردردی دارای اختلال کنترل حرکتی باید درک درستی از آموزش و تأکید برای انجام حرکات صحیح و چگونگی تقویت عضلات ثبات‌دهنده فراهم شود [۳۸].

Reference

- [1] O'Sullivan P. Diagnosis and classification of chronic low back pain disorders: Maladaptive movement and motor control impairments as underlying mechanism. *Manual Therapy*. 2005; 10(4):242-55. [DOI:10.1016/j.math.2005.07.001] [PMID]
- [2] Braga AB, Rodrigues AC, de Lima GV, de Melo LR, de Carvalho AR, Bertolini GR. Comparison of static postural balance between healthy subjects and those with low back pain. *Acta Ortopedica Brasileira*. 2012; 20(4):210-2. [DOI:10.1590/S1413-78522012000400003] [PMID] [PMCID]
- [3] Madigan ML, Davidson BS, Nussbaum MA. Postural sway and joint kinematics during quiet standing are affected by lumbar extensor fatigue. *Human Movement Science*. 2006; 25(6):788-99. [DOI:10.1016/j.humov.2006.04.004] [PMID]
- [4] Mientjes M, Frank J. Balance in chronic low back pain patients compared to healthy people under various conditions in upright standing. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*. 1999; 14(10):710-6. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10545625/>
- [5] Hodges PW, Richardson CA. Delayed postural contraction of transversus abdominis in low back pain associated with movement of the lower limb. *Journal of Spinal Disorders*. 1998; 11(1):46-56. [DOI:10.1097/00002517-199802000-00008] [PMID]
- [6] Silfies SP, Squillante D, Maurer P, Westcott S, Karduna AR. Trunk muscle recruitment patterns in specific chronic low back pain populations. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*. 2005; 20(5):465-73. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2005.01.007] [PMID]
- [7] Descarreaux M, Blouin JS, Teasdale N. Force production parameters in patients with low back pain and healthy control study participants. *Spine*. 2004; 29(3):311-7. [DOI:10.1097/01.BRS.0000105983.19980.A8] [PMID]
- [8] Costa LO, Maher CG, Latimer J, Hodges PW, Herbert RD, Refshauge KM, et al. Motor control exercise for chronic low back pain: A randomized placebo-controlled trial. *Physical Therapy*. 2009; 89(12):1275-86. [DOI:10.2522/ptj.20090218] [PMID]
- [9] Barker KL, Dawes H, Hansford P, Shamley D. Perceived and measured levels of exertion of patients with chronic back pain exercising in a hydrotherapy pool. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2003; 84(9):1319-23. [DOI:10.1016/S0003-9993(03)00266-1]
- [10] Brumagne S, Cordo P, Verschueren S. Proprioceptive weighting changes in persons with low back pain and elderly persons during upright standing. *Neuroscience Letters*. 2004; 366(1):63-6. [DOI:10.1016/j.neulet.2004.05.013] [PMID]
- [11] Wand BM, O'Connell NE, Di Pietro F, Bulsara M. Managing chronic nonspecific low back pain with a sensorimotor retraining approach: Exploratory multiple-baseline study of 3 participants. *Physical Therapy*. 2011; 91(4):535-46. [DOI:10.2522/ptj.20100150] [PMID]
- [12] Strauss-Blasche G, Ekmekcioglu C, Vacariu G, Melchart H, Fialka-Moser V, Marktl W. Contribution of individual spa therapies in the treatment of chronic pain. *The Clinical Journal of Pain*. 2002; 18(5):302-9. [DOI:10.1097/00002508-200209000-00005] [PMID]
- [13] Larivière C, Gagnon DH, Mecheri H. Trunk postural control in unstable sitting: Effect of sex and low back pain status. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*. 2015; 30(9):933-9. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2015.07.006] [PMID]
- [14] Wenig CM, Schmidt CO, Kohlmann T, Schweikert B. Costs of back pain in Germany. *European Journal of Pain*. 2009; 13(3):280-6. [DOI:10.1016/j.ejpain.2008.04.005] [PMID]
- [15] Nazarzadeh Bozorgi M, Letafatkar A, Sabounchi R, Sobhan Manesh A, Rafieefar A. [The effect of sensory-motor exercise program on motion control and pain score in patients with non-specific chronic low back pain (Persian)]. *Koomesh*. 2015; 16(4):563-74. <https://koomeshjournal.semums.ac.ir/article-1-2434-fa.html>
- [16] Burnett AF, Cornelius MW, Dankaerts W, O'Sullivan PB. Spinal kinematics and trunk muscle activity in cyclists: A comparison between healthy controls and non-specific chronic low back pain subjects-a pilot investigation. *Manual Therapy*. 2004; 9(4):211-9. [DOI:10.1016/j.math.2004.06.002] [PMID]
- [17] Louw A, Farrell K, Wettach L, Uhl J, Majkowski K, Welding M. Immediate effects of sensory discrimination for chronic low back pain: A case series. *New Zealand Journal of Physiotherapy*. 2015; 43(2):58-63. [DOI:10.15619/NZJP/43.2.06]
- [18] Wand BM, Catley MJ, Luomajoki HA, O'Sullivan KJ, Di Pietro F, O'Connell NE, et al. Lumbar tactile acuity is near identical between sides in healthy pain-free participants. *Manual Therapy*. 2014; 19(5):504-7. [DOI:10.1016/j.math.2014.01.002] [PMID]
- [19] Wand BM, Abbaszadeh S, Smith AJ, Catley MJ, Moseley GL. Acupuncture applied as a sensory discrimination training tool decreases movement-related pain in patients with chronic low back pain more than acupuncture alone: A randomised cross-over experiment. *British Journal of Sports Medicine*. 2013; 47(17):1085-9. [DOI:10.1136/bjsports-2013-092949] [PMID]
- [20] Childs JD, Cleland JA, Elliott JM, Teyhen DS, Wainner RS, Whittman JM, et al. Neck pain: Clinical practice guidelines linked to the international classification of functioning, disability, and health from the orthopaedic section of the American physical therapy association. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 2008; 38(9):1-34. [DOI:10.2519/jospt.2008.0303] [PMID]
- [21] Dankaerts W, O'Sullivan P, Burnett A, Straker L. The use of a mechanism-based classification system to evaluate and direct management of a patient with non-specific chronic low back pain and motor control impairment: A case report. *Manual Therapy*. 2007; 12(2):181-91. [DOI:10.1016/j.math.2006.05.004] [PMID]
- [22] Hirata RP, Salomoni SE, Christensen SW, Graven-Nielsen T. Reorganised motor control strategies of trunk muscles due to acute low back pain. *Amsterdam: Elsevier Human Movement Science*; 2015. [DOI:10.1016/j.humov.2015.04.001] [PMID]
- [23] Niam S, Cheung W, Sullivan PE, Kent S, Gu X. Balance and physical impairments after stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1999; 80(10):1227-33. [DOI:10.1016/S0003-9993(99)90020-5]
- [24] Newcomer KL, Laskowski ER, Yu B, Johnson JC, An K-N. Differences in repositioning error among patients with low back pain compared with control subjects. *Spine*. 2000; 25(19):2488-93. [DOI:10.1097/00007632-200010010-00011] [PMID]

- [25] Musavi S, Faeizipour H, Talebian S. [Investigating the changes of the motion process to the positional responses of trunk muscles in healthy people and patients with low back pain (Persian)]. *Journal of Medical Sciences*. 2003; 61(4):326-37. <https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?ID=2512>
- [26] Baena-Beato PA, Arroyo-Morales M, Delgado-Fernández M, Gatto-Cardia MC, Artero EG. Effects of different frequencies (2-3 days/week) of aquatic therapy program in adults with chronic low back pain: A non-randomized comparison trial. *Pain Medicine*. 2013; 14(1):145-58. [DOI:10.1111/pme.12002] [PMID]
- [27] Cuesta-Vargas AI, García-Romero JC, Arroyo-Morales M, Diego-Acosta AM, Daly DJ. Exercise, manual therapy, and education with or without high-intensity deep-water running for nonspecific chronic low back pain: A pragmatic randomized controlled trial. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2011; 90(7):526-34. [DOI:10.1097/PHM.0b013e31821a71d0] [PMID]
- [28] Gibson J, McCarron T. Feedforward muscle activity: An investigation into the onset and activity of internal oblique during two functional reaching tasks. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2004; 8(2):104-13. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1360859203001025>
- [29] Han SK, Kim MC, An CS. Comparison of effects of a proprioceptive exercise program in water and on land the balance of chronic stroke patients. *Journal of Physical Therapy Science*. 2013; 25(10):1219-22. [DOI:10.1589/jpts.25.1219] [PMID] [PMCID]
- [30] Svedenhag J, Seger J. Running on land and in water: Comparative exercise physiology. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1992; 24(10):1155-60. [DOI:10.1249/00005768-199210000-00014] [PMID]
- [31] Kool JP, Oesch PR, Bachmann S, Knuesel O, Dierkes JG, Russo M, et al. Increasing days at work using function-centered rehabilitation in nonacute nonspecific low back pain: A randomized controlled trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2005; 86(5):857-64. [DOI:10.1016/j.apmr.2004.10.044] [PMID]
- [32] Hayden J, Van Tulder MW, Malmivaara A, Koes BW. Exercise therapy for treatment of non-specific low back pain. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2005; 20(3):CD000335. [DOI:10.1002/14651858.CD000335.pub2] [PMID]
- [33] Rackwitz B, de Bie R, Limm H, von Garnier K, Ewert T, Stucki G. Segmental stabilizing exercises and low back pain. What is the evidence? A systematic review of randomized controlled trials. *Clinical Rehabilitation*. 2006; 20(7):553-67. [DOI:10.1191/0269215506cr977oa] [PMID]
- [34] Hodges PW. Pain and motor control: From the laboratory to rehabilitation. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2011; 21(2):220-8. [DOI:10.1016/j.jelekin.2011.01.002] [PMID]
- [35] Farahpour N, Moroori Isfahani M. [Investigating the importance of muscular endurance and anthropometric features as warning factors in chronic low back pain and the need for continuing exercise after pain relieved (Persian)]. *Harkat*. 2003; 18:5-23. <https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?ID=1769>
- [36] O'Sullivan PB. Masterclass. Lumbar segmental 'instability': clinical presentation and specific stabilizing exercise management. *Manual Therapy*. 2000; 5(1):2-12. [DOI:10.1054/math.1999.0213] [PMID]
- [37] Liddle SD, Baxter GD, Gracey JH. Chronic low back pain: Patients' experiences, opinions and expectations for clinical management. *Disability and Rehabilitation*. 2007; 29(24):1899-909. [DOI:10.1080/09638280701189895] [PMID]
- [38] Seltzer SF, Seltzer JL. Tactual sensitivity of chronic pain patients to non-painful stimuli. *Pain*. 1986; 27(3):291-5. [DOI:10.1016/0304-3959(86)90156-9]