2026. Volume 12. Issue 2

Journal of
Health Research in Community

Research Paper

Immediate Effects of Dual-Task Rehabilitation on Static and Dynamic Postural Control and Proprioception in Individuals With Chronic Ankle Instability: A Single-Blind Randomized Controlled Trial

Masoud Azizian[1], *Ali Yalfani[1], Behnam Gholami-Borujeni[2]

1. Department of Sports Rehabilitation, Faculty of Sport Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
2. Department of Sport Biomechanics and Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation: Azizian M, Yalfani A, Gholami-Borujeni B. Immediate Effects of Dual-Task Rehabilitation on Static and Dynamic Postural Control and Proprioception in Individuals With Chronic Ankle Instability: A Single-Blind Randomized Controlled Trial. Journal of Health Research in Community. 2026; 12(2):129-141 (Persian). http://dx.doi.org/10.22034/JHRC.12.2.5441.3

http://dx.doi.org/10.22034/JHRC.12.2.5441.3

Received: 04 Jan 2026
Revised: 28 Apr 2026
Accepted: 10 May 2026

ABSTRACT

Introduction and Purpose: Deficits in proprioception and postural control are recognized as key contributors to the progression and persistence of chronic ankle instability (CAI). This study aimed to investigate the immediate effects of a dual-task (cognitive–neuromuscular) rehabilitation protocol on static and dynamic postural control and proprioception in male and female athletes with CAI.

Methods: This single-blind randomized controlled clinical trial was conducted on 44 male and female participants aged 18–25 years with CAI. Participants were systematically randomized allocated to either a dual-task training group (n=22) or a control group (n=22). The intervention group completed a single 30-minute session of cognitive–neuromuscular dual-task training. The primary outcomes were static and dynamic postural control, assessed using the Biodex Balance System. The secondary outcome was ankle joint proprioception, evaluated using an electrogoniometer. To examine differences between the two groups and estimate the effect size, we used a mixed-design repeated-measures analysis of variance (ANOVA), with group and time as factors. (P<0.005).

Results: Paired-samples t-tests demonstrated significant improvements in static and dynamic postural control and proprioceptive error from pre- to post-intervention in the dual-task group (all P<0.001); however, no significant changes were observed in the control group (P>0.05). The results of the mixed-design repeated-measures ANOVA showed a significant group×time interaction, indicating differences between the dual-task and control groups in improvement in the overall static postural control index (η_p^2=0.716, P<0.001), the overall dynamic postural control index (η_p^2=0.420, P<0.001), and proprioceptive error at 10° of dorsiflexion (η_p^2=0.528, P<0.001).

Conclusion: A single session of dual-task (cognitive–neuromuscular) training produced immediate improvements in static and dynamic postural control and proprioception in athletes with CAI. These findings support the incorporation of dual-task training as a complementary rehabilitation strategy for athletes with CAI.

Keywords: Ankle joint, Dual-Task rehabilitation, Proprioception, Postural balance

Corresponding Author:
Ali Yalfani, Profesessor.
Address: Department of Sports Rehabilitation, Faculty of Sport Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
Tel: +98 (918) 3155478
E-Mail: yalfani@basu.ac.ir

Copyright © 2026 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

Lateral ankle sprain (LAS) is among the most prevalent musculoskeletal injuries in both athletes and individuals participating in recreational and physical activities [1]. It has been estimated that approximately two million people present to emergency departments in the United States each year with ankle injuries, of which nearly 75% are attributable to LAS [2]. Individuals with chronic ankle instability (CAI) commonly experience a spectrum of persistent impairments, including neuromuscular dysfunction, diminished ankle joint proprioception, and deficits in both static and dynamic postural control [5]. Historically, CAI has been regarded primarily as a peripheral disorder resulting from ligamentous injury and mechanical joint instability [6]. However, accumulating evidence suggests that CAI is also associated with widespread alterations in sensorimotor processing and central nervous system function, indicating that its underlying pathophysiology extends beyond localized mechanical deficits [12]. Accordingly, the present study aimed to investigate the acute effects of a dual-task (neuromuscular–cognitive) training intervention on ankle joint proprioception and static and dynamic postural control in athletes with CAI. The primary outcomes were static and dynamic postural control, while ankle joint proprioceptive error served as the secondary outcome. We hypothesized that, compared with the control group, a single session of dual-task training would result in immediate improvements in postural control and a significant reduction in ankle joint proprioceptive error.

Methods

This single-blind randomized controlled trial investigated the acute effects of a dual-task intervention on static and dynamic postural control and ankle joint proprioception in male and female athletes with CAI. Athletes aged 18–25 years with CAI were recruited by convenience sampling from orthopedic subspecialty clinics in Hamadan, Iran. Eligibility criteria were based on the recommendations of the International Ankle Consortium (2013). Inclusion criteria were: (1) at least one significant lateral ankle sprain within the previous 12 months that caused pain, swelling, functional impairment, and an interruption in physical activity for at least one day; (2) regular participation in organized sports (≥3 sessions/week, ≥60 min/session); and (3) a diagnosis of chronic ankle instability (CAI) based on the Cumberland Ankle Instability Tool (CAIT) and the Identification of Functional Ankle Instability (IdFAI) questionnaire. The CAIT includes nine items and has a maximum score of 30, with scores <24 indicating CAI. The IdFAI consists of 10 items that assess ankle injury history and functional instability, with scores >11 indicating CAI. The exclusion criteria were as follows: (1) ankle pain >8 on the Visual Analog Scale (VAS); (2) a history of lower-extremity fracture, surgery, or other musculoskeletal injuries affecting functional performance; and (3) neurological or systemic disorders, including diabetes mellitus, peripheral neuropathy, traumatic brain injury, or other conditions that could influence postural control, proprioception, or participation in the intervention. A total of 44 eligible participants were randomly assigned in a 1:1 ratio to either the dual-task group (n=22; 13 men and 9 women) or the control group (n=22; 14 men and 8 women). The intervention group completed a single 30-minute session of cognitive–neuromuscular dual-task training, while the control group received no intervention. The primary outcomes were static and dynamic postural control, assessed using the Biodex Balance System, and the secondary outcome was ankle joint proprioception, measured with an electrogoniometer. Within-group changes were analyzed using paired t-tests, whereas between-group differences over time were examined using mixed-design repeated-measures analysis of variance (ANOVA). Effect sizes were calculated using partial eta squared (η_p^2).

Results

The paired t-test results showed significant pretest-to-post-test changes in static and dynamic postural control and proprioceptive error rates in the dual-task training group ($P<0.001$).

The mixed-design repeated-measures ANOVA revealed significant group×time interaction effects for all static postural control measures following the 8-week rehabilitation intervention, including the overall stability index ($F_{(1,42)}=105.86$, $P<0.001$, $\eta_p^2=0.716$), the anterior–posterior stability index ($F_{(1,42)}=48.68$, $P<0.001$, $\eta_p^2=0.537$), and the medial–lateral stability index ($F_{(1,42)}=57.02$, $P<0.001$, $\eta_p^2=0.576$), indicating moderate-to-large effect sizes. Similarly, significant group×time interaction effects were observed for all dynamic postural control outcomes, including the overall stability index ($F_{(1,42)}=30.37$, $P<0.001$, $\eta_p^2=0.420$), the anterior–posterior stability index ($F_{(1,42)}=72.70$, $P<0.001$, $\eta_p^2=0.634$), and the medial–lateral stability index ($F_{(1,42)}=44.95$, $P<0.001$, $\eta_p^2=0.517$), reflecting moderate-to-large intervention effects. Furthermore, the repeated-measures ANOVA revealed significant group×time interaction effects for ankle joint proprioceptive error at 10° of dorsiflexion ($F_{(1,42)}=47.02$, $P<0.001$, $\eta_p^2=0.528$), 10° of plantarflexion ($F_{(1,42)}=46.24$, $P<0.001$, $\eta_p^2=0.524$), and 20° of plantarflexion ($F_{(1,42)}=42.00$, $P<0.001$, $\eta_p^2=0.520$), demonstrating moderate-to-large effect sizes across all proprioceptive measures.

Conclusion

The immediate dual-task intervention significantly improved static and dynamic postural control while reducing ankle joint proprioceptive error, with large effect sizes (partial η^2). These findings indicate that a single session of dual-task training can produce immediate improvements in sensorimotor performance in athletes with CAI. Given the consistent improvements across all outcome measures, incorporating dual-task exercises into rehabilitation programs may enhance sensorimotor integration, postural control, and proprioceptive function. Clinically, cognitive–motor dual-task training appears to be a valuable adjunct to conventional rehabilitation for athletes with chronic ankle instability.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This study was approved by the Ethics Committee of Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran (Code: IR.BASU.REC.1404.032) and was prospectively registered by the Iranian Registry of Clinical Trials (ID: IRCT20251017067658N1).

Funding

This research received no specific grant from any funding agency in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Authors contributions

Conceptualization, data collection, investigation, writing, review & editing: Masoud Azizian; Supervision, review & editing: Ali Yalfani; formal analysis, writing, review & editing: Behnam Gholami-Borujeni. All authors have read and approved the final version of the manuscript.

Conflicts of interest

The authors declared no conflicts of interest.

Acknowledgments

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

مقاله پژوهشی

تأثیر فوری توانبخشی وظایف دوگانه بر کنترل پاسچر ایستا و پویا و حس عمقی افراد مبتلابه بی‌ثباتی مزمن مچ پا: کارآزمایی بالینی تصادفی کنترل‌شده تک‌سوکور

مسعود عزیزیان[۱]، *علی یلفانی[۱]، بهنام غلامی بروجنی[۲]

۱. گروه توانبخشی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
۲. گروه بیومکانیک ورزشی و رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران.

Use your device to scan and read the article online

Citation: Azizian M, Yalfani A, Gholami-Borujeni B. Immediate Effects of Dual-Task Rehabilitation on Static and Dynamic Postural Control and Proprioception in Individuals With Chronic Ankle Instability: A Single-Blind Randomized Controlled Trial. Journal of Health Research in Community. 2026; 12(2):129-141 (Persian). http://dx.doi.org/10.22034/JHRC.12.2.5441.3

http://dx.doi.org/10.22034/JHRC.12.2.5441.3

تاریخ دریافت: ۱۴ دی ۱۴۰۴
تاریخ اصلاح: ۰۸ اردیبهشت ۱۴۰۵
تاریخ پذیرش: ۲۰ اردیبهشت ۱۴۰۵

چکیده

مقدمه و هدف: اختلال در حس عمقی و کنترل پاسچر از مهم‌ترین عوامل مؤثر در پیشرفت و تداوم بی‌ثباتی مزمن مچ پا محسوب می‌شود. هدف از این مطالعه تأثیر آنی پروتکل توانبخشی وظایف دوگانه بر کنترل پاسچر و حس عمقی ورزشکاران زن و مرد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا بود.

روش کار: این مطالعه به‌صورت یک کارآزمایی بالینی تصادفی کنترل‌شده روی ۴۴ زن و مرد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا، با دامنه سنی ۱۸ تا ۲۵ سال انجام شد. شرکت‌کنندگان به‌صورت تصادفی سیستماتیک به ۲ گروه تمرینات وظایف دوگانه (۲۲ نفر) و گروه کنترل (۲۲ نفر) تخصیص یافتند. گروه وظایف دوگانه ۳۰ دقیقه تحت پروتکل تمرینی وظایف دوگانه شناختی حرکتی قرار گرفتند. پیامد اصلی پژوهش شامل کنترل پاسچر بود که با استفاده از دستگاه بایودکس ارزیابی شد. پیامد ثانویه، شامل میزان خطای حس عمقی مفصل مچ پا بود که با استفاده از دستگاه الکتروگونیامتر اندازه‌گیری شد. جهت بررسی تفاوت بین ۲ گروه و محاسبه اندازه اثر از آزمون تحلیل واریانس آمیخته با اندازه‌گیری مکرر (گروه×زمان) استفاده شد ($P<0/05$).

یافته‌ها: نتایج آزمون تی زوجی نشان داد اثر فوری تمرینات وظایف دوگانه باعث بهبود کنترل پاسچر ایستا و پویا و خطای حس عمقی از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون شده است ($P<0/001$). بااین‌حال، تغییر معنی‌داری از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون در گروه کنترل مشاهده نشد ($P>0/05$). نتایج آزمون تحلیل واریانس آمیخته با اندازه‌گیری مکرر در اثر تعاملی (زمان×گروه) نشان داد تفاوت معنی‌داری بین گروه وظایف دوگانه و کنترل در بهبود کنترل پاسچر ایستای شاخص کلی ($P<0/001$، $\eta_p^2=0/716$)، کنترل پاسچر پویای شاخص کلی ($P<0/001$، $\eta_p^2=0/420$) و میزان خطای حس عمقی ۱۰ درجه دورسی فلکشن وجود دارد ($P<0/001$، $\eta_p^2=0/528$).

نتیجه‌گیری: تمرینات مبتنی بر وظایف دوگانه (شناختی ـ عصبی‌عضلانی) اثرات فوری مثبتی بر کنترل پاسچر ایستا، کنترل پاسچر پویا و حس عمقی در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا دارد. این رویکرد می‌تواند به‌عنوان یک مداخله مکمل در برنامه‌های توان‌بخشی این ورزشکاران مدنظر قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: مفصل مچ پا، تمرینات وظایف دوگانه، حس عمقی، کنترل پاسچرال

* **نویسنده مسئول:**
دکتر علی یلفانی
نشانی: همدان، دانشگاه بوعلی سینا، دانشکده علوم ورزشی، گروه توانبخشی ورزشی.
تلفن: ۳۱۵۵۴۷۸ (۹۱۸) ۹۸+
رایانامه: yalfani@basu.ac.ir

Copyright © 2026 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

اسپرین‌های جانبی مچ پا (پیچ‌خوردگی) یکی از شایع‌ترین آسیب‌های اسکلتی‌عضلانی در ورزشکاران و افرادی هستند که در فعالیت‌های تفریحی و جسمانی شرکت می‌کنند [۱]. گزارش شده است که سالانه حدود ۲ میلیون نفر در ایالات متحده آمریکا به‌دلیل آسیب‌های مچ پا به مراکز اورژانس مراجعه می‌کنند که حدود ۷۵ درصد این موارد مربوط به اسپرین جانبی مچ پا است [۲]. علاوه‌براین از منظر اقتصادی هزینه‌های درمانی ناشی از آسیب‌های مچ پا در دانش‌آموزان آمریکایی بیش از ۶/۲ میلیارد دلار در سال گزارش شده است [۳، ۴]. یکی از مهم‌ترین پیامدهای طولانی‌مدت اسپرین جانبی مچ پا، بروز بی‌ثباتی مزمن مچ پا است [۴]. براساس گزارش حدادی و همکاران (۲۰۲۱)، تقریباً از هر سه فردی که دچار اسپرین مچ پا می‌شود، ۱ نفر به بی‌ثباتی مزمن مچ پا مبتلا خواهد شد [۳].

افراد مبتلابه بی‌ثباتی مزمن مچ پا معمولاً با مجموعه‌ای از مشکلات طولانی مدت مواجه هستند که شامل اختلال در عملکرد عصبی‌عضلانی، کاهش حس عمقی مفصل مچ پا و اختلال در کنترل پاسچر ایستا و پویا هستند [۵]. مطالعات گذشته بر این اشاره داشتند که بی‌ثباتی مزمن مچ پا عمدتاً به‌عنوان یک اختلال محیطی ناشی از آسیب لیگامانی و اختلال مکانیکی مفصل در نظر گرفته می‌شود [۶، ۷]. بااین‌حال، یافته‌های جدید نشان داده‌اند این اختلال با تغییرات گسترده‌ای در پردازش حسی‌حرکتی و عملکرد سیستم عصبی مرکزی نیز همراه است [۷]. مطالعات نوروفیزیولوژیک نشان می‌دهند آسیب لیگامان‌های مچ پا می‌تواند موجب تغییر در ورودی‌های حس عمقی در ارسال پیام به سیستم عصبی مرکزی شده و درنتیجه سیستم مغز به‌صورت ناصحیح و با تأخیر عضلات را جهت پیشگیری از آسیب فعال می‌کند. این چرخه با اختلال در سیستم حس عمقی انجام می‌شود [۸]. ازاین‌رو امروزه بی‌ثباتی مزمن مچ پا به‌عنوان یک اختلال چندبعدی در نظر گرفته می‌شود که هم‌زمان بر سیستم‌های عصبی مرکزی، محیطی و اسکلتی‌عضلانی تأثیر می‌گذارد [۹]. بر همین اساس در دستورالعمل‌های بالینی برای مدیریت بی‌ثباتی مزمن مچ پا تمرین‌درمانی به‌عنوان مهم‌ترین مداخله محافظه‌کارانه توصیه شده است [۱۰].

پژوهش‌های اخیر نشان داده‌اند تمرینات سنتی نظیر تمرینات تعادلی، قدرتی و حس عمقی به‌تنهایی نمی‌توانند تمامی جنبه‌های اختلال را به‌طور کامل بهبود بخشند [۱۱، ۱۲]. یکی از دلایل احتمالی این مسئله آن است که بخش عمده این مداخلات بر مؤلفه‌های محیطی و عضلانی تمرکز دارند، درحالی‌که بی‌ثباتی مزمن مچ پا دارای ابعاد پیچیده شناختی، عصبی و حسی‌حرکتی نیز هست [۶]. درنتیجه پژوهشگران بر استفاده از رویکردهای چندوجهی و ترکیبی تأکید کرده‌اند؛ رویکردهایی که بتوانند به‌طور هم‌زمان عملکرد سیستم عصبی مرکزی، کنترل عصبی‌عضلانی و عملکرد اسکلتی‌عضلانی را هدف قرار دهند [۱۲]. تمرینات مبتنی بر وظایف دوگانه به‌دلیل درگیر کردن هم‌زمان مؤلفه‌های شناختی و حرکتی، توجه ویژه‌ای را در حوزه علوم اعصاب و توانبخشی به خود جلب کرده‌اند. این تمرینات ازطریق افزایش کنترل‌شده بار شناختی می‌توانند موجب فعال‌سازی بیشتر شبکه‌های قشری مرتبط با توجه، کنترل اجرایی و تنظیم پاسچر شوند و درنهایت سازگاری‌های عصبی گسترده‌تری ایجاد کنند [۱۳]. با وجود رشد مطالعات مرتبط با تمرینات تعادلی، عصبی‌عضلانی و مداخلات چندوجهی در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا، هنوز شواهد محدودی درباره تأثیر فوری تمرینات مبتنی بر وظایف دوگانه بر شاخص‌های نوسانات پاسچر و حس عمقی وجود دارد [۱۴]. علاوه‌براین، اسپرین‌های جانبی مچ پا در ورزشکاران در حالت عملکرد دوگانه اتفاق می‌افتد [۱۵].

با وجود مطالعات گذشته، هنوز مشخص نیست اجرای هم‌زمان تکالیف شناختی و حرکتی چگونه می‌تواند به‌صورت فوری بر کنترل پاسچر و حس عمقی در ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا تأثیر بگذارد. ازآنجاکه بسیاری از موقعیت‌های ورزشی مستلزم تقسیم منابع توجهی میان پردازش شناختی و کنترل حرکتی هستند، بررسی پاسخ‌های فوری به مداخلات مبتنی بر وظایف دوگانه می‌تواند مکانیسم بهتری از سازوکارهای کنترل عصبی‌حرکتی در این افراد فراهم کرده و شواهد کاربردی برای طراحی مداخلات مؤثرتر در محیط‌های ورزشی ارائه دهد. بنابراین هدف مطالعه حاضر بررسی تأثیر فوری تمرینات مبتنی بر وظایف دوگانه (عصبی‌عضلانی ـ شناختی) بر حس عمقی و کنترل پاسچر ایستا و پویا در ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا بود. خروجی‌های اولیه پژوهش، شامل کنترل پاسچر ایستا و پویا بود و خروجی ثانویه میزان خطای حس عمقی مفصل مچ پا بود. فرضیه این کارآزمایی بالینی تصادفی کنترل‌شده این بود که تمرینات فوری وظایف دوگانه در مقایسه با گروه کنترل، باعث بهبود شاخص‌های کنترل پاسچر و کاهش میزان خطای حس عمقی می‌شود.

روش کار

این پژوهش یک کار آزمایی بالینی تصادفی کنترل‌شده تک‌سویه‌کور با گروه آزمایش و کنترل به‌صورت پیش‌آزمون و پس‌آزمون بود که با هدف تأثیر وظایف دوگانه بر تعادل ایستا و پویا و حس عمقی ورزشکاران زن و مرد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا طراحی شد. جامعه آماری پژوهش ورزشکاران مرد و زن مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا با دامنه سنی ۱۸ تا ۲۵ سال بود. شرکت‌کنندگان به‌صورت دردسترس و از بین افرادی که به کلینیک‌های فوق‌تخصصی ارتوپدی شهر همدان در تابستان سال ۱۴۰۴ مراجعه کرده و داوطلب شرکت در مطالعه بودند، انتخاب

شدند. نمونه آماری ورزشکاران مبتلابه بی‌ثباتی مزمن مچ پا تحت نظر پزشک متخصص فلوشیپ مچ پا و زانو شناسایی شدند و در این پژوهش شرکت کردند. تخمین حجم نمونه با استفاده از نرم‌افزار جی‌پاور انجام شد. باتوجه‌به توان ۰/۸، مقدار آلفای ۰/۵ و اندازه اثر ۰/۲۵ حداقل حجم نمونه موردنیاز برای انجام مطالعه ۳۲ نفر برآورد شد. بااین‌حال، به‌منظور افزایش توان آماری مطالعه حجم نمونه افزایش یافت و درنهایت، ۴۴ نفر (۲۲ نفر در هر گروه) وارد مطالعه شدند [۱۶، ۱۷]. شرکت کنندگان به‌صورت تصادفی به ۲ گروه تمرینات وظایف دوگانه (۲۲ نفر) و گروه کنترل (۲۲ نفر) تقسیم شدند.

شرکت‌کنندگان پژوهش

این مطالعه شامل ورزشکاران زن و مرد مبتلابه بی‌ثباتی مزمن مچ پا (بین ۱۸ تا ۲۵ سال شهر همدان) بود که به‌صورت مستمر حداقل ۳ سال فعالیت ورزشی و هفته‌ای ۳ جلسه تمرین ورزشی به مدت ۶۰ دقیقه انجام می‌دادند. معیارهای ورود و خروج براساس کنسرسیوم بین المللی مچ پا در سال ۲۰۱۳ بود [۱۶، ۱۷].

معیارهای ورود

۱. ورزشکارانی که ۱ سال قبل از مداخله حاضر حداقل یک مرتبه دچار آسیب حاد اسپرین جانبی مچ پا شده‌اند که این آسیب به تورم، درد، اختلال عملکردی و از دست دادن فعالیت بدنی حداقل به‌مدت ۱ روز منجر شده باشد. ۲. برای اطمینان از سطوح فعالیت مشابه ورزشی از ورزشکارانی که حداقل در هفته ۳ جلسه تمرینی به‌مدت ۶۰ دقیقه انجام می‌دادند، استفاده شد. ۳.شرکت‌کنندگان پرسش‌نامه کامبرلند برای بی‌ثباتی مچ پا[1] (CAIT) و پرسش‌نامه شناسایی برای بی‌ثباتی عملکردی مچ پا[2] (IdFAI) را تکمیل کردند.

پرسش‌نامه CAIT شامل ۹ سؤال با حداکثر امتیاز ۳۰ است و نمره کمتر از ۲۴ نشان‌دهنده بی‌ثباتی مچ پا در نظر گرفته شد. پرسش‌نامه (IdFAI) نیز شامل ۱۰ سؤال است که سابقه آسیب و علائم بی‌ثباتی عملکردی مچ پا را ارزیابی می‌کند؛ شرکت‌کنندگانی که نمره آن‌ها بیشتر از ۱۱ بود، واجد معیار بی‌ثباتی مزمن مچ پا شناخته شدند. [۱۶].

معیارهای خروج

۱. شدت درد بیش از ۸ در مقیاس دیداری[3] (VAS). ۲. شرکت‌کنندگانی که سابقه آسیب اندام تحتانی، شکستگی و جراحی داشته‌اند. ۳. بیماران با سابقه دیابت، نوروپاتی، ضربه مغزی یا هر بیماری‌ای که می‌توانست بر متغیرهای پژوهش و اجرای مداخله تأثیر بگذارد [۱۸، ۱۹]. پس از ارزیابی معیارهای ورود و خروج و تأیید واجد شرایط بودن شرکت‌کنندگان، تخصیص افراد به ۲ گروه وظایف دوگانه و کنترل با استفاده از روش تصادفی‌سازی بلوکی طبقه‌بندی‌شده انجام شد. باتوجه‌به نقش بالقوه جنسیت به‌عنوان یک عامل مخدوش‌کننده، شرکت‌کنندگان ابتدا براساس جنس به ۲ طبقه مرد و زن تقسیم شدند. سپس در هر طبقه، تخصیص به گروه‌های مطالعه با استفاده از بلوک‌های تصادفی با اندازه متغیر [۴، ۶] و نسبت تخصیص ۱:۱ انجام شد. تعداد شرکت‌کنندگان بین ۲ گروه در طول فرایند نمونه‌گیری حفظ شد. توالی تصادفی با استفاده از نرم‌افزار مولد تولید اعداد تصادفی ایجاد شد. به‌منظور حفظ پنهان‌سازی تخصیص، توالی ایجادشده در پاکت‌های مات، مهروموم‌شده و دارای شماره‌گذاری متوالی قرار گرفت. پاکت‌ها توسط پژوهشگری مستقل که در فرایند جذب نمونه، ارزیابی پیامدها و اجرای مداخله نقشی نداشت تهیه شدند. پس از تکمیل ارزیابی‌های پیش‌آزمون، پاکت‌ها به‌ترتیب باز شده و شرکت‌کنندگان به یکی از ۲ گروه تمرینات وظایف دوگانه یا گروه کنترل تخصیص یافتند. درنهایت، ۴۴ شرکت‌کننده به‌صورت مساوی به ۲ گروه تخصیص یافتند (۲۲ نفر در هر گروه)؛ به‌طوری‌که در گروه وظایف دوگانه ۱۳ مرد و ۹ زن و گروه کنترل ۱۴ مرد و ۸ زن حضور داشتند. ارزیاب‌ها در مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون هیچ‌گونه اطلاعی از گروه‌های پژوهش نداشتند. قبل از انجام پژوهش کلیه مراحل مطالعه اعم از مرحله پیش‌آزمون، پروتکل توانبخشی و پس‌آزمون برای شرکت‌کنندگان شرح داده شده بود. شرکت‌کنندگان فرم‌های رضایت‌نامه را بررسی و امضا کردند.

ابزارهای پژوهش

ارزیابی تعادل ایستا و پویا

جهت ارزیابی تعادل ایستا و پویا از ابزار دستگاه تعادل‌سنج بایودکس بالانس تولید کشور آمریکا و شرکت شرلی نیویورک استفاده شد. این آزمون بر توانایی بیمار در حفظ مرکز ثقل در محدوده سطح اتکا تأکید دارد. این دستگاه قادر به ارزیابی تعادل کلی و همچنین نوسانات تعادل در شاخص‌های قدامی‌خلفی و داخلی‌خارجی است. پلتفرم صفحه پایی دستگاه دارای ۱۲ سطح پایداری است؛ به‌طوری‌که سطح ۱ کمترین میزان ثبات و سطح ۱۲ بیشترین میزان ثبات را نشان می‌دهد. برای ارزیابی تعادل پویا، دستگاه توسط ارزیاب‌کننده مستقل روی سطح ۸ تنظیم شد [۲۰، ۲۱]. شرکت‌کنندگان به‌صورت پابرهنه و در وضعیت ایستادن با دوپا، روی سکوی پلتفرم دستگاه قرار گرفتند. موقعیت پاها توسط ارزیاب براساس تنظیمات استاندارد دستگاه و موقعیت تعیین‌شده تنظیم شد. از شرکت‌کنندگان خواسته شد نشانگر دیداری نمایش‌داده‌شده روی مانیتور بازخورد را تا حد امکان در موقعیت تعیین‌شده حفظ کنند. ارزیابی‌های ایستا و پویا با چشم باز انجام شد و شرکت‌کنندگان

1. Cumberland Ankle Instability Tool (CAIT)
2. Identification of Functional Ankle Instability (IdFAI)
3. Visual Analogue Scale (VAS)

دست‌های خود را در ۲ طرف بدن قرار دادند. هر آزمون ۳ بار و هر بار به مدت ۲۰ ثانیه اجرا شد و بین هر نوبت ارزیابی، ۱۰ ثانیه استراحت در نظر گرفته شد. درنهایت، میانگین سه تکرار میزان خطای شاخص‌های کلی، داخلی‌خارجی و قدامی‌خلفی توسط دستگاه محاسبه و به‌عنوان نتیجه نهایی جهت تجزیه‌وتحلیل آماری ثبت شد (شکل شماره ۱).

ارزیابی حس عمقی

برای ارزیابی حس عمقی دورسی‌فلکشن و پلانتارفلکشن مفصل مچ پا از الکتروگونیامتر (SG150; Biometric Ltd, United King-dom) استفاده شد. حس عمقی در زوایای ۱۰ درجه دورسی‌فلکشن و ۱۰ و ۲۰ درجه پلانتارفلکشن در پای آسیب‌دیده مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا ارزیابی شد. الکتروگونیامتر در بخش جانبی مچ پا نصب شد، به‌گونه‌ای که یک محور موازی با استخوان فیبولا و محور دیگر موازی با استخوان پنجم متاتارس قرار گرفت. شرکت‌کنندگان در وضعیت نشسته با زاویه ۹۰ درجه در مفاصل ران و زانو قرار گرفتند که توسط آزمونگر با استفاده از گونیامتر کنترل شد. برای ارزیابی حس عمقی، زوایای هدف ابتدا با چشم باز به بیمار مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا آموزش داده شد. سپس از آن‌ها خواسته شد با چشم بسته مچ پای خود نسبت به زوایای تعیین‌شده بازسازی کنند. میزان اختلاف بین زاویه هدف و زاویه بازسازی‌شده به‌عنوان خطای حس عمقی ثبت شد. مقادیر بیشتر نشان‌دهنده اختلال در حس عمقی مفصل مچ پا بودند. هر دو گروه کنترل و آزمایش در مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون مورد ارزیابی قرار گرفتند. هر اندازه‌گیری ۳ بار انجام شد و میانگین ۳ تکرار برای تجزیه‌وتحلیل آماری استفاده شد [۲۲، ۲۳].

اجرای تمرینات وظایف دوگانه

اثر آنی تمرینات وظایف دوگانه به این صورت بررسی شد که هر ورزشکار به مدت ۳۰ دقیقه تمرینات عصبی‌عضلانی همراه با بار شناختی را انجام می‌داد. پروتکل عصبی‌عضلانی شامل ۶ حرکت بود: ۱. خم شدن روی پای آسیب‌دیده روی سطح ناپایدار؛ ۲. ایستادن روی پنجه پا؛ ۳. حفظ تعادل تک‌پا با چشمان باز و بسته؛ ۴. راه رفتن با زانوی بالا در وضعیت مشابه زانوی دونده؛ ۵. راه رفتن روی پنجه؛ ۶. پرش و فرود. به‌طور هم‌زمان، بار شناختی در حین اجرای تمرینات اعمال شد. بدین منظور، اعداد ۴ رقمی به‌صورت تصادفی ازطریق بلندگو پخش می‌شد و از شرکت‌کنندگان خواسته می‌شد هم‌زمان با اجرای تمرینات، اعداد را به‌صورت معکوس بیان کنند. علاوه‌براین اعداد ۲ رقمی برای انجام محاسبات ریاضی شامل ضرب و تقسیم ارائه می‌شد و شرکت‌کنندگان موظف بودند ضمن حفظ تعادل،



شکل ۱. ارزیابی کنترل پاسچر ایستا و پویا

جدول ۱. مشخصات جمعیت‌شناختی آزمودنی‌های حاضر در گروه‌های پژوهش (n=۲۲)

گروه	میانگین±انحراف‌معیار		P*
	تمرینات وظایف دوگانه (۱۳ نفر مرد/۹ نفر زن)	کنترل (۱۴ نفر مرد/۸ نفر زن)	آزمون تحلیل تی مستقل
سن (سال)	۲۱/۳۵±۲/۵۱	۲۱/۶۴±۳/۰۸	۰/۲۸۴
قد (سانتی‌متر)	۱۷۲/۳۲±۵/۳۴	۱۷۱/۲۸±۵/۱۱	۰/۳۶۷
وزن (کیلوگرم)	۷۱/۳۰±۱۰/۵۲	۷۰/۲۳±۱۰/۰۳	۰/۲۴۱
شاخص توده بدنی	۲۲/۳۲±۲/۴۱	۲۱/۱۴±۲/۴۴	۰/۳۳۰
میزان بی‌ثباتی مزمن مچ پا (کامبرلند)	۱۹/۷۵±۳/۱۰	۲۰/۱۲±۳/۲۶	۰/۱۹۸
میزان شدت درد	۵/۰۲±۱/۴۲	۵/۷۸±۲/۱۴	۰/۴۲۷

* معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ است

مجله تحقیقات سلامت در جامعه

پاسخ صحیح را ارائه دهند. جلسه تمرینی ۳۰ دقیقه‌ای به‌گونه‌ای طراحی شد که سطح دشواری بار شناختی به‌صورت تدریجی افزایش یابد، به‌طوری‌که در ابتدای جلسه، شرکت‌کنندگان بازخوانی معکوس اعداد ۲ رقمی را انجام می‌دادند و این روند به‌تدریج تا اعداد ۳ و ۴ رقمی در انتهای بخش پایانی پروتکل افزایش می‌یافت. این رویکرد دوتکلیفی با هدف به چالش کشیدن هم‌زمان کنترل عصبی‌عضلانی و پردازش شناختی طراحی شده بود. بعد از اتمام پروتکل آنی وظایف دوگانه، شرکت‌کنندگان بلافاصله مورد ارزیابی مرحله پس‌آزمون قرار گرفتند، همچنین شرکت‌کنندگان گروه کنترل پس از انجام ارزیابی پیش‌آزمون، به مدت ۳۰ دقیقه در فعالیت‌های معمول خود در محیط آزمایشگاه مشغول بودند و سپس ارزیابی پس‌آزمون را انجام دادند. این افراد در تمرینات مداخله شرکت نداشتند و در معرض مشاهده تمرینات وظایف دوگانه نیز قرار نگرفتند [۱۴].

تحلیل آماری

برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو ویلک[4] استفاده شد. از آزمون لون[5] به‌منظور تعیین همگنی واریانس‌ها استفاده شد. از آزمون تی مستقل[6] برای بررسی تفاوت در پیش‌آزمون در متغیرهای وابسته پژوهش استفاده شد. جهت بررسی تغییرات درون‌گروهی از آزمون تی زوجی[7] استفاده شد. برای بررسی تفاوت‌های بین‌گروهی آزمون تحلیل واریانس آمیخته با اندازه‌گیری تکراری اثر تعاملی (زمان×گروه) به کار برده شد. سطح معناداری نیز برابر با (P<۰/۰۵) در نظر گرفته شد. اندازه اثر با استفاده از مجذور اتای جزئی گزارش شد. مقادیر ۰/۰۱، ۰/۰۶ و ۰/۱۴ به‌ترتیب نشان‌دهنده اندازه اثر کوچک، متوسط و بزرگ در نظر گرفته شدند. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶، مورد تحلیل آماری قرار گرفتند.

4. Shapiro-Wilk Test
5. Levene's test
6. Independent Samples t-test
7. Paired-Samples T Test

یافته‌ها

آزمون تی مستقل نشان داد تفاوت معنی‌داری بین ۲ گروه در متغیرهای جمعیت‌شناختی وجود ندارد (P>۰/۰۵) (جدول شماره ۱). آزمون شاپیرو ویلک نشان داد گروه‌ها از نظر مشخصات جمعیت‌شناختی و داده‌های متغیرهای وابسته پژوهش در پیش‌آزمون و پس‌آزمون نرمال هستند (P>۰/۰۵). جهت بررسی همگن بودن واریانس‌های متغیرهای پژوهش از تست لون استفاده شد که نشان داد شرط همگنی واریانس‌ها برقرار است (P>۰/۰۵).

نتایج آزمون تی زوجی نشان داد تغییرات معنی‌داری از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون در بهبود کنترل پاسچر ایستا و پویا و میزان خطای حس عمقی در گروه تمرینات وظایف دوگانه وجود دارد (P<۰/۰۰۱)، ولی در گروه کنترل تغییرات معنی‌داری از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون در تمامی متغیرهای وابسته مشاهده نشد (P>۰/۰۵). جهت بررسی تفاوت و محاسبه اندازه اثر (مجذور اتا) از آزمون تحلیل واریانس آمیخته با اندازه‌گیری مکرر استفاده شد. نتایج آزمون تحلیل واریانس آمیخته با اندازه‌گیری مکرر نشان داد اثر تعاملی (زمان×گروه) بعد از انجام فوری مداخله توانبخشی در تعادل ایستای شاخص کلی ($F_{(1,42)}$:۱۰۵/۸۶، P<۰/۰۰۱، η_p^2=۰/۷۱۶)، قدامی‌خلفی ($F_{(1,42)}$:۴۸/۶۸، P<۰/۰۰۱، η_p^2=۰/۵۳۷)، داخلی‌خارجی ($F_{(1,42)}$:۵۷/۰۲، P<۰/۰۰۱، η_p^2=۰/۵۷۶) و تفاوت معنی‌داری دارد. در قسمت تعادل پویای شاخص کلی ($F_{(1,42)}$:۳۰/۳۷، P<۰/۰۰۱، η_p^2=۰/۴۲۰)، قدامی‌خلفی ($F_{(1,42)}$:۷۲/۷۰، P<۰/۰۰۱، η_p^2=۰/۶۳۴) و داخلی‌خارجی ($F_{(1,42)}$:۴۴/۹۸، P<۰/۰۰۱، η_p^2=۰/۵۱۷) تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (جدول شماره ۲).

همچنین نتایج آزمون تحلیل واریانس آمیخته با اندازه‌گیری مکرر نشان داد اثر تعاملی (زمان×گروه) در میزان خطای حس عمقی ۱۰ درجه دورسی فلکشن ($F_{(1,42)}$:۴۷/۰۲، P<۰/۰۰۱، η_p^2=۰/۵۲۸)، حس عمقی ۱۰ درجه پلانتارفلکشن ($F_{(1,42)}$:۴۶/۲۴، P<۰/۰۰۱، η_p^2=۰/۵۲۴) و حس عمقی ۲۰ درجه پلانتارفلکشن ($F_{(1,42)}$:۴۲/۰۰، P<۰/۰۰۱، η_p^2=۰/۵۲۰) تفاوت معنی‌داری دارد (جدول شماره ۳).

جدول ۲. مقایسه تعادل ایستا و پویا بین گروه‌های مطالعه در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

متغیر		گروه	میانگین±انحراف‌معیار		T	سطح معنی‌داری (P)	F	سطح معنی‌داری (P)**	اندازه اثر اتا
			پیش‌آزمون	پس‌آزمون					
تعادل ایستا	شاخص کلی	کنترل	۱/۸۴±۰/۵۱	۱/۸۲±۰/۴۸	۱/۷۸۹	۰/۰۸۸	۱۰۵/۸۶	<۰/۰۰۱	۰/۷۱۶
		وظایف دوگانه	۱/۸۳±۰/۴۶	۱/۱۳±۰/۲۷	۱۲/۲۴۷	<۰/۰۰۱*			
	شاخص قدامی‌خلفی	کنترل	۱/۱۱±۰/۴۹	۱/۰۹±۰/۳۴	۱/۰۹۷	۰/۲۸۵	۴۸/۶۸	<۰/۰۰۱	۰/۵۳۷
		وظایف دوگانه	۱/۱۰±۰/۴۷	۰/۷۹±۰/۲۰	۷/۷۳۹	<۰/۰۰۱*			
	شاخص داخلی‌خارجی	کنترل	۱/۰۸±۰/۳۸	۱/۰۹±۰/۲۷	۱/۳۶۹	۰/۰۶۰۱	۵۷/۰۲	<۰/۰۰۱	۰/۵۷۶
		وظایف دوگانه	۱/۰۹±۰/۵۶	۰/۷۷±۰/۲۴	۷/۵۱۸	<۰/۰۰۱*			
تعادل پویا	شاخص کلی	کنترل	۲/۰۴±۰/۵۷	۲/۰۹±۰/۷۰	۱/۸۵۷	۰/۰۷۷	۳۰/۳۷	<۰/۰۰۱	۰/۴۲۰
		وظایف دوگانه	۲/۱۰±۰/۶۴	۱/۵۳±۰/۵۶	۵/۲۱۵	<۰/۰۰۱*			
	شاخص قدامی‌خلفی	کنترل	۱/۹۶±۰/۶۵	۱/۹۵±۰/۵۷	۱/۲۳۶	۰/۹۹۱	۷۲/۷۰	<۰/۰۰۱	۰/۶۳۴
		وظایف دوگانه	۱/۹۷±۰/۷۴	۱/۲۵±۰/۳۶	۸/۵۲۸	<۰/۰۰۱*			
	شاخص داخلی‌خارجی	کنترل	۲/۱۳±۰/۸۷	۲/۱۶±۰/۹۴	۱/۶۴۲	۰/۱۱۶	۴۴/۹۵	<۰/۰۰۱	۰/۵۱۷
		وظایف دوگانه	۲/۱۸±۰/۹۱	۱/۳۰±۰/۶۶	۶/۵۸۳	<۰/۰۰۱*			

*: تفاوت معنی‌دار درون‌گروهی در آزمون تی همبسته، **: تفاوت معنی‌دار بین ۲ گروه در آزمون تحلیل واریانس آمیخته.

مجله تحقیقات سلامت در جامعه

بحث

مطالعه حاضر با هدف تأثیر پروتکل فوری وظایف دوگانه در مقایسه با گروه کنترل بر کنترل پاسچر ایستا و پویا و حس عمقی مفصل مچ پا در ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا انجام شد. فرضیه پژوهش این بود که توانبخشی فوری، عملکرد کنترل پاسچر ایستا و پویا را تقویت کرده و میزان خطای حس عمقی مفصل مچ پا را کاهش می‌دهد. پس از توانبخشی با تمرینات وظایف دوگانه فوری، این پروتکل به کاهش معنی‌دار میزان خطای حس عمقی و بهبود کنترل پاسچر ایستا و پویا در مقایسه با گروه کنترل منجر شد؛ بنابراین فرضیه مطرح‌شده در این کارآزمایی بالینی در چارچوب یک شرایط کنترل غیرفعال پشتیبانی شد.

جدول ۳. مقایسه میزان خطای حس عمقی بین گروه‌های مطالعه در پیش‌آزمون و پس‌آزمون.

متغیر	گروه	میانگین±انحراف‌معیار		T	P	F	P**	اندازه اثر اتا
		پیش‌آزمون	پس‌آزمون					
حس عمقی ۱۰ درجه دورسی‌فلکشن	کنترل	۲۱/۰۸±۳/۲	۲۶/۱۱±۳/۲	۱/۷۱	۰/۱۰۲	۴۷/۰۲	<۰/۰۰۱	۰/۵۲۸
	وظایف دوگانه	۳۹/۵۲±۳/۱	۸۳/۲۱±۲/۱	۸/۲۹	<۰/۰۰۱*			
حس عمقی ۱۰ درجه پلانتارفلکشن	کنترل	۴۸/۱۴±۳/۲	۴۵/۶۶±۳/۱	۱/۷۲	۰/۰۹۹	۴۶/۲۴	<۰/۰۰۱	۰/۵۲۴
	وظایف دوگانه	۱۹/۹۱±۳/۱	۷۲/۰۲±۲/۱	۶/۵۷	<۰/۰۰۱*			
حس عمقی ۲۰ درجه پلانتارفلکشن	کنترل	۵۴/۸۷±۴/۱	۳۰/۲۱±۴/۱	۱/۴۲	۰/۱۷۰	۴۲/۰۰	<۰/۰۰۱	۰/۵۲۰
	وظایف دوگانه	۲۰/۷۰±۴/۱	۳۵/۲۳±۳/۱	۷/۸۰	<۰/۰۰۱*			

*: تفاوت معنی‌دار درون‌گروهی در آزمون تی همبسته، **: تفاوت معنی‌دار بین ۲ گروه در آزمون تحلیل واریانس آمیخته.

مجله تحقیقات سلامت در جامعه

یافته‌های مطالعه حاضر با کارآزمایی‌های بالینی مشابه قبلی چای و همکاران (۲۰۲۴) و یلفانی و همکاران (۲۰۲۳) هم‌راستا است [۱۴، ۲۴]؛ بنابراین تمرینات وظایف دوگانه ممکن است اهمیت بالینی برای بهبود عملکرد سیستم عصبی مرکزی در ورزشکاران مرد و زن داشته باشد. بی‌ثباتی مزمن مچ پا در هر دو گروه ورزشکار مرد و زن شایع است [۲۵]. این مطالعه بر روی ورزشکاران مرد و زن مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا انجام شد. یافته‌ها نشان می‌دهد ترکیب هم‌زمان چالش‌های شناختی و عصبی‌عضلانی می‌تواند عملکرد حسی‌حرکتی را در افراد مبتلابه بی‌ثباتی مزمن مچ پا بهبود ببخشد و از به‌کارگیری این رویکرد به‌عنوان یک مداخله مؤثر در برنامه‌های توان‌بخشی حمایت می‌کند.

برای دستیابی به پایداری مفصل، گیرنده‌های مکانیکی محیطی نظیر لیگامان‌ها، گیرنده‌های پوستی و تاندونی، طی بارگذاری مفصل پتانسیل‌های عمل را ازطریق آکسون‌های آوران به نخاع منتقل می‌کنند [۲۶]. این سیگنال‌های حسی سپس ازطریق تالاموس به قشر حسی‌پیکری اولیه در سیستم عصبی مرکزی[8] (CNS) می‌رسند [۲۷]. اختلال در این مسیرهای آوران حسی می‌تواند سبب کاهش دقت حسی مفصل مچ پا در قشر مغز شود. این تغییرات به‌ویژه در نواحی حسی‌حرکتی مرکزی، قشر آهیانه‌ای و نواحی مرتبط با یکپارچگی حسی مشاهده می‌شود و درنهایت به اختلال در زمان‌بندی فعال‌سازی عضلات اطراف مچ پا، افزایش نوسانات پاسچر و کاهش توانایی کنترل تعادل منجر می‌شود [۲۸، ۲۹]. چای و همکاران (۲۰۲۳) نتیجه گرفتند کاهش توانایی حفظ تعادل یا کنترل پاسچر ممکن است میزان آسیب مجدد را در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا افزایش دهد و بسیاری از ورزشکاران تفریحی یا حرفه‌ای به سطح بالایی از عملکرد به بار شناختی نیاز دارند [۱۴]. اختلال کنترل پاسچرال ناشی از ترکیبی از اختلالات کنترل عصبی‌عضلانی و اختلال در حس عمقی است که در اثر آسیب مفصلی ایجاد می‌شوند؛ این اختلالات در ادامه، مکانیسم آگاهی پویای مفصل را محدود کرده و فرد را مستعد آسیب مجدد و بی‌ثباتی می‌کند [۲۸، ۲۹]. باتوجه‌به نتایج به نظر می‌رسد تمرینات وظایف دوگانه توانسته است حس عمقی و نوسانات پاسچر را اصلاح کند مکانیسم این تمرینات به نظر می‌رسد افزایش بار شناختی بوده است. عملکرد شناختی مغز عاملی مهم در بهبود تعادل است [۳۰]. به نظر می‌رسد این بهبودی عمدتاً به‌دلیل ترکیب عوامل عصبی [۳۱] و افزایش فعالیت عضلات کانسنتریک و اکسنتریک در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا بوده است [۳۲].

سیمپسون و همکاران (۲۰۱۹) مشاهده کردند اختلالات بی‌ثباتی مزمن مچ پا، عملکرد حسی‌حرکتی، کنترل وضعیت بدن ایستا و راه رفتن را مختل می‌کند. همچنین باتوجه‌به تغییرات سیستم عصبی مرکزی به علت اختلال حس عمقی تغییرات در سیستم عصبی‌شناختی اتفاق می‌افتد [۱۴]. تان و همکاران (۲۰۲۳) گزارش کردند افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا در مقایسه با افراد سالم، عملکرد عصبی‌شناختی ضعیف‌تری دارند [۳۳]. اختلال حس عمقی بعد از آسیب در ارسال پیام به سیستم عصبی مرکزی با اختلال روبه‌رو می‌شود و سیستم عصبی مرکزی قادر به دریافت پیام صحیح از گیرنده‌های مفصلی نیست [۳۴]. تمرینات دوگانه با این مکانیسم که پردازش هم‌زمان انجام می‌شود، منابع شناختی تقویت می‌شود و درنهایت کنترل حرکتی توسط مغز به صورت خودکار انجام می‌شود [۳۵]؛ بنابراین زمانی که این دو تکلیف به‌طور هم‌زمان انجام شوند، ممکن است ثبات پاسچر، عملکرد تکلیف شناختی، یا هر دو دچار افت شوند. تمرینات وظیفه دوگانه اغلب در محیط‌های آزمایشگاهی به‌عنوان یک شرایط کنترل‌شده برای شبیه‌سازی بیشتر وظایف دنیای واقعی و درک چگونگی واکنش افراد به وظایف فیزیکی تحت نیازهای عصبی‌شناختی استفاده می‌شود [۳۵]. تمرینات وظایف دوگانه مکانیسمی کلیدی است که می‌تواند به‌عنوان یک رویکرد عملی و مکمل به پر کردن شکاف بین محیط‌های واقعی روزانه و ورزشی با پروتکل توانبخشی کنترل‌شده و نیازهای چندگانه ورزشی و روزانه کمک کند.

این پژوهش دارای چندین محدودیت بوده است که بر نتایج پژوهش ممکن است اثرگذار باشد؛ بنابراین نتایج باید با احتیاط تعمیم داده شوند، اولین محدودیت در این پژوهش اثر فوری تمرینات وظایف دوگانه است که باید گفت اثر طولانی‌مدت مورد سنجش قرار نگرفته است. دومین محدودیت استفاده نکردن از گروه‌های مداخله مجزای تمرینات عصبی‌عضلانی و تمرینات شناختی به‌صورت مستقل بود. اگرچه وجود چنین گروه‌هایی می‌توانست امکان تفکیک دقیق‌تر سهم هریک از مؤلفه‌های تمرینی را در تغییرات مشاهده‌شده فراهم کند، اما محدودیت در دسترسی به آزمودنی‌های واجد شرایط مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا، مانع از تشکیل گروه‌های بیشتر شد. بااین‌حال مطالعات گذشته اثر تمرینات عصبی‌عضلانی و تمرینات شناختی را به‌صورت مستقل بررسی کرده‌اند و پژوهش حاضر بر اثربخشی رویکرد ترکیبی و وظایف دوگانه تمرکز داشت.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد اثر فوری تمرینات وظایف دوگانه می‌تواند کنترل پاسچر و حس عمقی مفصل مچ پا را بهبود دهد. باتوجه‌به اینکه بهبود در متغیرهای پژوهش مشاهده شد، گنجاندن این تمرینات در برنامه‌های توانبخشی روزانه ممکن است عملکرد سیستم عصبی مرکزی را در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا ارتقا دهد؛ بنابراین تمرینات وظایف دوگانه (شناختی‌حرکتی) می‌تواند به‌عنوان یک جزء مکمل ارزشمند در پروتکل‌های توانبخشی برای ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا مؤثر عمل کند.

8. Central Nervous System (CNS)

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این مطالعه در کمیته اخلاق دانشگاه بوعلی سینا همدان (IR.BASU.REC.1404.032) با کد کار آزمایی بالینی (IRCT20251017067658N1) در مرکز ثبت کارآزمایی بالینی ایران تأیید و ثبت شد. این مطالعه براساس معاهده هلسینکی (۲۰۰۸) انجام شد و تمامی موارد اخلاق در پژوهش رعایت شدند.

حامی مالی

این پژوهش هیچ‌گونه کمک مالی از سازمان‌های دولتی، خصوصی و غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

طراحی، ایده‌پردازی، جمع‌آوری داده‌ها، نگارش مقاله و ویرایش مقاله: مسعود عزیزیان؛ نظارت و ویرایش مقاله: علی یلفانی؛ نگارش مقاله، ویرایش مقاله و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها: بهنام غلامی بروجنی.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از تمامی کسانی که در اجرای موفق این پژوهش مشارکت داشته‌اند، تشکر می‌کنند.

References

[1] Bielska IA, Wang X, Lee R, Johnson AP. The health economics of ankle and foot sprains and fractures: A systematic review of English-language published papers. Part 2: The direct and indirect costs of injury. Foot (Edinb). 2019; 39:115-21. [DOI:10.1016/j.foot.2017.07.003] [PMID]

[2] Mazaheri M, Salavati M, Negahban H, Sohani SM, Taghizadeh F, Feizi A, et al. Reliability and validity of the Persian version of Foot and Ankle Ability Measure (FAAM) to measure functional limitations in patients with foot and ankle disorders. Osteoarthritis Cartilage. 2010; 18(6):755-9. [DOI:10.1016/j.joca.2010.03.006] [PMID]

[3] Hadadi M, Ebrahimi Takamjani I, Ebrahim Mosavi M, Aminian G, Fardipour S, Abbasi F. Cross-cultural adaptation, reliability, and validity of the Persian version of the Cumberland Ankle Instability Tool. Disabil Rehabil. 2017; 39(16):1644-9. [DOI:10.1080/09638288.2016.1207105] [PMID]

[4] Fakontis C, Iakovidis P, Kasimis K, Lytras D, Koutras G, Fetlis A, et al. Efficacy of resistance training with elastic bands compared to proprioceptive training on balance and self-report measures in patients with chronic ankle instability: A systematic review and meta-analysis. Phys Ther Sport. 2023; 64:74-84. [DOI:10.1016/j.ptsp.2023.09.009] [PMID]

[5] Alahmari KA, Kakaraparthi VN, Reddy RS, Silvian P, Tedla JS, Rengaramanujam K, Ahmad I. Combined effects of strengthening and proprioceptive training on stability, balance, and proprioception among subjects with chronic ankle instability in different age groups: Evaluation of clinical outcome measures. Indian J Orthop. 2020; 55(Suppl 1):199-208. [DOI:10.1007/s43465-020-00192-6] [PMID] [PMCID]

[6] Alfaya FF, Reddy RS, Alshahrani MS, Tedla JS, Dixit S, Gular K, et al. Investigating the mediating role of pain in the relationship between ankle joint position sense and balance assessed using computerized posturography in individuals with unilateral chronic ankle instability: A cross-sectional study. Appl Sci. 2023; 13(14):8169. [DOI:10.3390/app13148169]

[7] Yalfani A, Gholami Borujeni B, Ahmadnezhad L, Esmi S. [The effect of aquatic therapy on the balance and hamstring flexibility in females with chronic low back pain (Persian)]. Iran J Rehabil Res Nurs. 2017; 3(3):39-47 [Link]

[8] Anguish B, Sandrey MA. Two 4-week balance-training programs for chronic ankle instability. J Athl Train. 2018; 53(7):662-71. [DOI:10.4085/1062-6050-555-16] [PMID] [PMCID]

[9] Arunakul M, Arunakul P, Suesiritumrong C, Angthong C, Chernchujit B. Validity and reliability of Thai version of the foot and ankle ability measure (FAAM) subjective form. J Med Assoc Thai. 2015; 98(6):561-7. [PMID]

[10] Attenborough AS, Hiller CE, Smith RM, Stuelcken M, Greene A, Sinclair PJ. Chronic ankle instability in sporting populations. Sports Med. 2014; 44(11):1545-56. [DOI:10.1007/s40279-014-0218-2] [PMID]

[11] Azizian M, Yalfani A, Gholami-Borujeni B. Comparing the effect of combined and conventional rehabilitation protocols on psychological indicators in people with chronic ankle instability: A systematic review. Phys Treat Spec Phys Ther J. 2015; 15(4):255-64. [DOI:10.32598/ptj.15.4.654.1]

[12] Kozinc Ž, Ferjančič S. Epidemiology, risk factors and conservative treatment of chronic ankle instability: A review of systematic reviews. Chronic ankle instability review. Kinesiol Slov. 2023; 29(3):101-18. [DOI:10.52165/kinsi.29.3.101-118]

[13] Chen H, Li Q, Chen Y, Liu H, Wan X. The effects of different types of dual-task gait training on lower-limb coordination during dual-task gait in patients with stroke: A single-blind randomized controlled trial. BMC Sports Sci Med Rehabil. 2026; 18(1):68. [DOI:10.1186/s13102-025-01511-w] [PMID] [PMCID]

[14] Chai L, Sun X, Huang Q, Huang T, Guo X, Liu H. Cortical changes of dual cognitive-task balance training in patients with chronic ankle instability: A randomized trial. J Athl Train. 2024; 59(11):1077-88. [DOI:10.4085/1062-6050-0463.23] [PMID] [PMCID]

[15] Shalom A, Gottlieb R, Calleja-Gonzalez J. Cognitive-Motor Dual-Task Training (CMDT) Approaches for Performance, Recovery, Injury Prevention, Rehabilitation, and Return to Sport in Soccer: A Narrative Review with Practical Recommendations for Soccer Clubs. J Funct Morphol Kinesiol. 2026; 11(2):196. [DOI:10.3390/jfmk11020196] [PMID] [PMCID]

[16] Yalfani A, Azizian M, Gholami-Borujeni B. Neurofeedback training can increase the effectiveness of neuromuscular training on balance and limit of stability of athletes with chronic ankle instability: Three arms and single-blind randomized control trial. Sport Sci Health. 2024; 20(4):1343-52. [DOI:10.1007/s11332-024-01212-w]

[17] Gribble PA, Delahunt E, Bleakley C, Caulfield B, Docherty C, Fourchet F, et al. Selection criteria for patients with chronic ankle instability in controlled research: A position statement of the International Ankle Consortium. J Orthop Sports Phys Ther. 2013; 43(8):585-91. [PMID] [DOI:10.2519/jospt.2013.0303] [PMID] [PMCID]

[18] Watson EL, Bearden AC, Doughton JH, Needle AR. The effects of multiple modalities of cognitive loading on dynamic postural control in individuals with chronic ankle instability. Gait Posture. 2020; 79:10-15. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2020.03.019] [PMID]

[19] Hertel J, Corbett RO. An updated model of chronic ankle instability. J Athl Train. 2019; 54(6):572-88. [DOI:10.4085/1062-6050-344-18] [PMID] [PMCID]

[20] Testerman C, Vander Griend R. Evaluation of ankle instability using the Biodex Stability System. Foot Ankle Int. 1999; 20(5):317-21. [DOI:10.1177/107110079902000510] [PMID]

[21] Youssef NM, Abdelmohsen AM, Ashour AA, Elhafez NM, Elhafez SM. Effect of different balance training programs on postural control in chronic ankle instability: A randomized controlled trial. Acta Bioeng Biomech. 2018; 20(2):159-69. [PMID]

[22] Shi X, Ganderton C, Tirosh O, Adams R, Ei-Ansary D, Han J. Test-retest reliability of ankle range of motion, proprioception, and balance for symptom and gender effects in individuals with chronic ankle instability. Musculoskelet Sci Pract. 2023; 66:102809. [DOI:10.1016/j.msksp.2023.102809] [PMID]

[23] Yekdaneh A, Mutlu ÇY. Effects of Balance and Strength Training for Ankle Proprioception in People with Chronic Ankle Instability: A Randomized Controlled Study. J Am Podiatr Med Assoc. 2024; 114(3):23-008. [DOI:10.7547/23-008] [PMID]

[24] Shen Y, Liu M, Lai T, Zhang J, Yang C, Zheng L. Effects of different support surfaces on postural stability and sensorimotor cortex activation among individuals with chronic ankle instability. Front Sports Act Living. 2026; 8:1754699. [DOI:10.3389/fspor.2026.1754699] [PMID] [PMCID]

[25] Rosen AB, McGrath ML, Maerlender AL. Males with chronic ankle instability demonstrate deficits in neurocognitive function compared to control and copers. Res Sports Med. 2021; 29(2):116-28. [DOI:10.1080/15438627.2020.1723099] [PMID] [PMCID]

[26] Rosen AB, Yentes JM, McGrath ML, Maerlender AC, Myers SA, Mukherjee M. Alterations in cortical activation among individuals with chronic ankle instability during single-limb postural control. J Athl Train. 2019; 54(6):718-26. [DOI:10.4085/1062-6050-448-17] [PMID] [PMCID]

[27] Sherman DA, Baumeister J, Stock MS, Murray AM, Bazett-Jones DM, Norte GE. Brain activation and single-limb balance following anterior cruciate ligament reconstruction. Clin Neurophysiol. 2023; 149:88-99. [DOI:10.1016/j.clinph.2023.02.175] [PMID]

[28] Park HS, Oh JK, Kim JY, Yoon JH. The Effect of Strength and Balance Training on Kinesiophobia, Ankle Instability, Function, and Performance in Elite Adolescent Soccer Players with Functional Ankle Instability: A Prospective Cluster Randomized Controlled Trial. J Sports Sci Med. 2024; 23(1):593-602. [DOI:10.52082/jssm.2024.593] [PMID] [PMCID]

[29] Mohammadi A, Sakhtemani SE, Trimmel L, Petricsevics K, Makai A, Zsenak I, et al. Investigating the Combined Effects of Fascial Distortion Model Manual Therapy and Balance-Strength Training in Individuals with Chronic Ankle Instability. Sports (Basel). 2024; 12(1):33. [DOI:10.3390/sports12010033] [PMID] [PMCID]

[30] Wang L, Yu G, Chen Y. Effects of dual-task training on chronic ankle instability: A systematic review and meta-analysis. BMC Musculoskelet Disord. 2023; 24(1):814. [DOI:10.1186/s12891-023-06944-3] [PMID] [PMCID]

[31] Beyraghi Z, Khanmohammadi R. No additive effect of transcranial direct current stimulation on balance exercises for brain activity and clinical outcomes in patients with chronic ankle instability: A randomised controlled trial. BMJ Open Sport Exerc Med. 2025; 11(2):e002401. [DOI:10.1136/bmjsem-2024-002401] [PMID] [PMCID]

[32] Maricot A, Dick E, Walravens A, Pluym B, Lathouwers E, De Pauw K, et al. Brain neuroplasticity related to lateral ankle ligamentous injuries: A systematic review. Sports Med. 2023; 53(7):1423-43. [DOI:10.1007/s40279-023-01834-z] [PMID]

[33] Tan J, Li J, Lei J, Lu S, Feng Y, Ma T, et al. Effects of whole-body vibration on sensorimotor deficits and brain plasticity among people with chronic ankle instability: A study protocol for a single-blind randomized controlled trial. BMC Sports Sci Med Rehabil. 2023; 15(1):88. [DOI:10.1186/s13102-023-00698-0] [PMID] [PMCID]

[34] Ma T, Liu C, Li H, Xu X, Wang Y, Tao W, et al. Rehabilitation increases cortical activation during single-leg stance in patients with chronic ankle instability. Asia Pac J Sports Med Arthrosc Rehabil Technol. 2023; 35:65-70. [DOI:10.1016/j.asmart.2023.11.008] [PMID] [PMCID]

[35] Johansson H, Folkerts AK, Hammarström I, Kalbe E, Leavy B. Effects of motor-cognitive training on dual-task performance in people with Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis. J Neurol. 2023; 270(6):2890-907. [DOI:10.1007/s00415-023-11610-8] [PMID] [PMCID]