



The Effect of Dual-Task Training on Pain, Range of Motion, and Core Endurance in Female Athletes with Chronic Ankle Instability: A Randomized Controlled Trial

Fatemeh Talebi^{1,a}; Farzaneh Saki^{1,b*}; Fereshteh Eftekhari²

1. MSc ^a, Associate Professor ^b, Department of Exercise Rehabilitation, Faculty of Sports Science, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

2. Sport Biomechanics, Department of Sport Sciences, School of education and psychology, Shiraz University, Shiraz, Iran

Received: December 2025; Accepted: February 2026

Keywords

Chronic ankle
instability;
Athlete;
Neuromuscular
training;
Cognitive task;
Pain.

Abstract

Background and Objective: Ankle sprain is one of the most common sports-related injuries and is often accompanied by residual symptoms, including pain, impaired proprioception, deficits in neuromuscular control, and an increased risk of re-injury, potentially leading to chronic ankle instability. Given the critical role of the core region in providing a stable base for lower limb function and motor control, reduced core endurance may further contribute to ankle instability. This study aimed to investigate the effects of neuromuscular training combined with cognitive dual-task interventions on pain, ankle dorsiflexion range of motion, and core endurance in female athletes with chronic ankle instability.

Methods: This randomized clinical trial was conducted on 36 female athletes from Shiraz, with at least three years of regular participation in basketball or volleyball. Participants were randomly assigned to either a neuromuscular training group without cognitive tasks (n=18) or a neuromuscular training group combined with cognitive tasks (n=18). Both groups participated in a six-week training program, consisting of five sessions per week. Pain was assessed using the Visual Analog Scale (VAS), ankle dorsiflexion range of motion was measured using an isokinetic dynamometer, and core endurance was evaluated using the McGill test battery. Paired t-tests were used to assess within-group differences, and analysis of covariance (ANCOVA) was used to compare between-group changes. The significance level was set at $P < 0.05$.

Results: Paired t-test results indicated that both groups showed significant improvements in pain, ankle dorsiflexion range of motion, and core endurance compared to pre-test values ($P < 0.05$). ANCOVA results revealed a significant between-group difference in pain ($P < 0.05$), favoring the cognitive dual-task group. However, no significant between-group differences were observed for dorsiflexion range of motion or core endurance ($P > 0.05$).

Conclusion: The addition of cognitive tasks to neuromuscular training appears to be more effective in reducing pain in athletes with chronic ankle instability. However, this combined intervention did not demonstrate a significant advantage over neuromuscular training alone in improving dorsiflexion range of motion or core endurance. Therefore, incorporating cognitive tasks may be recommended as a complementary strategy for pain management in rehabilitation programs for this population.

* Corresponding Author: Tel: 09188503783

✉ Email: f_saki@basu.ac.ir

Orcid Code:0000-0003-3627-1737

Extended Abstract

Introduction

Lateral ankle sprain is the most common lower-limb injury in sports (1). Women are nearly twice as likely as men to experience an ankle sprain, with indoor and field sports involving rotational movements reporting the highest incidence (1). Most patients experience rapid pain reduction and functional improvement within two weeks of injury; however, 5–33% continue to report pain at one-year follow-up, and 5–25% still experience pain after three years (2). Reduced ankle dorsiflexion range of motion can lead to abnormal gait patterns, including decreased step time and single-leg support time (3). Weakness in core muscle strength and endurance increases an athlete's susceptibility to injuries, including ankle sprains (4). Neuromuscular training (NT) is a comprehensive strength and fitness approach that integrates resistance, balance, core stabilization, dynamic stability, agility, and plyometric exercises to enhance health-related skills and functional performance (5). In athletes with ankle sprains, dual-task cognitive exercises improve proprioception and neuromuscular control, helping athletes make better decisions under pressure and thereby reducing the risk of re-injury (6).

Method

The present study was quasi-experimental research involving two intervention groups, focusing on female volleyball and basketball players in Shiraz with a history of lateral ankle sprains. The total sample size of 36 participants was determined using G*Power software (version 1.3), with each group consisting of 18 individuals. Inclusion criteria were: normal body mass index (BMI 20–25), age 15–25 years, at least three years of continuous participation in a single sport, and a history of at least one ankle sprain within the past 12 months accompanied by inflammatory symptoms (pain, swelling) that disrupted at least one day of physical activity. Exclusion criteria included experiencing an ankle sprain during the study, pain during testing or training sessions, missing more than two training sessions, and the presence of medical conditions such as diabetes.

Eligible participants were invited to the Sports Science Laboratory at Shiraz University. Participants were then assigned to two groups ($n = 18$ each) and matched for height, weight, and age to minimize confounding effects. Pain intensity in the ankle joint was assessed using the Visual Analog Scale (VAS), with an intraclass correlation coefficient (ICC) of 0.99 (7). Ankle dorsiflexion range of motion was assessed using the Biodex 4 isokinetic device, which has an intraclass correlation coefficient (ICC) of 0.93–0.96 (8). Core muscle endurance was evaluated using the McGill test, with reported ICC values ranging from 0.80 to 0.89 (9). Participants completed a six-week rehabilitation program consisting of five sessions per week. The NT program included exercises targeting range of motion, stability, strength, plyometrics, speed, and agility. The NT plus cognitive task group performed the same neuromuscular exercises along with dual-task cognitive exercises (10), which involved counting down by sevens from randomly presented three-digit numbers between 200 and 300 during balance exercises. Data were analyzed using descriptive and inferential statistics. Normality was assessed with the Shapiro–Wilk test. Between-group comparisons were conducted using analysis of covariance (ANCOVA), with Levene's test for equality of variances and assessment of regression slope homogeneity based on beta coefficients. Within-group comparisons were performed using paired t-tests. All analyses were conducted in SPSS version 26 at a significance level of $P < 0.05$.

Results

The results of the paired t-tests demonstrated that both neuromuscular training protocols, with and without cognitive dual-task intervention, led to significant improvements in pain, ankle dorsiflexion range of motion, and core endurance compared with baseline values ($P < 0.05$). Furthermore, ANCOVA results revealed a significant between-group difference in pain reduction in favor of the neuromuscular training combined with cognitive dual-task group ($P < 0.05$). However, no significant between-group differences were observed for ankle dorsiflexion range of motion or core endurance ($P > 0.05$).

Discussion

The primary aim of this study was to investigate the effects of combining neuromuscular and cognitive exercises on pain, ankle dorsiflexion range of motion (ROM), and core muscle endurance in female athletes with a history of ankle sprains. The results demonstrated significant improvements in pain, dorsiflexion ROM, and core muscle endurance following both neuromuscular training with and without cognitive intervention. In the cognitive intervention group, pain intensity decreased by 92%, compared to a 75% reduction in the group without cognitive intervention, indicating an approximately 17% greater improvement in pain in the dual-task group.

These findings suggest that adding cognitive tasks to neuromuscular training provides a significant additional benefit only in pain reduction, whereas improvements in dorsiflexion ROM and core endurance were comparable between the two groups. Previous research has shown that dual-task cognitive exercises can reduce chronic pain associated with ankle sprains by enhancing neural flexibility, strengthening neural pathways, and improving joint mobility, potentially through modulation of sensory-motor integration and reduced inflammation (6, 11). Additionally, dual-task cognitive exercises improve stability and reaction time in individuals with chronic ankle sprains, which in turn reduces the risk of re-injury (12). Although no additional benefit of cognitive intervention was observed for ankle range of

motion and core muscle endurance in this study, both groups demonstrated significant improvements in these variables. This highlights the strong effect of neuromuscular exercises alone on recovery from chronic ankle sprains. Considering that most athletes with a history of ankle sprains continue to experience lingering pain in the injured ankle over the long term, it is recommended that post-sprain rehabilitation include these exercises alongside standard physiotherapy to help prevent re-injury.

Compliance with ethical guidelines

This prospective study was approved by the Ethics Committee of Bu-Ali Sina University (IR.BASU.REC.1402.079) and registered at the Iranian Registry of Clinical Trials (IRCT20240526061896N1).

Funding

This study has no financial support.

Author's Contribution

FT contributed to the acquisition of data and drafting of the manuscript. FS contributed to the study design, analysis, and interpretation of data and contributed to critical revision. FE contributed to the study design and critical revision.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

The authors would like to thank all participants in this study.



تأثیر تمرینات تکلیف دوگانه بر درد، دامنه حرکتی و استقامت ناحیه مرکزی بدن در زنان ورزشکار مبتلا به بی ثباتی مزمن مچ پا: کارآزمایی بالینی تصادفی کنترل شده

فاطمه طالبی^{۱،*}، فرزانه ساکی^{۲،*}، فرشته افتخاری^۲

- ۱- کارشناسی ارشد^۱، دانشیار^۲، گروه توانبخشی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
۲- استادیار، بیومکانیک ورزشی، بخش علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

مقاله پژوهشی

دریافت: آذر ۱۴۰۴؛ پذیرش: بهمن ۱۴۰۴

چکیده

زمینه و هدف: پیچ‌خوردگی مچ پا یکی از شایع‌ترین آسیب‌های ورزشی است. این آسیب اغلب با علائم باقی‌مانده مانند درد، کاهش حس عمقی، اختلال کنترل عصبی-عضلانی و افزایش خطر آسیب مجدد همراه است که می‌تواند به بی‌ثباتی مزمن مچ پا منجر شود. از آنجا که ناحیه مرکزی بدن نقش مهمی در فراهم کردن پایه پایدار برای اندام‌های تحتانی و کنترل حرکتی دارد، ضعف استقامت آن می‌تواند خطر بی‌ثباتی مچ پا را افزایش دهد. هدف از این مطالعه، بررسی تأثیر تمرینات عصبی-عضلانی همراه با تکلیف شناختی بر درد، دامنه حرکتی و استقامت ناحیه مرکزی بدن در زنان ورزشکار دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا بود.

روش بررسی: پژوهش حاضر از نوع کارآزمایی بالینی تصادفی بود که بر روی ۳۶ زن ورزشکار با حداقل سه سال سابقه فعالیت ورزشی منظم در رشته‌های بسکتبال و والیبال شهر شیراز انجام شد. آزمودنی‌ها به صورت تصادفی به دو گروه تمرینات عصبی-عضلانی بدون تکلیف شناختی ($n=18$) و تمرینات عصبی-عضلانی همراه با تکلیف شناختی ($n=18$) تقسیم شدند. هر دو گروه به مدت شش هفته و پنج جلسه در هفته در برنامه تمرینی شرکت کردند. ارزیابی درد با مقیاس دیداری آنالوگ (VAS)، دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا با دستگاه داینامومتر ایزوکینتیک و استقامت ناحیه مرکزی بدن با آزمون مک‌گیل انجام شد. برای بررسی تفاوت‌های درون گروهی از آزمون تی همبسته و برای مقایسه تغییرات بین گروهی از آزمون تحلیل کوواریانس استفاده شد ($P<0.05$).

نتایج: نتایج آزمون تی همبسته نشان داد که هر دو گروه تمرینات عصبی-عضلانی با و بدون تکلیف شناختی، بهبود معنی‌داری در متغیرهای درد، دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا و استقامت ناحیه مرکزی بدن در مقایسه با پیش‌آزمون نشان دادند ($P<0.05$). همچنین، نتایج تحلیل کوواریانس حاکی از وجود تفاوت معنی‌دار بین دو گروه در متغیر درد بود ($P<0.05$). با این حال، در متغیرهای دامنه حرکتی دورسی فلکشن و استقامت ناحیه مرکزی بدن، تفاوت معنی‌داری بین دو گروه مشاهده نشد ($P>0.05$).

نتیجه‌گیری: افزودن تکالیف شناختی به تمرینات عصبی-عضلانی می‌تواند در کاهش درد ورزشکاران دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا مؤثرتر باشد. با این وجود، این مداخله بر دامنه حرکتی و استقامت ناحیه مرکزی بدن برتری معناداری نسبت به تمرینات عصبی-عضلانی به تنهایی نشان نداد. بنابراین، توصیه می‌شود متخصصان توانبخشی ورزشی از تمرینات شناختی به عنوان یک مداخله مکمل برای بهبود درد در برنامه‌های درمانی این افراد استفاده کنند.

واژگان کلیدی

بی‌ثباتی مزمن مچ پا،

ورزشکار،

تمرینات عصبی-

عضلانی،

تکلیف شناختی،

درد.

مقدمه

خطر آسیب دیدگی اندام تحتانی و پیچ خوردگی مچ پا در ورزشکاران شناخته شده‌اند (۱۰).

تمرینات عصبی-عضلانی یک رویکرد تمرینی جامع در حوزه قدرت و آمادگی جسمانی است که با ترکیب حرکات هدفمند و عملکردمحور، شامل تمرینات مقاومتی، تعادلی، تقویت عضلات مرکزی، ثبات پویا، چابکی و پلائیومتریک، به بهبود مهارت‌های حرکتی و ظرفیت‌های فیزیکی مرتبط با سلامت کمک می‌کند (۱۱). تمرینات عصبی-عضلانی، که اخیراً محبوبیت زیادی یافته‌اند، به منظور کاهش ریسک آسیب و ارتقای عملکرد ورزشکاران، به‌ویژه در بازتوانی قدرت و تعادل پس از آسیب، مورد استفاده قرار می‌گیرند (۱۲).

با وجود فواید تمرینات عصبی-عضلانی، مطالعات قبلی عمدتاً بر اجرای این تمرینات به صورت تک‌تکلیفی یا ترکیب محدود با تمرینات تعادلی تمرکز داشته‌اند. در سال‌های اخیر، تمرینات دوگانه^۱ مورد توجه قرار گرفته است. از نظر نوروفیزیولوژیک، انجام همزمان تکلیف حرکتی و شناختی باعث افزایش بار توجهی^۲ می‌شود که این امر منجر به بهبود پردازش مرکزی اطلاعات حسی-حرکتی، افزایش اتوماسیون کنترل حرکتی و تقویت شبکه‌های عصبی درگیر در تعادل و تصمیم‌گیری می‌گردد (۱۳).

در تحقیقات پیشین، تمرینات شناختی یا به صورت مستقل و یا در ترکیب با تمرینات تعادلی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در مطالعه حاضر، هدف بر این بود که مشخص شود آیا ترکیب تمرینات عصبی-عضلانی با تکالیف شناختی در مقایسه با تمرینات عصبی-عضلانی به تنهایی، نتایج بهتری ارائه می‌دهد یا خیر، زیرا این موضوع تاکنون به‌طور مستقیم مورد بررسی قرار نگرفته است. بنابراین، هدف این پژوهش بررسی تأثیر تمرینات عصبی-عضلانی همراه با تکالیف شناختی بر درد، دامنه حرکتی دورسی‌فلکشن مچ پا و استقامت ناحیه مرکزی بدن در زنان ورزشکار مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا بود.

روش تحقیق

پژوهش حاضر از نوع کارآزمایی بالینی تصادفی کنترل شده می‌باشد. انتخاب آزمودنی‌ها به صورت هدفمند و با توجه به معیارهای ورود و خروج تحقیق صورت گرفت. تخصیص آزمودنی‌ها به گروه‌ها به صورت تصادفی ساده انجام شد.

پیچ خوردگی جانبی مچ پا شایع‌ترین آسیب اندام تحتانی در ورزش محسوب می‌شود (۱). خطر بروز پیچ خوردگی مچ پا در زنان تقریباً دو برابر مردان است و بالاترین میزان شیوع آن در ورزش‌های داخل سالن و میدانی که شامل حرکات چرخشی هستند، گزارش شده است؛ از جمله بسکتبال، نتبال، فوتبال و والیبال (۱). پس از وقوع آسیب اولیه مچ پا، افراد در معرض خطر شش‌برابری آسیب مجدد قرار دارند (۲). اکثر افراد مبتلا به پیچ خوردگی مچ پا با علائم باقی‌مانده‌ای نظیر درد، دوره‌های رها کردن فعالیت، کاهش حس عمقی، اختلال در کنترل عصبی-عضلانی و افزایش خطر آسیب مجدد مواجه می‌شوند که این عوامل در نهایت می‌تواند منجر به بی‌ثباتی مزمن مچ پا شود (۳، ۴). در اغلب بیماران، طی دو هفته پس از آسیب، کاهش قابل توجه درد و بهبود عملکرد مشاهده می‌شود؛ با این حال، پنج تا ۳۳ درصد از بیماران در پیگیری‌های یک‌ساله یا طولانی‌تر همچنان درد را تجربه می‌کنند و پنج تا ۲۵ درصد آن‌ها پس از سه سال نیز از درد شکایت دارند (۵). تداوم علائم اغلب زمانی مشاهده می‌شود که ورزشکاران بدون مشورت با متخصصان مراقبت‌های پزشکی به فعالیت ورزشی بازمی‌گردند (۶).

بی‌ثباتی مزمن مچ پا اغلب با نقص‌های عصبی-عضلانی همراه است که شامل کاهش حس عمقی، تأخیر در فعال‌سازی عضلات و اختلال در الگوهای حرکتی می‌شود و خطر آسیب مجدد را افزایش می‌دهد.

بر اساس اصل زنجیره حرکتی در الگوهای حرکتی-عملکردی، مفاصل و عضلات بدن به صورت زنجیره‌هایی به هم پیوسته با یکدیگر در تعامل هستند؛ به گونه‌ای که حرکت یا اختلال در یک بخش می‌تواند بر نواحی مجاور و دیستانال تأثیر بگذارد (۷). ثبات مرکزی به توانایی بدن در کنترل تنه و حفظ تعادل در مواجهه با نیروها و اختلالات داخلی و خارجی اشاره دارد. این مفهوم شامل هماهنگی عضلات مرکزی برای انتقال نیرو، تثبیت مفاصل و پاسخ مناسب به تغییرات ناگهانی بدن است. (۸). شواهد پژوهشی نشان می‌دهند که کاهش قدرت و استقامت عضلات مرکزی می‌تواند حساسیت ورزشکاران را نسبت به آسیب‌ها، از جمله پیچ خوردگی مچ پا، افزایش دهد (۹). همچنین، ثبات ناکافی ناحیه مرکزی و کاهش قدرت عضلات لگن به عنوان عوامل

² Attentional demand¹ Dual-task training

غیرقابل تحمل" بود. برای تسهیل انتخاب نمرات، در زیر اعداد، صورتک‌هایی قرار داده شده بود که حالت واقعی احساس آن‌ها از درد را نشان می‌داد. به همین ترتیب، آزمودنی‌ها از ۰ تا ۱۰ عددی را انتخاب کردند که شدت درد خود را نمایان می‌کرد. رنج اعداد و شدت درد به ترتیب از ۰-۱ بدون درد، ۲-۳ درد کم، ۴-۵ درد زیاد، ۶-۷ درد بسیار زیاد، ۸-۹ حداکثر درد و ۱۰ درد غیرقابل تحمل بود. شدت درد هر آزمودنی توسط آزمونگر یادداشت شد.

دامنه حرکتی دورسی فلکشن

برای اندازه‌گیری دامنه حرکتی فعال دورسی فلکشن مچ پا از دستگاه ایزوکینتیک بایودکس استفاده شد. سرعت دستگاه روی ۶۰ درجه در ثانیه تنظیم گردید. آزمودنی در وضعیت نشسته قرار گرفت و پای آسیب‌دیده با استفاده از نوارهای ولکرو و کش‌های الاستیک به دستگاه متصل شد تا از حرکت غیرمجاز جلوگیری شود. از آزمودنی خواسته شد تا با حداکثر تلاش فعال، مچ پای خود را به سمت دورسی فلکشن حرکت دهد. حداکثر دامنه حرکتی فعال ثبت شد. این پروتکل در حالت ایزوکینتیک اجرا گردید و دستگاه مقاومت ثابت و کنترل‌شده‌ای اعمال می‌کرد. مطالعات نشان داده‌اند که اندازه‌گیری‌های انجام شده با دستگاه ایزوکینتیک از پایایی و اعتبار بالایی برخوردارند و ضریب همبستگی درون کلاسی برای اندازه‌گیری دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا با این دستگاه بین ۰/۹۳ تا ۰/۹۶ گزارش شده است. این دستگاه به دلیل قابلیت تنظیم سرعت و مقاومت، امکان ارزیابی دقیق‌تری را فراهم می‌آورد و به محققان و پزشکان کمک می‌کند تا برنامه‌های توانبخشی مؤثرتری را طراحی کنند (شکل ۲) (۱۶).

مطالعه از نوع دوسو کور بود، به‌گونه‌ای که هم شرکت‌کنندگان از نوع تمرین (با یا بدون تکلیف شناختی) و هم ارزیاب از تخصیص گروه‌ها بی‌اطلاع بودند. جامعه آماری پژوهش دختران والیبالیست و بسکتبالیست شهر شیراز بودند که مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا بودند. حجم کل نمونه این مطالعه ۳۶ نفر بود که با استفاده از نرم‌افزار G*Power نسخه ۱/۳ محاسبه گردید. بر اساس توان آزمون ۰/۹۵، اندازه اثر ۰/۵ و سطح معنی‌داری ۰/۰۵، حجم نمونه به‌ازای هر گروه ۱۸ نفر تعیین شد (۱۴) (شکل ۱).

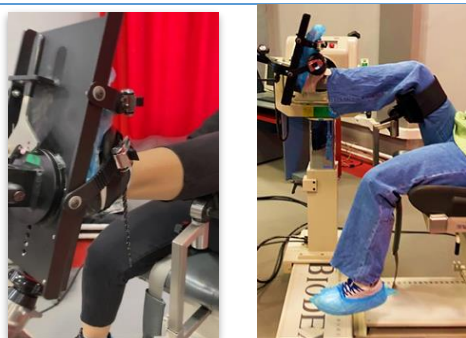
شرکت‌کنندگان باید دارای شاخص توده بدنی طبیعی (۲۰-۲۵)، دامنه سنی ۱۵-۲۵ سال و حداقل سه سال سابقه فعالیت مداوم در والیبال یا بسکتبال باشند. همچنین، باید سابقه حداقل یک پیچ‌خوردگی مچ پا در ۱۲ ماه قبل از شروع پژوهش را داشته باشند که با علائم التهابی (درد، تورم و غیره) همراه بوده و حداقل یک روز فعالیت ورزشی آن‌ها را مختل کرده باشد. تشخیص بی‌ثباتی مزمن مچ پا بر اساس معیارهای استاندارد پرسشنامه کامبرلند^۱ با امتیاز کمتر از ۲۴ انجام شد. آخرین آسیب مچ پا باید حداقل سه ماه قبل از ثبت‌نام در مطالعه رخ داده باشد و منجر به علائم تکراری شامل پیچ‌خوردگی مکرر، احساس خالی کردن و بی‌ثباتی مفصل مچ پا شده باشد.

شرکت‌کنندگانی که طی دوره مطالعه دچار پیچ‌خوردگی جدید مچ پا شدند، در آزمون‌های پس از مداخله حضور نداشتند، طی انجام آزمون‌ها یا جلسات تمرینی درد شدید تجربه کردند، بیش از دو جلسه از جلسات تمرینی غیبت داشتند یا به بیماری‌های زمینه‌ای مانند دیابت مبتلا بودند، از مطالعه خارج شدند.

متغیرهای اندازه‌گیری

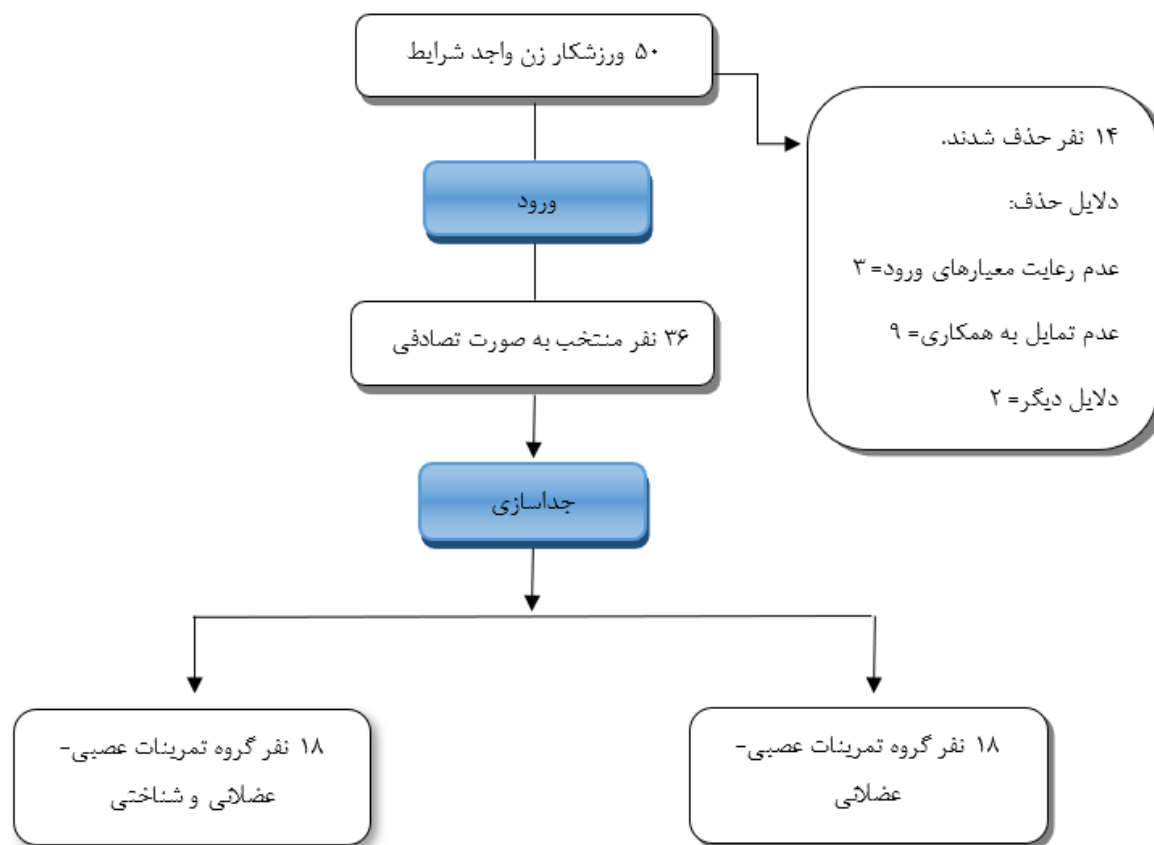
شدت درد

برای اندازه‌گیری شدت درد مفصل مچ پا ر آزمودنی‌ها، از مقیاس VAS (Visual Analog Scale) استفاده شد. ضریب همبستگی درون کلاسی (ICC) برای این پرسشنامه برابر با ۰/۹۹ گزارش شده است (۱۵). در این روش، آزمودنی‌ها به یک خط ۱۰ سانتی‌متری نگاه کردند که یک انتهای آن نشان‌دهنده "بدون درد" و انتهای دیگر نشان‌دهنده "درد



شکل ۲- اندازه‌گیری دامنه دورسی فلکشن مچ پا با دستگاه ایزوکینتیک

^۱ Cumberland Ankle Instability Tool (CAIT)



شکل ۱- دیاگرام روند شناسایی و انتخاب آزمودنی‌های تحقیق

استقامت عضلات ثبات دهنده مرکزی

برای اندازه‌گیری استقامت عضلات ناحیه مرکزی از آزمون مک‌گیل استفاده شد. ضریب همبستگی درون کلاسی (ICC)، بین ۰/۸۰ تا ۰/۸۹ برای این آزمون گزارش شده است (۱۷).

آزمون استقامت فلکسورهای تنه: به منظور ارزیابی استقامت عضلات فلکسور تنه، آزمودنی در وضعیت نشسته قرار گرفت؛ به گونه‌ای که مفاصل لگن و زانو در زاویه ۹۰ درجه خم شده و کف پاها به طور کامل روی زمین قرار داشتند. لگن، زانو و انگشت دوم پا در یک راستا تنظیم شد. دست‌ها به صورت ضربدری روی سینه قرار گرفت و یک تکیه‌گاه با زاویه ۶۰ درجه نسبت به سطح زمین در پشت آزمودنی قرار داده شد. آزمودنی در وضعیت اولیه با پشت صاف به تکیه‌گاه تکیه داده و سر را در امتداد تنه حفظ کرد. پس از آمادگی آزمودنی، آزمونگر تکیه‌گاه را به میزان ۱۰ سانتی‌متر به عقب جابه‌جا کرد و هم‌زمان کرنومتر فعال شد. آزمودنی موظف بود با فعال‌سازی عضلات شکمی، ستون

فقرات را در وضعیت خنثی حفظ کند. آزمون زمانی خاتمه یافت که تغییر محسوسی در وضعیت تنه مشاهده شد؛ از جمله گرد شدن شانه‌ها به سمت جلو، از دست رفتن راستای تنه یا افزایش قوس کمری. در طول آزمون، هیچ بخشی از پشت نباید با تکیه‌گاه تماس پیدا می‌کرد. زمان حفظ وضعیت به عنوان امتیاز آزمون ثبت شد.

آزمون اسقامت عضلات اکستنسور تنه: برای سنجش استقامت عضلات اکستنسور تنه، آزمودنی به گونه‌ای قرار گرفت که تاج‌های ایلیاک در لبه میز ثابت شده و بالاتنه به سمت جلو و خارج از میز قرار گیرد. اندام‌های تحتانی توسط آزمونگر و با استفاده از وزن بدن وی تثبیت شدند. دست‌ها به صورت ضربدری روی سینه قرار گرفتند. در وضعیت شروع، آزمونگر بالاتنه آزمودنی را در راستای افقی و موازی با سطح زمین قرار داد و به محض دستیابی به این وضعیت، کرنومتر فعال شد. آزمودنی موظف بود وضعیت افقی تنه را تا حد امکان حفظ کند. آزمون زمانی خاتمه یافت که تنه از راستای افقی خارج شده و به سمت پایین متمایل شود.

مدت زمان حفظ وضعیت به عنوان شاخص استقامت عضلات اکستنسور تنه ثبت گردید.

آزمون استقامت عضلات پهلوی: به منظور ارزیابی استقامت عضلات فلکسورهای جانبی تنه، آزمودنی در وضعیت درازکش جانبی بر روی تشک قرار گرفت. پاهای به صورت کشیده و روی یکدیگر (پاشنه پا بر روی پنجه پای مقابل) قرار داده شدند. آرنج اندام تحتانی دقیقاً در راستای عمودی زیر مفصل شانه قرار گرفت و ساعد بر روی زمین و در امتداد بدن تنظیم شد. پس از قرارگیری صحیح آزمودنی، از وی خواسته شد تا با بلند کردن لگن از سطح زمین، وضعیت پل جانبی را اتخاذ کند؛ به گونه‌ای که بدن در یک راستای مستقیم شامل سر، گردن، تنه، لگن و اندام‌های تحتانی قرار

گیرد. بازوی آزاد می‌توانست در امتداد کنار بدن یا به صورت ضربدری روی شانه مقابل قرار داده شود. با دستیابی آزمودنی به وضعیت صحیح، کرنومتر فعال شد. آزمودنی موظف بود این وضعیت را تا حد امکان حفظ کند. آزمون زمانی خاتمه یافت که هرگونه تغییر قابل مشاهده در راستای بدن ایجاد شود، از جمله افت لگن به سمت زمین، چرخش قدامی یا خلفی لگن، خم شدن تنه یا از دست رفتن راستای سر و گردن. مدت زمان حفظ وضعیت به عنوان شاخص استقامت فلکسورهای جانبی تنه ثبت گردید. این آزمون برای هر دو سمت راست و چپ بدن به‌طور جداگانه انجام شد و زمان هر سمت به صورت مستقل ثبت شد.

جدول ۱- تمرینات عصبی-عضلانی

دامنه حرکتی	کشش تاندون آشیل، نوشتن حروف الفبای انگلیسی با انگشتان پا= از ۳ تکرار به تدریج به ۷ تکرار افزایش یابد.					
	هفته اول	هفته دوم	هفته سوم	هفته چهارم	هفته پنجم	هفته ششم
ثبات پاسچرال ایستا	ایستادن تک پا روی کوشن (۳ دقیقه)	ایستادن تک پا روی تخته تعادل (۳ دقیقه)	ایستادن تک پا روی بوسو بال (۳ دقیقه)	ایستادن تک پا و همزمان لگد زدن در برابر مقاومت (۳×۱۰)	اسکوات تک پا روی بوسو بال (۳ دقیقه)	ایستادن تک پا روی بوسو بال همزمان با دریافت و پاس توپ (۳ دقیقه)
ثبات پاسچرال پویا	لانچ به جلو (۳×۱۰)	لانچ جانبی (۳×۱۰)	هاپینگ تک پا به سمت جلو (۳×۱۲)	هاپینگ تک پا به پهلوی (۳×۱۲)	هاپینگ تک پا روی بوسو بال (۳×۱۲) + ۱۰ ثانیه حفظ ثبات در هر تکرار	هاپینگ جانبی روی بوسو بال (۳×۱۲) + ۱۰ ثانیه حفظ ثبات در هر تکرار
قدرتی	بالا آوردن پاشنه جفت پا (۳×۱۲) پل باسن (۲×۱۰) صدف (هر سمت ۲×۱۰) دورسی فلکشن و اورژن مچ پا با کش مقاومتی سبک (۳×۱۲)		بالا آوردن پاشنه تک پا (۳×۱۲) پل باسن تک پا (۲×۱۰) حرکت چهار انگلیسی عضله سרینی میانی (هر سمت ۲×۱۰) دورسی فلکشن و اورژن مچ پا با کش مقاومتی متوسط (۳×۱۲)		بالا آوردن پاشنه تک پا با مقاومت (۳×۱۲) (۱۰-۲۰ کیلوگرم) اسکوات جفت/تک پا (۲×۱۰) حرکت به پهلوی با مقاومت کش (هر سمت ۲×۱۰) دورسی فلکشن و اورژن مچ پا با کش مقاومتی سنگین (۳×۱۲)	
پلايومتریک	تاک جامپ (۳×۱۲)	پرش طول (۳×۱۲)	تاک جامپ ۱۸۰ درجه (۳×۵) (جهت)	پرش ۹۰ درجه در جهت و خلاف جهت ساعت (۲×۱۰)	پرش پهلوی جفت پا از روی مانع کوتاه (۳×۱۲)	پرش پهلوی تک پا از روی مانع کوتاه (۳×۱۲)

سرعت و چابکی	دویدن شکل ۸ انگلیسی دور مانع (۱۰ دقیقه در هردو جهت)	دویدن به جلو نردبان چابکی (۱۰ متر، ۱۰ تکرار)	نردبان چابکی: دویدن به پهلو (۱۰ متر، ۱۰ تکرار)	نردبان چابکی: هاپینگ جانبی (۱۰ متر، ۱۰ تکرار در هر جهت)	نردبان چابکی: شاتل ران جانبی (۱۰ متر، ۱۰ تکرار، ۲ ست)
--------------	---	--	--	---	---

در هر دو گروه، برنامه تمرینات عصبی-عضلانی به مدت شش هفته و پنج جلسه در هفته اجرا شد. این برنامه به صورت پیشرونده طراحی گردید و شامل چهار بخش اصلی بود: دامنه حرکتی، ثبات پاسچرال ایستا و پویا، تمرینات قدرتی و پلايومتریک، و تمرینات سرعت و چابکی (۱۸). شدت و پیچیدگی تمرینات در طول شش هفته به تدریج افزایش یافت (از هفته اول تا هفته ششم). جزییات برنامه تمرینی در جدول ۱ ارائه شده است.

در گروه مداخله شناختی، تمرینات عصبی-عضلانی همراه با تکلیف شناختی اجرا شد. تکلیف شناختی شامل شمارش معکوس با فاصله ۷ عدد^۱ از اعداد تصادفی بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ بود. این تکلیف بر اساس پروتکل استاندارد شیروی و همکاران (۲۰۱۷) طراحی و اجرا گردید. آزمونگر بر اجرای صحیح تکلیف نظارت داشت و در صورت بروز اشتباهات مکرر، آزمودنی را به ادامه شمارش صحیح هدایت می کرد. این نوع تکلیف به منظور ایجاد بار توجهی تقسیم شده^۲ و شبیه سازی شرایط واقعی ورزشی انتخاب شد (۱۹). هر جلسه تمرینی با ۱۰ دقیقه گرم کردن عمومی آغاز و با ۵ دقیقه سرد کردن به پایان می رسید.

برای تحلیل داده های جمع آوری شده، از آمار توصیفی و استنباطی استفاده شد. به منظور بررسی نرمال بودن توزیع داده ها، آزمون شاپیروویلک به کار رفت. همچنین، برابری واریانس بین گروه ها با استفاده از آزمون لون و همگنی شیب خطوط رگرسیونی بر اساس ضرایب بتا مورد بررسی قرار گرفت. به منظور مقایسه تفاوت بین گروهی، از آزمون تحلیل کوواریانس (ANCOVA) و برای مقایسه درون گروهی، از آزمون تی همبسته استفاده شد. کلیه تحلیل های آماری با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ انجام شد.

نتایج مطالعه

اطلاعات مربوط به ویژگی های دموگرافیک

شرکت کنندگان هر گروه و نتایج آزمون تی مستقل در جدول ۲ گزارش شده است. بر اساس یافته ها، گروه ها از نظر متغیرهای دموگرافیک همگن بوده و بین میانگین سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی آن ها تفاوت معناداری مشاهده نشد ($P > 0.05$).

آزمون تحلیل کوواریانس با در نظر گرفتن مقادیر پایه نشان داد که تفاوت بین گروه تمرینات عصبی-عضلانی با مداخله شناختی و گروه تمرینات عصبی-عضلانی بدون مداخله شناختی از نظر کاهش درد معنادار بود ($p = 0.022$). η^2 partial ($p < 0.01$). این یافته بیانگر آن است که اضافه کردن مداخله شناختی به تمرینات عصبی-عضلانی اثر معنیداری در کاهش درد دارد. برای متغیرهای دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا و استقامت عضلات ناحیه مرکزی تفاوت بین دو گروه معنی دار نبود. اما هر دو گروه (با و بدون مداخله شناختی) بهبود قابل توجهی در دامنه حرکتی و استقامت عضلات ناحیه مرکزی از پیش آزمون تا پس آزمون داشتند و درصد تغییرات و اندازه اثر بزرگ در هر دو گروه نشان دهنده اثربخشی بالای تمرینات عصبی-عضلانی در افزایش دامنه حرکتی مچ پا و استقامت عضلات ناحیه مرکزی است (جدول ۳).

بحث

هدف اصلی این پژوهش، بررسی اثر ترکیب تمرینات عصبی-عضلانی با مداخله شناختی بر شدت درد، دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا و استقامت عضلات ناحیه مرکزی بدن در زنان ورزشکار مبتلا به بی ثباتی مزمن مچ پا بود. یافته ها نشان داد که هر دو مداخله (تمرینات عصبی-عضلانی با و بدون تکلیف شناختی) منجر به بهبود معنادار در تمامی متغیرهای مورد بررسی شدند. با این حال، افزودن مداخله شناختی تنها در متغیر شدت درد، اثر معنی داری نسبت به تمرینات عصبی-عضلانی به تنهایی ایجاد کرد.

² divided attention

¹ Serial-7 Subtraction

به‌طور مشخص، شدت درد در گروه دارای مداخله شناختی و گروه بدون آن به ترتیب ۹۲ و ۷۵ درصد کاهش یافت، به‌گونه‌ای که کاهش درد در گروه مداخله شناختی حدود ۱۷ درصد بیشتر بود. همچنین دامنه حرکتی دورسی‌فلکشن میچ پا در این دو گروه به ترتیب ۴۸ و ۳۵ درصد افزایش نشان داد.

جدول ۲- نتایج آزمون تی مستقل برای مقایسه‌ی اطلاعات دموگرافیک آزمودنی‌های دو گروه

متغیر	میانگین (انحراف استاندارد)		P	T
	گروه تمرینات عصبی عضلانی+مداخله شناختی (گروه تمرین)	گروه تمرینات عصبی عضلانی (گروه کنترل)		
سن (سال)	۲۰ ± ۳/۳۳	۱۹/۰۵ ± ۳/۲۹	۰/۳۹۲	۰/۸۶۶
قد (سانتی‌متر)	۱۶۵/۶۸ ± ۳/۷۷	۱۶۴/۳۳ ± ۶/۱۴	۰/۴۳۰	۰/۸۱۱
وزن (کیلوگرم)	۶۳/۳۰ ± ۵/۹۲	۶۱/۸۲ ± ۴/۷۵	۰/۴۱۰	۰/۸۳۴
شاخص توده بدنی (kg/m ²)	۲۳/۰۸ ± ۲/۳۵	۲۲/۹۶ ± ۲/۲۶	۰/۸۷۵	۰/۱۵۹

جدول ۳- نتایج آزمون تحلیل کواریانس متغیرهای تحقیق

متغیر	گروه	میانگین (انحراف استاندارد)		P-value Within group	P-value Between group	η_p^2
		پیش آزمون	پس آزمون			
درد	تمرین	۳/۳۶ ± ۱/۳۴	۰/۲۶ ± ۰/۱۶	<۰/۰۰۱ ^a	<۰/۰۰۱ ^b	۰/۵۲۲
	کنترل	۳/۳۳ ± ۱/۲۸	۰/۸۳ ± ۰/۵۱	<۰/۰۰۱ ^a		
دامنه حرکتی (درجه)	تمرین	۱۵/۳۱ ± ۲/۸۴	۲۲/۶۳ ± ۳/۷۷	<۰/۰۰۱ ^a	۰/۶۳۳	۰/۰۰۷
	کنترل	۱۷/۷۲ ± ۳/۳۳	۲۳/۹۴ ± ۲/۸۹	<۰/۰۰۱ ^a		
عضلات فلکسور (ثانیه)	تمرین	۶۰/۲۶ ± ۳/۵۲	۱۲۷/۵۷ ± ۵۳/۲۳	<۰/۰۰۱ ^a	۰/۵۹۱	۰/۰۰۹
	کنترل	۳۳/۲۲ ± ۱۸/۳۷	۹۶/۱۶ ± ۴۷/۷۶	<۰/۰۰۱ ^a		
عضلات اکستنسور (ثانیه)	تمرین	۲۹/۱۵ ± ۱۲/۷۱	۶۳/۷۳ ± ۱۸/۱۷	<۰/۰۰۱ ^a	۰/۲۸۹	۰/۰۳۳
	کنترل	۲۰/۸۸ ± ۱۴/۱۶	۶۳/۸۸ ± ۱۹/۸۳	<۰/۰۰۱ ^a		
عضلات فلکسور جانبی راست (ثانیه)	تمرین	۲۵/۳۶ ± ۱۶/۰۳	۴۶/۳۱ ± ۱۷/۲۲	<۰/۰۰۱ ^a	۰/۹۴۸	۰/۰۰۰
	کنترل	۲۲/۵۰ ± ۱۲/۱۳	۴۳/۵۵ ± ۱۵/۱۷	<۰/۰۰۱ ^a		
عضلات فلکسور جانبی چپ (ثانیه)	تمرین	۲۷/۷۳ ± ۱۱/۲۸	۴۲/۱۵ ± ۱۴/۳۶	<۰/۰۰۱ ^a	۰/۰۹۹	۰/۰۷۸
	کنترل	۲۲/۸ ± ۷۲/۴۰	۴۴/۲۲ ± ۱۵/۲۲	<۰/۰۰۱ ^a		

پا شوند که به نوبه خود ریسک آسیب‌های مجدد را کاهش می‌دهد (۲۳). تمرینات تکلیف دوگانه، که شامل ترکیب فعالیت‌های حرکتی و شناختی است، باعث فعال‌سازی مناطق مختلف مغز می‌شود و ممکن است تأثیرات مثبت بیشتری بر کاهش درد داشته باشد. به‌طور خاص، فعالیت‌های شناختی می‌توانند به تنظیم پردازش درد در مغز کمک کنند. در مطالعات مختلف نشان داده شده که فعالیت‌های شناختی می‌توانند از طریق مکانیزم‌های مختلفی مانند حواس‌پرتی، تنظیم روانی و تقویت توانایی مغز در پردازش هم‌زمان اطلاعات بر کاهش درد تأثیر بگذارند (۲۴، ۲۵). با اینکه در مطالعه حال حاضر در دو متغیر دامنه حرکتی دورسی‌فلکشن و استقامت عضلات مرکزی بدن تفاوت معنی‌داری بین دو گروه مشاهده نشد، اما، در هر دو گروه از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون تغییرات معنی‌داری مشاهده شد. این موضوع نشان دهنده اثر قوی تمرینات عصبی-عضلانی به تنهایی بر بهبود پیچ‌خوردگی مزمن می‌باشد.

بهبود قابل توجه دامنه حرکتی دورسی‌فلکشن می‌تواند ناشی از چند مکانیسم باشد. این تمرینات با درگیر کردن هم‌زمان سیستم‌های عضلانی و عصبی و افزایش هماهنگی بین عضلات ساق و میچ‌پا، موجب بهبود حس عمقی و کنترل حرکتی می‌شوند که محدودیت‌های عملکردی مفصل را کاهش داده و دامنه حرکتی فعال را افزایش می‌دهد. مطالعات پیشین نشان داده‌اند که تمرینات تعادلی و کنترل عصبی-عضلانی، با فعال کردن عضلات تیبیالیس قدامی و عضلات ساق، به افزایش دامنه حرکتی دورسی‌فلکشن کمک می‌کنند و عملکرد مفصل میچ‌پا را در افراد دارای بی‌ثباتی مزمن میچ‌پا بهبود می‌بخشند (۲۶، ۲۷). نتایج مطالعه حاضر با این یافته‌ها همسو هستند و نشان می‌دهند که تمرینات عصبی-عضلانی می‌تواند به عنوان مداخله‌ای مؤثر در بهبود دامنه حرکتی پس از آسیب میچ‌پا عمل کند. با وجود مشاهده بهبود هم‌زمان در شدت درد و دامنه حرکتی دورسی‌فلکشن، رابطه علی بین این دو متغیر در مطالعه حاضر به‌طور مستقیم تحلیل نشد. با این حال، بر اساس شواهد موجود، این ارتباط می‌تواند دوطرفه باشد. از یک سو، کاهش درد می‌تواند از طریق کاهش مهار محافظتی عضلات و افزایش تحمل به حرکت، به بهبود دامنه حرکتی منجر شود. از سوی دیگر،

در خصوص استقامت عضلات مرکزی بدن، استقامت عضلات فلکسور تنه در گروه با و بدون مداخله شناختی به ترتیب ۱۱۱ و ۱۸۹ درصد، اکستنسور تنه ۱۱۸ و ۲۰۶ درصد، فلکسور جانبی راست ۸۲ و ۹۳ درصد و فلکسور جانبی چپ ۵۲ و ۹۴ درصد افزایش یافت.

نکته قابل توجه، مشاهده افزایش بیشتر برخی شاخص‌های استقامت عضلات مرکزی بدن در گروه بدون مداخله شناختی نسبت به گروه دارای مداخله شناختی بود. این یافته ممکن است با مفهوم تداخل دوگانه^۱ قابل تبیین باشد؛ به‌طوری‌که افزودن تکلیف شناختی می‌تواند منابع توجهی را محدود کرده و در نتیجه، کیفیت یا حداکثر درگیری عضلانی در حین تمرینات فیزیکی را کاهش دهد. در مقابل، تمرکز کامل بر اجرای تمرینات بدنی در گروه بدون مداخله شناختی ممکن است به اجرای مؤثرتر تمرینات و در نتیجه افزایش بیشتر استقامت عضلانی منجر شده باشد. همچنین، تفاوت در بار شناختی ادراک‌شده بین افراد و عدم تنظیم دقیق سطح دشواری تکلیف شناختی می‌تواند از دیگر عوامل مؤثر باشد. این موضوع نشان می‌دهد که اگرچه مداخلات دوگانه می‌توانند در برخی متغیرها مانند درد مزیت داشته باشند، اما ممکن است در شاخص‌های عملکردی خاص، به‌ویژه آن‌هایی که نیازمند حداکثر تلاش عضلانی هستند، اثرات متفاوتی ایجاد کنند.

مطالعات پیشین نشان داده‌اند که تمرینات تکلیف دوگانه با بهبود حس عمقی و کنترل حرکتی به طور معناداری به کاهش درد و افزایش دامنه حرکتی میچ‌پا کمک کرده و به کاهش خطر آسیب‌های مجدد و بهبود عملکرد کلی میچ‌پا منجر می‌شود (۲۰، ۲۱). تمرینات شناختی به‌عنوان یک استراتژی درمانی مؤثر در کاهش درد و بهبود دامنه حرکتی میچ‌پا در افراد مبتلا به پیچ‌خوردگی مزمن میچ‌پا شناخته شده‌اند. این نوع تمرینات با ترکیب فعالیت‌های حرکتی و شناختی، به تقویت کنترل حرکتی و تعادل کمک کرده و موجب بهبود دامنه حرکتی میچ‌پا می‌شود (۲۲). تمرینات عصبی-عضلانی همراه با تکالیف شناختی ممکن است از طریق بهبود انعطاف‌پذیری عصبی و تقویت مسیرهای عصبی-حرکتی، به کاهش التهاب و درد باقی‌مانده کمک کند (۲۰، ۲۱). علاوه بر این، این نوع تمرینات می‌توانند موجب بهبود ثبات و زمان واکنش در افراد مبتلا به پیچ‌خوردگی مزمن میچ‌پا

^۱dual-task interference

ورزشی استفاده شود تا پذیرش و کارایی مداخلات دوگانه افزایش یابد.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که تمرینات عصبی-عضلانی (همراه با یا بدون تکلیف شناختی) منجر به بهبود معنادار شاخص‌های مرتبط با عملکرد مچ پا شامل درد، دامنه حرکتی دورسی‌فلکشن و استقامت ناحیه مرکزی بدن در زنان ورزشکار مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا شد. این یافته حاکی از تأثیر معنادار تمرینات عصبی-عضلانی به تنهایی بر بهبود این شاخص‌ها است.

با این حال، افزودن تکلیف شناختی به تمرینات عصبی-عضلانی، کاهش بیشتری در شدت درد نسبت به گروه تمرینات عصبی-عضلانی به تنهایی ایجاد کرد، در حالی که در متغیرهای دامنه حرکتی و استقامت ناحیه مرکزی بدن، تفاوت معناداری بین دو گروه مشاهده نشد. بنابراین، ترکیب تمرینات عصبی-عضلانی با تکلیف شناختی می‌تواند به عنوان یک رویکرد مؤثرتر برای کاهش درد باقی‌مانده در ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا در نظر گرفته شود.

کاربرد بالینی

به‌کارگیری تمرینات عصبی-عضلانی در برنامه‌های توان‌بخشی زنان ورزشکار مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا می‌تواند به بهبود درد، دامنه حرکتی دورسی‌فلکشن و استقامت عضلات مرکزی کمک کند. همچنین، در ورزشکارانی که علی‌رغم اجرای برنامه‌های رایج توان‌بخشی همچنان درد باقی‌مانده دارند، افزودن تکلیف شناختی به تمرینات عصبی-عضلانی می‌تواند به عنوان یک راهکار مکمل برای کاهش بیشتر درد مورد استفاده قرار گیرد.

ملاحظات اخلاقی

این تحقیق زیر نظر کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه بوعلی سینا همدان به تصویب رسیده است (IR.BASU.REC.1402.079) و در سامانه کارآزمایی بالینی (IRCT20240526061896N1) ثبت شده است.

حمایت مالی

مطالعه حاضر هیچ گونه حمایت مالی از هیچ سازمانی دریافت نکرده است.

افزایش دامنه حرکتی و بهبود کنترل عصبی-عضلانی ممکن است با کاهش فشارهای غیرطبیعی بر ساختارهای مفصلی و بافت‌های نرم، در کاهش درد نقش داشته باشد. بنابراین، احتمالاً یک تعامل متقابل بین این دو متغیر وجود دارد که نیازمند بررسی‌های تحلیلی دقیق‌تر (مانند تحلیل‌های همبستگی یا مدل‌های علی) در مطالعات آینده است.

افزایش استقامت عضلات مرکزی بدن در این مطالعه، با ماهیت چندبعدی تمرینات عصبی-عضلانی همخوانی دارد. این تمرینات شامل تمرینات ثبات مرکزی، کنترل تنه و تعادل پویا هستند که عضلات عمقی شکم، پاراسپاینال و عضلات لگن را فعال می‌کنند و باعث هماهنگی بهتر بین عضلات سطحی و عمقی می‌شوند. مطالعات نشان داده‌اند که افزایش استقامت و قدرت عضلات مرکزی به بهبود کنترل حرکتی و تعادل اندام تحتانی کمک می‌کند و می‌تواند به کاهش خطر پیچ‌خوردگی مجدد مچ پا و ارتقای عملکرد ورزشی منجر شود (۲۶). بنابراین، یافته‌های حاضر با مطالعات مشابه همسو است و نشان می‌دهد که تمرینات عصبی-عضلانی می‌تواند به عنوان یک مداخله مؤثر برای بهبود استقامت مرکزی در ورزشکاران دارای سابقه آسیب مچ پا به کار رود.

از جمله محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به تک‌جنسیتی بودن نمونه‌ها (فقط ورزشکاران زن) اشاره کرد که تعمیم‌پذیری نتایج به ورزشکاران مرد را محدود می‌سازد. همچنین، جامعه آماری مطالعه صرفاً شامل ورزشکاران رشته‌های بسکتبال و والیبال بود و بنابراین تعمیم یافته‌ها به سایر رشته‌های ورزشی باید با احتیاط انجام شود. بازه سنی شرکت‌کنندگان (۱۵ تا ۲۵ سال) شامل نوجوانان و بزرگسالان جوان بود که از نظر رشد عصبی-عضلانی ممکن است تفاوت‌هایی داشته باشند. این مسئله می‌تواند تعمیم‌پذیری نتایج را به سایر گروه‌های سنی تحت تأثیر قرار دهد. مدت زمان مداخله محدود به شش هفته بود و پیگیری اثرات تمرینات در دوره‌های بلندمدت انجام نشد. علاوه بر این، تکلیف شناختی مورد استفاده (شمارش معکوس با فاصله ۷ عدد) نسبتاً ساده بود و ممکن است برای برخی ورزشکاران خسته‌کننده بوده باشد. از این رو، امکان افزایش حجم تمرینات شناختی محدود گردید و بار شناختی به صورت دقیق اندازه‌گیری نشد. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده از تکالیف شناختی متنوع‌تر، جذاب‌تر و مرتبط‌تر با مهارت‌های

نقش نویسندگان

در تحقیق حاضر جمع آوری داده‌ها و نگارش مقاله را فاطمه طالبی و ایده‌پردازی، مفهوم سازی، تجزیه و تحلیل داده‌ها، ادیت مقاله را فرزانه ساکی انجام داده است. فرشته افتخاری نیز در ایده‌پردازی و ادیت مقاله نقش داشته است.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از تمامی عزیزانی که در انجام پژوهش حاضر ما را یاری نمودند، صمیمانه تشکر مینماییم.

تضاد منافع

هیچ گونه تضاد منافی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

References

- Herzog MM, Kerr ZY, Marshall SW, Wikstrom EA. Epidemiology of ankle sprains and chronic ankle instability. *Journal of athletic training*. 2019;54(6):603-10.
- van Rijn RM, Van Os AG, Bernsen RM, Luijsterburg PA, Koes BW, Bierma-Zeinstra SM. What is the clinical course of acute ankle sprains? A systematic literature review. *The American journal of medicine*. 2008;121(4):324-31. e7.
- Crosbie J, Green T, Refshauge K. Effects of reduced ankle dorsiflexion following lateral ligament sprain on temporal and spatial gait parameters. *Gait & posture*. 1999;9(3):167-72.
- De Blaiser C, De Ridder R, Willems T, Vanden Bossche L, Danneels L, Roosen P. Impaired core stability as a risk factor for the development of lower extremity overuse injuries: a prospective cohort study. *The American journal of sports medicine*. 2019;47(7):1713-21.
- Myer GD, Faigenbaum AD, Ford KR, Best TM, Bergeron MF, Hewett TE. When to initiate integrative neuromuscular training to reduce sports-related injuries and enhance health in youth? *Current sports medicine reports*. 2011;10(3):155-66.
- Wang L, Yu G, Chen Y. Effects of dual-task training on chronic ankle instability: a systematic review and meta-analysis. *BMC musculoskeletal disorders*. 2023;24(1):814.
- Anghong C, Chernchujit B, Suntharapa T, Harnroongroj T. Visual analogue scale foot and ankle: validity and reliability of Thai version of the new outcome score in subjective form. *Journal of the Medical Association of Thailand*. 2011;94(8):952.
- Jung I-G, Yu I-Y, Kim S-Y, Lee D-K, Oh J-S. Reliability of ankle dorsiflexion passive range of motion measurements obtained using a hand-held goniometer and Biodex dynamometer in stroke patients. *Journal of physical therapy science*. 2015;27(6):1899-901.
- Dekkers TA, Blake C, Collins KD, McVeigh JG, O'Sullivan KJ. TRUNK STRENGTH AND ENDURANCE TESTING IN FIELD-ATHLETES: A RELIABILITY STUDY. *Physical Therapy in Sport*. 2025.
- Shiravi Z, Moghadam ST, Hadian MR, Olyaei G. Effect of cognitive task on postural control of the patients with chronic ankle instability during single and double leg standing. *Journal of bodywork and movement therapies*. 2017;21(1):58-62.
- Jaiswal S, Rishi P, Sen S. Efficacy of Dual Task Training on Ankle Stability in Chronic Ankle Sprain. 2022.
- Ali N, Tian H, Thabane L, Ma J, Wu H, Zhong Q, et al. The effects of dual-task training on cognitive and physical functions in older adults with cognitive impairment; a systematic review and meta-analysis. *The journal of prevention of Alzheimer's disease*. 2022;9(2):359-70.
- Gribble PA, Bleakley CM, Caulfield BM, Docherty CL, Fourchet F, Fong DT-P, et al. 2016 consensus statement of the International Ankle Consortium: prevalence, impact and long-term consequences of lateral ankle sprains. *British journal of sports medicine*. 2016;50(24):1493-5.
- Dhillon MS, Patel S, Baburaj V. Ankle sprain and chronic lateral ankle instability: Optimizing conservative treatment. *Foot and ankle clinics*. 2023;28(2):297-307.
- Al-Mohrej OA, Al-Kenani NS. Chronic ankle instability: Current perspectives. *Avicenna journal of medicine*. 2016;6(04):103-8.
- Hubbard TJ, Cordova M. Mechanical instability after an acute lateral ankle sprain. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2009;90(7):1142-6.
- Ellenbecker TS, Davies GJ. Closed kinetic chain exercise: a comprehensive guide to multiple joint exercise: *Human Kinetics*; 2001.
- Bt Z. Deficits in neuromuscular control of the trunk predict knee injury risk: a prospective

- biomechanical-epidemiologic study. *Am J Sports Med.* 2007;35:1123-30.
19. Chuter VH, de Jonge XAJ. Proximal and distal contributions to lower extremity injury: a review of the literature. *Gait & posture.* 2012;36(1):7-15.
 20. Gonçalves C, Bezerra P, Clemente FM, Vila-Chã C, Leão C, Brandão A, et al. Effect of instability and bodyweight neuromuscular training on dynamic balance control in active young adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health.* 2020;17(23):8879.
 21. Zhong C, Luo X, Gao H, Zhang T, Zhu X, Huang X, et al. Effects of dual-task paradigm on the injury potential during landing among individuals with chronic ankle instability. *Frontiers in Physiology.* 2024;15:1473844.
 22. Wang H, Yu H, Kim YH, Kan W. Comparison of the effect of resistance and balance training on isokinetic eversion strength, dynamic balance, hop test, and ankle score in ankle sprain. *Life.* 2021;11(4):307.
 23. Kim E, Choi H, Cha J-H, Park J-C, Kim T. Effects of neuromuscular training on the rear-foot angle kinematics in elite women field hockey players with chronic ankle instability. *Journal of sports science & medicine.* 2017;16(1):137.
 24. Tavakoli S, Forghany S, Nester C. The effect of dual tasking on foot kinematics in people with functional ankle instability. *Gait & Posture.* 2016;49:364-70.
 25. Kim J-H, Park J-H, editors. Does Cognitive–Physical Dual-Task Training Have Better Clinical Outcomes than Cognitive Single-Task Training Does? A Single-Blind, Randomized Controlled Trial. *Healthcare;* 2023: MDPI.
 26. Bushnell MC, Čeko M, Low LA. Cognitive and emotional control of pain and its disruption in chronic pain. *Nature reviews neuroscience.* 2013;14(7):502-11.
 27. O'Driscoll J, Delahunt E. Neuromuscular training to enhance sensorimotor and functional deficits in subjects with chronic ankle instability: a systematic review and best evidence synthesis. *Sports medicine, arthroscopy, rehabilitation, therapy & technology.* 2011;3(1):19.
 28. Kim K-M, Estepa-Gallego A, Estudillo-Martínez MD, Castellote-Caballero Y, Cruz-Díaz D, editors. Comparative effects of neuromuscular-and strength-training protocols on pathomechanical, sensory-perceptual, and motor-behavioral impairments in patients with chronic ankle instability: randomized controlled trial. *Healthcare;* 2022: MDPI.