

## Research Paper

# Investigating the Effects of Neurofeedback Training on Psychological Variables in Women With Non-specific Chronic Back Pain: A Randomized Controlled Trial



\*Ali Yalfani<sup>1</sup> , Azadeh Asgarpour<sup>1</sup>

1. Department of Sport Injuries and Corrective Exercises, School of Sport Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran.



**Citation** Yalfani A, Asgarpour A. [Investigating the Effects of Neurofeedback Training on Psychological Variables in Women With Non-specific Chronic Back Pain: A Randomized Controlled Trial (Persian)]. *Journal of Guilan University of Medical Sciences*. 2024; 33(2):228-239. <https://doi.org/10.32598/JGUMS.33.2.2212.1>

<https://doi.org/10.32598/JGUMS.33.2.2212.1>

Received: 01 Oct 2023

Accepted: 24 Dec 2023

Available Online: 01 Jul 2024

## ABSTRACT

**Background** Chronic non-specific low back pain (CNSLBP) is a public health issue associated with a complex interaction of biopsychosocial factors. Electroencephalography (neurofeedback) is one of the methods used to assess and treat psychological factors associated with pain and increase awareness of the activity of different parts of the brain.

**Objective** The present clinical trial investigates the effectiveness of neurofeedback training (NFBT) exercises on psychological variables (pain, disability, and kinesiophobia) in women with CNSLBP.

**Methods** This was a clinical trial study. A total of 40 females with CNSLBP were recruited for the clinical trial. The patients were randomly divided into two groups, namely experimental and control (each group included 20 patients). The experimental group received NFBT for 8 weeks. Pain intensity, disability, and kinesiophobia were assessed via the visual analog scale, the Oswestry disability index, and the Tampa scale. Statistical analysis was performed using the SPSS software, version 26. The Shapiro-Wilk test was used to ensure the normality of the data distribution ( $P > 0.05$ ). The covariance test was used to compare results between groups.

**Results** The results showed that the NFBT had a significant difference in reducing pain ( $P = 0.000$ ,  $\eta^2 = 0.693$ ), disability ( $P = 0.005$ ,  $\eta_p^2 = 0.253$ ), and kinesiophobia ( $P = 0.000$ ,  $\eta_p^2 = 0.904$ ).

**Conclusion** NFBT leads to a reduction in the perception of pain intensity, disability, and kinesiophobia; however, they do not address the underlying cause of pain in this group of patients. Instead, they only modulate the response to pain sensation processing.

### Keywords:

Low back pain, Kinesiophobia, Disability, Neurofeedback, Mental health

### \* Corresponding Author:

Ali Yalfani

Address: Department of Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran.

Tel: +98 (918) 3155478

E-Mail: [yalfani@basu.ac.ir](mailto:yalfani@basu.ac.ir)



Copyright © 2024 The Author(s);  
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

## Extended Abstract

### Introduction

**C**hronic low back pain (CLBP) is one of the most important medical conditions worldwide in terms of reducing quality of life, disability and increasing social and economic costs [1]. In general, CLBP has two non-specific and mechanical types. Non-specific CLBP (NSCLBP) includes 90-95% of low back pains and affects 20% of the world's population [2, 3]. It is a complicated disease and its pathophysiology is unknown, occurring for three months or more [4]. There is strong evidence that CLBP is related to a complex interaction of cognitive [5], physical [6], psychological [7], neurophysiological [7], and lifestyle [8] factors. Although many of these factors are potentially modifiable, the CLBP rehabilitation protocols often, focus on physical interventions [9]. Physical interventions may not affect psychological factors [10]. Psychological factors not only change the activity of the cortex involved in pain processing, but also change the function of the brain areas related to attention, prediction and emotions [11].

Recently, neurofeedback training (NFBT) has attracted the attention of researchers because it provides reliable information about brain function during rest, sensory stimulation, and cognitive tasks. It is a safe, inexpensive, and noninvasive method, making it a valuable technique for clinical and research purposes [19, 20]. Despite the widespread use of neurofeedback to assess cortical changes in chronic musculoskeletal pain conditions, little is known about brain wave activity changes in CLBP patients. The results of a systematic review showed that the experience of pain is related to the activity of brain waves (EEG). In people with chronic pain such as CLBP, alpha waves decrease and beta and theta waves increase [21, 22]. Few studies have been conducted on the effect of interventions that change brain activity in people with chronic musculoskeletal pain. There are many questions in this field, the most common questions are related to the mechanism of the effectiveness of these interventions in reducing pain and how to design treatment protocols. This study aims to assess the effect of NFBT on psychological variables in women with NSCLBP.

### Methods

This is a controlled clinical trial with a pre-test/post-test design. The study population includes women with NSCLBP referred to orthopedic or sports medicine clinics in Hamedan province, Iran. The G\*Power software,

version 3.1.9.2 was used to estimate the sample size. The software output for the sample size was 30. Considering a 10% sample dropout, it increased to 40. In this regard, 40 patients were purposefully selected and randomly divided into two groups of training and control (20 in each group). Inclusion criteria were: history of pain for more than 12 weeks, no history of spine surgery and hip joint replacement, and age 30-50 years. Exclusion criteria were: pain in other segments of the body, severe deformity of the lower and upper limbs, history of surgery, use of painkillers in the past 6 months, physical therapy in the past year, participation in sports activities, sciatica pain, spondylolysis, neuromuscular, neurological, or respiratory disorders, muscle spasm, and vertebral fracture.

The collected data were analyzed in SPSS software, version 26. At first, the Shapiro-Wilk test was used to ensure the normal distribution of the data. In addition, Levene's test was used to check the homogeneity of variances. As a result, the analysis of covariance (ANCOVA) was used to compare the results between groups. The significance level was set at 0.05. The effect size of interventions was calculated using Cohen's d (0.01 as small effect size, 0.06 as medium effect size and 0.14 large effect size).

### Results

The demographic characteristics of the participants are summarized in Table 1. The results of ANCOVA are presented in Table 2. Covariance results showed that NFBT had a large significant effect on reducing pain ( $P=0.000$ ,  $\eta^2=0.693$ ), disability ( $P=0.005$ ,  $\eta^2=0.253$ ), and fear of movement ( $P=0.000$ ,  $\eta^2=0.904$ ) in women. In Table 3, descriptive statistics showed that the training group had a 40% reduction in pain, 31% in disability, and 32% in fear of movement.

### Conclusion

The results of the present study showed a significant reduction in pain intensity, disability and fear of movement in women with NSCLBP after eight weeks of NFBT. It is recommended that rehabilitation specialists use NFBT along with physical exercises for better effectiveness in women with NSCLBP.

### Ethical Considerations

#### Compliance with ethical guidelines

This study was approved by the Ethics Committee Of Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran (Code: I.R.BASU.REC.1401.026).

**Table 1.** Demographic characteristics (n=20)

| Variables                | Mean±SD        |               | P     |
|--------------------------|----------------|---------------|-------|
|                          | Training Group | Control Group |       |
| Age (y)                  | 48.86±4.99     | 49.26±7.62    | 0.210 |
| Height (cm)              | 158.06±5.73    | 159.5±5.97    | 0.242 |
| Weight (kg)              | 68.08±7.67     | 67.76±6.55    | 0.945 |
| BMI (kg/m <sup>2</sup> ) | 27.42±2.98     | 26.96±3.13    | 0.362 |

BMI: Body mass index.

Journal of  
Guilan University of Medical Sciences**Table 2.** ANCOVA results

| Variables     | F      | DF | Men Squares | Sum of Squares | Power | $\eta_p^2$ | P      |
|---------------|--------|----|-------------|----------------|-------|------------|--------|
| Pain          | 60.978 | 1  | 69.227      | 69.227         | 1     | 0.693      | 0.000* |
| Disability    | 9.138  | 1  | 850.314     | 850.314        | 0.830 | 0.253      | 0.005* |
| Kinesiophobia | 254.41 | 1  | 1154.916    | 1154.916       | 1     | 0.904      | 0.000* |

\*Significant difference between groups (P&lt;0.05).

Journal of  
Guilan University of Medical Sciences**Table 3.** Descriptive statistics

| Variables     | Group    | Mean±SD      |             | 95% CI (Post-test) |       | Δ (%) |
|---------------|----------|--------------|-------------|--------------------|-------|-------|
|               |          | Pre-test     | Post-test   | Lower              | Upper |       |
| Pain          | Training | 6.85±1.74    | 4.07±1.54   | 3.16               | 4.83  | -40   |
|               | Control  | 6.0±2.25     | 6.42±2.34   | 5.26               | 7.80  | -6    |
| Disability    | Training | 49.21± 10.33 | 33.78±9.39  | 27.48              | 38.25 | -31   |
|               | Control  | 43.28±11.38  | 41.28±12.06 | 34.28              | 47.31 | -4    |
| Kinesiophobia | Training | 34.57±1.15   | 23.44±1.28  | 22.618             | 24.04 | -32   |
|               | Control  | 37.07±3.73   | 38.14±4.29  | 35.59              | 40.26 | 2.88  |

Journal of  
Guilan University of Medical Sciences

## Funding

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

## Authors' contributions

Conceptualization, study design, data acquisition, data analysis, review and editing: Ali Yalfani; Data collection,

statistics analysis and initial draft preparation: Azadeh Asgarpour.

## Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.



## مقاله پژوهشی

# تأثیر تمرین نوروفیدبک بر متغیرهای روان‌شناختی زنان مبتلا به کمردرد مزمن غیراختصاصی: یک کارآزمایی بالینی کنترل‌شده تصادفی

\*علی یلفانی<sup>۱</sup>، آزاده عسگرپور<sup>۱</sup>

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

Use your device to scan and read the article online



**Citation** Yalfani A, Asgarpour A. [Investigating the Effects of Neurofeedback Training on Psychological Variables in Women With Non-specific Chronic Back Pain: A Randomized Controlled Trial] (Persian). *Journal of Guilan University of Medical Sciences*. 2024; 33(2):228-239. <https://doi.org/10.32598/JGUMS.33.2.2212.1>

**doi** <https://doi.org/10.32598/JGUMS.33.2.2212.1>

## چکیده

تاریخ دریافت: ۰۹ مهر ۱۴۰۲  
تاریخ پذیرش: ۰۳ دی ۱۴۰۲  
تاریخ انتشار: ۱۱ تیر ۱۴۰۳

**زمینه:** کمردرد مزمن غیراختصاصی یک مسئله بهداشت عمومی است که با تعامل پیچیده‌ای از عوامل زیستی‌روانی و اجتماعی مرتبط است. الکتروانسفالوگرافی (نوروفیدبک) یکی از روش‌هایی است که برای ارزیابی و درمان عوامل روان‌شناختی مرتبط با درد و افزایش آگاهی از فعالیت بخش‌های مختلف مغز استفاده می‌شود.

**هدف:** هدف از کارآزمایی بالینی حاضر بررسی اثربخشی تمرینات نوروفیدبک بر متغیرهای روان‌شناختی (درد، ناتوانی و ترس از حرکت)، زنان مبتلا به کمردرد مزمن غیراختصاصی بود.

**روش‌ها:** این بررسی، کارآزمایی بالینی است. ۴۰ زن با کمردرد مزمن غیراختصاصی برای کلینیکال تریال استخدام شدند. بیماران به‌صورت تصادفی به گروه آزمایش و کنترل تخصیص یافتند (هر گروه ۲۰ نفر). گروه آزمایش ۸ هفته تمرینات نوروفیدبک را دریافت کردند. شدت درد، ناتوانی و کنزیوفوبیا به ترتیب از طریق مقیاس آنالوگ بصری، پرسش‌نامه ناتوانی اوسوستری و مقیاس ترس از حرکت تمپ‌ارزیابی شد. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ انجام شد. آزمون شاپیرو-ویلک برای اطمینان از توزیع نرمال داده‌ها استفاده شد ( $P \geq 0.05$ ). با استفاده از آزمون کوواریانس، تفاوت بین گروه‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد آموزش نوروفیدبک در کاهش درد ( $\eta^2 = 0.693$ ,  $P = 0.000$ )، ناتوانی ( $\eta^2 = 0.253$ ,  $P = 0.005$ ) و ترس از حرکت ( $\eta^2 = 0.904$ ,  $P = 0.000$ ) تأثیر معناداری داشت.

**نتیجه‌گیری:** تمرینات نوروفیدبک به کاهش شدت درد ادراکی، ناتوانی و ترس از حرکت منجر می‌شود، اما علت اصلی درد را درمان نکرده و فقط واکنش به پردازش حس درد را تعدیل می‌کند.

## کلیدواژه‌ها:

کمردرد، ترس از حرکت، ناتوانی، نوروفیدبک، سلامت ذهن

## \* نویسنده مسئول:

علی یلفانی

نشانی: همدان، دانشگاه بوعلی سینا، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، گروه آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی.

تلفن: ۳۱۵۵۴۷۸ (۹۱۸) +۹۸

رایانامه: [yalfani@basu.ac.ir](mailto:yalfani@basu.ac.ir)



Copyright © 2024 The Author(s).

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

## مقدمه

اخیراً، تمرینات نوروفیدبک<sup>۹</sup> نیز مورد توجه محققان قرار گرفته است، زیرا اطلاعات قابل اعتمادی در مورد عملکرد مغز در حین استراحت، تحریک حسی و وظایف شناختی ارائه می‌دهد. علاوه بر این، این روش ایمن، ارزان و غیرتهاجمی است و آن را به یک دستگاه ارزشمند برای کاربردهای بالینی و تحقیقاتی تبدیل کرده است [۲۰، ۱۹]. علی‌رغم کاربرد گسترده نوروفیدبک برای ارزیابی تغییرات قشر مغز در شرایط درد مزمن اسکلتی-عضلانی، دانش نسبتاً کمی در مورد تغییرات فعالیت امواج مغزی در بیماران کم‌درد مزمن وجود دارد. نتایج مطالعه مرور سیستماتیک گزارش کرده است که تجربه درد با فعالیت امواج مغزی<sup>۱۰</sup> در ارتباط است. بدین صورت که در افراد مبتلا به دردهای مزمن مانند دردهای مزمن اعصاب کمری، امواج آلفا کاهش و امواج بتا و تتا افزایش پیدا می‌کند [۲۱، ۲۲]. بررسی‌های سیستماتیک و متاآنالیزهای اخیر نشان می‌دهد تمرینات نوروفیدبک با هدف مدولاسیون شبکه‌های عصبی بدون هیچ‌گونه تحریک الکتریکی بر مغز، مزایای بالینی معنی‌داری در کاهش شدت درد در افراد مبتلا به درد مزمن ارائه می‌دهد [۲۳-۲۵]. همچنین چارمز و همکاران در مطالعه خود بیان کردند بیماران مبتلا به درد مزمن که برای کنترل فعالیت نسبی قشر قدامی (ناحیه مرتبط با درمان و تجربه درد) تحت درمان نوروفیدبک بودند، کاهش درد پس از جلسات تمرینی را گزارش کرده‌اند [۲۶]. اگرچه یافته‌های اولیه امیدوارکننده است، اما تعداد اندکی مطالعه در مورد تأثیر مداخلاتی که فعالیت مغزی در افراد مبتلا به درد مزمن اسکلتی-عضلانی را تغییر می‌دهد منتشر شده و سؤالات بسیاری در این زمینه وجود دارد که از رایج‌ترین سؤالات سازوکار اثربخشی این نوع تمرینات در کاهش درد و نحوه طراحی پروتکل‌های درمانی است. بنابراین هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر نوروفیدبک بر متغیرهای روان‌شناختی در زنان مبتلا به کم‌درد مزمن غیراختصاصی بود. براساس شواهد مذکور فرض کردیم تمرینات نوروفیدبک به کاهش درد، ناتوانی و ترس از حرکت منجر خواهد شد. امید است نتایج مطالعه بینشی جدید و کاربردی جهت درمان کم‌درد مزمن غیراختصاصی فراهم کند.

## روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع کارآزمایی بالینی و طرح پژوهشی پیش‌آزمون پس‌آزمون با گروه کنترل بود. جامعه آماری این پژوهش شامل زنان با کم‌درد مزمن غیراختصاصی است که از کلینیک‌های ارتوپدی یا پزشکی ورزشی استان همدان انتخاب شدند. از نرم‌افزار جی‌پاور<sup>۱۱</sup> نسخه ۳/۱/۹/۲ برای تخمین حجم نمونه استفاده شد. خروجی نرم‌افزار ۳۰ نفر را گزارش کرد. با در نظر گرفتن ریزش ۱۰ درصد برای ۴۰ بیمار برنامه‌ریزی شد. ۴۰

کم‌درد مزمن<sup>۱</sup> در سراسر جهان یکی از مهم‌ترین مسائل پزشکی از لحاظ کاهش کیفیت زندگی، ناتوانی و افزایش هزینه‌های اجتماعی و اقتصادی است [۱]. به‌طور کلی کم‌درد<sup>۲</sup> در ۲ دسته غیراختصاصی و مکانیکی طبقه‌بندی می‌شود. کم‌درد مزمن غیراختصاصی<sup>۳</sup> ۹۰ الی ۹۵ درصد از کم‌دردها را شامل می‌شود و ۲۰ درصد از جمعیت جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۲، ۳]. کم‌درد مزمن غیراختصاصی یک بیماری پیچیده و پاتوفیزیولوژی آن ناشناخته است که در مدت ۳ ماه یا فراتر رخ می‌دهد [۴]. شواهد قوی وجود دارد که نشان می‌دهد کم‌درد با تعامل پیچیده‌ای از عوامل شناختی [۵]، فیزیکی [۶]، روانی [۷]، نوروفیزیولوژیک [۷] و سبک زندگی [۸] مرتبط است. اگرچه بسیاری از این عوامل به‌طور بالقوه قابل تغییر هستند، اغلب، پروتکل‌های توان‌بخشی کم‌درد مزمن بر مداخلات فیزیکی متمرکز است [۹]. مداخلات فیزیکی ممکن است بر عوامل روانی تأثیری نداشته باشند [۱۰].

عوامل روان‌شناختی نه تنها فعالیت قشر پردازش درد را تغییر می‌دهند، بلکه عملکرد مغز در قشر مربوط به توجه، پیش‌بینی و ناحیه احساسی درد را نیز تغییر می‌دهند [۱۱]. مطالعات تغییرات قابل توجهی را در مناطق کنترل درد، شناختی و سنسوری موتور، مانند تالاموس و قشر حسی حرکتی در زنان مبتلا به کم‌درد مزمن گزارش کردند [۱۲]. با تغییر نوروفیزیولوژیک سیستم عصبی مرکزی<sup>۴</sup>، یکپارچگی حسی مختل شده [۱۳] و با افزایش توجه به محرک‌های دردناک، کنترل حرکتی بیماران مبتلا به کم‌درد مزمن تغییر می‌کند [۱۴]. بنابراین لازم است مکانیسم‌های عصبی که باعث درد، ناتوانی، اختلال حرکتی و اختلال در عملکرد سیستم عصبی مرکزی می‌شوند، شناسایی شوند [۱۱]. در این راستا، مطالعات تصویربرداری عصبی، تغییرات ساختاری و عملکردی مغز را در شرایط درد مزمن اسکلتی-عضلانی نشان داد. به‌عنوان مثال محققان تغییراتی را در مورفولوژی و عملکرد مغز در بیماران مبتلا به کم‌درد مزمن در مقایسه با گروه کنترل بدون درد گزارش کردند [۱۵-۱۷]. مطالعات پیشین با استفاده از تصویربرداری مغناطیسی<sup>۵</sup>، مگنتوآنسفالوگرافی<sup>۶</sup>، نوروفیدبک<sup>۷</sup> [۱۵] و تحریک مغناطیسی ترانس کرائیال<sup>۸</sup>، بر روی بیماران مبتلا به کم‌درد مزمن کاهش قابل توجهی در تراکم ماده خاکستری در نواحی پیشپیشانی و تالاموس [۱۸] و همچنین تغییرات در قشر حرکتی اولیه و سوماتوسنسوری [۱۲] را نشان داده‌اند.

1. Chronic Low Back Pain (CLBP)
2. Low Back Pain (LBP)
3. Non-specific Chronic Back Pain (NSCLBP)
4. Central Nervous System (CNS)
5. Magnetic Resonance Imaging (MRI)
6. Magnetoencephalography (MEG)
7. Neurofeedback (NFB)
8. Transcranial Magnetic Stimulation (TMS)

9. Neurofeedback Training (NFBT)
10. Electroencephalography (EEG)
11. G\*Power

سخت‌افزار Procomp و نرم‌افزار Biograph Infinity نسخه ۵ است. لوازم جانبی دستگاه شامل سنسور امواج مغزی، سه الکتروود: الکتروود فعال (آبی)، الکتروود مرجع (زرد)، الکتروود زمین (مشکی)، تقویت‌کننده، واحد رابط TT-USB، کابل فیبر نوری و کابل USB بود.

مداخله به مدت ۸ هفته، ۳ جلسه در هفته و هر جلسه ۳۰ دقیقه انجام شد. پروتکل اجرایی براساس مطالعات پیشین انتخاب شد که شامل افزایش موج حسی حرکتی (۱۲ تا ۱۵ هرتز) و کاهش بتا (۱۵ تا ۲۰ هرتز) و تتا (۴ تا ۷ هرتز) در ناحیه CZ بود. براساس سیستم بین‌المللی ۱۰ تا ۲۰ منطقه CZ مشخص شد. ناحیه CZ و لاله گوش با ژل لایه‌بردار مخصوص No-prep تمیز شدند. سپس یک الکتروود فعال از طریق چسب رسانای ۱۰-۲۰ در ناحیه CZ قرار داده شد. همچنین الکتروودهای مرجع و گراند به ترتیب به گوش چپ و راست متصل شدند. «آستانه» آموزش توسط نرم‌افزار Biograph Infinity روی ۸۰ درصد قرار گرفت. همچنین واحد زمان ۰/۵ ثانیه تنظیم شد. آستانه تمرین هر ۴ جلسه براساس پیشرفت فردی کاهش می‌یابد و واحد زمان برای ارتقای سطح دشواری افزایش می‌یابد. روش اجرای مداخله بدین صورت بود که بیماران روبه‌روی مانیتور می‌نشستند و انیمیشنی برای آنان پخش می‌شد. زمانی که روند امواج حسی حرکتی، بتا و تتا برخلاف هدف مطالعه حاضر بود حرکت انیمیشن متوقف شده و زمانی که امواج مذکور در جهت مداخله حاضر تنظیم می‌شد انیمیشن حرکت می‌کرد. بیماران با حرکت انیمیشن و صدای خوشایند ناشی از امتیاز مثبت و هنگام توقف حرکت انیمیشن با صدای ناخوشایند ناشی از امتیاز منفی فیدبک بینایی و شنوایی لازم را برای تنظیم امواج مغزی خود دریافت می‌کردند (تصویر شماره ۱). قبل از شروع جلسات اولیه و درمان، از بیماران خواسته شد مواردی را که ممکن است باعث ایجاد نویز شود، مانند انگشتر، تلفن همراه و ساعت را حذف کنند.

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در ابتدا آزمون شاپیرو-ویلک برای اطمینان از توزیع نرمال داده‌ها استفاده شد. علاوه‌براین، از آزمون لون به‌منظور بررسی همگنی واریانس‌ها استفاده شد. در نتیجه، آزمون کوواریانس برای مقایسه نتایج بین گروهی استفاده شد و سطح معناداری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. اندازه اثر مداخلات از طریق شاخص کوهن محاسبه شد. به‌طور کلی، شاخص کوهن در سه دسته (۰/۰۱) اندازه اثر کوچک، ۰/۰۶ اندازه اثر متوسط و ۰/۱۴ اندازه اثر بزرگ طبقه‌بندی می‌شود.

### یافته‌ها

مشخصات جمعیت‌شناختی گروه‌ها در جدول شماره ۱ خلاصه شده است. نتایج تست شاپیرو-ویلک نشان داد توزیع داده‌ها نرمال است ( $P > 0/05$ ). علاوه‌براین، نتایج آزمون لون نشان داد

نفر از بیماران مذکور به‌صورت هدفمند انتخاب‌شده و به‌صورت تصادفی به ۲ گروه آزمایش و کنترل (هر گروه ۲۰ نفر) تقسیم شدند. معیارهای ورود: سابقه درد بیش از ۱۲ هفته، نداشتن سابقه جراحی ستون فقرات و تعویض مفصل ران و دامنه سنی بین ۳۰ الی ۵۰ سال. معیارهای خروج: درد در سایر سگمنتال بدن، دفورمیتی شدید اندام تحتانی و فوقانی، سابقه جراحی، استفاده از داروهای ضددرد طی ۶ ماه گذشته، فیزیوتراپی در ۱ سال گذشته، شرکت در ورزش، درد سیاتیک، اسپاندیلولیز، اختلالات عصبی عضلانی، نورولوژیکی، تنفسی، اسپاسم عضلانی و شکستگی مهره‌ها. بیماران قبل از جمع‌آوری اطلاعات رضایت‌نامه آگاهانه را امضا کردند.

### ارزیابی‌ها

#### مقیاس بصری سنجش درد

درد با مقیاس آنالوگ بصری<sup>۱۲</sup>، ۱۰ سانتی‌متری ارزیابی شد. از بیمار خواسته شد که شدت درد را در طول فعالیت‌های روزانه نشان دهد [۲۷].

#### ناتوانی

شاخص ناتوانی اوسستوری<sup>۱۳</sup> برای ارزیابی ناتوانی استفاده شد ( $ICC = 0/84$ ) [۲۸]. این شاخص ۱۰ آیتم دارد و هر آیتم از ۶ زیرمجموعه تشکیل شده است. در مجموع، میزان ناتوانی در ۴ زیرمجموعه طبقه‌بندی می‌شود: امتیاز کمتر از ۲۵ به‌عنوان پایین‌ترین سطح ناتوانی، امتیاز ۲۵ الی ۵۰ به‌عنوان ناتوانی متوسط، نمره ۵۰ تا ۷۵ به‌عنوان ناتوانی شدید و نمره ۷۵ تا ۱۰۰ به‌عنوان ناتوانی حاد [۲۹].

#### کنزوفوبیا

ترس از حرکت توسط مقیاس تامپا<sup>۱۴</sup> سنجیده شد. این پرسش‌نامه دارای ۱۱ عبارت است. از آزمودنی خواسته شد تا هریک از عبارات را براساس احساس واقعی خود تکمیل کند و هدف آن ارزیابی میزان ترس از حرکت از ابعاد مختلف (باور به آسیب‌دیدگی، اجتناب از فعالیت) بود. طیف نمره‌گذاری آن براساس طیف لیکرت ۴ گزینه‌ای (به‌گزینه کاملاً مخالفم نمره ۱ و به‌گزینه کاملاً موافقم نمره ۴ تعلق می‌گیرد) بود [۳۰].

#### مداخله نوروفیدبک

برای اجرای مداخله درمانی نوروفیدبک و ثبت بازخورد در این مطالعه، از دستگاه ۸ کانال Procomp Infinity ساخت شرکت Toget Technology کانادا استفاده شد. این دستگاه دارای

12. Visual analog scale (VAS)
13. Oswestry
14. Tampa Scale for Kinesiophobia-TSK

جدول ۱. نتایج تست شاپیرو ویلک ( $n=20$ )

| متغیر                               | گروه | میانگین $\pm$ انحراف معیار |                   | P     |
|-------------------------------------|------|----------------------------|-------------------|-------|
|                                     |      | آزمایش                     | کنترل             |       |
| سن (سال)                            |      | ۴۸/۸۶ $\pm$ ۴/۹۹           | ۴۹/۲۶ $\pm$ ۷/۶۲  | ۰/۲۱۰ |
| قد (سانتی متر)                      |      | ۱۵۸/۰۶ $\pm$ ۵/۷۳          | ۱۵۹/۵۵ $\pm$ ۵/۹۷ | ۰/۲۳۲ |
| وزن (کیلوگرم)                       |      | ۶۸/۰۸ $\pm$ ۷/۶۷           | ۶۷/۷۶ $\pm$ ۶/۵۵  | ۰/۹۴۵ |
| شاخص توده بدن (کیلوگرم بر متر مربع) |      | ۲۷/۴۲ $\pm$ ۲/۹۸           | ۲۶/۹۶ $\pm$ ۳/۱۳  | ۰/۳۶۲ |

مجله دانشگاه علوم پزشکی کیران

جدول ۲. نتایج آزمون تحلیل کوواریانس

| متغیر      | F      | DF | میانگین مجزورات | مربع مجزورات | توان  | اندازه اثر | P      |
|------------|--------|----|-----------------|--------------|-------|------------|--------|
| درد        | ۶۰/۹۷۸ | ۱  | ۶۹/۲۲۷          | ۶۹/۲۲۷       | ۱     | ۰/۶۹۳      | ۰/۰۰۰* |
| ناتوانی    | ۹/۱۳۸  | ۱  | ۸۵۰/۳۱۴         | ۸۵۰/۳۱۴      | ۰/۸۳۰ | ۰/۲۵۳      | ۰/۰۰۵* |
| کنزیوفوبیا | ۲۵۴/۴۱ | ۱  | ۱۱۵۴/۹۱۶        | ۱۱۵۴/۹۱۶     | ۱     | ۰/۹۰۴      | ۰/۰۰۰* |

مجله دانشگاه علوم پزشکی کیران

\*  $P < 0.05$ 

## بحث

هدف از این کارآزمایی تصادفی کنترل شده تأثیر تمرینات نوروفیدبک بر متغیرهای روان شناختی (درد، ناتوانی و ترس از حرکت) در زنان مبتلا به کمردرد مزمن غیراختصاصی بود. نتایج مطالعه حاضر بهبود قابل توجهی را در شدت درد، ناتوانی و ترس از حرکت در بیماران مورد مطالعه در مقایسه با پیش آزمون پس از ۸ هفته مداخله تمرینات نوروفیدبک نشان داد.

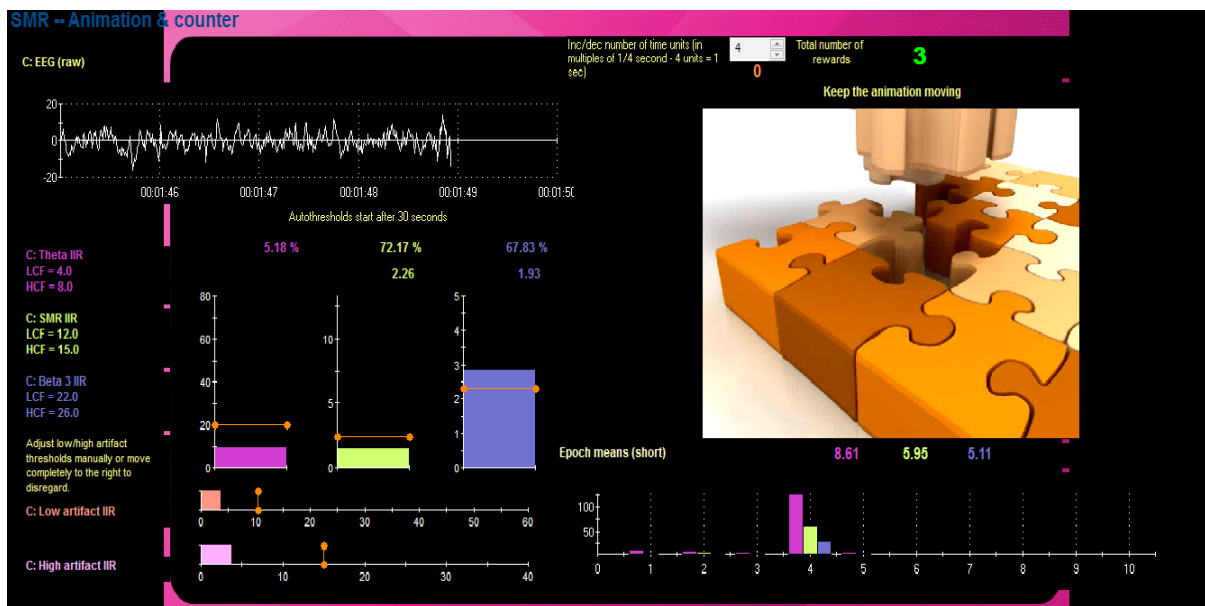
نتایج مطالعه حاضر با مطالعات قبلی مطابقت دارد. به عنوان مثال چارمز و همکاران در مطالعه خود بیان کردند بیماران

واریانس ها همگن هستند ( $P > 0.05$ ). نتایج آزمون کوواریانس در جدول شماره ۲ ارائه شده است. نتایج کوواریانس نشان داد تمرین نوروفیدبک با اندازه اثر بالا در کاهش درد ( $P = 0.000$ ،  $\eta^2 = 0.693$ )، ناتوانی ( $P = 0.005$ ،  $\eta^2 = 0.253$ ) و ترس از حرکت ( $P = 0.000$ ،  $\eta^2 = 0.904$ ) تأثیر معناداری داشته است. در جدول شماره ۳ آمار توصیفی نشان می دهد که گروه آزمایش یک کاهش ۴۰ درصدی در کاهش درد، ۳۱ درصدی در کاهش ناتوانی و ۳۲ درصدی در کاهش ترس از حرکت داشته است.

جدول ۳. مقایسه تغییرات توزیع فشار کف پای در ۲ گروه

| متغیر      | گروه   | میانگین $\pm$ انحراف استاندارد |                   | ۹۵ درصد اطمینان (پس آزمون) |            | $\Delta$ (%) |
|------------|--------|--------------------------------|-------------------|----------------------------|------------|--------------|
|            |        | پس آزمون                       | پیش آزمون         | کران بالا                  | کران پایین |              |
| درد        | آزمایش | ۶/۸۵ $\pm$ ۱/۷۴                | ۴/۰۷ $\pm$ ۱/۵۴   | ۲/۱۶                       | ۴/۸۳       | -۴۰          |
|            | کنترل  | ۶/۰ $\pm$ ۲/۲۵                 | ۶/۴۲ $\pm$ ۲/۳۴   | ۵/۲۶                       | ۷/۸۰       | -۶           |
| ناتوانی    | آزمایش | ۴۹/۲۱ $\pm$ ۱۰/۳۳              | ۳۳/۷۸ $\pm$ ۹/۳۹  | ۲۷/۴۸                      | ۲۸/۲۵      | -۳۱          |
|            | کنترل  | ۴۳/۲۸ $\pm$ ۱۱/۳۸              | ۴۱/۲۸ $\pm$ ۱۲/۰۶ | ۳۴/۲۸                      | ۴۷/۳۱      | -۴           |
| کنزیوفوبیا | آزمایش | ۳۴/۵۷ $\pm$ ۱/۱۵               | ۲۳/۴۴ $\pm$ ۱/۲۸  | ۲۲/۶۱۸                     | ۲۴/۰۴      | -۳۲          |
|            | کنترل  | ۳۷/۰۷ $\pm$ ۳/۷۳               | ۳۸/۱۴ $\pm$ ۴/۲۹  | ۳۵/۵۹                      | ۴۰/۲۶      | ۲/۸۸         |

مجله دانشگاه علوم پزشکی کیران



تصویر ۱. پروتکل تمرین بازخورد عصبی

مجله دانشگاه علوم پزشکی گیلان

یا پاسخ‌های احتمالی به محرک‌های دردناک پیش‌بینی شود. از طرفی افزایش توجه به حرکات دردناک ناشی از ترس، اضطراب و اجتناب را در افراد مبتلا به ترس از حرکت افزایش می‌دهد [۳۴]. بنابراین به نظر می‌رسد در مطالعه حاضر بهبود فعالیت قشر حسی حرکتی و کاهش  $\beta$  که با اضطراب و توجه مرتبط است، منجر به اصلاح فعالیت غیر طبیعی آمیگدال و کاهش ترس و توجه شده است [۳۵]. در نتیجه به نظر می‌رسد بخشی از درک درد و عوامل روان‌شناختی بیماران کم‌درد مزمن غیراختصاصی تحت تأثیر تغییرات در پردازش سیستم عصبی مرکزی باشد. به‌طور کلی، تمرینات نوروفیدبک بر امواج مغزی در پهنای باند خاصی تأثیر می‌گذارد که فرایندهای عصبی فیزیولوژیکی تجربه درد را منعکس می‌کند و آن را به حالت آرامش تغییر می‌دهد [۳۶]. پاتریسیو و همکاران (۲۰۲۰) بیان کردند تحریک غیرتهاجمی مغز همراه با تمرینات کنترل حرکتی بر درد، ناتوانی و کنزیوفوبیا در افراد با کم‌درد مزمن غیراختصاصی مؤثرتر از تمرین کنترل حرکتی به‌تنهایی است [۳۷].

استراتژی‌هایی مانند نوروفیدبک در زمینه مدولاسیون شبکه‌های عصبی، با مکانیسم‌های بالقوه‌ای مانند کاهش فعالیت امواج مغزی مرتبط با پردازش اطلاعات درد با کاهش مقاومت بیمار و تعامل فعال با درمان همراه است [۱۷]. نتایج مطالعه مرور سیستماتیک نشان می‌دهد که درمان نوروفیدبک می‌تواند روند توان خوددرمانی مغز را افزایش داده و به بازگشت مجدد مغز به حالت اولیه خود برای عملکرد مطلوب کمک کند [۱۷]. بنابراین در مطالعه حاضر بیماران در جلسات تمرین نوروفیدبک آموختند مناطق قشری و قسمت قدامی را که با پردازش و تجربه درد

مبتلا به درد مزمن که برای کنترل فعالیت نسبی قشر قدامی (ناحیه مرتبط با درمان و تجربه درد) تحت درمان نوروفیدبک بودند، کاهش درد پس از جلسات تمرینی را گزارش کرده‌اند [۲۶]. همچنین مطالعه کایران و همکاران (۲۰۱۰) از اثربخشی نوروفیدبک به‌عنوان درمانی برای بهبود درد و علائم روانی حمایت می‌کند [۳۱]. مداخله در ناحیه CZ به‌طور هم‌زمان بر روی قشر حسی حرکتی، قشر حرکتی و سینگولیت تأثیر می‌گذارد [۳۲]. به نظر می‌رسد تقویت امواج حسی حرکتی<sup>۱۵</sup> در قشر حسی حرکتی با سرکوب گیت‌های آوران مرتبط باشد که منجر به مهار تالاموس، کاهش ایمپالس‌ها و بیش‌فعالی می‌شود [۳۱]. تالاموس دروازه ورود به قشر مغز است و تمام آوران‌های حسی حرکتی از تالاموس می‌گذرد. افزایش فعالیت تالاموس با افزایش درک درد همراه است. در نتیجه منجر به افزایش ادراک آوران‌های دردناک و تداوم علائم در طول زمان می‌شود [۳۳]. به نظر می‌رسد تمرینات نوروفیدبک مکانیسم‌های مهارتی در تالاموس را تسهیل می‌کند و می‌تواند مسیرهای درد را بازیابی کند.

درد مزمن عملکرد قشر مغز را از مدار درد به احساسات تغییر می‌دهد. دیکفوس و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند کنزیوفوبیا مربوط به فعالیت مغز در قشر حسی حرکتی، توجه و پردازش درد است [۱۱]. قشر حسی حرکتی نقش مهمی در پردازش و ترس حافظه دارد. قشر حسی حرکتی به آمیگدال متصل است که نقش کلیدی در شناسایی و پردازش احساسات دارد. محرک درد باعث تغییر عصب انتقال‌دهنده آوران آمیگدال می‌شود. افزایش فعالیت آمیگدال در افراد مبتلا به ترس از حرکت ممکن است برای ارزیابی

#### 15. Sensorimotor rhythm (SMR)

همراه است کنترل کنند و در نتیجه ترس و تجربه درد کاسته شد و به بهبودی عوامل روان شناختی درد منجر شد. باتوجه به عوامل مذکور به نظر می رسد شدت درد ادراکی در بیماران مبتلا به کمردرد مزمن واقعی نباشد و قسمت اعظم آن می تواند به عوامل روان شناختی درد مرتبط باشد [۳۲].

### نتیجه گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد تمرینات نوروفیدبک به عنوان یک مداخله درمانی غیرتهاجمی به کاهش شدت درد ادراکی منجر شد و سبب بهبودی ثانویه در موارد ترس از حرکت و ناتوانی شد. آموزش نوروفیدبک به عنوان یکی از راهبردهای مؤثر در بهبود اختلالات روانی و جسمانی مختلف گسترش فراوانی یافته است. آموزش نوروفیدبک تکنیک شرطی سازی عاملی است که با استفاده از بازداری یا تقویت فعالیت امواج مغزی منجر به تغییر در عملکرد مغز شده و در نتیجه فرد را به اجرای مطلوب نزدیک می کند. در نتیجه توصیه می شود که متخصصین توان بخشی به منظور اثربخشی بهتر از ترکیب توأم مداخله درمانی نوروفیدبک و تمرینات فیزیکی استفاده کنند.

در این مطالعه ما ۲ محدودیت داشتیم. اول، جامعه ما فقط زنان بودند. دوم، مهیا نبودن شرایط برای ارزیابی نتایج در بلندمدت. بنابراین توصیه می شود محققان تمرینات نوروفیدبک را در هر ۲ جنس بیماران مبتلا به کمردرد مزمن غیراختصاصی و در بلندمدت ارزیابی کنند.

### ملاحظات اخلاقی

#### پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این مطالعه در کمیته اخلاق دانشگاه بوعلی سینا همدان با (کد اخلاق IR.BASU.REC.1401.026) تصویب شد.

#### حامی مالی

این پژوهش هیچ گونه کمک مالی از سازمان های دولتی، خصوصی و غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

#### مشارکت نویسندگان

مفهوم سازی و طراحی مطالعه، تحلیل و تفسیر داده ها و ویرایش دست نوشته: علی یلفانی؛ تهیه پیش نویس دست نوشته، تحلیل آماری و جمع آوری داده ها: آزاده عسگرپور

#### تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

## References

- [1] Phattharasupharerk S, Purepong N, Eksakulkla S, Siriphorn A. Effects of Qigong practice in office workers with chronic non-specific low back pain: A randomized control trial. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2019; 23(2):375-81. [DOI:10.1016/j.jbmt.2018.02.004] [PMID]
- [2] Goossens N, Janssens L, Caeyenberghs K, Albouy G, Brumagne S. Differences in brain processing of proprioception related to postural control in patients with recurrent non-specific low back pain and healthy controls. *NeuroImage Clinical*. 2019; 23:101881. [DOI:10.1016/j.nicl.2019.101881] [PMID]
- [3] Verbrugghe J, Agten A, Stevens S, Vandenabeele F, Roussel N, Verbunt J, et al. High intensity training improves symptoms of central sensitization at six-month follow-up in persons with chronic nonspecific low back pain: Secondary analysis of a randomized controlled trial. *Brazilian Journal of Physical Therapy*. 2023; 27(2):100496. [DOI:10.1016/j.bjpt.2023.100496] [PMID]
- [4] Turci AM, Nogueira CG, Nogueira Carrer HC, Chaves TC. Self-administered stretching exercises are as effective as motor control exercises for people with chronic non-specific low back pain: A randomised trial. *Journal of Physiotherapy*. 2023; 69(2):93-9. [DOI:10.1016/j.jphys.2023.02.016] [PMID]
- [5] Campbell P, Bishop A, Dunn KM, Main CJ, Thomas E, Foster NE. Conceptual overlap of psychological constructs in low back pain. *Pain*. 2013; 54(9):1783-91. [DOI:10.1016/j.pain.2013.05.035] [PMID]
- [6] Dankaerts W, O'Sullivan P, Burnett A, Straker L, Davey P, Gupta R. Discriminating healthy controls and two clinical subgroups of nonspecific chronic low back pain patients using trunk muscle activation and lumbosacral kinematics of postures and movements: A statistical classification model. *Spine*. 2009; 34(15):1610-8. [DOI:10.1097/BRS.0b013e3181aa6175] [PMID]
- [7] Lee H, Hübscher M, Moseley GL, Kamper SJ, Traeger AC, Mansell G, et al. How does pain lead to disability? A systematic review and meta-analysis of mediation studies in people with back and neck pain. *Pain*. 2015; 156(6):988-97. [DOI:10.1097/j.pain.000000000000146] [PMID]
- [8] Briggs AM, Jordan JE, O'Sullivan PB, Buchbinder R, Burnett AF, Osborne RH, et al. Individuals with chronic low back pain have greater difficulty in engaging in positive lifestyle behaviours than those without back pain: An assessment of health literacy. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2011; 12:161. [DOI:10.1186/1471-2474-12-161] [PMID]
- [9] Lack S, Neal B, De Oliveira Silva D, Barton C. How to manage patellofemoral pain-Understanding the multifactorial nature and treatment options. *Physical Therapy in Sport*. 2018; 32:155-66. [PMID]
- [10] Selhorst M, Hoehn J, Degenhart T, Schmitt L, Fernandez-Fernandez A. Psychologically-informed video reduces maladaptive beliefs in adolescents with patellofemoral pain. *Physical Therapy in Sport*. 2020; 41:23-8. [DOI:10.1016/j.ptsp.2019.10.009] [PMID]
- [11] Diekfuss JA, Saltman AJ, Grooms DR, Bonnette S, Foss KB, Berz K, et al. Neural correlates of knee motor control for young females with patellofemoral pain. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2019; 7 (3\_suppl):2325967119S0001. [DOI:10.1177/2325967119S00012]
- [12] Kregel J, Meeus M, Malfliet A, Dolphens M, Danneels L, Nijs J, et al. Structural and functional brain abnormalities in chronic low back pain: A systematic review. *Seminars in Arthritis and Rheumatism*. 2015; 45(2):229-37. [DOI:10.1016/j.semarthrit.2015.05.002] [PMID]
- [13] Diekfuss JA, Grooms DR, Coghill RC, Nissen KS, Saltman AJ, Berz K, et al. Kinesiophobia is related to brain activity for knee motor control in pediatric patients with patellofemoral pain. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2020; 8(4\_suppl3):2325967120S00187. [DOI:10.1177/2325967120S00187]
- [14] Li Y, Xu Z, Xie H, Fu R, Lo WLA, Cheng X, et al. Changes in cortical activation during upright stance in individuals with chronic low back pain: An fNIRS study. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2023; 17:1085831. [DOI:10.3389/fnhum.2023.1085831] [PMID]
- [15] Apkarian AV, Sosa Y, Sonty S, Levy RM, Harden RN, Parrish TB, et al. Chronic back pain is associated with decreased prefrontal and thalamic gray matter density. *Journal of Neuroscience*. 2004; 24(46):10410-5. [DOI:10.1523/JNEUROSCI.2541-04.2004] [PMID]
- [16] Giesecke T, Gracely RH, Grant MA, Nachemson A, Petzke F, Williams DA, et al. Evidence of augmented central pain processing in idiopathic chronic low back pain. *Arthritis and Rheumatism*. 2004; 50(2):613-23. [DOI:10.1002/art.20063] [PMID]
- [17] Schouppe S, Van Oosterwijck S, Danneels L, Van Damme S, & Van Oosterwijck J. Are functional brain alterations present in low back pain? A systematic review of EEG studies. *The Journal of Pain*. 2020; 21(1-2):25-43. [DOI:10.1016/j.jpain.2019.06.010] [PMID]
- [18] Gracely RH, Geisser ME, Giesecke T, Grant MA, Petzke F, Williams DA, et al. Pain catastrophizing and neural responses to pain among persons with fibromyalgia. *Brain*. 2004; 127(4):835-43. [DOI:10.1093/brain/awh098] [PMID]
- [19] de Vries M, Wilder-Smith OH, Jongsma ML, van den Broeke EN, Arns M, van Goor H, et al. Altered resting state EEG in chronic pancreatitis patients: Toward a marker for chronic pain. *Journal of Pain Research*. 2013; 6:815-24. [DOI:10.2147/JPR.S50919] [PMID]
- [20] Spronk D, Arns M, Barnett KJ, Cooper NJ, Gordon E. An investigation of EEG, genetic and cognitive markers of treatment response to antidepressant medication in patients with major depressive disorder: A pilot study. *Journal of Affective Disorders*. 2011; 128(1-2):41-8. [DOI:10.1016/j.jad.2010.06.021] [PMID]
- [21] Miró J, Castarlenas E, de la Vega R, Roy R, Solé E, Tomé-Pires C, et al. Psychological neuromodulatory treatments for young people with chronic pain. *Children*. 2016; 3(4):41. [DOI:10.3390/children3040041] [PMID]
- [22] Ibric VL. Neurofeedback training enhanced by light and/or electromagnetic closed-loop EEG induces analgesia in patients with neuropathic pain syndromes. *Pain*. 2002; 11:439-40. [Link]
- [23] Patel K, Sutherland H, Henshaw J, Taylor JR, Brown CA, Casson AJ, et al. Effects of neurofeedback in the management of chronic pain: A systematic review and metaanalysis of clinical trials. *European Journal of Pain*. 2020; 24(8):1440-57. [DOI:10.1002/ejp.1612] [PMID]

- [24] Roy R, de la Vega R, Jensen MP, Miró J. Neurofeedback for pain management: A systematic review. *Frontiers in Neuroscience*. 2020; 14:671. [DOI:10.3389/fnins.2020.00671] [PMID]
- [25] Hesam-Shariati N, Chang WJ, Wewege MA, McAuley JH, Booth A, Trost Z, et al. The analgesic effect of electroencephalographic neurofeedback for people with chronic pain: A systematic review and metaanalysis. *European Journal of Neurology*. 2022; 29(3):921-36. [DOI:10.1111/ene.15189] [PMID]
- [26] deCharms RC, Maeda F, Glover GH, Ludlow D, Pauly JM, Soneji D, et al. Control over brain activation and pain learned by using real-time functional MRI. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2005; 102(51):18626-31. [DOI:10.1073/pnas.0505210102] [PMID]
- [27] Armstrong K, Gokal R, Chevalier A, Todorsky W, Lim M. Micro-current point stimulation applied to lower back acupuncture points for the treatment of nonspecific neck pain. *Journal of Alternative and Complementary Medicine*. 2017; 23(4):295-9. [DOI:10.1089/acm.2016.0313] [PMID]
- [28] Inani SB, Selkar SP. Effect of core stabilization exercises versus conventional exercises on pain and functional status in patients with non-specific low back pain: A randomized clinical trial. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2013; 26(1):37-43. [DOI:10.3233/BMR-2012-0348] [PMID]
- [29] Yalfani A, Raeisi Z, Koumasian Z. Effects of eight-week water versus mat Pilates on female patients with chronic nonspecific low back pain: Double-blind randomized clinical trial. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2020; 24(4):70-5. [DOI:10.1016/j.jbmt.2020.06.002] [PMID]
- [30] da Silva RA, Vieira ER, Carvalho CE, Oliveira MR, Amorim CF, Neto EN. Age-related differences on low back pain and postural control during one-leg stance: A case-control study. *European Spine Journal*. 2016; 25(4):1251-7. [DOI:10.1007/s00586-015-4255-9] [PMID]
- [31] Kayiran S, Dursun E, Dursun N, Ermutlu N, Karamürsel S. Neurofeedback intervention in fibromyalgia syndrome; A randomized, controlled, rater blind clinical trial. *Journal of Applied Psychophysiology and Biofeedback*. 2010; 35(4):293-302. [DOI:10.1007/s10484-010-9135-9] [PMID]
- [32] Ahmadi M, Yalfani A, Gandomi F, Rashid K. [The effect of twelve week neurofeedback training on perceptual pain, intensity, fear of pain, pelvic drop, and dynamic knee valgus index in men with patellofemoral pain syndrome: A randomized double blind clinical trial (Persian)]. *Sadra Medical Journal*. 2020; 8(2):151-64. [Link]
- [33] Bismuth J, Vialatte F, Lefaucheur JP. Relieving peripheral neuropathic pain by increasing the power-ratio of low- $\beta$  over high- $\beta$  activities in the central cortical region with EEG-based neurofeedback: Study protocol for a controlled pilot trial (SMRPain study). *Clinical Neurophysiology*. 2020; 50(1):5-20. [PMID]
- [34] Meier ML, Stämpfli P, Vrana A, Humphreys BK, Seifritz E, Hotz-Boendermaker S. Neural correlates of fear of movement in patients with chronic low back pain vs. pain-free individuals. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2016; 10:386. [DOI:10.3389/fnhum.2016.00386]
- [35] Terrasa JL, Barros-Loscertales A, Montoya P, Muñoz MA. Self-regulation of SMR power led to an enhancement of functional connectivity of somatomotor cortices in fibromyalgia patients. *Frontiers in Neuroscience*. 2020; 14:236. [DOI:10.3389/fnins.2020.00236] [PMID]
- [36] Jensen MP, Day MA, Miró J. Neuromodulatory treatments for chronic pain: Efficacy and mechanisms. *Nature Reviews. Neurology*. 2014; 10(3):167-78. [DOI:10.1038/nrneurol.2014.12] [PMID]
- [37] Patricio P, Roy JS, Macedo L, Roy M, Léonard G, Hodges P, et al. Repetitive transcranial magnetic stimulation alone and in combination with motor control exercise for the treatment of individuals with chronic non-specific low back pain (ExTraStim trial): Study protocol for a randomised controlled trial. *BMJ Open*. 2021; 11(3):e045504. [DOI:10.1136/bmjopen-2020-045504] [PMID]

This Page Intentionally Left Blank