Sport. Med. Stud, 2025, 17 (43): 33-50, DOI: 10.22089/smj.2025.17395.1780

Sport Medicine Studies

Journal hompage: https://smj.ssrc.ac.ir

Research Article

The Effectiveness of Neuromuscular Exercises with and without Cognitive Intervention on Strength and Postural Control Variables in Female Athletes Prone to Lateral Ankle Sprain: A Randomized Controlled Trial

Mina Mansouri[1], Farzaneh Saki[2*], Farzaneh Ramezani [3]

1. Department of Exercise Rehabilitation, Faculty of Sports Science, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
2. Department of Exercise Rehabilitation, Faculty of Sports Science, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
3. Department of Exercise Rehabilitation, Faculty of Sports Science, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

Received: 10/11/2024, Accepted: 17/03/2025, Online Published: 17/03/2025

* Corresponding Author: Farzaneh Saki, E-mail: f_saki@basu.ac.ir

How to Cite: Mansouri, M; Saki, F; & Ramezani, F. (2025). The Effectiveness of Neuromuscular Exercises with and without Cognitive Intervention on Strength and Postural Control Variables in Female Athletes Prone to Lateral Ankle Sprain: A Randomized Controlled Trial. *Sport Medicine Studies*, 17(43), 33-50. In Persian. DOI: 10.22089/smi.2025.17395.1780

Extended Abstract

Background and Purpose

Ankle sprains, especially lateral ankle sprains, are among the most prevalent musculoskeletal injuries in physically active populations, particularly athletes engaged in running, jumping, and pivoting sports. These injuries occur when the ankle is forced to twist excessively, leading to the disruption or stretching of stabilizing ligaments. The consequences can be severe and long-lasting, including chronic pain, swelling, instability, and functional limitations. Studies have demonstrated that approximately 20–30% of athletes sustain at least one ankle sprain during their competitive career, and nearly 75% of these individuals go on to develop chronic ankle instability (CAI). This chronic condition often results in recurrent sprains, impaired postural control, and decreased performance capacity in dynamic tasks.

Mounting evidence identifies poor postural control and impaired dynamic balance as key risk factors for sprains. For instance, athletes demonstrating suboptimal dynamic balance are up to seven times more likely to sustain an ankle sprain. Similarly, athletes scoring poorly on the dynamic Y-Balance Test have a 48% higher likelihood of suffering an ankle injury compared with their balanced counterparts. Effective postural control depends on adequate ankle muscle strength and a well-coordinated neuromuscular system capable of stabilizing the body during dynamic movements.

Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Scientific consensus indicates that therapeutic and preventive interventions aimed at strengthening ankle musculature, improving proprioceptive awareness, and minimizing postural sway can substantially improve balance and reduce the risk of injury recurrence. Neuromuscular and sensorimotor exercises, which combine balance, coordination, proprioception, and resistance have proven effective in enhancing the stability of the ankle joint and preventing further injury. These training regimens encourage the nervous system to develop optimal motor strategies and improve the coordination of joint stabilizers, making them integral to both prevention and rehabilitation programs.

Alongside neuromuscular training, cognitive interventions and dual-task exercises are gaining attention in contemporary sports rehabilitation research. The dual-task paradigm integrates cognitive and physical challenges simultaneously, aiming to replicate real-life athletic scenarios where athletes must execute complex motor tasks while processing cognitive information such as decision-making, reaction, and anticipation. Evidence suggests that coupling cognitive demands with motor activity promotes greater activation of cortical and sensorimotor regions in the brain, thereby improving both balance performance and neuromuscular control.

Given this background, the purpose of the current study was to investigate the combined effects of neuromuscular and cognitive interventions on ankle muscle strength and postural control in female athletes derived from sports disciplines associated with frequent ankle sprains. The working hypothesis was that neuromuscular training combined with dual-task cognitive exercises would generate greater improvements in ankle strength and more pronounced reductions in postural sway compared to neuromuscular training alone in female athletes exhibiting dynamic balance deficits.

Methods

This study adopted a randomized controlled trial design incorporating pre-test and post-test measurements to evaluate intervention outcomes. Ethical approval was granted by the Ethics Committee of Bu-Ali Sina University(code: IR.BASU.REC.1402.022), and the project was registered nationally in the Iranian Registry of Clinical Trials (ID: IRCT20230619058535N1). Participants were informed about the study procedures and objectives and provided signed consent.The study population consisted of female athletes aged 15–30 years who had been continuously involved in structured sporting activities for at least three years. Using objective assessments, 36 athletes exhibiting measurable dynamic balance deficits were identified via performance on two widely recognized balance tests: (1) a score below 94% on the Y-Balance Test (Plisky, 2006), and (2) a score below 80% on the Noronha Test (2013) in the posterior–external direction of the dominant limb.

Qualified participants were randomly allocated to one of two groups:

- Group A: Neuromuscular exercises with cognitive interventions (n = 18)
- Group B: Neuromuscular exercises without cognitive interventions (n = 18)

At baseline, participants completed demographic and training history questionnaires, including previous injury status. Ankle muscle strength was objectively measured using a calibrated hand-held dynamometer, evaluating plantarflexor, dorsiflexor, inverter, and evertor muscle groups. Postural control was quantified via a computerized force platform (foot scan system), evaluating both eyes-open and eyes-closed conditions.

The training intervention spanned eight weeks, with three sessions per week lasting 45–60 minutes per session. Both cohorts performed structured neuromuscular exercise protocols targeting lower-extremity alignment, proprioception, strength, and plyometric capacity. Exercises included balance board training, single-leg hops, resistance band drills, and controlled landing mechanics. The experimental group incorporated additional cognitive tasks, such as backward counting in sequences of seven from random starting values, performed synchronously with each

exercise. The cognitive challenge was designed to simulate the multitasking and divided attention environments athletes experience in real competition.

All pre- and post-training measurements were conducted under identical conditions. Data analysis employed SPSS version 26, verifying distribution normality using the Shapiro–Wilk test. Descriptive statistics (means, SDs) characterized baseline and outcome variables, and a repeated-measures ANOVA evaluated within- and between-group changes across time and condition. Statistical significance was maintained at $p \leq 0.05$ throughout all analyses.

Results

Baseline demographic and anthropometric variables showed no significant differences between groups ($p > 0.05$), confirming comparable conditions before intervention.

The repeated-measures ANOVA showed significant improvements across time for most variables but differential gains between the two interventions. Specifically, participants in the dual-task group exhibited statistically significant enhancements in plantarflexor strength ($p = 0.008$) and evertor strength ($p = 0.004$) relative to the neuromuscular-only group, reflecting superior capacity for ankle stabilization. Conversely, no significant between-group differences were observed for dorsiflexor ($p = 0.323$) or invertor strength ($p = 0.932$). Overall, both groups demonstrated meaningful pre-to-post improvements in ankle muscle force production ($p < 0.05$).

With respect to postural control indices, the time × group interaction effects were non-significant ($p > 0.05$), suggesting both programs improved balance but to similar extents. Nonetheless, within-group comparisons revealed substantial improvements in internal–external sway, anterior–posterior sway, center of pressure (COP) path distance, and elliptical area, particularly under eyes-open conditions ($p < 0.05$). Under eyes-closed conditions, however, adjustments in internal–external sway and COP distance failed to reach significance ($p > 0.05$) for either group, possibly due to reliance on visual cues or limited training adaptation.

These findings collectively indicate that neuromuscular training effectively increased proprioceptive efficiency and ankle stability, while combining cognitive tasks further amplified specific muscle strength outcomes. The lack of group difference in postural control may suggest that longer durations or higher cognitive loads are needed to induce measurable sensorimotor adaptations.

Conclusion

This randomized controlled trial explored how pairing neuromuscular and cognitive interventions influences ankle strength and balance performance in female athletes prone to lateral ankle sprains. The results reveal that while both interventions lead to significant gains in muscle strength and postural stability, introducing concurrent cognitive challenges yields greater improvements in plantarflexor and evertor strength, muscles vital for mediolateral ankle control and injury mitigation.

However, the combined approach did not produce statistically superior results in postural sway reduction, implying that dynamic balance improvements are influenced more by physical than cognitive exercise components within the eight-week timeframe. It is plausible that cognitive dual-tasking primarily enhances motor unit recruitment and attentional allocation during complex functional movements, which might require prolonged training exposure to translate into measurable balance performance indices.

From a mechanistic viewpoint, neuromuscular programs improve the sensorimotor loop by enhancing proprioceptive input and muscle responsiveness. Cognitive load integration, meanwhile, may improve central processing efficiency and attentional focus, fostering multi-domain adaptations essential for sports performance. Collectively, these functions are pivotal to mitigating injury risk, particularly among athletes with preexisting balance deficits.

In practical terms, incorporating cognitive challenges—such as reaction, decision-making, or problem-solving tasks—into neuromuscular programs could make rehabilitation and prevention strategies more sport-specific. Coaches and clinicians should consider adding progressive cognitive loads to conditioning sessions, adjusting task complexity to ensure cognitive stimulation without compromising motor accuracy.

While neuromuscular and dual-task interventions demonstrated meaningful benefits, limitations of the present study include reliance on a specific age and gender demographic, relatively short intervention duration, and a homogeneous selection of sports. Future research should investigate mixed-gender cohorts, varied cognitive protocols (such as visual-spatial or decision-time tasks), and longitudinal effects to evaluate retention and re-injury prevention.

Overall, these findings underscore that neuromuscular training substantially enhances ankle strength and postural stability; however, when paired with cognitive tasks, the intervention achieves superior strength gains and potentially more durable neurological adaptations. Such integrated programs promise to advance preventive and rehabilitative care for athletes susceptible to ankle sprains.

Keywords: Neuromuscular Exercises, Dual Task, Postural Sways, Injury Prevention.

Article Message

Integrated cognitive and physical training outperforms physical training alone for improving ankle strength and balance in female athletes. The combined method yields greater gains in key leg muscles. This mind-body approach builds a more injury-resilient system.

Ethical Considerations

This research was approved by the Bu-Ali Sina University Ethics Committee (IR.BASU.REC.1402.022) and is registered in the Iranian Clinical Trial Registration Center (IRCT20230619058535N1). All participants gave written informed consent and were assured confidentiality under ethical research standards.

Authors' Contributions

- Conceptualization: Farzaneh Saki
- Data Collection: Mina Mansouri
- Data Analysis: Farzaneh Saki, Farzaneh Ramezani
- Manuscript Writing: Mina Mansouri, Farzaneh Ramezani
- Review and Editing: Farzaneh Saki
- Literature Review: Mina Mansouri, Farzaneh Ramezani
- Project Management: Farzaneh Saki

Conflict of Interest

The authors declare no conflicts of interest related to this study.

Acknowledgments

The authors express heartfelt appreciation to the athletes for their enthusiastic participation and to the research assistants who contributed to data acquisition and program supervision. The project did not receive any form of financial support or external funding.

مطالعات طب ورزشی، بهار ۱۴۰۳، دوره ۱۷، شماره ۴۳، صص ۵۰-۳۳، Doi: 10.22089/smj.2025.17395.1780

مطالعات طب ورزشی
Journal hompage: https://smj.ssrc.ac.ir

مقاله پژوهشی

اثربخشی تمرینات عصبی–عضلانی با و بدون مداخله شناختی بر قدرت و متغیرهای کنترل پاسچر در زنان ورزشکار مستعد اسپرین جانبی مچ پا: کارآزمایی تصادفی کنترل شده

مینا منصوری[۱]، فرزانه ساکی[۲*]، فرزانه رمضانی[۳]

۱. گروه توانبخشی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
۲. گروه توانبخشی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
۳. گروه توانبخشی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۲۰، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۷، تاریخ انتشار آنلاین:۱۴۰۳/۱۲/۲۷

*نویسنده مسئول: فرزانه ساکی، ایمیل f_saki@basu.ac.ir

How to Cite: Mansouri, M; Saki, F; & Ramezani, F. (2025). The Effectiveness of Neuromuscular Exercises with and without Cognitive Intervention on Strength and Postural Control Variables in Female Athletes Prone to Lateral Ankle Sprain: A Randomized Controlled Trial. *Sport Medicine Studies*, 17(43), 33-50. In Persian. DOI: 10.22089/smj.2025.17395.1780

چکیده

نقص تعادل به‌عنوان یک عامل خطر مهم برای اسپرین مچ پا شناخته می‌شود؛ به طوری که مطالعات نشان می‌دهند ورزشکاران با نقص تعادل پویا ۴۸ درصد بیشتر در معرض این آسیب قرار می‌گیرند. هدف این مطالعه، بررسی اثربخشی تمرینات عصبی-عضلانی، با و بدون مداخله شناختی، در بهبود قدرت و شاخص‌های کنترل پاسچر در حالت ایستادن تک پا با چشمان باز و بسته در زنان ورزشکار مبتلا به نقص تعادل بود؛ بر این اساس، قدرت عضلات مچ پا و متغیرهای کنترل پاسچر ۳۶ ورزشکار دختر با نقص تعادل پویا، در رده سنی ۱۵ تا ۳۰ سال، با استفاده از دستگاه‌های دینامومتر دستی و فوت اسکن اندازه‌گیری شد. شرکت‌کنندگان به طور تصادفی به دو گروه ۱۸ نفر تقسیم شدند: گروه تمرین (تمرینات عصبی-عضلانی با مداخله شناختی) و گروه کنترل (تمرینات عصبی-عضلانی بدون مداخله شناختی). ارزیابی‌ها در هر دو گروه در دو مرحله قبل و بعد از مداخله انجام شد. داده‌ها با استفاده از آزمون آماری تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های تکراری تجزیه و تحلیل شدند (P<۰/۰۵). نتایج نشان داد که اثر تعاملی زمان بر گروه‌ها در متغیرهای قدرت پلانتار فلکسور و اورژن معنادار بود؛ در حالی که برای سایر متغیرها این نتایج معنادار نبود. همچنین مقایسه‌های زوجی نشان‌دهنده بهبود معنادار در تمامی متغیرها به‌جز نوسانات داخلی-خارجی در حالت چشم‌بسته و طول مسیر جابه‌جایی مرکز فشار در شرایط مشابه بود. این نتایج نشان می‌دهد که گنجاندن تکالیف شناختی دوگانه در پروتکل‌های تمرینات عصبی-عضلانی می‌تواند باعث بهبود بیشتر در قدرت و کنترل وضعیتی شود و به طور بالقوه خطر آسیب را در ورزشکاران با اختلالات تعادل کاهش دهد.

واژگان کلیدی: تمرینات نوروماسکولار، تکلیف دوگانه، نوسانات پاسچر، پیشگیری از آسیب.

Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

مقدمه

اسپرین جانبی مچ پا یکی از شایع‌ترین آسیب‌های اسکلتی عضلانی در میان جوانان و افراد فعال است (۱). این نوع آسیب به‌ویژه در بین ورزشکاران و افرادی که فعالیت بدنی زیادی دارند، بسیار رایج است. تحقیقات نشان می‌دهد که اسپرین مچ پا درصد چشمگیری از کل آسیب‌های ورزشی را تشکیل می‌دهد و تخمین زده می‌شود که حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد از افرادی که در ورزش شرکت می‌کنند، در طول زندگی خود دچار این آسیب می‌شوند (۲). این آسیب که با پیچ‌خوردن مچ پا رخ می‌دهد، می‌تواند به درد، تورم و بی‌ثباتی مزمن منجر شود. پیامدهای اسپرین مچ پا فراتر از درد و تورم اولیه است و اگر به‌درستی مدیریت نشود، ممکن است به بی‌ثباتی مزمن، رگ‌به‌رگ شدن مکرر و مشکلات مفصلی طولانی‌مدت منجر شود. براساس گزارش‌ها، ۷۵ درصد از افرادی که دچار اسپرین جانبی مچ پا می‌شوند، به بی‌ثباتی مزمن مبتلا می‌شوند (۳). اگرچه بسیاری از افراد در مدت شش هفته به فعالیت‌های خود بازمی‌گردند، اما بخش درخورتوجهی از آن‌ها درد مداوم و محدودیت‌های عملکردی پس از آسیب اولیه را گزارش می‌کنند (۲). این بی‌ثباتی مزمن می‌تواند به طور چشمگیری بر توانایی فرد برای شرکت در ورزش و فعالیت‌های روزانه تأثیر بگذارد و منجر به کاهش کیفیت زندگی و افزایش هزینه‌های مراقبت‌های بهداشتی شود.

با توجه به نگرانی‌های ورزشکاران، مربیان و دست‌اندرکاران از بروز این آسیب، تحقیقات متعددی برای شناسایی و کنترل عوامل مؤثر در آسیب انجام شده است (۴). یافته‌ها نشان می‌دهد که کنترل ضعیف پاسچر با افزایش خطر اسپرین مچ پا مرتبط است. مک‌گواین در یک مطالعه با ارزیابی تعادل از طریق آزمون ایستادن روی یک پا نشان داد که بازیکنان با تعادل ضعیف‌تر در مقایسه با بازیکنان با تعادل خوب، تقریباً هفت‌برابر بیشتر دچار اسپرین مچ پا می‌شوند (۵). همچنین یافته‌های متعددی نشان می‌دهد که عملکرد ضعیف در تعادل پویا که توسط آزمون Y ارزیابی می‌شود، می‌تواند با افزایش خطر اسپرین مچ پا مرتبط باشد (۷، ۶)؛ به عنوان مثال، نورن‌ها و همکاران گزارش کردند، افرادی که در آزمون تعادل پویا Y نقص دارند، ۴۸ درصد بیشتر در معرض خطر اسپرین مچ پا قرار دارند (۷). همچنین پلیسکی در مطالعه‌ای نشان داد که کنترل پویا پاسچر که با آزمون تعادل Y ارزیابی شد، می‌تواند پیش‌بینی‌کننده آسیب‌های اندام تحتانی باشد. نتایج این مطالعه نشان داد، دخترانی که نمرات ترکیبی کمتر از ۹۴ درصد طول اندامشان را در سه جهت این آزمون کسب کردند، ۶/۵ برابر بیشتر در معرض خطر آسیب‌های اندام تحتانی قرار دارند (۶).

حفظ کنترل پاسچر پویا نیازمند قدرت کافی عضلات مچ پا و کنترل وضعیتی مناسب است. مطالعات نشان داده‌اند که دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا و قدرت عضلات با عملکرد تعادل پویا همبستگی مثبت دارد. به طور خاص، استحکام بیشتر در عضلات پلانتار فلکسور و دورسی فلکسور مچ پا می‌تواند عملکرد را در آزمون‌هایی مانند تعادل ستاره که تعادل پویا را ارزیابی می‌کند، بهبود بخشد (۹، ۸). همچنین قدرت مچ پا، به‌ویژه در جهت پلانتار فلکشن، به‌عنوان پیش‌بینی‌کننده مهم نوسان و ثبات وضعیتی شناخته شده است. افرادی که مچ پاهای قوی‌تری دارند، تمایل دارند کنترل بهتری بر مرکز فشار خود در طول کارهای ایستادن تک‌پا داشته باشند که برای جلوگیری از افتادن و صدمات بسیار مهم است (۱۰، ۸). این موضوع نشان می‌دهد که تقویت عضلات مچ پا و کاهش نوسانات وضعیتی از طریق تمرینات هدفمند می‌تواند استراتژی مؤثری برای بهبود تعادل و پیشگیری از آسیب‌های مچ پا باشد.

تمرین‌درمانی نقش مهمی در پیشگیری و توانبخشی اسپرین‌های جانبی مچ پا ایفا می‌کند. تمرینات عصبی-عضلانی و حسی-حرکتی به‌عنوان تکنیک‌های مؤثری برای بهبود تعادل، ثبات و کنترل وضعیتی شناخته شده‌اند (۱۱). این تمرینات برای پیشگیری از آسیب‌دیدگی و بهبود عملکرد ورزشکاران با بازیابی توان، قدرت و تعادل پا پس از آسیب استفاده می‌شوند (۱۲). برنامه‌های تمرین عصبی-عضلانی، چه با و چه بدون مداخلاتی مانند بریس یا تیپ، میزان بروز و عود اسپرین مچ پا را در جمعیت‌های ورزشی کاهش می‌دهند (۱۳). مطالعات اخیر بر اهمیت مداخلات شناختی و تمرینات

با تکالیف دوگانه در پیشگیری و بهبود آسیب تأکید کرده‌اند. نشان داده شده است، انجام تمرینات با تکالیف دوگانه که در آن یک کار فیزیکی هم‌زمان با یک کار شناختی انجام می‌شود، باعث بهبود تعادل و عملکرد بیمارانی می‌شود که در حال بهبودی پس از اسپرین مچ پا هستند. این رویکرد نه‌تنها توان‌بخشی فیزیکی را تقویت می‌کند، بلکه به جنبه‌های شناختی کنترل حرکتی نیز می‌پردازد که برای بازیابی مؤثر و پیشگیری از آسیب بسیار مهم است (۱۷-۱۴). ازآنجاکه تمرینات عصبی-عضلانی همراه با تکالیف دوگانه شناختی یک رویکرد تمرینی جدید به شمار می‌رود و تحقیقات کمی در این زمینه انجام شده است، لازم است مطالعات بیشتری صورت گیرد. هدف این مطالعات باید توسعه برنامه‌های پیشگیری از آسیب باشد؛ به طوری که تمرینات عصبی-عضلانی، فرایندهای ادراکی، شناختی و حرکتی را در بر بگیرد و با نیازهای خاص هر رشته ورزشی هماهنگ شود تا خطر بروز الگوهای حرکتی آسیب زا کاهش یابد (۱۸)؛ بر این اساس، هدف این پژوهش، بررسی اثربخشی تمرینات عصبی-عضلانی همراه با مداخلات شناختی بر قدرت و متغیرهای کنترل پاسچر در زنان ورزشکار مستعد اسپرین مچ پا بود. فرضیه مطالعه حاضر این است که تمرینات عصبی-عضلانی همراه با مداخلات شناختی می‌توانند تأثیر بهتری بر بهبود قدرت و کاهش نوسانات پاسچر در ورزشکاران زن با نقص تعادل داشته باشند.

روش پژوهش

این پژوهش مطالعه‌ای کاربردی و نیمه‌تجربی با طراحی پیش‌آزمون و پس‌آزمون بود. پیش از آغاز مطالعه، پروتکل تحقیق به تصویب کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه بوعلی سینا (IR.BASU.REC.1402.02) رسید و در سامانه کارآزمایی بالینی ایران با شماره ثبت 20230619058535N1 ثبت شد.

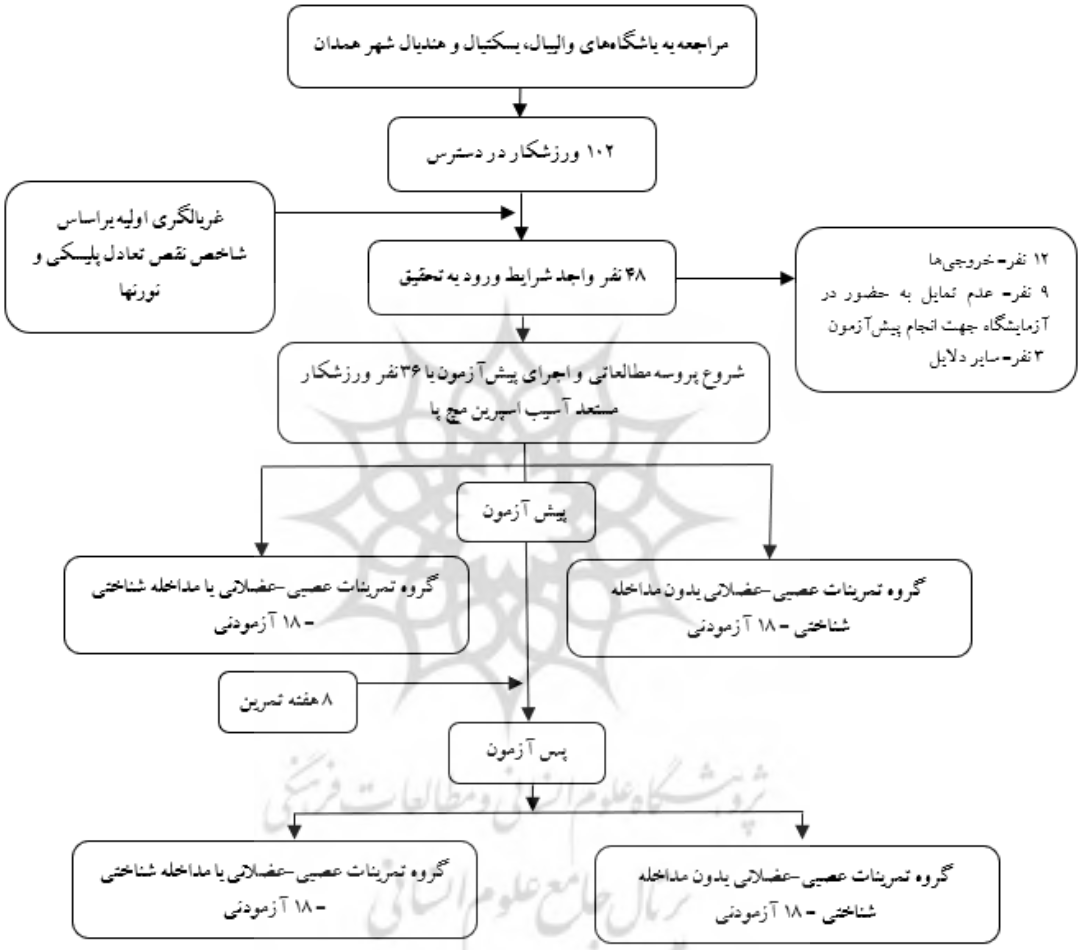
جامعه آماری این مطالعه شامل ورزشکاران دختر باشگاه‌های شهر همدان بود که در یکی از رشته‌های ورزشی والیبال، بسکتبال یا هندبال فعالیت داشتند. از میان جامعه آماری، ۳۶ ورزشکار دختر که دارای نقص تعادل پویا بودند، به‌طور هدفمند و براساس معیارهای ورود و خروج انتخاب شدند. سپس آزمودنی‌ها با استفاده از نرم‌افزار Random Number Generator نسخه ۱/۴ و با روش تخصیص تصادفی (پاکت‌های مهروموم و شماره‌گذاری شده) به دو گروه تمرین (گروه تمرینات عصبی-عضلانی با مداخله شناختی؛ ۱۸ نفر) و کنترل (گروه تمرینات عصبی-عضلانی بدون مداخله شناختی؛ ۱۸ نفر) تقسیم شدند (شکل ۱). حجم نمونه با استفاده از نرم‌افزار جی‌پاور[1] نسخه ۳/۱ تعیین شد. با در نظر داشتن قدرت ۰/۸۵، اندازه اثر ۰/۲۹ (۱۹) و سطح خطای ۰/۰۵، حداقل ۱۵ آزمودنی برای هر گروه کافی بود؛ با این حال، برای کاهش اثرات ناشی از ریزش احتمالی نمونه‌ها، تعداد ۱۸ آزمودنی برای هر گروه انتخاب شد.

معیارهای ورود به مطالعه شامل دختران ورزشکار در سنین ۱۵ تا ۳۰ سال بود که حداقل سه سال سابقه فعالیت ورزشی منظم در یکی از رشته‌های والیبال، بسکتبال یا هندبال داشتند. این ورزشکاران باید سه بار در هفته، هر بار به مدت یک و نیم ساعت ورزش می‌کردند، دارای BMI نرمال (بین ۲۰ تا ۲۵) بودند و نسبت به شاخص کلی تعادل در آزمون Y به روش پلیسکی (۲۰۰۶) (۶)، نمره‌ای کمتر از ۹۴ درصد و در آزمون نورن‌ها (۲۰۱۳)، نمره‌ای کمتر از ۸۰ درصد در جهت خلفی-خارجی پای برتر خود داشتند (۷). معیارهای خروج بر مبنای سابقه آسیب اسپرین مچ پا در شش ماه گذشته، سابقه شکستگی، آسیب یا جراحی اندام تحتانی، ناهنجاری‌های اندام تحتانی (تشخیص‌داده‌شده با ارزیابی بصری یا کمی)، سابقه اختلالات سیستم دهلیزی و وجود بیماری‌هایی از قبیل دیابت تعیین شد.

ابتدا مراحل انجام تحقیق به تمامی آزمودنی‌ها توضیح داده شد. سپس از آن‌ها خواسته شد تا در صورت تمایل، در زمان‌های مشخص به آزمایشگاه توان‌بخشی ورزشی دانشگاه بوعلی سینا همدان مراجعه کنند تا بررسی‌های اولیه انجام

1. G*Power

شود. قبل از هرگونه اندازه‌گیری، آزمودنی‌ها رضایت‌نامه کتبی را تکمیل کردند و اطلاعات اولیه شامل مشخصات فردی و سابقه ورزشی جمع‌آوری شد. سپس آزمودنی‌ها در دو مرحله، پیش از مداخله و پس از هشت هفته تمرین ارزیابی شدند. آزمون‌های قدرت با استفاده از دستگاه دینامومتر دستی و اندازه‌گیری‌های کنترل پاسچرال با دستگاه فوت اسکن انجام شد. شرکت در تمرینات برای تمامی آزمودنی‌ها رایگان بود و انصراف از همکاری در مطالعه تأثیری بر دریافت خدمات درمانی یا ورزشی آن‌ها نداشت.



شکل ۱- فلوچارت انتخاب آزمودنی‌های کانزورت

Figure 1- CONSORT flow diagram for selection of study subjects

ابزارها و روش‌های اندازه‌گیری

قدرت عضلات مچ پا

برای اندازه‌گیری حداکثر قدرت ایزومتریک عضلات مچ پا، از دینامومتر دستی دیجیتال (MMT, North Coast، ساخت آمریکا) استفاده شد. روایی این ابزار با ضریب همبستگی داخلی بین ۰/۹۳ تا ۰/۹۹ تأیید شده است (۲۰). پیش از آزمون، هر آزمودنی با نحوه انجام آزمون آشنا شد و یک‌بار به صورت تمرینی آن را انجام داد. در طول آزمون، آزمودنی‌ها تشویق

شدند تا حداکثر نیروی خود را اعمال کنند. آزمون با شنیدن صدای بوق آغاز شد و پس از پنج ثانیه با شنیدن بوق دوم پایان یافت. برای اجرای تست‌ها، آزمودنی‌ها در حالت درازکش روی تخت آزمایشگاه قرار گرفتند. مچ پای برتر از لبه تخت بیرون قرار داشت و آزادانه حرکت می‌کرد. مچ پا در وضعیت خنثی قرار گرفت و انتهای دیستال ساق پا با یک استرپ ثابت شد. فرایند اندازه‌گیری قدرت عضلات به شرح زیر بود:

قدرت عضلات پلانتارفلکسور: دینامومتر روی سر متاتارسال‌ها در قسمت کف پا قرار گرفت. آزمودنی پای را با حداکثر قدرت به سمت زمین حرکت داد و این وضعیت را نگه داشت (۲۱). قدرت عضلات دورسی فلکسور: دینامومتر روی سر متاتارسال‌ها در قسمت روی پا قرار گرفت. آزمودنی مچ پا را به سمت بالا حرکت داد و این وضعیت را نگه داشت (۲۲). قدرت عضلات اینورتور: دینامومتر روی سر متاتارسال اول در سمت داخلی پا قرار گرفت و از آزمودنی خواسته شد که مچ پا را به سمت داخل حرکت دهد (۲۲). قدرت عضلات اورتور: دینامومتر روی سر متاتارسال پنجم در سمت خارجی پا قرار گرفت. آزمودنی مچ پا را به سمت بیرون حرکت داد (۲۲). هر آزمون پنج ثانیه طول کشید و سه بار با ۱۵ ثانیه استراحت بین کوشش‌ها انجام شد. میانگین خروجی سه تکرار به‌عنوان معیار قدرت ثبت شد و برای مقایسه دقیق‌تر، داده‌های قدرت بر وزن بدن آزمودنی‌ها نرمال‌سازی شدند. آزمودنی‌ها آموزش دیدند تا از حرکات ناخواسته مانند بلندکردن لگن یا ساق پا جلوگیری کنند.

متغیرهای کنترل پاسچر

برای ارزیابی شاخص‌های کنترل پاسچر از دستگاه فوت اسکن RSScan International، بلژیک، با ابعاد ۰/۵ در ۰/۰۲ متر، دارای ۴۳۶۳ حسگر، فرکانس نمونه‌برداری ۳۰۰ هرتز) استفاده شد. پیش از آغاز اندازه‌گیری، دستگاه فوت اسکن کالیبره شد و اطلاعات مربوط به وزن و طول کف پای هر آزمودنی در نرم‌افزار وارد شد. برای بررسی تعادل ایستا، آزمودنی‌ها روی پای برتر (پای دارای نقص تعادل) به مدت ۳۰ ثانیه ایستاد (۲۳). این آزمون در دو شرایط چشم‌باز و چشم‌بسته، هرکدام با سه تکرار انجام شد. بین هر تکرار، یک دقیقه استراحت لحاظ شد. در صورت از دست دادن تعادل، آزمون مجدد تکرار شد. داده‌های مربوط به توزیع فشار کف پایی توسط نرم‌افزار RSScan ثبت و ذخیره شدند.

پروتکل تمرینی

در این مطالعه، شرکت‌کنندگان به دو گروه تمرین و کنترل تقسیم شدند. هر دو گروه به مدت هشت هفته، سه جلسه در هفته و هر جلسه به مدت ۴۵ دقیقه تا ۱ ساعت به تمرینات عصبی-عضلانی زیر نظر پژوهشگر پرداختند. تمرینات عصبی-عضلانی شامل تمرینات مقاومتی، تعادلی و پلایومتریک بود که هدف آن‌ها افزایش قدرت عضلات مچ پا، تعادل، توان و سرعت عضلات اندام تحتانی بود (۲۴). ابتدای هر جلسه، شرکت‌کنندگان یک برنامه گرم کردن ده دقیقه‌ای شامل دویدن نرم و تمرینات کششی برای کل بدن، به‌ویژه با تمرکز بر عضلات اندام تحتانی انجام می‌دادند.

در گروه تمرینی، پروتکل تمرینات عصبی-عضلانی به همراه مداخله شناختی بر اساس پروتکل مطالعه شیروای و همکاران (۲۰۱۷) اجرا شد (۲۵). براساس این پروتکل، آزمودنی‌ها موظف بودند در طول انجام تمرینات، یک مداخله شناختی شامل شمارش معکوس هفت‌تایی از یک عدد تصادفی بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ را در ذهن خود انجام دهند. این مداخله شناختی به‌منظور به چالش کشیدن حافظه کاری و توانایی توجه آزمودنی‌ها طراحی شد و از آزمودنی‌ها خواسته شد که در پایان هر تمرین عددی را که به آن رسیده‌اند بیان کنند. این مداخله برای جلوگیری از هرگونه اختلال حرکتی در حین اجرای تمرینات در نظر گرفته شد.

در گروه کنترل، شرکت‌کنندگان فقط تمرینات عصبی-عضلانی مشابه (بدون مداخله شناختی) را انجام دادند.

روش‌های آماری

برای تجزیه و تحلیل یافته‌های این مطالعه از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ استفاده شد. نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک تأیید شد (P>۰/۰۵). پیش‌فرض‌های آزمون تحلیل واریانس، شامل همگنی واریانس‌ها (آزمون لوین) و همگنی کوواریانس‌ها (آزمون موچلی)، نیز مورد بررسی قرار گرفتند و تأیید شدند (P>۰/۰۵). برای تحلیل داده‌ها از شاخص‌های آمار توصیفی (میانگین و انحراف استاندارد) و آمار استنباطی استفاده شد. آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری برای بررسی تأثیر مداخلات بر متغیرهای اندازه‌گیری‌شده به کار رفت. برای مقایسه زوجی زمان‌های مختلف (پیش‌آزمون و پس‌آزمون) از تصحیح بونفرونی استفاده شد. سطح معناداری برای تمامی تحلیل‌ها برابر ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

نتایج

تحلیل مشخصات دموگرافیک (سن، قد، وزن، شاخص توده بدنی و نمرات تعادل) نشان داد که بین گروه‌های مطالعه‌شده تفاوت معناداری وجود نداشت (P>۰/۰۵) (جدول ۱).

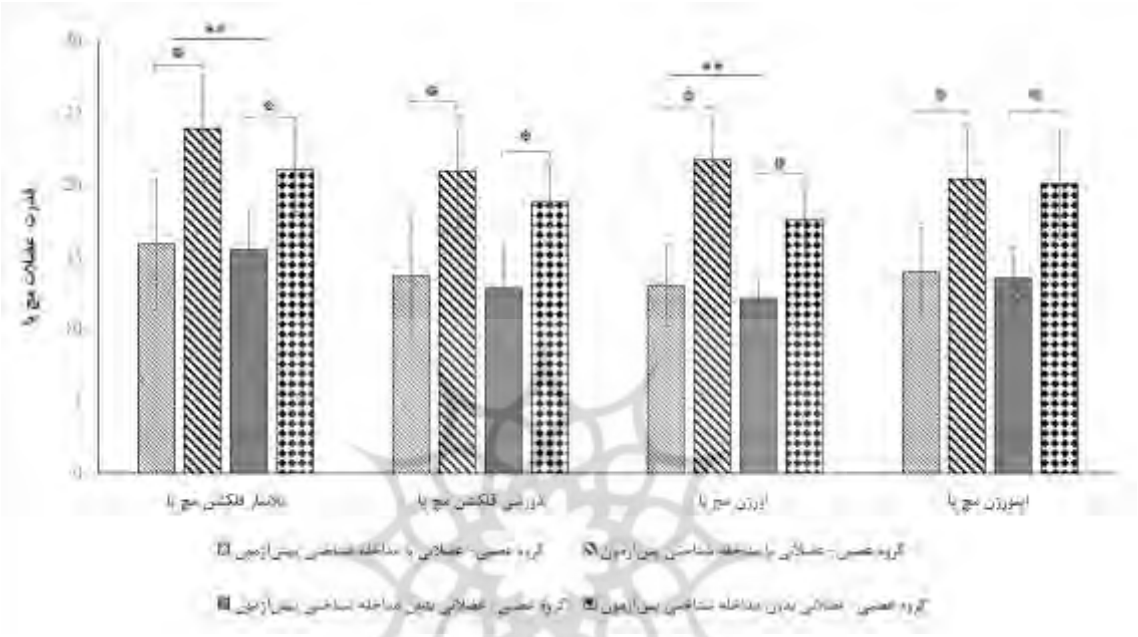
جدول ۱- نتایج آزمون T مستقل برای مقایسه اطلاعات دموگرافیک آزمودنی‌ها

Table 1- Results of the Independent t-test Comparison of Demographic Information of Subjects

متغیر Variable	انحراف استاندارد ± میانگین Mean ± Standard Deviation		P	T
	گروه عصبی-عضلانی با مداخله شناختی Neuromuscular group with cognitive intervention	گروه عصبی-عضلانی بدون مداخله شناختی Neuromuscular group without cognitive intervention		
سن (سال) Age (years)	16.39±2.17	18.17±4.42	0.135	1.531
قد (سانتی‌متر) Height (cm)	162.16±5.37	161.30±6.29	0.508	-0.669
وزن (کیلوگرم) Weight (kg)	56.72±6.23	59.33±7.46	0.263	1.139
BMI (kg/m2)	21.52±1.60	22.52±1.83	0.091	1.742
نمره تعادل پلیسکی (درصد) Plisky Balance Score (percentage)	77.70±5.64	76.29±7.74	0.539	-0.621
نمره تعادل نورن‌ها (درصد) Neurons Balance Score (percentage)	71.60±5.18	72.92±4.34	0.414	0.828

نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری نشان داد که اثر تعاملی زمان (قبل و بعد از مداخله) و گروه (تمرین و کنترل) بر قدرت عضلات پلانتار فلکشن (Partial Eta Squared=۰/۱۸۷، P=۰/۰۰۸، F=۷/۸۱۰) و اورژن (Partial =۰/۲۱۶ Eta Squared، P=۰/۰۰۴، F=۹/۳۹۱) معنادار بود. این یافته نشان می‌دهد که بهبود قدرت این عضلات در گروه تمرینی

با مداخله شناختی بیشتر بود؛ با این حال، اثر تعاملی زمان و گروه بر قدرت عضلات دورسی فلکسور (Partial Eta Squared =۰/۰۳، P=۰/۳۲۳، F=۱/۰۰۷) و اینورژن (Partial Eta Squared=۰/۰۰۰، P=۰/۹۳۲، F=۰/۰۰۷) معنادار نبود (P>۰/۰۵). این نتیجه نشان می‌دهد که بهبود مشاهده‌شده در این متغیرها مستقل از نوع مداخله بوده و در هر دو گروه به یک اندازه رخ داده است. مقایسه زوجی نشان داد که در تمامی متغیرها از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون در هر دو گروه تمرینی بهبودی حاصل شده است (P<۰/۰۵ ؛ شکل ۲).



شکل ۲- قدرت عضلات مچ پا در گروه عصبی-عضلانی با مداخله شناختی (تمرین) و بدون مداخله شناختی (کنترل)

Figure 2- Ankle Muscle Strength in the Neuromuscular Group with Cognitive Intervention (Exercise) and without Cognitive Intervention (Control)

نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری نشان داد که اثر تعاملی زمان (قبل و بعد از مداخله) و گروه (تمرینات عصبی-عضلانی با و بدون مداخله شناختی) بر شاخص‌های کنترل پاسچر معنادار نبود (P>۰/۰۵). مقایسه‌های زوجی نشان داد که از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون، نوسانات داخلی-خارجی، نوسانات قدامی-خلفی، طول مسیر جابه‌جایی مرکز فشار، محدوده نوسانات در حالت چشم‌باز و نوسانات قدامی-خلفی و محدوده نوسانات در حالت چشم‌بسته (P<۰/۰۵) در هر دو گروه کاهش معناداری داشت؛ با این حال، نوسانات داخلی-خارجی و طول مسیر جابه‌جایی مرکز فشار در حالت چشم‌بسته در هر دو گروه تغییر معناداری را نشان نداد (P>۰/۰۵) (شکل۳).

شکل ۳- شاخص‌های کنترل پاسچر در گروه عصبی-عضلانی با مداخله شناختی (تمرین) و بدون مداخله شناختی (کنترل)

Postural Control Indices in the Neuromuscular Group with Cognitive Intervention -Figure 3 (Exercise) and without Cognitive Intervention (Control)

بحث و نتیجه‌گیری

هدف مطالعه حاضر، بررسی تأثیر هشت هفته تمرینات عصبی-عضلانی با و بدون تکالیف شناختی دوگانه بر قدرت عضلات مچ پا و کنترل پاسچر در دختران ورزشکار دارای نقص تعادل بود. یافته‌های این پژوهش نشان داد که میان گروه تمرین عصبی-عضلانی همراه با مداخلات شناختی و گروه تمرین عصبی-عضلانی بدون مداخلات شناختی، در قدرت عضلات پلانتار فلکسور و اورتور مچ پا تفاوت معناداری وجود دارد. این نتایج بیانگر آن است که ادغام تمرینات شناختی با تمرینات عصبی-عضلانی می‌تواند به افزایش قدرت عضلانی منجر شود. علاوه بر این، مقایسه‌های زوجی نشان داد که قدرت عضلات پلانتار فلکسور، دورسی فلکسور، اینورتور و اورتور مچ پا در هر دو گروه از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون به طور معناداری افزایش یافته است. این یافته‌ها نیز حاکی از آن است که تمرینات عصبی-عضلانی، صرف‌نظر از درگیری شناختی، در بهبود قدرت عضلانی نقش مؤثری ایفا می‌کنند. علاوه بر این، در متغیرهای مرتبط با کنترل پاسچر در تست ایستادن تک‌پا با چشمان باز و بسته، تفاوت معناداری میان دو گروه تمرین عصبی-عضلانی همراه با مداخلات شناختی و گروه تمرین عصبی-عضلانی بدون مداخلات شناختی مشاهده نشد؛ با این حال، مقایسه‌های زوجی نشان داد که در اکثر متغیرهای کنترل وضعیتی، از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون، پیشرفت‌های درخورتوجهی رخ داد. این یافته‌ها تأیید می‌کند که تمرینات عصبی-عضلانی، حتی بدون مداخلات شناختی می‌توانند نقش مهمی در بهبود تعادل و کنترل پاسچر ایفا کنند؛ بنابراین اجرای مستمر این تمرینات ممکن است به کاهش خطر آسیب‌دیدگی و بهبود عملکرد پاسچر در ورزشکاران مبتلا به نقص تعادل کمک کند.

تمرینات عصبی-عضلانی شامل ترکیبی از تمرینات مقاومتی، تعادلی، حس عمقی و پلایومتریک است که با هدف بهبود کنترل عصبی-عضلانی طراحی شده‌اند (۲۷، ۲۶). تمرینات حس عمقی که مبتنی بر بازخورد حسی و آگاهی از موقعیت مفاصل هستند، نقش مهمی در افزایش ثبات و کاهش خطر آسیب ایفا می‌کنند. این موضوع به‌ویژه درمورد مچ پا که کمبود حس عمقی می‌تواند موجب بی‌ثباتی آن شود، حائز اهمیت است (۲۸). مطالعات پیشین نشان داده‌اند که این

تمرینات موجب بهبود حس عمقی در افراد با نقص تعادل می‌شوند (۲۹، ۲۳). علاوه بر این، تمرینات تعادلی توانایی بدن در حفظ کنترل وضعیتی را به چالش می‌کشند و موجب افزایش فعال‌سازی گروه‌های عضلانی کلیدی اطراف مچ پا می‌شوند (۲۹). اثر تجمعی این تمرینات منجر به بهبود قدرت عضلانی، کنترل وضعیتی بهتر و افزایش عملکرد در ورزشکاران مستعد بی‌ثباتی می‌شود (۳۰). این تمرینات ارتباط بین سیستم عصبی و عضلات را تقویت می‌کنند و هماهنگی و کنترل حرکتی را بهبود می‌بخشند (۳۱). تحقیقات نشان داده است که تمرینات عصبی-عضلانی می‌توانند تعادل و هماهنگی حرکتی را بهبود بخشند (۳۲، ۳۰) که این یافته با نتایج مطالعه حاضر نیز همخوانی دارد. این تمرینات با تقویت بازخورد حس عمقی، هماهنگی عصبی-عضلانی و فعال‌سازی عضلات (۲۹)، در کاهش نوسانات وضعیتی و بهبود متغیرهای کنترل پاسچر در شرایط چشمان باز و بسته تأثیر درخورتوجهی دارند. ورزشکارانی که به طور مداوم در این تمرینات شرکت می‌کنند، سطح بالاتری از یکپارچگی حسی-حرکتی را تجربه کرده و قادر خواهند بود ثبات وضعیتی خود را به‌طور مؤثرتری حفظ کنند. علاوه بر این، تمرینات عصبی-عضلانی به تقویت عضلات تثبیت‌کننده کلیدی مچ پا، کاهش نوسانات وضعیتی ناخواسته و افزایش کنترل پویا در حرکات منجر می‌شود (۳۰-۳۲).

مداخلات شناختی از طریق مکانیسم‌های عصبی که عملکردهای شناختی ضروری برای کنترل حرکتی را بهبود می‌بخشند، می‌توانند موجب افزایش قدرت و تعادل وضعیتی شوند. این مداخلات بر فرایندهای شناختی مانند توجه و سرعت پردازش اطلاعات تمرکز دارند که در مطالعات برای حفظ تعادل، به‌ویژه در ورزشکاران مستعد اسپرین مچ پا و افراد مبتلا به اختلالات عصبی مانند بیماری پارکینسون استفاده شده و نتایج مثبتی را در پی داشته است (۳۴، ۳۳). برخی شواهد نشان می‌دهند که مداخلات شناختی موجب بهبود در سرعت پردازش اطلاعات می‌شوند و این امر با افزایش ثبات وضعیتی مرتبط است (۳۴). در مطالعه‌ای دیگر مشخص شد که هر دو تمرینات شناختی و ورزشی موجب بهبود تعادل شدند که این یافته بر نقش مستقیم مداخلات شناختی در کنترل حرکتی تأکید دارد (۳۵). برخی مطالعات انجام‌شده روی ورزشکاران مستعد آسیب اسپرین مچ پا نیز نشان داده است که ترکیب تمرینات عصبی-عضلانی همراه با مداخلات شناختی موجب بهبود تعادل و حس عمقی در این افراد می‌شود (۳۷، ۳۶). سازگاری‌های عصبی ناشی از تمرینات شناختی می‌تواند به بهبود عملکردهای حسی-حرکتی منجر شود (۳۸) که این امر در مطالعه حاضر نیز مشاهده شد. اگرچه تفاوت معناداری بین گروه‌ها گزارش نشد، افزایش بیشتری در قدرت و نوسانات پاسچر ورزشکاران گروه تمرین عصبی-عضلانی همراه با مداخلات شناختی مشاهده شد.

یکی از دلایل احتمالی مشاهده نشدن تفاوت معنادار بین گروه‌های تمرین و کنترل ممکن است مشابهت تمرینات عصبی-عضلانی انجام‌شده در هر دو گروه باشد. این تمرینات با به چالش کشیدن تعادل، حس عمقی و قدرت عضلات اندام تحتانی، به بهبود وضعیت در هر دو گروه منجر شدند؛ درنتیجه، هر دو گروه تمرینی و کنترل پیشرفت‌هایی در کنترل وضعیتی و قدرت عضلانی تجربه کردند. علاوه بر این، مداخله شناختی استفاده‌شده در این پژوهش نسبتاً ساده بود و تنها شامل یک تکلیف شمارش معکوس می‌شد که ممکن است تأثیر آن را محدود کرده باشد. سادگی این تکلیف می‌تواند موجب کاهش اثربخشی بالقوه مداخلات شناختی شود؛ زیرا ممکن است برای ایجاد تغییرات معنادار در عملکرد شناختی-حرکتی کافی نباشد؛ ازاین‌رو پیشنهاد می‌شود که مطالعات آتی از تکالیف شناختی پیچیده‌تر و پویاتر استفاده کنند تا تأثیر هم‌افزایی آن‌ها با تمرینات عصبی-عضلانی بر تعادل و قدرت عضلانی بهتر مشخص شود. علاوه بر این، یافته‌های پژوهش‌های پیشین نشان داده است که تمرینات شناختی می‌توانند به‌عنوان یک روش مکمل در برنامه‌های توانبخشی استفاده شوند و از طریق بهبود پردازش شناختی، خطر سقوط را کاهش داده و کیفیت زندگی بیماران دارای اختلالات تعادلی را ارتقا دهند (۳۹، ۳۴)؛ با این حال، برخی از مطالعات نشان داده‌اند که اثرات این تمرینات لزوماً فراتر از مداخلات

تمرین درمان نیست، که این موضوع نیاز به انجام پژوهش‌های بیشتر برای بهینه‌سازی پروتکل‌های درمانی در راستای بهبود تعادل و عملکرد حرکتی را برجسته می‌کند (۳۵).

یکی از محدودیت‌های پژوهش حاضر این بود که پروتکل تمرینات شناختی شامل محاسبه اعداد بود، که ممکن است چالش‌های شناختی ویژه‌ای برای ورزشکاران ایجاد نکرده باشد. پیشنهاد می‌شود مطالعات آتی از تکالیف شناختی مرتبط با فعالیت‌های ورزشی مانند توجه به حرکات حریف استفاده کنند. همچنین مطالعات آتی سایر رویکردهای عصبی-شناختی را با تکالیف دوگانه مقایسه کنند تا میزان اثربخشی این تمرینات در پیشگیری از آسیب اسپرین مچ پا مشخص شود. از دیگر محدودیت‌های پژوهش این بود که تنها ورزشکاران زن دارای نقص تعادل بررسی شوند؛ بنابراین نتایج به مردان با شرایط مشابه تعمیم‌یافتنی نیست. همچنین آزمون‌های به‌کاررفته در این پژوهش بدون اعمال بار شناختی انجام شدند؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده از آزمون‌های شناختی-حرکتی دوگانه برای ارزیابی جامع‌تر تأثیر تمرینات شناختی استفاده کنند.

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده به بررسی تأثیر شدت و پیچیدگی بیشتر تکالیف شناختی در ترکیب با تمرینات عصبی-عضلانی بپردازند تا درک بهتری از نقش این مداخلات در بهبود عملکرد عصبی-عضلانی و تعادلی فراهم شود. همچنین انجام تحقیقات طولانی‌مدت می‌تواند به ارزیابی ماندگاری اثرات این تمرینات کمک کند و راهکارهای بهینه‌ای برای بهبود تعادل و کاهش آسیب‌های ناشی از نقص کنترل پاسچر ارائه دهد. این یافته‌ها می‌تواند به بهینه‌سازی برنامه‌های پیشگیری و توانبخشی جهت بهبود تعادل و کاهش خطر آسیب‌دیدگی در ورزشکاران کمک کند.

پیام مقاله

این کارآزمایی بالینی تصادفی‌شده تأثیر تمرینات عصبی-عضلانی با و بدون مداخله شناختی را بر قدرت عضلات مچ پا و کنترل پاسچر در ورزشکاران زن با نقص در تعادل پویا بررسی کرد. نتایج نشان داد که هر دو رویکرد باعث بهبود تعادل و قدرت عضلانی شدند، اما افزودن تمرینات شناختی به افزایش بیشتر در قدرت عضلات پلانتار فلکشن و اورژن منجر شد. اگرچه تفاوت معناداری در شاخص‌های کنترل پاسچر بین دو گروه مشاهده نشد، یافته‌ها نشان می‌دهد ترکیب تمرینات فیزیکی و شناختی می‌تواند در پیشگیری از آسیب مؤثرتر باشد.

ملاحظات اخلاقی

این پژوهش توسط کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه بوعلی سینا با کد اخلاق IR.BASU.REC.1402.022 مورد تأیید قرار گرفته و در مرکز ثبت کارآزمایی‌های بالینی ایران با شماره IRCT20230619058535N1 به ثبت رسیده است. پیش از شرکت در مطالعه، رضایت‌نامه آگاهانه از تمامی شرکت‌کنندگان اخذ خواهد شد.

مشارکت نویسندگان

ایده‌پردازی: فرزانه ساکی

جمع‌آوری داده‌ها: مینا منصوری

تحلیل داده‌ها: فرزانه ساکی، فرزانه رمضانی

نوشتن مقاله: مینا منصوری، فرزانه رمضانی

بازبینی و ویرایش: فرزانه ساکی

مرور ادبیات: مینا منصوری، فرزانه رمضانی

مدیر پروژه: فرزانه ساکی

تعارض منافع

تمامی اصول اخلاقی در این پژوهش در نظر گرفته شد. آزمودنی ها پس از اطلاع از روند پژوهش، فرم رضایت‌نامه شرکت در آزمون را تکمیل و امضا کردند. همچنین از محرمانه بودن اطلاعات خود اطمینان داشتند و می‌توانستند هر زمان که مایل هستند مطالعه را ترک کنند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مراتب قدردانی خود را از تمامی ورزشکارانی که به صورت داوطلبانه در این مطالعه مشارکت کردند، ابراز می‌دارند. همچنین از همکاری ارزشمند دستیاران آزمایشگاهی که در مرحله جمع‌آوری داده‌ها یاری‌رسان بودند، صمیمانه تشکر می‌شود. شایان ذکر است که این پژوهش هیچ‌گونه حمایت مالی مستقلی از نهادهای دولتی، تجاری یا غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

منابع

1. Miklovic TM, Donovan L, Protzuk OA, Kang MS, Feger MA. Acute lateral ankle sprain to chronic ankle instability: a pathway of dysfunction. The Physician and Sportsmedicine. 2018;46(1):116-22. https://doi.org/10.1080/00913847.2018.1409604.
2. Donovan L, Hetzel S, Laufenberg CR, McGuine TA. Prevalence and impact of chronic ankle instability in adolescent athletes. Orthopaedic Journal of Sports Medicine. 2020;8(2):1-10. https://doi.org/10.1177/2325967119900962.
3. Cavazos Jr GJ, Harkless LB. The epidemiology, evaluation, and assessment of lateral ankle sprains in athletes. Journal of Sports Medicine and Therapy. 2021;6:008-817. https://doi.org/10.29328/journal.jsmt.1001052
4. McKeon PO, Hertel J. Systematic review of postural control and lateral ankle instability, part I: can deficits be detected with instrumented testing? Journal of Athletic Training. 2008;43(3):293-304. https://doi.org/10.4085/1062-6050-43.3.293
5. McGuine TA, Greene JJ, Best T, Leverson G. Balance as a predictor of ankle injuries in high school basketball players. Clinical Journal of Sport Medicine. 2000;10(4):239-44. https://doi.org/10.1097/00042752-200010000-00003
6. Plisky PJ, Rauh MJ, Kaminski TW, Underwood FB. Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. 2006;36(12):911-9. https://doi.org/10.2519/jospt.2006.2244
7. de Noronha M, França LC, Haupenthal A, Nunes G. Intrinsic predictive factors for ankle sprain in active university students: a prospective study. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. 2013;23(5):541-7. https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2011.01434.x
8. Trajković N, Kozinc Ž, Smajla D, Šarabon N. Relationship between ankle strength and range of motion and postural stability during single-leg quiet stance in trained athletes. Scientific Reports. 2021;11(1):11749. https://doi.org/10.1038/s41598-021-91337-6
9. Wang L, Yu G, Zhang X, Wang Y-z, Chen Y-p. Relationship between ankle pain, range of motion, strength and balance in individuals with functional ankle instability: a cross-sectional study. BMC Musculoskeletal Disorders. 2023;24(1):955. https://doi.org/10.1186/s12891-023-07079-1
10. Alshahrani MS, Reddy RS, Alshahrani A, Gautam AP, Alsubaie SF. Exploring the interplay between ankle muscle strength, postural control, and pain intensity in chronic ankle instability: a comprehensive analysis. Heliyon. 2024;10(5). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27374
11. Steib S, Zahn P, Zu Eulenburg C, Pfeifer K, Zech A. Time-dependent postural control adaptations following a neuromuscular warm-up in female handball players: a randomized controlled trial. BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation. 2016;8:1-7. https://doi.org/10.1186/s13102-016-0058-5
12. Batrakoulis A, Jamurtas AZ, Georgakouli K, Draganidis D, Deli CK, Papanikolaou K, et al. High intensity, circuit-type integrated neuromuscular training alters energy balance and reduces body mass and fat in obese women: A 10-month training-detraining randomized controlled trial. PloS one. 2018;13(8):e0202390. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202390

13. Schiftan GS, Ross LA, Hahne AJ. The effectiveness of proprioceptive training in preventing ankle sprains in sporting populations: a systematic review and meta-analysis. Journal of Science and Medicine in Sport. 2015;18(3):238-44. https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.04.005
14. Mazidluie MH, Ahadi J, Eslami FO, Ghanavati T, Moradi A. Comparison of the effects of cognitive dual-task and single-task balance exercises on static balance among people with anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled trial. Archives of Bone and Joint Surgery. 2024;12(5):349. https://doi.org/10.22038/ABJS.2024.77458.3579
15. 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. https://doi.org/10.1186/s12891-023-06944-3
16. Kaminski TW, Needle AR, Delahunt E. Prevention of lateral ankle sprains. Journal of Athletic Training. 2019;54(6):650-61. https://doi.org/10.4085/1062-6050-487-17
17. Asgari M, Raeisi Z. The effect of general exercise program combined with cognitive functional therapy on pain, quality of life and muscle endurance of women with chronic non-specific low back pain. Research in Sport Medicine and Technology. 2024;22(27):195-218. https://doi.org/10.61186/jsmt.22.27.195
18. Grooms DR, Onate JA. Neuroscience application to noncontact anterior cruciate ligament injury prevention. Sports Health. 2016;8(2):149-52. https://doi.org/10.1177/1941738115619164
19. Taghavi Asl A, Shojaedin SS, Hadadnezhad M. Comparison of effect of wobble board training with and without cognitive intervention on balance, ankle proprioception and jump landing kinetic parameters of men with chronic ankle instability: a randomized control trial. BMC Musculoskelet Disord. 2022;23(1):888. https://doi.org/10.1186/s12891-022-05706-x
20. Jackson SM, Cheng MS, Smith AR, Jr., Kolber MJ. Intrarater reliability of hand held dynamometry in measuring lower extremity isometric strength using a portable stabilization device. Musculoskelet Sci Pract. 2017;27:137-41. https://doi.org/10.1016/j.math.2016.07.010
21. Bohannon RW. Test-retest reliability of hand-held dynamometry during a single session of strength assessment. Phys Ther. 1986;66(2):206-9. https://doi.org/10.1093/ptj/66.2.206
22. Wang CY, Olson SL, Protas EJ. Test-retest strength reliability: hand-held dynamometry in community-dwelling elderly fallers. Arch Phys Med Rehabil. 2002;83(6):811-5. https://doi.org/10.1053/apmr.2002.32743
23. Saki F, Shayesteh A, Ramezani F. Short-term effects of kinesio taping application on outcomes of athletes with shin splints. Physical Treatments-Specific Physical Therapy. 2024;14(1):43-52. https://doi.org/10.32598/ptj.14.1.493.2
24. Mansouri M, Saki F. The effectiveness of neuromuscular training with and without cognitive intervention on dynamic balance and proprioception of female athletes prone to ankle sprain injury: a randomized control trial. Journal for Research in Sport Rehabilitation. 2024;12(23):31-44. https://doi.org/10.22089/smj.2025.17395.1780
25. 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. https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2016.05.001
26. 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. https://doi.org/10.3390/life11040307
27. Lee HM, Oh S, Kwon JW. Effect of plyometric versus ankle stability exercises on lower limb biomechanics in taekwondo demonstration athletes with functional ankle instability. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2020;17(10):3665. https://doi.org/10.3390/ijerph17103665
28. Sasun AR, Babar T, Dadgal R. Effectiveness of ankle proprioceptive neuromuscular facilitation techniques in restoring the biomechanical integrity of the ankle following plantar fasciitis: an experimental study. Cureus. 2024;16(7):e64371. https://doi.org/10.7759/cureus.64371
29. Raghi Z, Alizadeh MH, Minoonejad H, Rajabi R. A comparison of feed-forward activity of selected ankle muscles between active collegiate girls at the risk of ankle sprain and healthy girls. Sport Sciences and Health Research. 2019;10(2):147-66. https://doi.org/10.22059/jsmed.2019.225207.793

30. Zhao J, Shao E, Baker JS, Teo E-C, Gu Y. The effect of immediate neuromuscular training on ankle biomechanics in individuals with functional ankle instability. Molecular & Cellular Biomechanics. 2024;21:162-169. https://doi.org/10.62617/mcb.v21.162
31. Babagoltabar-Samakoush H, Aminikhah B, Bahiraei S. The effects and durability of 8 weeks of dynamic neuromuscular stabilization exercises on balance and neuromuscular coordination of adults with intellectual disabilities. BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation. 2025;17(18):1-13. https://doi.org/10.1186/s13102-025-01062-0
32. Su Y, Li W, Pan C, Shi Y. Effects of combination of strength and balance training on postural control and functionality in people with chronic ankle instability: a systematic review and meta analysis. BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation. 2024;16(1):79. https://doi.org/10.1186/s13102-024-00845-1
33. Elshorbagy RT, Balbaa AE-DA-H, Ayad KE-S, Allam NM, Eladl HM, Allah WRA. Cognitive task versus focus of attention on dynamic postural control in recurrent ankle sprains. Journal of Advanced Pharmacy Education and Research. 2022;12(2-2022):6-10. https://doi.org/10.51847/OYUrFadR58
34. Arroyo-Ferrer A, Sánchez-Cuesta FJ, González-Zamorano Y, Del Castillo MD, Sastre-Barrios C, Ríos-Lago M, et al. Validation of cognitive rehabilitation as a balance rehabilitation strategy in patients with parkinson's disease: study protocol for a randomized controlled trial. Medicina. 2021;57(4):314. https://doi.org/10.3390/medicina57040314
35. Terra MB, Barboza NM, Almeida IAd, Bueno MEB, Smaili SM. Does physiotherapy plus cognitive training improve balance in Parkinson's disease? Randomized clinical trial. Motriz: Revista de Educação Física. 2020;26(2):e10200160. https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000001128
36. McGrath ML, Yentes JM, Rosen AB. Cognitive loading produces similar change in postural stability in patients with chronic ankle instability and controls. Athletic Training & Sports Health Care. 2020;12(6):249-56. https://doi.org/10.3928/19425864-20200610-02
37. Liu N, Yang C, Song Q, Yang F, Chen Y. Patients with chronic ankle instability exhibit increased sensorimotor cortex activation and correlation with poorer lateral balance control ability during single-leg stance: a FNIRS study. Frontiers in Human Neuroscience. 2024;18:1366443. https://doi.org/10.3389/fnhum.2024.1366443
38. Taube W. Neuronale Mechanismen der posturalen Kontrolle und der Einfluss von Gleichgewichtstraining. Journal für Neurologie, Neurochirurgie und Psychiatrie. 2013;14(2):55-63. https://doi.org/10.32598/ptj.14.1.493.2
39. Azimian M, Yaghoubi Z, Ahmadi Kahjoogh M, Akbarfahimi N, Haghgoo HA, Vahedi M. The effect of cognitive rehabilitation on balance skills of individuals with multiple sclerosis. Occupational Therapy in Health Care. 2021;35(1):93-104. https://doi.org/10.1080/07380577.2021.1871698

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی