



## The effect of 8 weeks of RNT training on core stability in volleyball players with ankle instability

Fatemeh Karbalae Ali<sup>1</sup> , Safoora Sabbaghian Rad<sup>2</sup> , Mohammad Mashhadi<sup>3</sup> 

1. M.A. Student, Department of Sports Sciences, Faculty of Literature and Humanities, Toho Mehr University, Qom, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Sports Sciences, Faculty of Literature and Humanities, University of Qom, Qom, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Pathology and Corrective Movements, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.

### Article Info

#### Article type:

Research Article

#### Article history:

Received 29 Jun 2025

Received in revised form  
25 July 2025

Accepted 02 Sep 2025

Available online 23  
Sep 2025

#### Keywords:

Reactive Neuromuscular Training (RNT), Core Stability, Ankle Instability, Volleyball Players.

### ABSTRACT

**Objective:** The present study aimed to investigate the effects of an 8-week RNT exercise program on core stability in female volleyball players suffering from chronic ankle instability.

**Methods:** In this quasi-experimental study, 30 female volleyball players from Qom city leagues diagnosed with CAI were randomly assigned to either an experimental group (n=15) or a control group (n=15). The experimental group performed an RNT protocol for 45 minutes per session, three times a week, over eight weeks. The protocol included exercises such as squats on a Bosu ball, resisted lunges, planks, and single-leg balance activities using elastic bands to provide reactive feedback. Core stability was assessed using a timed plank test in both pre-test and post-test measurements. Data were analyzed using paired t-tests and analysis of covariance (ANCOVA) with SPSS software version 25.

**Results:** The statistical analysis revealed a significant improvement in core stability endurance time for the experimental group following the 8-week intervention ( $p \leq 0.001$ ). While the experimental group showed a significant within-group increase, no significant change was observed in the control group. The between-group comparison in the post-test also indicated a statistically significant difference in favor of the RNT group ( $p \leq 0.001$ ).

**Conclusion:** An 8-week program of Reactive Neuromuscular Training significantly improves core stability in female volleyball players with chronic ankle instability. These findings suggest that incorporating RNT protocols into rehabilitation and conditioning programs can be an effective strategy for enhancing central stability, which may contribute to injury prevention and improved functional performance in athletes with CAI.

**Cite this article:** Karbalae Ali, F; Sabbaghian Rad, S., Mashhadi, M. The effect of 8 weeks of RNT training on core stability in volleyball players with ankle instability. *Applied Research in Sports Nutrition and Exercise Science*, 2025;2(3):60-73. [10.22091/arsnes.2024.11878.1050](https://doi.org/10.22091/arsnes.2024.11878.1050)



© The Author(s).

Publisher: University of Qom.

DOI: [10.22091/arsnes.2024.11878.1050](https://doi.org/10.22091/arsnes.2024.11878.1050)



## Extended Abstract

### Introduction

Lateral ankle sprains represent one of the most common musculoskeletal injuries in athletic populations, constituting over 40% of all sports-related injuries. A significant portion of individuals who sustain an initial sprain develop a condition known as chronic ankle instability (CAI), characterized by persistent symptoms of giving way, recurrent sprains, pain, and diminished self-reported function. When inadequately rehabilitated, CAI leads to substantial impairments, including deficits in range of motion, postural control, proprioception, strength, and overall athletic performance. The ankle joint's stability is a complex interplay of static stabilizers (ligaments and bony architecture) and dynamic stabilizers (neuromuscular control). Following injury, a disruption in sensorimotor control often occurs, negatively affecting the feedforward and feedback mechanisms essential for dynamic joint stabilization during functional activities.

Volleyball is a sport with a particularly high incidence of ankle injuries due to its demanding biomechanics, which involve frequent jumping, landing, cutting, and sudden directional changes. Athletes with CAI frequently exhibit altered movement strategies and compromised dynamic stability, which may extend beyond the local ankle complex to affect more proximal segments. Core stability, defined as the ability to control the position and motion of the trunk over the pelvis to allow optimal force production, transfer, and control throughout the entire kinetic chain, is fundamental for athletic performance and injury prevention. A robust core facilitates efficient energy transfer from the lower extremities to the upper body during explosive activities and is crucial for

maintaining balance during unstable postures. There is a growing theoretical and clinical rationale suggesting that deficits in core stability may be both a contributing factor to and a consequence of distal joint pathologies like CAI, as the body compensates for a weak link in the kinetic chain.

Traditional rehabilitation for CAI has often focused on local strengthening, proprioceptive training, and balance exercises for the affected ankle. While beneficial, these approaches may not fully address potential proximal deficits or the integrated neuromuscular dysfunction associated with CAI. In recent decades, Reactive Neuromuscular Training (RNT) has emerged as an advanced corrective exercise methodology. Developed by Voight and Cook, RNT utilizes externally applied, low-intensity, and unpredictable perturbations (often via elastic bands) during functional movement patterns to stimulate and retrain the neuromuscular system. The principle is to challenge faulty movement patterns reactively, forcing the central nervous system to recruit the appropriate stabilizer muscles in a coordinated and timely manner to correct posture and alignment. Unlike traditional strength training, RNT does not aim to load the muscle for hypertrophy; instead, it focuses on enhancing neuromuscular efficiency, proprioceptive acuity, and dynamic joint stability under conditions that mimic the unpredictable demands of sport. By applying subtle resistance in a destabilizing manner, RNT prompts automatic, reflexive corrections, thereby improving the body's ability to maintain optimal alignment during dynamic tasks. Given the integrated nature of the kinetic chain and the proposed deficits in



sensorimotor control in CAI, an RNT protocol that engages the entire core and lower extremity could be particularly effective in improving core stability, which may subsequently influence overall function and stability in athletes with CAI. Therefore, the primary aim of this study was to investigate the effects of a structured, 8-week RNT intervention on objective measures of core stability in female volleyball players diagnosed with chronic ankle instability.

### Methods

This study employed a quasi-experimental design with a pretest-posttest control group structure. The target population consisted of female club volleyball players from Qom, Iran. Thirty athletes who met the specific inclusion criteria were purposively selected and subsequently randomly assigned into either an experimental group (n=15) or a control group (n=15). The inclusion criteria were: a history of at least one significant lateral ankle sprain more than 12 months prior, recurrent episodes of the ankle giving way or feeling unstable, active participation in league competitions, an age range of 16 to 35 years, and a score of less than 24 on the Persian version of the Cumberland Ankle Instability Tool (CAIT), a valid and reliable questionnaire for identifying CAI. Participants with acute injuries, fractures, or other neurological or musculoskeletal conditions affecting the spine or lower limbs were excluded.

Prior to and immediately following the 8-week intervention period, all participants underwent assessment for core stability. The primary outcome measure was core muscular endurance, evaluated using a standardized prone plank test. Participants assumed a forearm plank position with the body in a straight line from head to heels, and the time (in seconds) they could maintain this correct posture until failure was recorded with a digital stopwatch. This isometric hold test is

a widely accepted and practical field measure for assessing the endurance of the anterior core stabilizers.

The experimental group underwent a supervised RNT program for eight weeks, comprising three sessions per week, each lasting approximately 45-60 minutes. Each session began with a 15-minute dynamic warm-up on a treadmill and with mobility exercises. The core of each session was dedicated to RNT exercises designed to challenge dynamic stability and postural control through reactive feedback. The protocol progressed in difficulty over the weeks and included exercises such as: squats and single-leg stands on a Bosu ball while resisting pull from an elastic band attached to the waist or limbs; lunge variations with elastic band perturbations; planks with alternating arm/leg lifts; resisted rowing; and single-arm exercises like kettlebell presses while maintaining a stable core against band-induced rotation. The elastic bands were used not for maximal resistance but to create controlled, unexpected deviations that the athlete had to correct reactively. Emphasis was consistently placed on maintaining proper spinal alignment and core bracing throughout all movements. Each exercise was performed for 3 sets of 10 repetitions (or 30-60 second holds for isometric exercises), with adequate rest between sets. Sessions concluded with a 10-minute cool-down period. The control group was instructed to maintain their regular volleyball training and daily activities without engaging in any structured corrective or core-specific exercise program.

All statistical analyses were performed using SPSS software version 25. Descriptive statistics (mean  $\pm$  standard deviation) were calculated for all variables. The normality of data distribution was confirmed using the Shapiro-Wilk test, and homogeneity of variances was verified with Levene's test. To



compare the baseline characteristics between groups, independent t-tests were used. For the primary outcome analysis, an Analysis of Covariance (ANCOVA) was employed to compare post-test core stability scores between the experimental and control groups, while controlling for pre-test scores as a covariate. This method increases statistical power by accounting for baseline differences. Additionally, paired-sample t-tests were used to evaluate within-group changes from pre-test to post-test. The significance level was set at  $p \leq 0.05$ .

### Results

The baseline demographic and anthropometric characteristics of the participants are presented in Table 1. There were no statistically significant differences between the experimental and control groups in terms of age, height, weight, or body mass index (BMI) at the outset of the study ( $p > 0.05$ ), confirming that the groups were homogenous regarding these variables.

The results of the inferential statistical analysis for the core stability outcome are summarized in Table 4. The ANCOVA, controlling for pre-test scores, revealed a highly significant between-group difference in post-test core endurance times ( $F = 738.17$ ,  $p \leq 0.001$ ). This indicates that the change observed in the experimental group was substantially greater than any change or lack thereof in the control group.

The within-group analysis using paired t-tests provided further detail. The experimental group demonstrated a statistically significant improvement in core stability from pre-test to post-test ( $p \leq 0.001$ ). The mean plank time for the experimental group increased from  $54.80 \pm 2.02$  seconds to  $70.86 \pm 4.10$  seconds, reflecting a mean improvement of approximately 16 seconds. In stark contrast, the control group showed no significant change in their core endurance time over the same 8-week period ( $p = 0.086$ ). Their mean

score slightly decreased from  $86.47 \pm 3.13$  seconds to  $86.46 \pm 2.97$  seconds.

These findings clearly demonstrate that the 8-week Reactive Neuromuscular Training program was effective in significantly enhancing core stability endurance in female volleyball players with chronic ankle instability, whereas the regular athletic activity of the control group did not produce such an effect.

### Discussion

The principal finding of this study is that an 8-week intervention utilizing Reactive Neuromuscular Training led to a significant improvement in objective core stability, as measured by the plank test, in volleyball players with CAI. This result supports the study's hypothesis and aligns with the growing body of literature emphasizing the importance of integrated, neuromuscular approaches to rehabilitation that look beyond the isolated injured joint.

The observed improvement can be attributed to the specific mechanisms targeted by the RNT protocol. The exercises were designed to constantly challenge the body's ability to maintain a stable core in the presence of external, unpredictable perturbations. This type of training is believed to enhance proprioceptive feedback and the central nervous system's processing speed, leading to more efficient co-contraction of global and local core stabilizers. Exercises performed on unstable surfaces like the Bosu ball, combined with directional pulls from elastic bands, required the athletes to continuously make subtle, reflexive adjustments to maintain neutral spinal alignment. This process likely improved the intramuscular and intermuscular coordination of the core musculature, training them to function as a cohesive unit to resist unwanted movement (anti-rotation, anti-flexion, anti-extension). The significant increase in plank endurance time specifically indicates an enhancement in



the fatigue resistance of the anterior core muscles, which is critical for maintaining proper posture and technique during prolonged periods of play or repetitive jumping and landing sequences in volleyball. From a kinetic chain perspective, these findings are particularly relevant for CAI. A stable core acts as a solid foundation for distal segment movement. If the core is unstable, the body may adopt compensatory strategies, such as increased trunk sway or altered lower limb alignment, to maintain overall balance, potentially placing abnormal stresses on already vulnerable joints like the ankle. By improving proximal stability, RNT may help to optimize lower extremity biomechanics, leading to more controlled and stable landing patterns. This could theoretically reduce the excessive inversion moments at the ankle that often lead to sprains. Furthermore, enhanced core stability contributes to better dynamic postural control, which is frequently impaired in individuals with CAI. The ability to quickly recruit core muscles in response to a loss of balance (e.g., upon landing on an opponent's foot) is a crucial protective mechanism.

The present study adds a novel dimension to CAI rehabilitation research by applying a comprehensive RNT protocol with a focus on core outcomes. While previous studies have examined the effects of core training or balance training on ankle stability, the use of RNT principles—specifically the application of reactive perturbations during functional, multi-joint exercises—to target core stability in this population is less common. The results suggest that RNT is an effective method for addressing potential core deficits associated with CAI. It is important to note that the control group, which continued their regular sport participation, did not improve, highlighting that sport-specific training alone may not be sufficient to correct underlying neuromuscular deficiencies in core stability

for athletes with CAI. This underscores the need for targeted, off-court intervention programs.

### Conclusion

In conclusion, the findings of this study demonstrate that an 8-week program of Reactive Neuromuscular Training is an effective intervention for significantly improving core stability endurance in female volleyball players suffering from chronic ankle instability. The RNT protocol, through its use of controlled perturbations and unstable environments, successfully enhanced the neuromuscular control and endurance of the core musculature. These results have important practical implications for sports medicine and athletic training. Rehabilitation professionals, including physiotherapists, athletic trainers, and strength and conditioning coaches, should consider incorporating principles of RNT into the management and prevention programs for athletes with CAI. By integrating such exercises, which focus on reactive stability and whole kinetic chain integration, clinicians can address not only the local ankle deficits but also potential proximal impairments in core control. This holistic approach may lead to more robust functional outcomes, facilitate safer return to sport, and potentially reduce the risk of recurrent ankle injuries. Future research should investigate the longitudinal effects of RNT on the rate of ankle re-injury and its impact on specific sport performance metrics in volleyball and other high-risk sports.

**Keywords:** Sarcopenia, Resistance Training, Anabolic Steroids, Body Composition, Muscle Function

### Ethical Considerations

In conducting the research, ethical considerations were taken into account in accordance with the guidelines of the Ethics



Committee of the University of Qom.

article.

### **Funding/Financial Support**

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

### **Authors' Contributions**

Authors contributed equally in preparing this

### **Conflict of Interest**

The authors declared no conflict of interest.

### **Acknowledgments**

We express our deepest gratitude to all participants in this study and those who assisted us during the research process.



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی



## تاثیر ۸ هفته تمرینات RNT بر ثبات هسته مرکزی والیبالیست‌های دارای بی‌ثباتی مچ پا

فاطمه کربلایی علی<sup>۱</sup>، صفورا صباغیان راد<sup>۲</sup>، محمد مشهدی<sup>۳</sup>

۱. دانشجو کارشناسی ارشد، گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه طلع مهر قم، قم، ایران.
۲. نویسنده مسئول، استادیار گروه علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه قم، قم، ایران.
۳. استادیار، گروه آسیب شناسی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه علامه طباطبائی تهران.

### چکیده

### اطلاعات مقاله

**نوع مقاله:** مقاله پژوهشی

**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۴/۰۴/۰۸

**تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۴/۰۵/۰۳

**تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۴/۰۶/۱۱

**تاریخ انتشار:** ۱۴۰۴/۰۷/۰۱

**کلیدواژه‌ها:** تمرینات RNT، ثبات هسته مرکزی، بی‌ثباتی مچ پا، والیبالیست‌ها

**هدف:** پیچ‌خوردگی مچ پا از شایع‌ترین آسیب‌های ورزشی است که در صورت توان‌بخشی ناقص، اغلب به بی‌ثباتی مزمن مچ پا می‌انجامد. این عارضه با نقص در تعادل، حس عمقی و عملکرد ورزشی همراه است. ثبات هسته مرکزی به عنوان عاملی کلیدی در کنترل پویای تمام بدن، نقش مهمی در عملکرد و پیشگیری از آسیب دارد. تمرینات عضلانی واکنشی (RNT) با اعمال اغتشاشات خارجی کنترل شده، به عنوان یک رویکرد تمرینی برای بازآموزی الگوهای حرکتی و بهبود ثبات پویا معرفی شده‌اند. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر هشت هفته تمرینات RNT بر ثبات هسته مرکزی والیبالیست‌های دختر مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا انجام شد.

**روش:** در این مطالعه نیمه تجربی، ۳۰ والیبالیست دختر با تشخیص بی‌ثباتی مزمن مچ پا به صورت تصادفی در دو گروه تجربی (۱۵ نفر) و کنترل (۱۵ نفر) قرار گرفتند. گروه تجربی به مدت هشت هفته و هر هفته سه جلسه، پروتکل تمرینات RNT را اجرا کردند. این تمرینات شامل حرکاتی مانند اسکوات و ایستادن تک پا روی سطوح ناپایدار (بوسوبال) همراه با اعمال کشش با باندهای کشی برای ایجاد اختلال در تعادل بود. ثبات هسته مرکزی با استفاده از آزمون زمان سنجی پلانک در پیش‌آزمون و پس‌آزمون اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از آزمون‌های تی وابسته و تحلیل کوواریانس تجزیه و تحلیل شدند.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که پس از هشت هفته، بهبود معناداری در زمان استقامت پلانک در گروه تجربی رخ داده است. مقایسه بین گروهی با کنترل نمرات پیش‌آزمون، تفاوت معناداری را در نمرات پس‌آزمون گروه تجربی نسبت به گروه کنترل نشان داد. در حالی که گروه تجربی بهبود درون‌گروهی چشمگیری داشت، گروه کنترل تغییر معناداری را تجربه نکرد.

**نتیجه‌گیری:** به نظر می‌رسد یک دوره هشت‌هفته‌ای تمرینات عضلانی واکنشی می‌تواند به‌عنوان یک روش تمرینی مؤثر برای افزایش استقامت و ثبات عضلات هسته مرکزی در والیبالیست‌های مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا به کار رود. ادغام این پروتکل در برنامه‌های توان‌بخشی و تمرینی این ورزشکاران می‌تواند به بهبود کنترل مرکزی و احتمالاً کاهش خطر آسیب‌های مکرر کمک کند.

**استناد:** کربلایی علی، فاطمه؛ صباغیان راد، صفورا، مشهدی، محمد. مقایسه اثربخشی مداخلات ورزشی در مقابل مداخلات دارویی بر بهبود قدرت و توده عضلانی در سالمندان مبتلا به سارکوپنی: یک مرور جامع. پژوهش‌های کاربردی در تغذیه ورزشی و علم تمرین، ۱۴۰۴؛ ۲ (۳)، ۶۰-۷۳.

DOI: [10.22091/arsnes.2024.11878.1050](https://doi.org/10.22091/arsnes.2024.11878.1050)



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه قم.



## مقدمه

مفصل مچ پا هماهنگ‌ترین مفصل بدن انسان است ثبات این مفصل توسط پیکربندی استخوانی قوزک پا و توسط رباط‌های مچ پا ایجاد می‌شود، رباط‌های ثبات‌دهنده مچ پا عبارت‌اند از: سندسموز-فیولار در قسمت فوقانی، رباط دلتوئید در قسمت داخلی و رباط کالکانوفیولار تالار (CFL) در قسمت جانبی، رباط کالکانوفیولار (PTFL) در قسمت خلفی، تشکیل شده است (۱). بی‌ثباتی مچ پا، علائمی نظیر، شلی لیگامنت و اختلال در کنترل وضعیت است. همچنین برخی از عوامل خطر آسیب‌دیدگی، مانند رگ‌به‌رگ شدن، فعالیت‌های حرکتی و غیرمنتظره، تغییر سریع ساده جهت، خاک یا کفش و غیره است. برنامه تمرینی به کاهش میزان آسیب و افزایش میزان عملکرد ورزشی کمک می‌کند (۲،۳). پیچ‌خوردگی مچ پا یکی از شایع‌ترین آسیب‌دیدگی‌های ورزشی در بین افراد ورزشکار است که بیشتر از ۴۰ درصد از آسیب‌های ورزشی را شامل می‌شود (۴). همچنین در صورت پیچ‌خوردگی مچ پا اگر درمان ناکافی داشته باشد منجر به بی‌ثباتی مزمن می‌شود. آسیب رباط‌های جانبی که شامل کالکانوفیولار و تالوفیولار قدامی - خلفی حدود ۶۶٪ است و شایع‌تر از آسیب دیدگی رباط دلتوئید (حدود ۲۰٪) و در صورت شکستگی و دررفتگی شدید مچ پا اتفاق می‌افتد (۵). ۷۲٪ افراد مبتلا به اختلالات مفصل مچ پا قادر به حفظ سطح فعالیت قبلی خود نبودند (۶). ورزش‌هایی که در آن آسیب‌دیدگی مچ پا بیشتر اتفاق می‌افتد شامل والیبال، بسکتبال، فوتبال، هندبال و دیگر ورزش‌هایی که نیازمند توقف ناگهانی، جهش و حرکات پرشی ناگهانی است. همچنین مطالعات نشان داده که حدود ۲۵٪ از آسیب‌های ورزشی مربوط به مچ پا بوده و حدود ۸۵٪ درصد آن مربوط به رباط خارجی مچ پا و حدود ۴۱٪ از کل صدمات ورزشی در رشته والیبال وجود دارد (۷،۸). امروزه به دلیل بالا بودن سطح تعادل و بهره‌گیری از حس عمقی، وجود لیگامان‌های خارجی و کپسول مفصلی مچ پا که غنی از گیرنده‌های حس عمقی اند در توانبخشی ورزشکار آسیب دیده توجه زیادی می‌شود این فرضیه وجود دارد که پس از آسیب میزان پیام‌های حسی پیکری - محیطی کاهش یافته و موجب برهم خوردن کنترل عصبی - عضلانی می‌گردد. (۹،۱۰) به دلیل اهمیت این آسیب و از آنجایی که به عقیده برخی از پژوهشگران برای بهبود ثبات هسته مرکزی و به دنبال آن عملکرد افراد مبتلا به بی‌ثباتی و آسیب مزمن مچ پا پروتکل تمرینی باید جامع بوده و علاوه بر ناحیه مچ پا، ناحیه ران و زانو را نیز درگیر کرده و بر کل ناحیه اندام تحتانی تمرکز داشته باشد. در ۲۵ سال اخیر نوعی تمرینات اصلاحی با عنوان تمرینات عصبی عضلانی واکنشی (RNT) توسط ویگوت و کوک معرفی شده است (۱۱). کاربرد این تمرینات در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است محققان از این تمرینات برای بازگرداندن ثبات عملکردی و افزایش مهارت‌های کنترل حرکتی در ورزشکاران آسیب‌دیده استفاده نمودند (۱۲) تکنیک‌های تمرینات RNT اختلالات الگوی غیرارادی ناکارآمد حرکتی را با استفاده از یک نیروی خارجی درجه پایین به صورت واکنشی اصلاح می‌نماید (۱۳) این تمرینات با استفاده از باندهای کشی با بار سبک، الگوی صحیح حرکتی فرد را افزایش داده و به مجری حرکت گفته می‌شود که اجازه ندهد تا مربی ناراست‌هایی حرکتی او را تشدید نماید. این باند برای افزایش قدرت عضلانی مورد استفاده قرار نمی‌گیرد؛ بلکه به منظور ایجاد تنش‌هایی است بر روی پوسچر و پوزیشن صحیح بدن برای بهبود ثبات عضلانی پویا که در طول فعالیت تمرکز دارد (۱۴،۱۵) به همین دلیل در تمرینات تعادلی به طور موثری از مکانیسم‌های کنترل - عصبی - عضلاتی برای حفظ تعادل در حین حرکت بکار گرفته می‌شود در حالیکه در تمرین قدرتی ورزشکار بیشتر به تعادل ایستا نیاز دارد و همچنین در تمرینات ترکیبی تعادلی و (قدرتی) ورزشکار از یکپارچگی گیرنده‌های حس عمقی و هماهنگی عضلات در فعالیت‌های هم‌انقباضی بهره می‌گیرد با توجه به اینکه در اجرای تمرینات ترکیبی، ورزشکار از تمرینات با ویژگیها و شکل‌های مختلف استفاده میکند و این تنوع ایجاد شده در تمرین و نیز اجرای همزمان تمرینات تعادلی و قدرتی که موجب فعال سازی بیشتر مکانیسم‌های بهبود دهنده تعادل می‌گردد در نهایت منجر به بهبود بیشتر عملکرد می‌گردد. (۱۶) در این مطالعه تاثیر ۸ هفته تمرینات RNT بر ثبات هسته مرکزی والیالیست‌های دارای بی‌ثباتی مچ پا بررسی شد.

## مواد و روش‌ها

### طرح پژوهش

پژوهش حاضر از نوع تحقیق نیمه‌تجربی و کاربردی با طرح پیش‌آزمون - پس‌آزمون یک گروه تجربی و یک گروه کنترل می‌باشد.

### جامعه آماری

جامعه آماری این تحقیق دختران والیالیست لیگ‌های آزاد قم که مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا بودند. این تحقیق شامل ۳۰ نفر آزمودنی بودند که به



صورت تصادفی در گروه‌های ۱۵ نفر گروه کنترل و ۱۵ نفر گروه تجربی تقسیم‌بندی شدند. معیارهای ورود آزمودنی‌ها داشتن سابقه پیچ‌خوردگی در مچ پا، داشتن سابقه شرکت در مسابقات لیگ آزاد و کسب امتیاز پایین‌تر از ۲۴ از مجموع ۳۰ امتیاز در پرسش‌نامه کامبرلند بودند و رده سنی والیبالیست‌ها از ۱۶ تا ۳۵ سال است.

### ابزار و روش‌های اندازه‌گیری

نسخه فارسی پرسش‌نامه بی‌ثباتی مچ پا کامبرلند (CAIT)، کرومتر دیجیتال، ترازو، متر

ثبات هسته مرکزی

برای ارزیابی ثبات هسته مرکزی از تست پلانک استفاده شد و از آزمودنی‌ها خواسته شد حالت پلانک را به خود بگیرد و سر، لگن و پاشنه در یک راستا قرار دهد و تا حد ناتوانی در این حالت قرار بگیرد و زمان استقرار هر فرد در وضعیت پلانک با کرومتر ثبت شد (۱۷)

### پروتکل تمرینی

- پروتکل تمرینات RNT به منظور انجام تحقیق، آزمودنی‌ها ۸ هفته تمرینات RNT را در قالب دو جلسه در هفته انجام دادند و پروتکل تمرینی در شروع تمرینات ابتدایی به آزمودنی‌ها آموزش داده شد و از آن تمرینات در ۱۶ جلسه استفاده شد و همچنین در هر جلسه تمرینی با استفاده از تردمیل و حرکات جنبشی به گرم کردن پرداختند.

#### جدول ۱. پروتکل تمرینی

گرم کردن	تمرین	تعداد است	تعداد تکرار	سرد کردن
۱۵ دقیقه	اسکوات روی بوسوبال و حرکت روئینگ کش	۳	۱۰	۱۰ دقیقه
۱۵ دقیقه	لانچ با کش	۳	۱۰	۱۰ دقیقه
۱۵ دقیقه	سرشانه کتل بل تک دست کش	۳	۱۰	۱۰ دقیقه
۱۵ دقیقه	اسکوات روی بوسوبال تک دست کش	۳	۱۰	۱۰ دقیقه
۱۵ دقیقه	اسکوات کش مقاومتی با کمک یار تمرینی	۳	۱۰	۱۰ دقیقه
۱۵ دقیقه	فرشته تعادلی کشش کش هم‌زمان	۳	۱۰	۱۰ دقیقه
۱۵ دقیقه	کرانچ پا صاف و کشش کش هم‌زمان	۳	۲۰	۱۰ دقیقه
گرم کردن	تمرین	تعداد ست	تعداد تکرار	سرد کردن
۱۵ دقیقه	خط کش توپ میان پا و فلکشن تناوبی پا	۳	۱۰	۱۰ دقیقه
۱۵ دقیقه	ایستادن تعادلی تک پا روی بوسوبال قسمت نیم‌دایره	۳	۳۰ ثانیه	۱۰ دقیقه
۱۵ دقیقه	دد لیفت دمبل توپ میان پا، پاشنه بالا	۳	۱۰	۱۰ دقیقه
۱۵ دقیقه	ایستادن تعادلی تک پا روی بوسوبال قسمت صاف	۳	۳۰ ثانیه	۱۰ دقیقه
۱۵ دقیقه	پلانک	۳	۶۰ ثانیه	۱۰ دقیقه

### روش تحلیل داده‌ها

داده‌های توصیفی مرتبط با پژوهش بر اساس آمار توصیفی گزارش شد. بدین منظور از میانگین و انحراف معیار استفاده شد. سپس، از روش آمار استنباطی جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد. در این بخش از آزمون شاپیرو-ویلک جهت بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها استفاده شده است. همچنین همگنی واریانس بین گروهی با استفاده از آزمون لون مورد ارزیابی قرار گرفت. نهایتاً جهت مقایسه‌های بین گروهی از آزمون آنالیز کوواریانس استفاده شد. مقایسه‌های درون گروهی نیز با استفاده از آزمون t همبسته مورد ارزیابی قرار گرفت. کلیه آزمون‌های آماری با استفاده از



نرم افزار SPSS نسخه ۲۵ و در سطح معنی داری ۹۵ درصد با آلفای کوچکتر و یا مساوی با ۰/۰۵ ارزیابی شد. از نرم افزار GraphPad PRISM9 جهت ترسیم نمودار ها استفاده شد.

### نتایج

در این مطالعه تاثیر ۸ هفته تمرینات RNT بر ثبات هسته مرکزی والیالیست های دارای بی ثباتی مچ پا مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه و تحلیل داده ها نشان داد کخ تفاوت معنی داری بین میانگین نمرات ثبات هسته مرکزی در مرحله پس آزمون در گروه تجربی و کنترل مشاهده گردید که نشان دهنده اثربخشی تمرینات (RNT) در بهبود ثبات هسته مرکزی والیالیست های دارای بی ثباتی مچ پا بود.

جدول ۲. مقایسه شاخص های توصیفی و تن سنجی آزمودنی ها

شاخص	گروه کنترل	گروه تجربی	P-value بین گروهی
سن(سال)	۲۲/۶۶ ± ۱/۱۳	۲۱/۴۰ ± ۱/۰۴	۰/۱۴۵
قد(سانتی متر)	۱۶۹/۰۱ ± ۱/۸۰۷	۱۶۷/۸۰ ± ۱/۷۶	۰/۸۶۰
وزن(کیلوگرم)	۶۵/۷۳ ± ۲/۶۲	۶۸/۰۶ ± ۳/۷۱	۰/۱۶۳
شاخص توده بدنی(کیلوگرم/متر مربع)	۲۲/۶۰ ± ۰/۸۰۳	۲۳/۵۳ ± ۱/۳۸	۰/۳۰۳

\*باتوجه به نتایج جدول ۱ هیچگونه تفاوت معنی داری بین گروهی در شاخص های توصیفی و تن سنجی مشاهده نشد. بنابراین گروه های پژوهش از این لحاظ همگن می باشند.

جدول ۳. بررسی طبیعی بودن توزیع داده ها

نتایج آزمون شاپیرو - ویلک جهت بررسی طبیعی بودن توزیع داده های پژوهش

شاخص	گروه کنترل		گروه تجربی	
	آماره	P-value	df	p-value
سن(سال)	0/935	0/251	15	0/704
قد(سانتی متر)	0/949	0/654	15	0/144
وزن(کیلو گرم)	0/956	0/741	15	0/727
شاخص توده بدنی(کیلو گرم/متر مربع)	0/948	0/647	15	0/981
ثبات هسته مرکزی(ثانیه)	0/909	0/274	15	0/156

\* باتوجه به نتایج آزمون شاپیرو ویلک جدول ۳ کلیه شاخص های مورد مطالعه از توزیع طبیعی برخوردارند. بنابراین، فرض نرمال بودن توزیع طبیعی داده ها برقرار است.

جدول ۴. نتایج آزمون لون جهت بررسی همگنی واریانس بین گروهی

شاخص	آماره	df	p-value
سن(سال)	۰/۴۵۸	۱	۰/۸۳۵
قد(سانتی متر)	۰/۱۶۵	۱	۰/۶۸۹
وزن(کیلو گرم)	۰/۵۰۸	۱	۰/۹۹۰
شاخص توده بدنی(کیلو گرم/متر مربع)	۱/۱۳۸	۱	۰/۳۰۰
ثبات هسته مرکزی(ثانیه)	۰/۳۹۰	۱	۰/۷۷۳

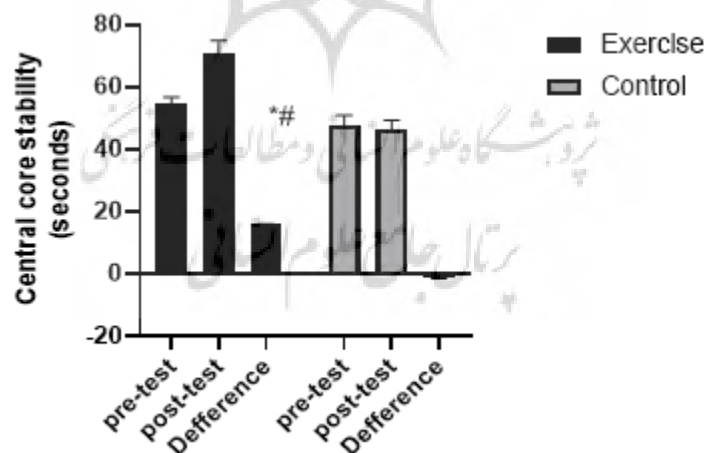


\* باتوجه به نتایج آزمون لون جدول ۴، شرط همگنی واریانس بین گروهی برای کلیه شاخص های پژوهش برقرار است بنابراین، شرط همگنی واریانس بین گروهی برای استفاده از آزمون های پارامتریک برقرار است.

جدول ۵. نتایج آزمون آنالیز کوواریانس جهت بررسی تفاوت های بین گروهی و آزمون t وابسته جهت مقایسه های درون گروهی ثبات هسته مرکزی

متغیر	زمان	گروه کنترل	گروه تجربی	میانگین مربعات	df	F	p-value بین گروهی
پیش آزمون		±3/13	±2/02	2442/969	۱		
		47/86	54/80				
پس آزمون		±2/97	±4/10	2442/969	۱		
		46/46	70/86				
اختلاف		±0/036	±0/09	2442/969	۱		
		-1/4	16/06				
		0/086	*≤0/001				#≤ ۰/۰۰۰ ۱۷/۷۳۸

\*نشان دهنده تفاوت معنی دار درون گروهی، # نشان دهنده تفاوت معنی دار بین گروهی. باتوجه به نتایج جدول ۵، تفاوت معنی دار بین گروهی ( $p \leq 0/000$ ) در ثبات هسته مرکزی مشاهده می شود. به این ترتیب که ثبات هسته مرکزی در گروه تجربی افزایش معنی داری نسبت به گروه کنترل داشته است. به عنوان نتایج تکمیلی مقایسه های درون گروهی نشان دهنده اثر بخشی معنی دار ثبات هسته مرکزی در گروه تجربی ( $p \leq 0/001$ ) و عدم تفاوت معنی دار در گروه کنترل ( $p = 0/086$ ) بود.



نمودار جدول ۵ مقایسه تفاوت های بین گروهی و درون گروهی ثبات هسته مرکزی والیبالیست های دارای بی ثباتی مچ پا به دنبال هشت هفته تمرینات RNT

\*نشان دهنده تفاوت معنی دار درون گروهی، # نشان دهنده تفاوت معنی دار بین گروهی.



## بحث

هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر هشت هفته تمرینات عصبی عضلانی واکنشی (RNT) بر ثبات هسته مرکزی در والیبالیست‌های دختر مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا بود. یافته‌های اصلی این مطالعه نشان داد که اجرای پروتکل تمرینی RNT به مدت هشت هفته منجر به بهبود معنادار در استقامت و ثبات عضلات هسته مرکزی، که با آزمون پلانک ارزیابی شد، گردید. در حالی که گروه کنترل که تنها به فعالیت‌های ورزشی معمول خود ادامه دادند، هیچ تغییر معناداری را تجربه نکردند. این نتایج، فرضیه اصلی پژوهش را مبنی بر اثربخشی تمرینات RNT در بهبود شاخص‌های ثبات مرکزی در جمعیت مورد مطالعه تأیید می‌کند. تفسیر این یافته‌ها مستلزم بررسی در بستر مکانیسم‌های نظری اثرگذاری RNT، مقایسه با دستاوردهای تحقیقات پیشین، و همچنین توجه به پیامدهای بالینی و کاربردی آن است.

مکانیسم اثر تمرینات RNT بر ثبات هسته مرکزی را می‌توان در چارچوب اصل اضافه بار عصبی و نیاز به تطابق سیستم عصبی-عضلانی با محرک‌های غیرمنتظره تبیین کرد. تمرینات RNT با اعمال اغتشاشات خارجی کنترل شده توسط باندهای کشی در حین اجرای الگوهای حرکتی عملکردی (همچون اسکوات و لانژ روی سطوح ناپایدار)، سیستم عصبی مرکزی را وادار می‌سازد تا به صورت واکنشی و خودکار، استراتژی‌های بهینه برای حفظ تعادل و وضعیت قرارگیری صحیح مفاصل را فراخوانی کند (Ghai, Ghai & Effenberg, 2023). این فرآیند مستلزم بهبود هماهنگی درون عضلانی و برون عضلانی، زمان‌بندی فعال‌سازی عضلات عمقی ثبات‌دهنده هسته (مانند عضله عرضی شکم و مولتی‌فیدوس)، و نیز افزایش کارایی چرخه‌های گیرنده-مرکز-اثرگذار حس عمقی است. در واقع، این تمرینات نه تنها بر قدرت، بلکه بر سرعت و دقت پاسخ عضلات هسته در مواجهه با چالش‌های پویا تأکید دارند. مطالعه‌ای توسط Mohammadi و همکاران (۲۰۲۴) که به بررسی تأثیر تمرینات واکنشی بر کنترل پاسچر در ورزشکاران با سابقه آسیب رباط صلیبی قدامی پرداخت، نشان داد که اینگونه تمرینات منجر به بهبود معنادار در الگوی فعال‌سازی هم‌زمان (کو-کانترکشن) عضلات اطراف لگن و تنه می‌شود، یافته‌ای که همسو با مکانیسم پیشنهادی در پژوهش حاضر برای توضیح بهبود ثبات ایستای هسته (پلانک) است.

یافته این پژوهش مبنی بر بهبود ثبات هسته مرکزی پس از مداخله RNT، با نتایج تعدادی از مطالعات اخیر همخوانی دارد. برای مثال، در مطالعه‌ای که توسط Alizadeh و همکاران (۲۰۲۳) بر روی بازیکنان فوتبال مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا انجام شد، یک برنامه ترکیبی شامل تمرینات تعادلی پویا و تمرینات مقاومتی با تأکید بر ثبات مرکزی منجر به بهبود هم در شاخص‌های ثبات مرکزی و هم در پایداری پویای مچ پا گردید. نویسندگان این بهبودها را ناشی از افزایش یکپارچگی عصبی-عضلانی در سراسر زنجیره جنبشی دانستند. به‌طور مشابه، پژوهشی از Lee و Park (2024) که اثرات یک برنامه تمرین عصبی-عضلانی یکپارچه (شامل المان‌های RNT) را بر روی زنان ورزشکار با سایچه بی‌ثباتی مچ پا بررسی کرد، گزارش نمود که این تمرینات نه تنها زمان ماندن در وضعیت پلانک جانبی را افزایش داد، بلکه نمرات حس عمقی مچ پا را نیز به‌طور معناداری بهبود بخشید. این نتایج حمایت‌کننده دیدگاه کل‌نگر در توانبخشی آسیب‌های اندام تحتانی است که بر ارتباط عملکردی بین ثبات پروگزیمال (هسته) و ثبات دیستال (مچ پا) تأکید می‌ورزد.

با این حال، تفسیر جامع یافته‌های این پژوهش مستلزم بررسی و تحلیل احتمالی تفاوت‌های آن با برخی مطالعات دیگر است. به‌عنوان مثال، یک متاآنالیز که توسط Smith و همکاران (۲۰۲۳) منتشر شد، نشان داد که اگرچه تمرینات عصبی-عضلانی به‌طور کلی بر بهبود تعادل و عملکرد در افراد با بی‌ثباتی مچ پا مؤثر هستند، اما اندازه اثر این مداخلات بر شاخص‌های ایزوله ثبات مرکزی (در مقایسه با شاخص‌های تعادل پویای مرتبط با مچ پا) می‌تواند متغیر و گاهی کوچک باشد. یک توضیح احتمالی برای این ناهمخوانی ظاهری می‌تواند در طراحی خاص پروتکل RNT به کار رفته در مطالعه حاضر نهفته باشد. در این پژوهش، بسیاری از تمرینات (مانند اسکوات روی بوسوبال با کش) به‌طور ذاتی مستلزم حفظ هم‌زمان ثبات در هسته مرکزی برای مقابله با اغتشاش و ثبات در مچ پا برای حفظ وضعیت روی سطح ناپایدار بودند. این طراحی یکپارچه ممکن است محرک قوی‌تری برای سیستم عصبی-عضلانی هسته ایجاد کرده باشد در مقایسه با پروتکل‌هایی که تمرینات ثبات مرکزی و تمرینات مچ پا را به صورت مجزا ارائه می‌دهند (Krause et al., 2024). بنابراین، خاصیت ترکیبی و عملکردی تمرینات RNT احتمالاً عاملی کلیدی در دستیابی به بهبود معنادار در آزمون پلانک بوده است.

علاوه بر این، بهبود مشاهده‌شده در ثبات هسته مرکزی می‌تواند پیامدهای مهمی فراتر از افزایش صرف استقامت عضلانی داشته باشد. از دیدگاه بیومکانیکی، هسته مرکزی قوی و واکنش‌گرا به عنوان یک پیوند انتقال نیرو بین اندام تحتانی و فوقانی عمل می‌کند. در والیبالیست‌ها، عملکردهایی مانند پرش برای اسپک یا دفاع، و فرود امن پس از آن، وابستگی شدیدی به انتقال بهینه نیرو از طریق یک هسته ثابت دارند. اختلال در این انتقال



نیرو، که ممکن است در اثر بی‌ثباتی مچ پا و الگوهای جبرانی ایجاد شود، می‌تواند هم کارایی حرکت و هم خطر آسیب‌های ثانویه به زانو یا کمر را افزایش دهد. (Zemková, 2024) از این منظر، بهبود ثبات هسته مرکزی از طریق RNT ممکن است به بازگرداندن مکانیک حرکت بهینه در حین پرش و فرود کمک کند. این فرضیه با مطالعه Santos و همکاران (۲۰۲۳) همسوست که گزارش کردند بهبود در شاخص‌های ثبات مرکزی پس از یک دوره تمرینی، با کاهش نمرات خطر آسیب در تست‌های پرش عملکردی در بازیکنان بسکتبال همراه بود. بنابراین، می‌توان استدلال کرد که تمرینات RNT ممکن است با هدف قرار دادن یک حلقه ضعیف در زنجیره جنبشی (هسته)، به کاهش استرس وارده بر حلقه دیگر (مچ پا) و در نتیجه کمک به چرخه بهبود و پیشگیری از آسیب کمک کنند.

در تحلیل محدودیت‌های این پژوهش باید به چند نکته توجه شود. نخست، نمونه‌گیری از جامعه آماری خاص (والیبالیست‌های دختر لیگ آزاد قم با بی‌ثباتی مزمن مچ پا) موجب می‌شود که تعمیم‌پذیری نتایج به سایر جمعیت‌های ورزشی (مانند مردان، ورزشکاران سطوح حرفه‌ای‌تر، یا ورزش‌های غیرپرشی) با احتیاط صورت گیرد. دوم، اگرچه آزمون پلانک یک ابزار معتبر و متداول برای سنجش استقامت ایستای عضلات هسته است، اما ماهیت پویا و واکنشی تمرینات RNT ممکن است با ابزارهای ارزیابی پویاتر از ثبات هسته (مانند تست‌های تعادلی عملکردی یا ارزیابی با صفحه‌های نیرو در حین انجام تکلیف) بهتر سنجیده شود. سوم، این مطالعه پیامدهای مداخله را بلافاصله پس از پایان دوره تمرینی اندازه‌گیری کرد و فاقد پیگیری بلندمدت برای بررسی ماندگاری اثرات و نیز تأثیر آن بر نرخ واقعی آسیب‌های مچ پا در فصل مسابقات است. با در نظر گرفتن این محدودیت‌ها، یافته‌های این پژوهش دارای مفاهیم عملی ارزشمندی برای مربیان، فیزیوتراپیست‌ها و متخصصان حرکات اصلاحی است. پروتکل تمرینی RNT به کار رفته، که می‌تواند با حداقل تجهیزات (باند کشی، بوسوبال) اجرا شود، یک راهکار عملی و مقرون‌به‌صرفه برای گنجاندن در برنامه‌های گرم‌کردن، تمرین قدرتی یا دوره توانبخشی ورزشکاران مبتلا به CAI ارائه می‌دهد. تأکید این تمرینات بر تصحیح الگوهای حرکتی در شرایط شبه‌واقعی، آن را به مداخله‌ای جذاب برای ورزشکاران تبدیل می‌کند و احتمال پایبندی به برنامه را افزایش می‌دهد. برای تحقیقات آینده، پیشنهاد می‌شود که تأثیر ترکیب RNT با سایر روش‌ها (مانند تمرینات پلايومتریک یا آموزش آگاهی از حرکت) مورد بررسی قرار گیرد. همچنین، انجام مطالعات طولی‌مدت با گروه‌های بزرگ‌تر و متنوع‌تر از ورزشکاران برای تعیین تأثیر این تمرینات بر معیارهای نهایی مهم‌تری مانند میزان بروز آسیب، عملکرد ورزشی خاص (مانند ارتفاع پرش یا دقت سرویس)، و کیفیت زندگی مرتبط با سلامت، گام بعدی ضروری در تثبیت جایگاه RNT در پروتکل‌های جامع پیشگیری و توانبخشی آسیب‌های مچ پا خواهد بود.

## نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر، تمرینات RNT می‌تواند به‌عنوان یک رویکرد تمرینی مؤثر برای بهبود ثبات هسته مرکزی در والیبالیست‌های مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا مورداستفاده قرار گیرد. بنابراین، باتوجه‌به نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق، والیبالیست‌های دارای بی‌ثباتی مچ پا می‌توانند از تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی در جهت بهبود سریع‌تر ثبات هسته مرکزی استفاده کنند و آن را جزئی از برنامه تمرینی روزمره خود قرار دهند؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود که فدراسیون‌ها، باشگاه‌ها، مربیان، امدادگران ورزشی و فیزیوتراپیست‌ها از این روش تمرینی در کنار اقدامات پزشکی و توانبخشی فیزیکی، به‌عنوان راهکارهای درمانی بهره‌گیرند. استفاده از این روش می‌تواند نقش مؤثری در پیشگیری از آسیب مجدد و تسریع روند بازگشت ورزشکاران به تمرین، رقابت و حضور فعال در صحنه‌های ورزشی ایفا کند.

## ملاحظات اخلاقی

در اجرای پژوهش ملاحظات اخلاقی مطابق با دستورالعمل کمیته اخلاق دانشگاه قم در نظر گرفته شده است.

## حامی/حامیان مالی

این مقاله هیچ گونه کمک مالی از سازمان تامین‌کننده مالی در بخش‌های عمومی و دولتی، تجاری، غیرانتفاعی دانشگاه یا مرکز تحقیقات دریافت نکرده است.

## مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده‌سازی مقاله مشارکت یکسان داشته‌اند.

## تعارض منافع



بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

## تشکر و قدردانی

بدینوسیله از زحمات اساتیدی که در انجام این مطالعه کمال همکاری را داشته‌اند، سپاسگزاری می‌گردد.

## References

1. Lundberg, A., Goldie, I., Kalin, B., Selvik, G., Kinematics of the ankle/footcomplex: plantar flexion and dorsiflexion, *Foot Ankle*, 1989,9: 194-200.
2. Fatahi A, Dehnavi M. Comparison the Effect of Neuromuscular Exercises With Other Training Modalities on Balance and Motor Function in People With Chronic Ankle Instability: A systematic Review and Meta-Analysis. [ (Persian)]. *Archives of Rehabilitation*. 2022; 23(3):310-333. <https://doi.org/10.32598/RJ.23.3.3425.3>; <https://doi.org/10.32598/RJ.23.3.3425.3>.
3. Guilherme Augusto Moreira Silva<sup>1</sup>, Ruan Kaique de Oliveira<sup>1</sup>, Ana Maria de Castro<sup>1</sup>, Nathália Fernandes da Silva<sup>1</sup>, Bruna Almeida Pires Franco de Oliveira<sup>2</sup>, Maria Eduarda Moreira Lino<sup>1</sup>, Rodrigo Franco de Oliveira<sup>1</sup> by Effectiveness of proprioceptive training in athletes with and without ankle instability: systematic review. <https://doi.org/10.17784/mtprehabjournal.2022.20.1277>
4. Arastoo A, Goharpey S, Zahednejad S, Shaterzadeh YM, Rasouli P. [Effects of star excursion balance training on ankle functional stability via agility hop test in patients with unilateral chronic ankle instability (Persian)]. *Jundishapur Scientific Medical Journal*. 2011; 383-9310(4).
5. Kisner C, Colby LA. *Therapeutic exercise: foundations and techniques*. 5th edition. Philadelphia: F.A. Davis Company; 2007, pp:777-9.
6. Esteki P, Ghasemi Gh, Sadeghi M. [Effect of 8 weeks Slide Board Exercises on Functional Performance in Female Basketball with Chronic Ankle Instability (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2024; 13(4):758-769. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.4.3183>
7. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.4.3183>
8. McKeon PO, Hertel J. (2008). Systematic review of postural control and lateral ankle instability, part I: can deficits be detected with instrumented testing?. *Journal of athletic training*. 43(3):293-3304.
9. Asadi M, Mino-Nejad H, Alizadeh MH. [Effect of Eight Weeks of AI- Chi exercises on Static, Dynamic Balance, Proprioception and Performance in Elite Female Athletes with Functional Ankle Instability (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2023; 12(3):504-519. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.12.3.9>
10. Garrett Caughlan, ET. A 4-week neuromuscular training program on gait pattern at the ankle joint. *J Athl Train*. 2007; 42(1):51-59.
11. Abdolrasoul Daneshjoo, Assistant Professor of Sport Biomechanics and Corrective Exercise, Department of Physical Education and Sports Science, East Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. (1399)
12. Voight, M. L., & Cook, G. (1996). Clinical application of closed kinetic chain exercise. *Journal of Sport Rehabilitation*, 5(1), 25-44.
13. Abdolrasoul Daneshjoo, Assistant Professor of Sport Biomechanics and Corrective Exercise, Department of Physical Education and Sports Science, East Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. (1399)
14. Guido Jr, J. A., & Stemm, J. (2007). Reactive neuromuscular training: a multi-level approach to rehabilitation of the unstable shoulder. *North American journal of sports physical therapy: NAJSPT*, 2(2), 97.
15. Loutsch, R. A., Baker, R. T., May, J. M., & Nasypany, A. M. (2015). Reactive neuromuscular training results in immediate and long term improvements in measures of hamstring flexibility: A case report. *International journal of sports physical therapy*, 10(3), 371.
16. Harrison, B. C., & Hart, J. M. (2010). Reactive neuromuscular training in low-back pain rehabilitation: Part one. *Athletic Training and Sports Health Care*, 2(6), 2534-
17. Zeigel, A. K. (2017). An Examination of the Effectiveness of Novel Manual Therapies to Improve Patient Care: A Dissertation of Clinical Practice Improvement. University of Idaho.
18. Moradi K, Minoonejad, H. Rajabi R. The immediate effect of core stability exercises on postural sway in athletes with functional ankle instability. *J Rehab Med*. 2015; 4(3): 101-110.