Archives of
Rehabilitation

October 2022. Vol 23. Num 3

Review Paper

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

*Ali Fatahi[1], Mahboobeh Dehnavi[1]

1. Department of Sports Biomechanics, Faculty of Sport Science And Physical Education, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation 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

CC BY NC

ABSTRACT

Objective Identifying the factors affecting the reduction of ankle sprain complications, rapid recovery, and prevention of re-injury after an ankle sprain are essential. Therefore, the present meta-analysis investigates which training modalities have a better effect on the balance and motor function of people with chronic ankle instability.

Materials & Methods The relevant articles were identified by searching 8 international databases of MEDLINE/PubMed, Embase/Scopus, LILACS, CINAHL, Central (Cochrane Central Register of Controlled Trials), Web of Science, PEDro, and Google Scholar. This work was also done in Persian databases Magiran, Irandoc, Iranmedex, MedLib, and SID, equivalent to English keywords searched from 8 databases. After collecting the search results, first, the title and then the abstracts of the articles were read. If the articles met the inclusion and exclusion criteria, their results would be used in the review study, otherwise discarded. The search period comprised from the beginning to December 2021. In addition, a manual search and full review of article sources was performed. The exclusion criteria were articles whose statistical population was people other than people with chronic ankle instability, published articles other than English and Persian, and articles that examined the effect of exercise programs on factors other than balance and motor function had paid. Hedges' effect size (ratio of the mean difference between the two groups to the mixed weight standard deviation) was used for meta-analysis. Heterogeneity between studies was assessed using the I2 index. If the heterogeneity is above 50%, the random effects model method is used, and if it is below 50%, the fixed-effects model method is used. The bias of published studies was assessed using Egger's test. Comprehensive meta-analysis v.2.0 software was used to analyze the data.

Results After reviewing the full text of the found articles, 21 articles using 24 training protocols were selected. The final articles were divided into two categories for analysis: articles comparing neuromuscular exercises with other exercises and articles comparing new and combined balance exercises with other exercises with traditional balance exercises. By a superficial qualitative review of articles with the PEDro tool, the average scores that articles received from this scale were higher than 7, which shows that the articles used for the meta-analysis of this study are of high quality and the results of these studies are reliable.

Conclusion The results of studies showed that neuromuscular training has a better effect on static and dynamic balance in people with chronic ankle instability than other training protocols. However, there was no significant difference between the two types of training groups in motor performance. The results of studies also showed that balance-combination exercises, as well as new methods of balance exercises compared to traditional balance exercises, have a more significant effect on static balance and motor function of people with chronic ankle instability. However, no significant difference between the two types of training groups was observed in the dynamic balance. Also, the effect of new combined-balance exercises on dynamic balance was better than traditional balance exercises. It seems that the usefulness of balance-combination exercises and performing balance exercises with new methods is more useful than other training protocols on balance and postural control of people with chronic ankle instability.

Keywords Chronic ankle instability, Ankle sprain, Balance, Motor function, Neuromuscular training modalities

Received: 19 Dec 2021
Accepted: 16 Mar 2022
Available Online: 01 Oct 2022

Corresponding Author:
Ali Fatahi, PhD.
Address: Department of Sports Biomechanics, Faculty of Sport Science And Physical Education, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
Tel: +98 (912) 5607581
E-Mail: ali.fatahi@iauctb.ac.ir

English Version

Introduction

The ankle is a joint frequently subjected to damage, and the most prevalent damage is the sprain of the lateral ankle ligament. Severe sprain of the lateral ankle ligament accounts for 85% of ankle damage [1]. A frequent ankle sprain can cause chronic ankle instability [2]. Chronic ankle instability refers to symptoms such as ligament laxity, disorders in controlling the situation, and the hollow feeling that remain for at least a year after the initial sprain [3]. This instability can result from a change in neuromuscular control [4], which appears as pattern alterations in motion, muscle function, and stability [5, 6]. Control disorder is observed in people diagnosed with ankle instability [7].

Research has demonstrated that biomechanical changes and sense-motion deficiencies occur in chronic ankle instability and can limit daily activities and result in erosive ankle damage [8]. In addition, functional and mechanical deficiencies in athletes result in re-injury during sports activities and eventually lead to losing playing and financial opportunities [9]. Meanwhile, such chronic damage results in negative psychological impacts on athletes and may even lead to their retirement from sports, especially professional sports activities [10]. Accordingly, it is crucial to identify the factors and design proper training protocols that reduce the side effects of ankle sprain damage, facilitate improvement, and prevent further injuries after the sprain. One of the training protocols designed for these people is neuromuscular training [11].

Neuromuscular training enables the central nervous system to activate the muscle motion neurons and increase joint awareness with a specific and organized pattern through mechanoreceptors and increasing the harmony between neurons and muscles [12]. Review studies examining the effects of neuromuscular training on these subjects have demonstrated that such training has a positive impact on the balance and motion function of people diagnosed with this disease [13-15]. However, no study has examined how neuromuscular training performs compared to other types of training. The question is whether neuromuscular training has a more positive impact compared to other types of training on these people or whether there is a significant difference between this type of training with other training protocols. Accordingly, the present meta-analysis study investigates this subject. It compares neuromuscular training with other types of training to clarify which type of training positively impacts the balance and motion functionality of people with chronic ankle instability.

Materials and Methods

This research is a systematic review based on the guidelines of PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses).

Databases

The following databases were consulted for related articles: MEDLINE/PubMed, Embase/Scopus, LILACS, CINAHL, CENTRAL (Cochrane Central Register of Controlled Trials), Web of Science, PEDro, and Google Scholar. The search period was from the beginning of 2021 to December 2021. Keywords were selected based on MeSH, but they were slightly revised to ensure that all related articles were found. In addition, a manual search was done to comprehensively search the resources of the articles. The selected databases were searched with the following keywords: “balance control” OR “center of pressure” OR “balance” OR “postural stability” OR “postural balance” OR “postural sway” OR “stability” OR “static balance” OR “static stance” OR “dynamic balance” AND “ankle sprain” OR “ankle instability” OR “chronic ankle instability”, “functional ankle instability” OR “ankle injuries” OR “recurrent ankle sprain” OR “lateral ankle sprain” AND “exercise training” “training” OR “physical exercise” OR “exercise program” OR “exercise therapy” OR “exercise” OR “exercise work-out” OR “balance training” OR “proprioception training” OR “neuromuscular training”.

In addition, this search was conducted on Persian databases, including Magiran, IranDoc, Iranmedex, MedLib, and SID. The equivalent keywords were searched in the selected Persian databases. After obtaining the articles, the summary of the articles was studied to check whether they passed the inclusion and exclusion criteria. The articles that did not pass the criteria were eliminated. According to the study’s objectives, 21 articles were selected after the evaluation stage. The full text of the articles was then gathered.

Inclusion criteria

The inclusion criteria comprised the following items: published articles in English or Persian, trials without orthopedic conditions that might impact balance or motion functionality, studies that investigated balance and motion functionality, and original research articles with randomized clinical trials.

Quality evaluation of articles

To observe the quality of the articles, we used the PEDro measurement. This measurement includes 11 questions, and each question has 1 score. If an article scores 7 or higher, it shows that the article has a high quality. Scores 5 and 6 show average quality, and scores below 5 show poor quality [16].

Article analysis method

To conduct the meta-analysis, we used Hedges' g (the ratio of the difference between the two groups and the weighted standard deviation). The heterogeneity between the articles was evaluated with the I^2 index. If the heterogeneity were obtained above 50%, we would use the random effects model. For the heterogeneity of below 50%, we would use the fixed-effects model. The skewness of articles was observed with the Egger test. We used the Comprehensive Meta-Analysis software, v. 2.0, to perform all the analyses.

Results

Selection of articles

After reviewing all articles, 21 studies that used 24 training protocols were selected. Finalized articles were divided into two categories for further analysis: articles that compared neuromuscular training with other types of training and articles that compared the new balance training and training combinations with other balance training.

Quality of articles

Using the PEDro tool to examine the quality of articles, the average score for selected studies based on this measurement was higher than 7 (average score of present articles=7.5); this shows that selected articles for this meta-analysis benefit from high quality and the results of the present are valid and reliable.

Results

Figure 1 shows the meta-analysis results of comparing the impact of neuromuscular training with other types of training on the static balance of people diagnosed with chronic ankle instability. The I^2 index shows 0% heterogeneity among the studies; therefore, we used the fixed effect meta-analysis model. The Hedges' g for the effects of training programs on static balance is obtained at 0.31 with a 95% confidence interval (0.02-0.060). The results of the meta-analysis demonstrate a significant difference between neuromuscular training with other types of training on the static balance of people with chronic ankle instability (P=0.03). Accordingly, neuromuscular training affects the static balance of these patients better than other types of training. Meanwhile, the Egger test between articles is 0.65, which shows no skewness.

Figure 2 demonstrates the results of the meta-analysis on comparing the effects of neuromuscular training with other types of training on the dynamic stability of people with chronic ankle instability. The I^2 index shows 41.35% heterogeneity among the studies; therefore, we used the fixed effect meta-analysis model. The Hedgers' g for training programs on dynamic stability was obtained at 0.47 with a 95% confidence interval (0.15–0.74). The meta-analysis results show a significant difference between neuromuscular training and other types of training on the dynamic stability of people with chronic ankle instability (P=0.001). Accordingly, neuromuscular training affects the dynamic stability of people compared to other types of training. Also, the result of the Egger test was obtained at 0.4, which shows no skewness.

Figure 3 demonstrates the effects of neuromuscular training compared to other types of training on the motion functionality of people with chronic ankle instability. The I^2 index is obtained at 0%, which shows no heterogeneity between the articles; therefore, we used the fixed effect meta-analysis model. The Hedgers' g of training programs on motion functionality was obtained at 0.03 with a 95% confidence interval (-0.23–0.28). The meta-analysis results show no significant difference between neuromuscular training and other types of training on the motion functionality of people with chronic ankle instability (P=0.85). Accordingly, the two types of training have the same impact on the motion functionality of people with chronic ankle instability. In addition, the Egger test results were obtained at 0.62, which shows no skewness.

Figure 4 shows the results of the meta-analysis on the comparison of traditional balance training with other combinatory balance training or balance training with a device on the static balance of people with chronic ankle instability. The I^2 index shows 81.81% heterogeneity among the articles; therefore, we used the random effect meta-analysis model. The Hedgers' g for training programs on the static balance was obtained at 1.17 with a 95% confidence interval (-1.80–0.55). The meta-analysis results show a significant difference between neuromuscular training with other balance-combinatory training or balance training with a device on people with chronic ankle instability (P=0.0001). Accordingly, balance-combinatory training or balance training with a device better affects the static

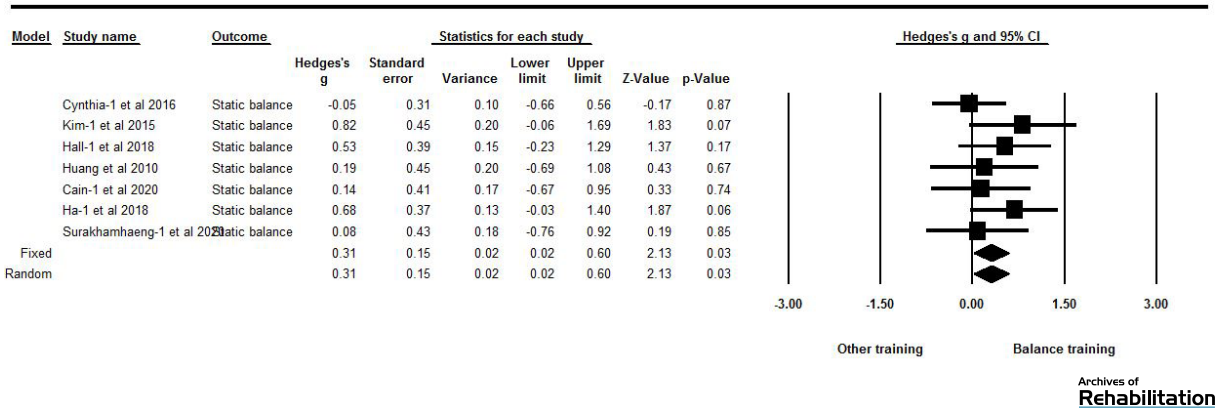


Figure 1. Results of meta-analysis to compare the effects of neuromuscular training with other types of training on the static balance of people with chronic ankle instability

balance of people with chronic ankle instability compared to traditional balance training. Meanwhile, the Egger test result was obtained at 0.6, which shows no skewness.

Figure 5 shows the results of the meta-analysis on the comparison of traditional balance training with other combinatory balance training or balance training with a device on the dynamic balance of people with chronic ankle instability. The I^2 index shows 0% heterogeneity among the articles; therefore, we used the fixed effect meta-analysis model. The Hedgers g for training programs on the dynamic balance was obtained at 0.27 with a 95% confidence interval (-0.58–0.05). The meta-

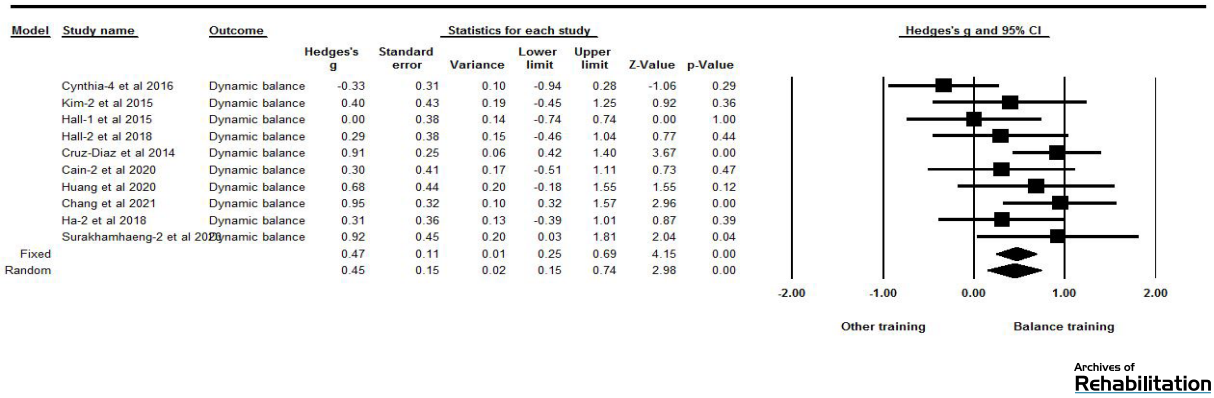


Figure 2. Results of meta-analysis to compare neuromuscular training with other types of training on the dynamic stability of people with chronic ankle instability

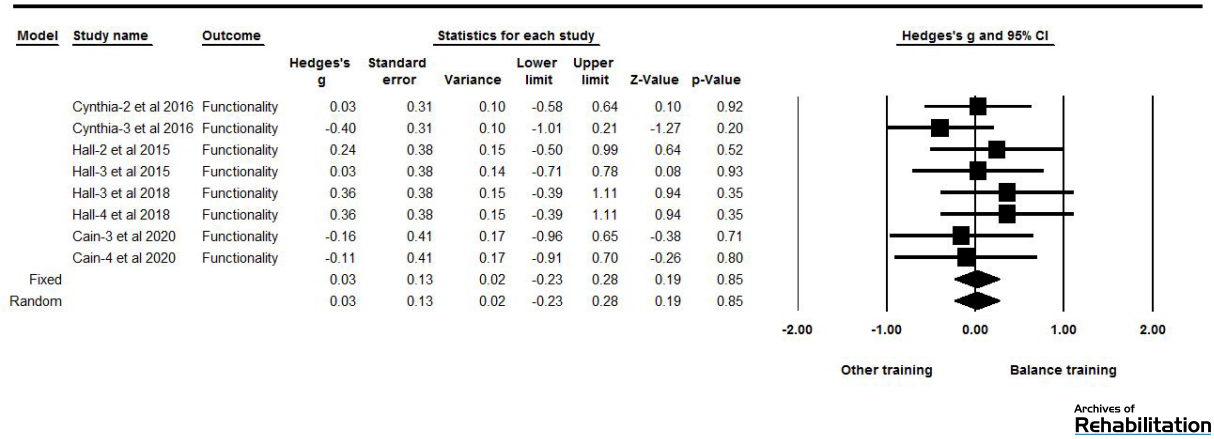


Figure 3. Results of meta-analysis to compare neuromuscular training with other types of training on the motion functionality of people with chronic ankle instability

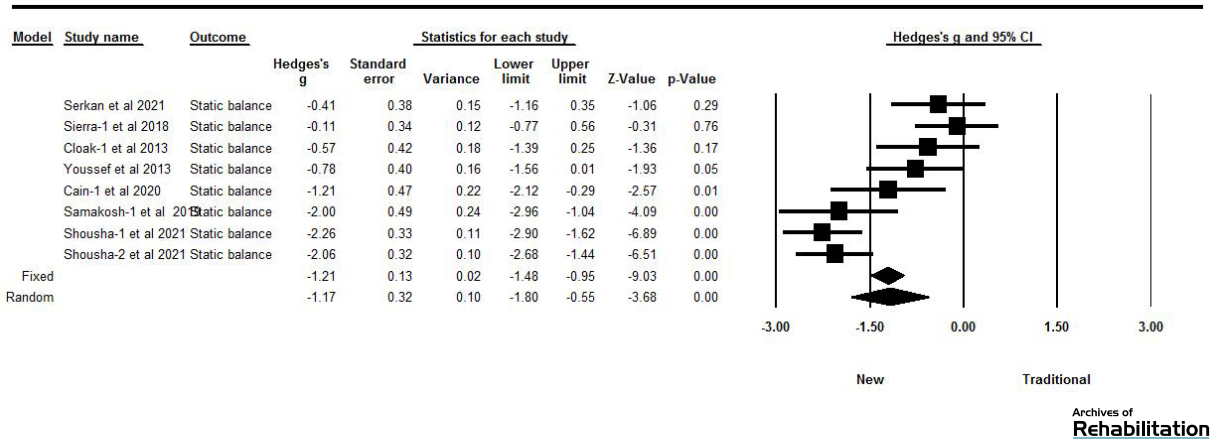


Figure 4. Results of meta-analysis to compare traditional balance training with balance-combinatory training or training with a device on the static balance of people with chronic ankle instability

analysis results show no significant difference between neuromuscular training with other balance-combinatory training or balance training with a device on people with chronic ankle instability (P=0.1), even though the impact of balance-combinatory training or balance training with a device was better than traditional balance training. Meanwhile, the Egger test result was obtained at 0.57, which shows no skewness.

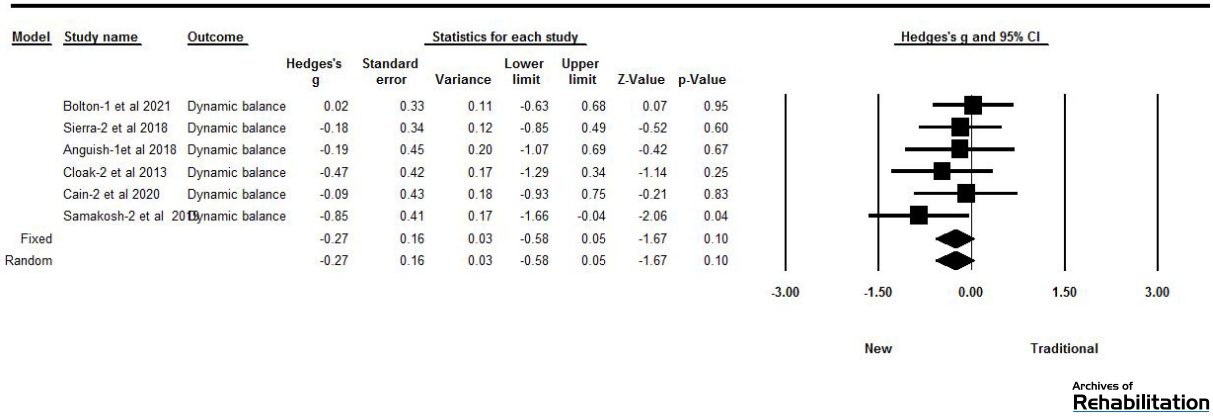


Figure 5. Results of meta-analysis to compare traditional balance training with balance-combinatory training or training with a device on the dynamic balance of people with chronic ankle instability

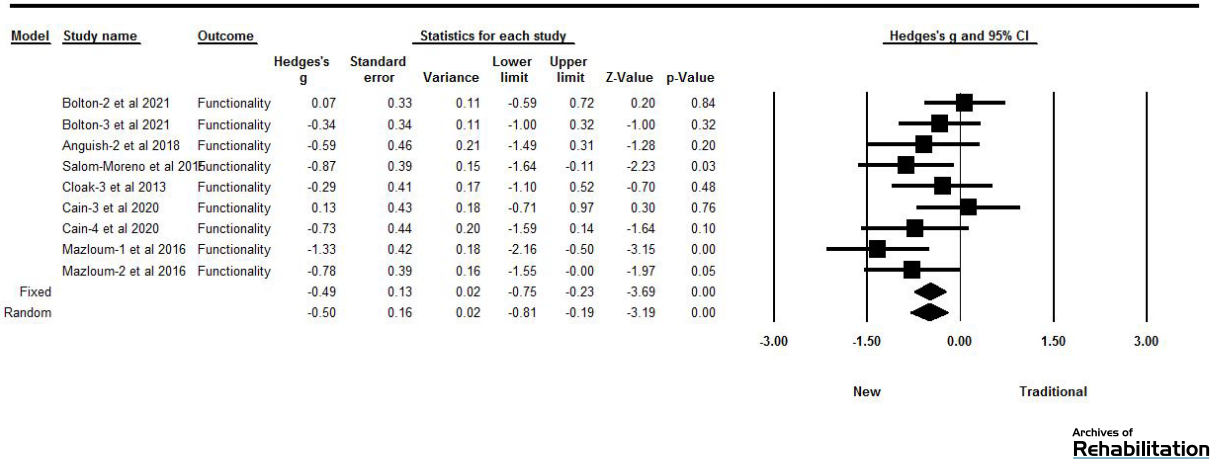


Figure 6. Results of meta-analysis to compare traditional balance training with balance-combinatory training or training with a device on the motion functionality of people with chronic ankle instability

Figure 6 shows the results of the meta-analysis on the comparison of traditional balance training with other combinatory balance training or balance training with a device on the motion functionality of people with chronic ankle instability. The I^2 index shows 28.09% heterogeneity among the articles; therefore, we used the fixed effect meta-analysis model. The Hedgers' g for training programs on the dynamic balance was obtained at 0.49 with a 95% confidence interval (-0.81–0.19). The meta-analysis results show a significant difference between neuromuscular training with other balance-combinatory training or balance training with a device on people with chronic ankle instability (P=0.001). Accordingly, the impact of balance-combinatory training or balance training with a device was better than traditional balance training. Meanwhile, the Egger test result was obtained at 0.67, which shows no skewness.

Discussion

This study aimed to compare neuromuscular training with other types of training on the balance motion functionality of people with chronic ankle instability. It was found that other studies have compared the effects of neuromuscular training with other types of training on the balance and motion functionality of people with chronic ankle instability. These studies have compared the effects of new balance training and combinatory balance training on the balance and motion functionality of people with chronic ankle instability. This study showed that neuromuscular training better affects the static and dynamic balance of people with chronic ankle instability compared to other training protocols; however, no difference was observed between the two groups in terms of motion functionality. In addition, the study showed that balance-combinatory training and new balance training affect the static balance and motion functionality of people with chronic ankle instability compared to traditional balance training. However, in terms of dynamic stability, no significant difference was observed between the two groups, even though the impact of balance-combinatory training and new training was higher than the traditional balance training.

Comparing neuromuscular training with other types of training on balance and motion functionality of people with chronic ankle instability

A total of 11 articles with 12 trials had been conducted to compare the effects of neuromuscular training with other types of training on the balance and motion functionality of people with chronic ankle instability [17-27]. The results of the meta-analysis showed that neuromuscular training, compared to other training protocols, has a more significant effect on the static (with an effect size of 0.31) and dynamic (with an effect size of 0.47) balance of people with chronic ankle instability. However, no significant difference was observed between the two groups of training in terms of motion functionality.

Neuromuscular training enables the central nervous system to activate the muscle motion neurons and increase joint awareness with a specific and organized pattern through mechanoreceptors and increasing the harmony between neurons and muscles. This condition leads to a better transition of information from joint receptors to the central nervous system while standing and performing the trials of dynamic balance [28]. These types of functionality training can have a crucial role in enhancing skill learning, calling motion units, increasing the plasticity of motion cortical, and improving the usage of muscles through creating physiological adaptabilities. Therefore, they result in better balance in people with chronic ankle instability. Accordingly, to increase the dynamic and static stability of people with chronic ankle instability, it is better to perform neuromuscular training as it affects the static and dynamic stability compared to other types of training.

Comparing the effects of traditional balance training with balance-combinatory training on the balance and motion functionality of people with chronic ankle instability

A total of 11 articles with 12 trials had been conducted comparing the effects of traditional balance training and balance-combinatory training or new balance training on the balance and motion functionality of people with chronic ankle instability [23, 30-39]. The meta-analysis results showed that balance-combinatory or new balance training, compared to traditional training, better affects the static balance (with an effect size of 1.17) and dynamic (with an effect size of 0.49) balance of people with chronic ankle instability. However, in terms of dynamic stability, no significant difference was observed between the two groups, even though the impact of balance-combinatory and new balance training was higher than traditional training. To enhance the balance and motion functionality of people with chronic ankle instability, it is better to use new balance training protocols and merge balance training protocols, as such training has better effects and beneficial results than traditional training.

Balance training protocols that were designed in the studies and are provided in this review study were designed combinatory as the protocols to cover the defi-

ciencies of people who have chronic ankle instability. Therefore, these studies combined balance training with power training or other types of training that improve the proprioceptors. To justify this method, researchers believe that improving the sense of the joint after gaining power is because of the following two reasons. First, the unbalance between the power of the invertor and evertor muscles may result in mechanical instability of the ankle joint and subsequently stimulate the free nerve endings. In addition, the increase in power may eliminate free nerve endings and increase the transmission of β neurons to the central nervous system by improving the biomechanical balance of the ankle. Secondly, the result might be because of the increase in muscle spindles and Golgi tendon organs. Accordingly, when the muscle moves, impulses must come up from different parts of the central nervous system, including the ovarian ligaments and joint capsules, proprioceptors in the skin, muscle spindles, and tendons.

Conclusion

The present study showed that neuromuscular training better affects the static and dynamic stability of people with chronic ankle instability compared to other training protocols. However, in terms of motion functionality, no significant difference was observed between the two groups. Also, the results of the present study showed that balance-combinatory training and new balance training methods, compared to traditional balance training, have a more significant impact on the static balance and motion functionality of people with chronic ankle instability. However, in terms of dynamic balance, there was no significant difference between the two groups, even though the impact of balance-combinatory training and new balance training was higher than the traditional training on dynamic balance. Balance-combinatory training and new balance training methods are more beneficial compared to other training protocols on balance and controlling the posture of people with chronic ankle instability.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This study was a systematic review and no experiments on animal or human samples were conducted.

Funding

This study did not receive funding from any organizations in for-profit or non-profit sectors.

Authors' contributions

Conceptualization and supervision, investigation, writing-original draft, writing-review & editing, data collection & data analysis: Ali Fatahi and Mahboobeh Dehnavi.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

مقاله مروری

مقایسه تأثیر تمرینات نوروماسکولار با سایر تمرینات بر تعادل و عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا: یک مطالعه مروری سیستماتیک و فراتحلیل

*علی فتاحی[۱]، محبوبه دهنوی[۲]

۱. گروه بیومکانیک ورزشی ، دانشکده علوم ورزشی و تربیت‌بدنی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

Use your device to scan and read the article online

Citation 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

CC BY NC

چکیده

هدف شناسایی عوامل مؤثر بر کاهش عوارض ناشی از اسپرین مچ پا و همچنین بهبود سریع و جلوگیری از آسیب مجدد بعد وقوع اسپرین مچ پا امری ضروری تلقی می‌شود. بنابراین مطالعه فراتحلیل حاضر این موضوع را بررسی می‌کند و به مقایسه تأثیر تمرینات نوروماسکولار با سایر تمرینات می‌پردازد تا مشخص شود کدام تمرینات تأثیر بهتری بر روی تعادل و عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا دارند.

روش بررسی مقالات با جست‌وجوی ۸ پایگاه داده مدلاین، پابمد، امبیس، اسکوپوس، گوگل‌اسکالر، وب‌آوساینس، سیناهل، لایلکس، سنترال و پدرو شناسایی شدند. همچنین این کار در پایگاه‌های فارسی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی، مدلایب، ایران‌مدکس، ایران‌داک و مگ‌ایران با معادل کلیدواژه‌های جست‌وجوشده به زبان انگلیسی در ۸ پایگاه داده انجام شد. پس از گردآوری نتایج جست‌وجو، ابتدا عنوان و سپس خلاصه مقالات مطالعه شد. چنانچه مقالات با معیار ورود و خروج همخوانی داشت، از نتایج آن در مطالعه مروری استفاده و در غیر این صورت کنار گذاشته می‌شد. دوره جست‌وجو از آغاز تا دسامبر ۲۰۲۱ را پوشش داد. علاوه‌براین، جست‌وجوی دستی و بررسی کامل منابع مقالات نیز انجام شد. برای فراتحلیل از اندازه اثر نسبت تفاضل میانگین ۲ گروه به انحراف معیار وزنی آمیخته استفاده شد. Heterogeneity بین مطالعات با استفاده از شاخص I^2، بررسی شد. اگر heterogeneity بالای ۵۰ درصد باشد از روش random effects model استفاده می‌شود و اگر زیر ۵۰ درصد باشد از روش fixed-effects model استفاده می‌شود. اریب انتشار مطالعات با استفاده از Egger's test ارزیابی شد. از نرم‌افزار Comprehensive Meta-Analysis نسخه ۲برای بررسی تحلیل داده استفاده شد.

یافته‌ها بعد از بررسی کل متن مقالات، ۲۱ مقاله که از ۲۴ پروتکل تمرینی استفاده کرده بودند، انتخاب شدند. مقالات نهایی به ۲ دسته برای تحلیل تقسیم شدند: مقالاتی که به مقایسه تمرینات نوروماسکولار با سایر تمرینات پرداخته بودند و مقالاتی که به مقایسه تمرینات تعادلی جدید و ترکیبی با سایر تمرینات تعادلی سنتی پرداخته بودند. با بررسی سطحی کیفی مقالات با ابزار پدرو، میانگین امتیازاتی که مقالات از این مقیاس گرفتند بیشتر از نمره ۷ بودند که نشان‌دهنده این است که مقالاتی که برای فراتحلیل این مطالعه استفاده شدند از سطح کیفیت بالایی برخوردار هستند و نتایج حاصل از این مطالعات قابل‌اعتماد است.

نتیجه‌گیری نتایج مطالعات نشان داد تمرینات نوروماسکولار بهتر از سایر پروتکل‌های تمرینی بر تعادل ایستا و پویا افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا تأثیر می‌گذارد، اما در عملکرد حرکتی بین ۲ نوع گروه تمرینی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین نتایج مطالعات نشان داد تمرینات تعادلی‌ترکیبی و همچنین روش‌های جدید تمرینات تعادلی در مقایسه با تمرینات تعادلی سنتی، تأثیر معنی‌داری بیشتری را بر تعادل ایستا و عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا دارد. ولی در تعادل پویا بین ۲ نوع گروه تمرینی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. هرچند میزان تأثیرگذاری تمرینات تعادلی‌ترکیبی و تعادلی جدید بر تعادل پویا، بهتر از تمرینات تعادلی سنتی بود. به نظر می‌رسد سودمندی تمرینات تعادلی‌ترکیبی و اجرای تمرینات تعادلی با روش‌های نوین، مفیدتر از سایر پروتکل‌های تمرینی بر تعادل و کنترل پاسچر افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا باشد.

کلیدواژه‌ها بی‌ثباتی مزمن مچ پا، اسپرین مچ پا، تعادل، عملکرد حرکتی، تمرینات نوروماسکولار

تاریخ دریافت: ۲۸ آذر ۱۴۰۰
تاریخ پذیرش: ۲۵ اسفند ۱۴۰۰
تاریخ انتشار: ۰۹ مهر ۱۴۰۱

* **نویسنده مسئول:**
دکتر علی فتاحی
نشانی: تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، دانشکده علوم ورزشی و تربیت‌بدنی، گروه بیومکانیک ورزشی.
تلفن: ۵۶۰۷۵۸۱ (۹۱۲) ۹۸+
رایانامه: ali.fatahi@iauctb.ac.ir

مقدمه

مچ پا یکی از مفاصلی است که مکرراً دچار آسیب می‌شود و شایع‌ترین نوع آسیب آن اسپرین لیگامنت خارجی است. ۸۵ درصد از آسیب‌های مچ پا را اسپرین‌های حاد خارجی مچ پا شامل می‌شود [۱]. اسپرین مکرر مچ پا ممکن است به بی‌ثباتی مزمن مچ پا منجر شود [۲]. برای قرار گرفتن در دسته بی‌ثباتی مزمن مچ پا، علائم باقی‌مانده، همانند شلی لیگامنتی، اختلال در کنترل وضعیت و حس خالی کردن بایستی دست‌کم برای یک سال پس از اسپرین اولیه وجود داشته باشند [۳]. با وجود اینکه تعداد زیادی از افراد بعد از اسپرین حاد دچار بی‌ثباتی مزمن مچ پا می‌شوند، بعضی از افراد با این آسیب به‌خوبی سازگار می‌شوند (بدون هیچ‌گونه علامت بعدی) [۴]. بی‌ثباتی مزمن مچ پا ممکن است در نتیجه تغییر در کنترل عصبی‌عضلانی باشد [۵]. تغییرات در کنترل عصبی‌عضلانی به شکل تغییر الگوهای حرکتی، فعالیت عضلات و تعادل ظاهر می‌شود [۶، ۷]. اختلال کنترل تعادل در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا مشاهده شده است [۸]. به دنبال آسیب اولیه، گیرنده‌های عمقی اطراف مچ پا ممکن است آسیب ببینند. بنابراین حساسیت دوک عضلانی تغییر می‌کند [۹]. در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا، سازش قدرت عضله و حس عمقی اطراف مچ پا ممکن است مانع کنترل تعادل شود [۸].

مطالعات متعددی ذکر کرده‌اند که اسپرین مچ پا باعث عوارض جانبی همچون احساس بی‌ثباتی مچ پا، درد، تورم و اختلال در عملکرد حسی‌حرکتی مچ پا شامل ضعف عضلانی، مشکلات تعادلی و حس عمقی[1] می‌شوند. به‌طورکلی همه این عوامل به‌عنوان بی‌ثباتی مزمن مچ پا[2] تعریف می‌شوند [۱۰، ۱۱]. درحالی‌که مطالعات همین عوامل را مانند تأخیر بازتابی عضله نازک نئی [۱۲]، نقص در تعادل[۱۳]، کاهش قدرت عضلات مچ پا [۱۴] و نقص در حس عمقی [۱۵] نیز به‌عنوان افزایش دهنده بی‌ثباتی مزمن مچ پا بیان کرده‌اند . بااین‌حال هنوز سازوکارهای به‌وجودآورنده بی‌ثباتی مزمن مچ پا به‌طور کامل مشخص نیستند [۱۶، ۱۷].

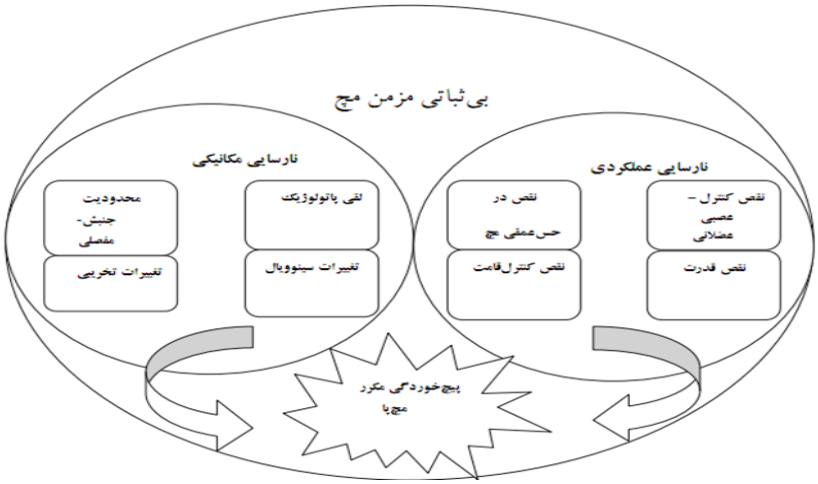
۲ تئوری به‌صورت سنتی، به‌عنوان دلیل اصلی آسیب‌های مزمن مچ پا پذیرفته شده است: بی‌ثباتی مکانیکی[3] و بی‌ثباتی عملکردی[4]. بی‌ثباتی مکانیکی و عملکردی احتمالاً دارای ماهیت‌های اختصاصی متقابل نیستند، اما با احتمال زیاد یک پیوستار از مداخلات پاتولوژیک در بی‌ثباتی مزمن مچ پا را شکل می‌دهند [۸] (تصویر شماره ۱).

مطالعات متعددی نقص‌های عملکردی در افراد دچار بی‌ثباتی مزمن مچ پا را بررسی کرده‌اند. نتایج این مطالعات نشان می‌دهد که افرادی که دچار اسپرین مزمن مچ پا شده‌اند دارای نقص‌های فانکشنال هستند و در ثبت رکورد آزمون‌های عملکردی در مقایسه با افراد سالم، دچار محدودیت‌های اجرایی هستند و عملکرد ضعیف‌تری را ثبت کرده‌اند [۱۹]. برای شناسایی نقص‌های فانکشنال در اجرا از آزمون‌های عملکردی استفاده می‌شود. آزمون‌های عملکردی مقیاس‌های پویایی هستند که برای ارزیابی عملکرد کلی پایین‌تنه استفاده می‌شوند. این آزمون‌ها چندین مؤلفه را مانند قدرت عضلانی، هماهنگی عصبی‌عضلانی، تعادل و پایداری که معمولاً در افراد با اسپرین مزمن مچ چا مختل می‌شود، درگیر می‌کنند [۲۰]. بنابراین نتایج حاصل از اثر تمرینات بر روی این آزمون‌ها، می‌تواند اطلاعات مفیدی را برای توان‌بخشی این افراد فراهم کند. ازآنجایی‌که تعادل معیار مهمی بر عملکرد است، اختلال در تعادل یکی از بیشترین مشکلاتی است که در افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا گزارش شده است. علت اختلال در تعادل این افراد را نقص در سیستم‌های حس عمقی، گیرنده‌های عصبی‌عضلانی و دیگر سیستم‌های عصبی که در این افراد دچار اختلال می‌شود، گزارش کرده‌اند [۲۱].

تحقیقات نشان داده‌اند تغییرات بیومکانیکی و نقص‌های حسی‌حرکتی در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا رخ می‌دهد و می‌تواند میزان فعالیت افراد را در طول زندگی کاهش دهد و همچنین به آسیب‌های فرسایشی مچ پا منجر شود [۲۲]. علاوه‌براین، وجود نقص‌های عملکردی و مکانیکی در ورزشکاران، به وقوع آسیب مجدد در هنگام اجرای ورزشی و درنتیجه از دست رفتن زمان بازی و از بین رفتن منافع اقتصادی منجر می‌شود [۲۳]. همچنین این نقص‌های مزمن منتج به اثرات منفی روانی در ورزشکاران می‌شود و حتی ممکن است به کناره‌گیری آنان از ورزش و به ویژه ورزش حرفه‌ای منجر شود [۲۴]. بنابراین شناسایی عوامل مؤثر بر کاهش عوارض ناشی از اسپرین مچ پا و همچنین بهبود سریع و جلوگیری از آسیب مجدد بعد وقوع اسپرین مچ پا امری ضروری تلقی می‌شود. یکی از عوامل مؤثر بر کاهش این عوارض، طراحی پروتکل‌هایی تمرینی است که مطالعات به‌منظور کاهش عوارض ناشی از آسیب، بهبود مطلوب آسیب‌های ناشی از اسپرین و جلوگیری از آسیب مجدد، بر روی این افراد اعمال شده است. یکی از پروتکل‌های تمرینی که بر روی این افراد صورت گرفته است، تمرینات نوروماسکولار است [۲۵].

تمرینات نوروماسکولار با افزایش مکانوسپتورها و افزایش هماهنگی‌های عصبی‌عضلانی این امکان را به سیستم عصبی مرکزی می‌دهد تا بتواند اعصاب حرکتی عضلات را با یک الگوی مشخص و هماهنگ‌شده فعال کند و آگاهی مفصل را بالا می‌برد [۲۶]. تمرینات نوروماسکولار باعث می‌شود در هنگام ایستادن، اطلاعات دقیق‌تری از گیرنده‌های مفصلی به سیستم عصبی مرکزی فرستاده شود و درنتیجه باعث بهبود عملکرد و کنترل پاسچر می‌شود [۲۷]. مطالعات مروری صورت‌گرفته به‌منظور

1. Proprioception
2. Chronic ankle instability (CAI)
3. Mechanical instability (MAI)
4. Functional instability (FAI)



تصویر ۱. پاتومکانیک بی‌ثباتی مچ پا [۱۸]

توانبخشی

بررسی تأثیر تمرینات نوروماسکولار روی این افراد نشان داده‌اند که تمرینات نوروماسکولار تأثیر مثبتی بر روی تعادل و عملکرد حرکتی این افراد می‌گذارد [۲۸-۳۰]. اما تا به حال مشخص نشده است که تمرینات نوروماسکولار در مقایسه با سایر تمرینات چگونه عمل می‌کنند. آیا تمرینات نوروماسکولار تأثیر بیشتری نسبت به سایر تمرینات بر روی این افراد دارد یا تفاوت معنی‌داری بین این تمرینات با سایر پروتکل‌های تمرینی نیست. بنابراین مطالعه فراتحلیل حاضر این موضوع را بررسی می‌کند و به مقایسه تأثیر تمرینات نوروماسکولار با سایر تمرینات می‌پردازد تا مشخص شود کدام تمرینات تأثیر بهتری بر روی تعادل و عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا دارد.

روش بررسی

این مطالعه یک مطالعه مروری نظام‌مند براساس دستورالعمل‌های آیتم‌های گزارش ترجیحی برای بررسی‌های سیستماتیک و متاآنالیز[5] است.

منابع اطلاعاتی

مقالات با جست‌وجوی ۸ پایگاه داده مدلاین، پابمد، امبیس، اسکوپوس، گوگل‌اسکالر، وب‌آوساینس، سیناهل، لایلکس، سنترال و پدرو شناسایی شدند. دوره جست‌وجو از آغاز تا دسامبر ۲۰۲۱ را پوشش داد. کلیدواژه‌ها در اصل از اصطلاحات MeSH انتخاب شده و سپس تا حدی اصلاح شدند تا اطمینان حاصل شود که همه مطالعات واجد شرایط پیدا شده‌اند. علاوه‌براین، جست‌وجوی دستی و بررسی کامل منابع مقالات نیز انجام شد.

جست‌وجوی پایگاه‌های داده با کلیدواژه‌هایی همچون: Balance control or center of pressure or balance or postural stability or postural balance or postural sway or stability or static balance or static stance or dynamic balance * and ankle sprain * or ankle instability or chronic ankle instability, functional ankle instability or ankle injuries or recurrent ankle sprain or lateral ankle sprain * and exercise training* training or physical exercise or exercise program or exercise therapy or exercise or exercise work-out or balance training or proprioception training or neuromuscular training. انجام شد. همچنین این کار در پایگاه‌های فارسی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی، مدلایب، ایران‌مدکس، ایران‌داک و مگ‌ایران با معادل کلیدواژه‌های جست‌وجوشده به زبان انگلیسی از ۸ پایگاه داده انجام شد. کلیدواژه‌های فارسی شامل کنترل تعادل یا مرکز فشار یا تعادل یا ثبات وضعیتی یا تعادل پاسچرال یا نوسان وضعیتی یا ثبات یا تعادل ایستا یا ایستادن ایستا یا تعادل پویا و پیچ‌خوردگی مچ پا یا ناپایداری مچ پا یا بی‌ثباتی مزمن مچ پا، بی‌ثباتی عملکردی مچ پا یا آسیب‌دیدگی مچ پا یا اسپرین مکرر مچ پا یا اسپرین جانبی مچ پا و آموزش تمرینی، آموزش یا تمرین بدنی یا برنامه تمرینی یا تمرین درمانی یا تمرین یا تمرین کاری یا تمرین تعادلی یا تمرین حس عمقی یا تمرین عصبی عضلانی بود. پس از گردآوری نتایج جست‌وجو، ابتدا عنوان و سپس خلاصه مقالات مطالعه شد. چنانچه مقالات با معیار ورود و خروج همخوانی داشت، از نتایج آن در مطالعه مروری استفاده و در غیر این صورت کنار گذاشته می‌شد. براساس معیارها و اهداف تحقیق، ۲۱ مقاله پس از مراحل ارزیابی انتخاب شد. تمام مقالات به‌صورت متن کامل فراهم شد.

5. Preferred Reporting Item for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA)

توانبخشی

تصویر ۲. فلوچارت برای غربالگری مقالات

انتخاب مطالعات

در مرحله اول، غربالگری عنوان و چکیده مطالعات توصیفی با تمرکز بر روی مقایسه تأثیر تمرینات نوروماسکولار با سایر تمرینات بر تعادل و عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا انجام شد. مقالات انتشاریافته به زبان فارسی و انگلیسی بررسی شد. یک دستیار تحقیق به‌صورت مستقل چکیده‌های مقالات را بررسی می‌کرد. مرحله دوم غربالگری کل متن با توجه به مقایسه تأثیر تمرینات نوروماسکولار با سایر تمرینات بر تعادل و عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا انجام شد. غربالگری کل متن را یک محقق انجام داد. یک محقق ارشد نیز لیست نهایی مقالات انتخاب‌شده را جهت اطمینان از اینکه تمام مقالات با هدف تحقیق هم‌راستاست، چک کرد. خلاصه اطلاعات توصیفی توسط دستیار تحقیق جمع‌آوری شد و توسط محقق ارشد چک شد. سطح توافق بین محققان با استفاده از کاپا کوهن اندازه‌گیری شد. مقدار ۰/۴≥ κ نشان‌دهنده توافق ضعیف، ۰/۴۱ تا۰/۶۱ توافق متوسط، ۰/۶۱ تا ۰/۸ توافق خوب و ۰/۸۱ تا ۱ توافق عالی است. اگر سطح توافق بین ۲ محقق ضعیف باشد، از ورود به مطالعه حاضر کنار گذاشته می‌شد [۳۱]. از ۱ جدول نمونه (تصویر شماره ۱) برای استخراج اطلاعات جامعه هدف، مقایسه تأثیر تمرینات نوروماسکولار با سایر تمرینات بر تعادل و عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا و نتایج آن‌ها استفاده شد.

معیارهای ورود مقالات

مطالعات چاپ‌شده در مجلات انگلیسی و فارسی‌زبان، آزمودنی‌ها عاری از هرگونه شرایط ارتوپدی که ممکن است تعادل و عملکرد حرکتی را تحت تأثیر قرار دهد، مطالعاتی که تعادل و عملکرد حرکتی را بررسی کرده بودند و مطالعات پژوهشی (اصیل) با طراحی کار آزمایی بالینی تصادفی‌شده وارد مطالعه شدند.

معیارهای خروج مقالات

مقالاتی که جامعه آماری آن‌ها افراد غیر از اشخاص دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا بود، مقالات انتشاریافته به غیر از زبان انگلیسی و فارسی، مقالاتی که اثر برنامه‌های تمرینی روی سایر فاکتورهایی غیر از فاکتورهای تعادل و عملکرد حرکتی پرداخته بودند، مقالاتی که به مرحله اسپرین مزمن مچ پا نپرداخته بودند و به مراحل قبل از مزمن شدن پرداخته بودند.

روش بررسی کیفیت مقالات

برای بررسی کیفیت مقالات از مقیاس پدرو استفاده شد. این مقیاس دارای ۱۱ سؤال است. برای هر سؤال ۱ امتیاز در نظر گرفته می‌شود. اگر مقاله امتیاز ۷ و بالای ۷ بگیرد نشان‌دهنده سطح بالای کیفیت مقاله است و اگر بین ۵ تا ۶ بگیرد، نشان‌دهنده سطح متوسط مقاله است و اگر زیر ۵ بگیرد، نشان‌دهنده سطح ضعیف مقاله است [۳۲].

جدول ۱. نتایج حاصل از مطالعاتی که تأثیر تمرینات نوروماسکولار با سایر تمرینات بر تعادل و عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا بررسی و مقایسه کرده‌اند.

نویسنده	عنوان مقاله	ساختار و حجم نمونه	دامنه سنی	نوع مداخله	متغیر اندازه‌گیری	نتایج اصلی	PEDro Scale
سینتیا و همکاران ۲۰۱۶ [۳۳]	مقایسه تمرینات تعادلی و قدرتی مچ پا روی کنترل پاسچر و عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا	گروه تعادلی= ۲۰ گروه قدرتی= ۲۰	گروه تعادلی= ۲۲/۶۰±۵/۸۹ گروه قدرتی= ۲۱/۴۵±۳/۲۴	گروه آزمایش ۱= تمرینات تعادلی گروه آزمایش ۲= تمرینات قدرتی مچ پا	Time-in-balance SEBT Figure of 8 hop Side hop	هر دو برنامه تمرینی تأثیر مثبتی روی متغیرهای اندازه‌گیری‌شده دارند، ولی تمرینات تعادلی بیشتر از تمرینات قدرتی مچ پا بر روی متغیرها تأثیر گذاشته بود	۱۱/۹
کیم و همکاران ۲۰۱۵ [۳۴]	مقایسه تمرینات تعادلی واقعیت مجازی و قدرتی روی تعادل افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا	گروه تعادلی= ۱۰ گروه قدرتی= ۱۰	گروه تعادلی= ۲۳/۲±۲/۴ گروه قدرتی= ۲۳/۲±۲/۴	گروه آزمایش ۱= تمرینات تعادلی واقعیت مجازی گروه آزمایش ۲= تمرینات قدرتی	تعادل ایستا تعادل پویا	هر دو برنامه تمرینی تأثیر مثبتی روی متغیرهای اندازه‌گیری‌شده دارند، ولی تمرینات تعادلی بیشتر از تمرینات قدرتی بر روی متغیرها تأثیر گذاشته بود	۱۱/۵
هال و همکاران ۲۰۱۵ [۳۵]	مقایسه تمرینات باند مقاومتی و تسهیل عصبی عضلانی حس عمقی بر روی تعادل و عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا	گروه نوروماسکولار= ۱۳ گروه باند- مقاومتی=۱۳	گروه نوروماسکولار= ۱۸/۹±۱/۳ گروه باند- مقاومتی=۱۹/۷±۲/۲	گروه آزمیش ۱= تسهیل عصبی عضلانی حس عمقی گروه آزمایش ۲= باند- مقاومتی	تعادل پویا triple-crossover hop Figure-8 hop	نه پروتکل باند مقاومتی و نه پروتکل تسهیل عصبی عضلانی حس عمقی، تعادل پویا یا عملکرد حرکتی را در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا بهبود ندادند.	۱۱/۸
هال و همکاران ۲۰۱۸ [۳۶]	مقایسه تمرینات تعادلی و قدرتی روی تعادل و عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا	گروه تعادلی= ۱۳ گروه قدرتی= ۱۳	گروه تعادلی= ۲۳/۵±۶/۵ گروه قدرتی= ۲۴/۶±۷/۷	گروه آزمایش ۱= تمرینات تعادلی گروه آزمایش ۲= تمرینات قدرتی	تعادل ایستا تعادل پویا side-hop functional performance test	هر ۲ گروه تمرینی قدرتی و تعادلی، تأثیر مثبتی روی تعادل و عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا گذاشته بودند.	۱۱/۹
هال و همکاران ۲۰۱۸ [۳۶]	مقایسه تمرینات تعادلی و دوچرخه تمرینی روی تعادل و عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا	گروه تعادلی= ۱۳ گروه دوچرخه تمرینی=۱۳	گروه تعادلی= ۲۳/۵±۶/۵ گروه دوچرخه تمرینی=۲۴/۶±۷/۷	گروه آزمایش ۱= تمرینات تعادلی گروه آزمایش ۲= تمرینات دوچرخه تمرینی	تعادل ایستا تعادل پویا side-hop functional performance test	گروه تمرینی تعادلی تأثیر مثبتی روی تعادل و عملکرد حرکتی گذاشته بود، ولی گروه تمرینی قدرتی تأثیر مثبتی روی این فاکتورها نگذاشته بود.	۱۱/۹
کروز دیاز و همکاران ۲۰۱۴ [۳۷]	مقایسه تمرینات تعادلی و تمرینات قدرتی عمومی روی اندام تحتانی بر روی تعادل افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا	گروه تعادلی= ۳۵ گروه قدرتی= ۳۵	گروه تعادلی= ۳۱/۸۹±۱۰/۵۲ گروه قدرتی= ۲۸/۸۳±۷/۹۱	گروه آزمایش ۱= تمرینات تعادلی گروه آزمایش ۲= تمرینات قدرتی	تعادل پویا	بعد از ۶ هفته برنامه تمرینی، گروه تمرینی تعادلی تأثیر مثبت معنی‌داری روی تعادل پویای افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا گذاشته بود، ولی تمرینات قدرتی عمومی روی اندام تحتانی تأثیر معنی‌داری روی تعادل این افراد قرار نداده بود.	۱۱/۶
هوانگ و همکاران ۲۰۱۰ [۳۸]	مقایسه تمرینات تعادلی با تمرینات پلایومتریک روی کنترل پاسچر افراد دارای بی‌ثباتی عملکردی مزمن مچ پا	گروه تعادلی= ۹ گروه پلایومتریک=۹	گروه تعادلی=۲۲/۸۳±۳/۹۷ گروه پلایومتریک=۲۲/۸۳±۳/۱۹	گروه آزمایش ۱= تمرینات تعادلی گروه آزمایش ۲= تمرینات پلایومتریک	کنترل پاسچر	تمرینات تعادلی روی همه مؤلفه‌های کنترل پاسچر تأثیر مثبت معنی‌داری گذاشته بود، ولی تمرینات پلایومتریک تنها روی برخی از مؤلفه‌های کنترل پاسچر تأثیر گذاشته بود.	۱۱/۷
کیین و همکاران ۲۰۲۰ [۳۹]	مقایسه تمرینات تعادلی با تمرینات باند مقاومتی روی تعادل و عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی عملکردی مزمن مچ پا	گروه تعادلی= ۱۰ گروه باند مقاومتی=۱۲	گروه تعادلی= ۱۶/۴۰±۰/۹۷ گروه باند مقاومتی=۱۶/۴۲±۱/۰	گروه آزمایش ۱= تمرینات تعادلی گروه آزمایش ۲= تمرینات باند مقاومتی	تعادل side-hop test figure-8 hop test	هر دو پروتکل تمرینی تأثیر مثبتی روی تعادل و عملکردی حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی عملکردی مزمن مچ پا گذاشته بود و هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری مبنی بر اینکه کدام برنامه تمرینی بیشتر تأثیرگذار است، وجود نداشت.	۱۱/۹

نویسنده	عنوان مقاله	ساختار و حجم نمونه	دامنه سنی	نوع مداخله	متغیر اندازه‌گیری	نتایج اصلی	PEDro Scale
هوانگ و همکاران ۲۰۲۰ [۴۰]	مقایسه تمرینات تعادلی با تمرینات پلایومتریک بر زمان رسیدن به پایداری در افراد دارای بی‌ثباتی عملکردی مزمن مچ پا	گروه تعادلی= ۱۰ گروه پلایومتریک=۱۰	گروه تعادلی= ۲۳/۸۰±۴/۱۳ گروه پلایومتریک= ۲۳/۲۰±۲/۸۲	گروه آزمایش ۱= تمرینات تعادلی گروه آزمایش ۲= تمرینات پلایومتریک	Single-Leg Drop Landing	تمرینات پلاومتریک نسبت به تمرینات تعادلی تأثیر معنی‌دار مثبتی را روی کاهش زمان رسیدن به پایداری بر روی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا گذاشته بود.	۱۱/۶
چانگ و همکاران ۲۰۲۱ [۴۱]	مقایسه دو نوع تمرینات تعادلی و ویبریشن کل بدن بر تعادل افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا	گروه تعادلی= ۲۱ گروه ویبریشن کل بدن=۲۱	گروه تعادلی= ۲۰/۴۳±۱/۲۵ گروه ویبریشن کل بدن=۲۰/۳۱±۱/۲۸	گروه آزمایش ۱= تمرینات تعادلی گروه آزمایش ۲= تمرینات ویبریشن کل بدن	تعادل پویا	هر ۲ گروه تمرینی تأثیر مثبتی بر روی تعادل پویا افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا دارد و هیچ‌گونه تفاوتی مبنی بر اینکه کدام برنامه تمرینی تأثیر بهتری روی تعادل پویا دارد، وجود نداشت	۱۱/۷
ها و همکاران ۲۰۱۸ [۴۲]	مقایسه تمرینات تعادلی با تمرینات عمومی روی تعادل ایستا و پویای افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا	گروه تعادلی= ۱۵ گروه تمرینات عمومی=۱۵	گروه تعادلی= ۲۰/۱۳±۱/۸۱ گروه ویبریشن کل بدن=۱۹/۹۳±۱/۰۱	گروه آزمایش ۱= تمرینات تعادلی گروه آزمایش ۲= تمرینات عمومی	تعادل ایستا و تعادل پویا	تمرینات تعادلی تأثیر مثبتی روی تعادل افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا دارد، اما تمرینات عمومی روی تعادل افراد دارای بی‌ثباتی عملکردی مزمن مچ پا دارد.	۱۱/۷
سوراخامانگ و همکاران ۲۰۲۰ [۴۳]	مقایسه تمرینات تعادلی و پلایومتریک بر روی کنترل تعادل افراد دارای بی‌ثباتی عملکردی مزمن مچ پا	گروه تعادلی= ۱۰ گروه پلایومتریک=۱۰	گروه تعادلی= ۲۵/۱۰±۳/۱۸ گروه پلایومتریک= ۲۷/۷۰±۴/۹۴	گروه آزمایش ۱= تمرینات تعادلی گروه آزمایش ۲= پلایومتریک	تعادل ایستا و تعادل پویا	تمرینات تعادلی روی برخی پارامترهای تعادل تأثیر گذاشته بود، درحالی‌که تمرینات پلایومتریک روی تمام پارامترهای تعادلی تأثیر مثبتی گذاشته بود.	۱۱/۷

توانبخشی

روش تحلیل مقالات

برای فراتحلیل از اندازه اثر نسبت تفاضل میانگین ۲ گروه به انحراف معیار وزنی آمیخته[6] استفاده شد. Heterogeneity بین مطالعات با استفاده از شاخص I2، بررسی شد. اگر heterogeneity بالای ۵۰ درصد باشد، از روش random effects model استفاده می‌شود و اگر زیر ۵۰ درصد باشد از روش fixed-effects model استفاده می‌شود. اریب انتشار مطالعات با استفاده از Egger's test ارزیابی شد. از نرم‌افزار Comprehensive Meta-Analysis نسخه ۲ برای بررسی تحلیل داده استفاده شد.

یافته‌ها

انتخاب مطالعات

فرایند انتخاب مطالعات در تصویر شماره ۱ نشان داده شده است.

با جست‌وجو در منابع الکترونیکی ۸۹۶ عنوان به دست آمد. با جست‌وجوی دستی و بررسی منابع مقالات ۲۵ عنوان دیگر به دست آمد. بعد از حذف عنوان‌های تکراری ۲۳۴ چکیده برای مرور مشخص شدند. بعد از بررسی عنوان و چکیده مقالات ۱۹۷ مقاله حذف شدند و ۳۷ مقاله برای مطالعه کل متن انتخاب شدند. بعد از بررسی کل متن مقالات، ۲۱ مقاله که از ۲۴ پروتکل تمرینی استفاده کرده بودند، انتخاب شدند. مقالات نهایی به ۲ دسته برای تحلیل تقسیم شدند: مقالاتی که به مقایسه تمرینات نوروماسکولار با سایر تمرینات پرداخته بودند و مقالاتی که به مقایسه تمرینات تعادلی جدید و ترکیبی با سایر تمرینات تعادلی سنتی پرداخته بودند. که اطلاعات اولیه این تمرینات در جدول شماره ۱ و ۲ ارائه شده است.

کیفیت مقالات

با بررسی سطحی کیفی مقالات با ابزار پدرو، میانگین امتیازاتی که مقالات از این مقیاس گرفتند بیشتر از نمره ۷ بودند (میانگین نمره مطالعات حاضر=۷/۵) که نشان‌دهنده این است که مقالاتی که برای فراتحلیل این مطالعه استفاده شدند، از سطح کیفیت بالایی برخوردار هستند و نتایج حاصل از این مطالعات قابل‌اعتماد است.

6. Hedges's g

جدول ۲. نتایج حاصل از مطالعاتی که به بررسی و مقایسه تمرینات تعادلی جدید و تعادلی‌ترکیبی با تمرینات تعادلی سنتی بر تعادل و عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا پرداخته‌اند.

نویسنده	عنوان مقاله	ساختار و حجم نمونه	دامنه سنی	نوع مداخله	متغیر اندازه‌گیری	نتایج اصلی	PEDro Scale
بولتون و همکاران ۲۰۲۱ [۴۴]	مقایسه تمرینات تعادلی با تمرینات تعادلی موبلیزیشن بر تعادل و عملکردی حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا	گروه تعادلی= ۱۵ گروه تعادلی- موبلیزیشن=۲۰	گروه تعادلی= ۲۳/۷۱±۲/۶۷ گروه تعادلی موبلیزیشن=۲۳/۶۳±۴/۴۳	گروه آزمایش ۱= تمرینات تعادلی گروه تجربی ۲= تعادلی- موبلیزیشن	تعادل پویا side-hop test figure-of-8 hop test	در برخی آزمون‌های عملکردی گروه تمرینات ترکیبی موبلیزیشن تعادلی بهتر از گروه تمرینات تعادلی عمل کرده بود.	۱۱/۸
سرکان و همکاران ۲۰۲۱ [۴۵]	مقایسه تمرینات تعادلی با و بدون استروبوسکوپی روی تعادل افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا	گروه تعادلی با استروبوسکوپی=۱۳ گروه تعادلی بدون استروبوسکوپی=۱۳	گروه تعادلی با استروبوسکوپی=۱۹/۰۸±۰/۴۰ گروه تعادلی بدون استروبوسکوپی= ۲۰/۴۶±۰/۵۱	گروه آزمایش ۱= تمرینات تعادلی بدون استروبوسکوپی گروه آزمایش ۲= تمرینات تعادلی با استروبوسکوپی	کنترل پاسچر	گروه تمرینات با استروبوسکوپی بهتر از گروه تمرینات بدون استروبوسکوپی بر کنترل افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا تأثیر گذاشته بود	۱۱/۸
سیرا-گوزما و همکاران ۲۰۱۸ [۴۶]	مقایسه تمرینات تعادلی با تمرینات تعادلی روی صفحه ویبریشن بر تعادل ایستا و پویا افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا	گروه تعادلی=۱۶ گروه تعادلی روی ویبریشن=۱۷	گروه تعادلی=۲۱/۸±۲/۱ گروه تعادلی روی صفحه ویبریشن=۲۲/۴±۲/۶	گروه آزمایش ۱= تمرینات تعادلی گروه آزمایش ۲= تمرینات تعادلی روی صفحه ویبریشن	تعادل ایستا تعادل پویا	تمرینات تعادلی روی صفحه ویبریشن بیشتر از تمرینات تعادلی روی زمین بر تعادل ایستا و پویا افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا تأثیر گذاشته بود.	۱۱/۹
انگویش و همکاران ۲۰۱۸ [۴۷]	مقایسه تمرینات تعادلی با تعادلی هاپ استابلیزیشن روی تعادل و عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا	گروه تعادلی=۹ گروه تعادلی هاپ استابلیزیشن=۹	گروه تعادلی=۱۸/۴۴±۱/۸۷ گروه تعادلی هاپ استابلیزیشن=۱۸/۳۴±۱/۸۷	گروه آزمایش ۱= تمرینات تعادلی گروه آزمایش ۲= تمرینات تعادلی هاپ استابلیزیشن	تعادل پویا Activities of Daily Living subscale	هر دو گروه تمرینی تأثیر مثبت معنی‌داری روی تعادل و عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی عملکردی مزمن مچ پا گذاشته بودند و بین دو گروه تفاوت معنی‌داری مبنی بر تأثیرگذاری بیشتر نبود.	۱۱/۸
سالوم-مورنو و همکاران ۲۰۱۵ [۴۸]	مقایسه تمرینات تعادلی با تمرینات تعادلی+ Dry Needling روی عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا	گروه تعادلی=۱۳ گروه تعادلی+ Dry Needling=۱۴	گروه تعادلی=۳۳/۴±۲/۸ گروه تعادلی+ Dry Needling=۳۳/۰±۲/۴	گروه آزمایش ۱= تمرینات تعادلی گروه آزمایش ۲= تمرینات تعادلی+ Dry Needling	عملکرد حرکتی	هر دو گروه تمرینی تأثیر مثبتی روی عملکرد حرکتی گذاشته بودند. تمرینات تعادلی+ Dry Needling، بهتر از تمرینات تعادلی بر عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی عملکردی مزمن مچ پا گذاشته بود.	۱۱/۶
کلاوک و همکاران ۲۰۱۳ [۴۹]	مقایسه تمرینات تعادلی با تمرینات تعادلی+ویبریشن بر روی تعادل و عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا	گروه تعادلی=۱۱ گروه تعادلی+ویبریشن= ۱۱	گروه تعادلی=۲۲/۷±۱/۲ گروه تعادلی+ویبریشن= ۲۲/۲±۰/۷	گروه آزمایش ۱= تمرینات تعادلی گروه آزمایش ۲= تمرینات تعادلی+ویبریشن	تعادل ایستا تعادل پویا single-leg triple hop for distance	هر دو گروه تمرینی تأثیر مثبتی روی تعادل و عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی عملکردی مزمن مچ پا گذاشته بودند. همچنین تمرینات تعادلی+ویبریشن تأثیر معنی‌داری بیشتری در مقایسه با گروه تمرینات تعادلی روی فاکتورهای ذکرشده گذاشته بود	۱۱/۷
وسف و همکاران ۲۰۱۸ [۵۰]	مقایسه تمرینات تعادلی با تمرینات تعادلی Weight-bearing بر روی تعادل افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا	گروه تعادلی=۱۲ گروه تعادلی Weight-bearing=۱۳	گروه تعادلی=۲۰/۸۳±۱/۸۵ گروه تعادلی Weight-bearing=۹۶ ۲۱/۷۶±۱	گروه آزمایش ۱= تمرینات تعادلی گروه آزمایش ۲= تمرینات تعادلی Weight-bearing	کنترل پاسچر	هر دو گروه تمرینی تأثیر مثبتی بر روی تعادل افراد داری بی‌ثباتی مزمن مچ پا گذاشته بودند	۱۱/۷
کیین و همکاران ۲۰۲۰ [۳۹]	مقایسه تمرینات تعادلی یا تمرینات تعادلی+ باند-مقاومتی بر تعادل و عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا	گروه تعادلی=۱۰ گروه تعادلی+ باند-مقاومتی=۱۰	گروه تعادلی=۱۶/۴۰±۰/۹۷ گروه تعادلی+ باند-مقاومتی=۱۶/۲۰±۱/۱۴	گروه تجربی ۱= تمرینات تعادلی گروه تجربی ۲= تمرینات تعادلی+ باند-مقاومتی	تعادل side-hop test figure-8 hop test	هر دو گروه تمرینی تأثیر مثبتی بر تعادل و عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا گذاشته بودند و هیچ گروهی بر گروه دیگر ارجحیت نداشت.	۱۱/۹

نویسنده	عنوان مقاله	ساختار و حجم نمونه	دامنه سنی	نوع مداخله	متغیر اندازه‌گیری	نتایج اصلی	PEDro Scale
مظلوم و همکاران ۲۰۱۶ [۵۱]	مقایسه تمرینات تعادلی با تمرینات تعادلی+کینزیوتیپ بر روی عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا	گروه تعادلی= ۱۳ گروه تعادلی+کینزیوتیپ= ۱۳	گروه تعادلی= ۲/۷±۲۲/۶ گروه تعادلی+کینزیوتیپ= ۲/۹±۲۳/۲	گروه آزمایش ۱= تمرینات تعادلی گروه آزمایش ۲= تمرینات تعادلی+کینزیوتیپ	Single Leg Hopping Standing Heel Raise	هر دو گروه تمرینی تأثیر مثبت معنی‌داری روی عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا گذاشته بودند. بااین‌حال تمرینات ترکیبی بهتر از تمرینات تعادلی تنها روی فاکتورهای ذکر شده تأثیرگذار بود	۱۱/۸
شوشا و همکاران ۲۰۲۱ [۵۲]	مقایسه تمرینات تعادلی با تمرینات تعادلی روی بایودکس بر روی کنترل پاسچر افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا	گروه تعادلی= ۳۰ گروه تعادلی روی بایودکس=۳۰	گروه تعادلی= ۰/۸۴±۱۵/۲۳ گروه تعادلی روی بایودکس=۰/۹۲±۱۵/۳۲	گروه آزمایش ۱= تمرینات تعادلی گروه آزمایش ۲= تمرینات تعادلی روی بایودکس	کنترل پاسچر	هر دو گروه تمرینی تأثیر مثبت معنی‌داری روی کنترل پاسچر افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا گذاشته بودند، بااین‌حال تمرینات تعادلی روی بایودکس بهتر از تمرینات تعادلی تنها روی کنترل پاسچر تأثیرگذار بود	۱۱/۷
شوشا و همکاران ۲۰۲۱ [۵۲]	مقایسه تمرینات تعادلی با تمرینات تعادلی واقعیت مجازی بر روی کنترل پاسچر افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا	گروه تعادلی= ۳۰ گروه تعادلی واقعیت مجازی=۳۰	گروه تعادلی= ۰/۸۴±۱۵/۲۳ گروه تعادلی واقعیت مجازی=۰/۹۵±۱۵/۷۴	گروه آزمایش ۱= تمرینات تعادلی گروه آزمایش ۲= تمرینات تعادلی واقعیت مجازی	کنترل پاسچر	هر دو گروه تمرینی تأثیر مثبت معنی‌داری روی کنترل پاسچر افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا گذاشته بود. بااین‌حال تمرینات تعادلی واقعیت مجازی بهتر از تمرینات تعادلی تنها روی کنترل پاسچر تأثیرگذار بود	۱۱/۷
سماکوش و همکاران ۲۰۱۹ [۵۳]	مقایسه تمرینات تعادلی یا تمرینات تعادلی‌قدرتی بر روی تعادل ایستا و پویا افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا	گروه تعادلی= ۱۲ گروه تعادلی‌قدرتی= ۱۲	گروه تعادلی= ۲/۳±۲۴/۵۳ گروه تعادلی‌قدرتی= ۲/۴±۲۳/۹۳	گروه آزمایش ۱= تمرینات تعادلی گروه آزمایش ۲= تمرینات تعادلی‌قدرتی	تعادل ایستا تعادل پویا	هر ۲ گروه تمرینی تأثیر مثبت معنی‌داری روی تعادل ایستا و پویای افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا گذاشته بودند. بااین‌حال تمرینات تعادلی‌قدرتی بهتر از تمرینات تعادلی تنها روی تعادل ایستا و پویا تأثیرگذار بود	۱۱/۷

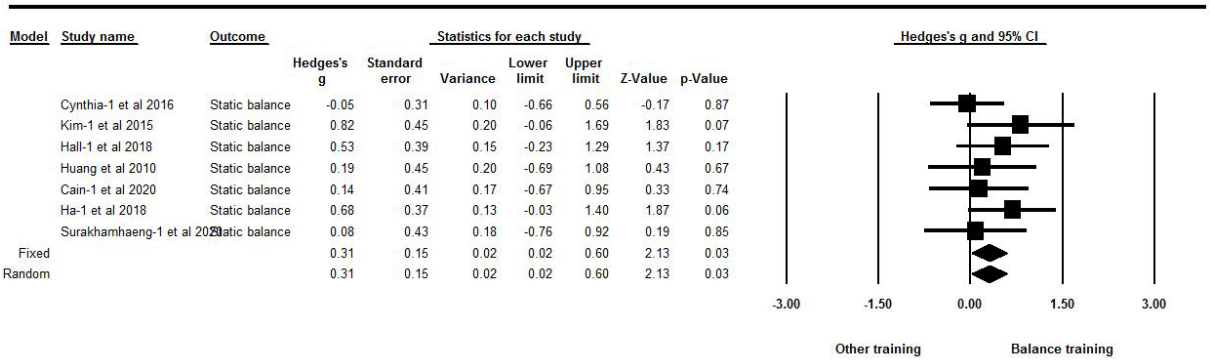
توانبخشی

تحلیل نتایج

تصویر شماره ۳ نتایج فراتحلیل مقایسه تأثیر تمرینات نوروماسکولار با سایر تمرینات بر تعادل ایستای افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا را نشان می‌دهد. شاخص I2، صفر درصد ناهمگنی بین مطالعات را نشان می‌دهد، بنابراین از مدل Fixed effect meta analysis استفاده شد. اندازه اثر نسبت تفاضل میانگین ۲ گروه به انحراف معیار وزنی آمیخته برنامه‌های تمرینی روی تعادل ایستا، ۰/۳۱ با فاصله اطمینان ۹۵ درصد (۰/۶۰ تا ۰/۰۲) است. نتایج فراتحلیل نشان می‌دهد تفاوت معنی‌داری بین تمرینات نوروماسکولار با سایر تمرینات بر تعادل ایستای افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا وجو دارد (P=۰/۰۳). به‌طوری‌که تمرینات نوروماسکولار بهتر از سایر تمرینات بر تعادل ایستای این افراد تأثیر می‌گذارد. همچنین Egger's test بین مطالعات ۰/۶۵ است که نشان می‌دهد اریبی انتشار بین مطالعات وجود ندارد.

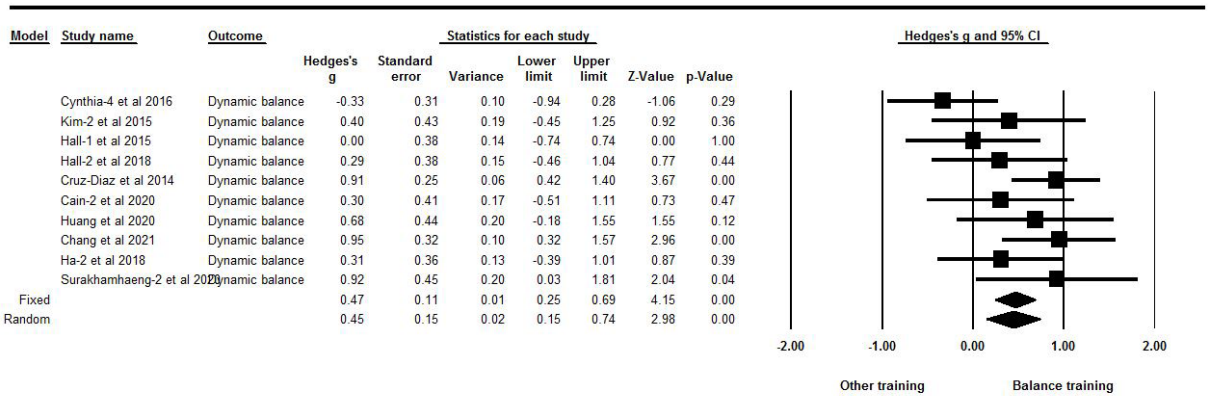
تصویر شماره ۴ نتایج فراتحلیل مقایسه تأثیر تمرینات نوروماسکولار با سایر تمرینات بر تعادل پویای افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا را نشان می‌دهد. شاخص I2، ۴۱/۳۵ درصد ناهمگنی بین مطالعات را نشان می‌دهد. بنابراین از مدل Fixed effect meta analysis استفاده شد. اندازه اثر نسبت تفاضل میانگین ۲ گروه به انحراف معیار وزنی آمیخته برنامه‌های تمرینی روی تعادل پویا، ۰/۴۷ با فاصله اطمینان ۹۵ درصد (۰/۷۴ تا ۰/۱۵) است. نتایج فراتحلیل نشان می‌دهد تفاوت معنی‌داری بین تمرینات نوروماسکولار با سایر تمرینات بر تعادل پویا افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا وجو دارد (P=۰/۰۰۱). به‌طوری‌که تمرینات نوروماسکولار بهتر از سایر تمرینات بر تعادل پویا این افراد تأثیر می‌گذارد. همچنین Egger's test بین مطالعات ۰/۴ است که نشان می‌دهد اریبی انتشار بین مطالعات وجود ندارد.

تصویر شماره ۵ نتایج فراتحلیل مقایسه تأثیر تمرینات نوروماسکولار با سایر تمرینات بر عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا را نشان می‌دهد. شاخص I2، صفر درصد ناهمگنی بین مطالعات را نشان می‌دهد، بنابراین از مدل Fixed effect meta analysis استفاده شد. اندازه اثر نسبت تفاضل میانگین ۲ گروه به انحراف معیار وزنی آمیخته برنامه‌های تمرینی روی عملکرد حرکتی، ۰/۰۳ با فاصله اطمینان ۹۵ درصد (۰/۲۸ تا ۰/۲۳-) است. نتایج فراتحلیل نشان می‌دهد تفاوت معنی‌داری بین تمرینات نوروماسکولار با سایر تمرینات بر عملکرد حرکتی



تصویر ۳. نتایج فراتحلیل مقایسه تأثیر تمرینات نوروماسکولار با سایر تمرینات بر تعادل ایستا افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا

توانبخشی

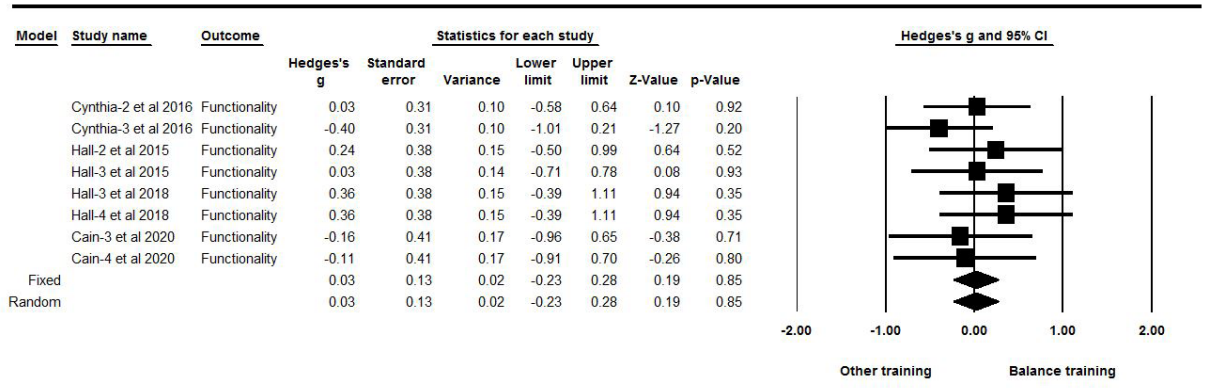


تصویر ۴. نتایج فراتحلیل مقایسه تأثیر تمرینات نوروماسکولار با سایر تمرینات بر تعادل پویا افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا

توانبخشی

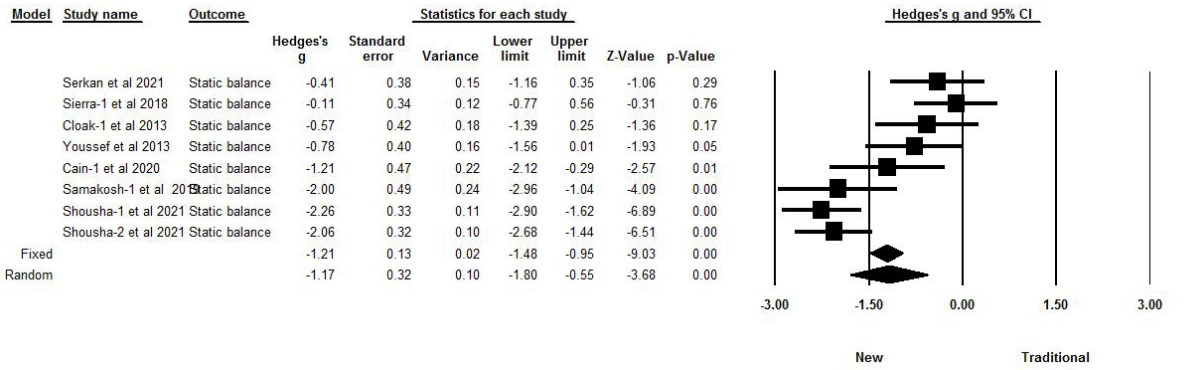
افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا وجو ندارد (P=۰/۸۵). به‌طوری‌که هر ۲ نوع گروه تمرینی تأثیر یکسانی را روی عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا می‌گذارد. همچنین Egger's test بین مطالعات ۰/۶۲ است که نشان می‌دهد اریبی انتشار بین مطالعات وجود ندارد.

تصویر شماره ۶ نتایج فراتحلیل مقایسه تأثیر تمرینات تعادلی سنتی را با تمرینات تعادلی‌ترکیبی و یا تمرینات تعادلی با دستگاه را بر تعادل ایستای افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا نشان می‌دهد. شاخص I2، ۸۱/۸۱ درصد ناهمگنی بین مطالعات را نشان می‌دهد، بنابراین از مدل Random effect meta analysis استفاده شد. اندازه اثر نسبت تفاضل میانگین ۲ گروه به انحراف معیار وزنی آمیخته برنامه‌های تمرینی روی تعادل ایستا، ۱/۱۷ با فاصله اطمینان ۹۵ درصد (۰/۵۵- تا ۱/۸۰-) است. نتایج فراتحلیل نشان می‌دهد تفاوت معنی‌داری بین تمرینات نوروماسکولار با تمرینات تعادلی‌ترکیبی و یا تمرینات تعادلی با دستگاه بر تعادل ایستای افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا وجود دارد (P=۰/۰۰۱). به‌طوری‌که تمرینات تعادلی‌ترکیبی و یا تمرینات تعادلی با دستگاه، بهتر از تمرینات تعادلی سنتی روی



تصویر ۵. نتایج فراتحلیل مقایسه تأثیر تمرینات نوروماسکولار با سایر تمرینات بر عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا

توانبخشی



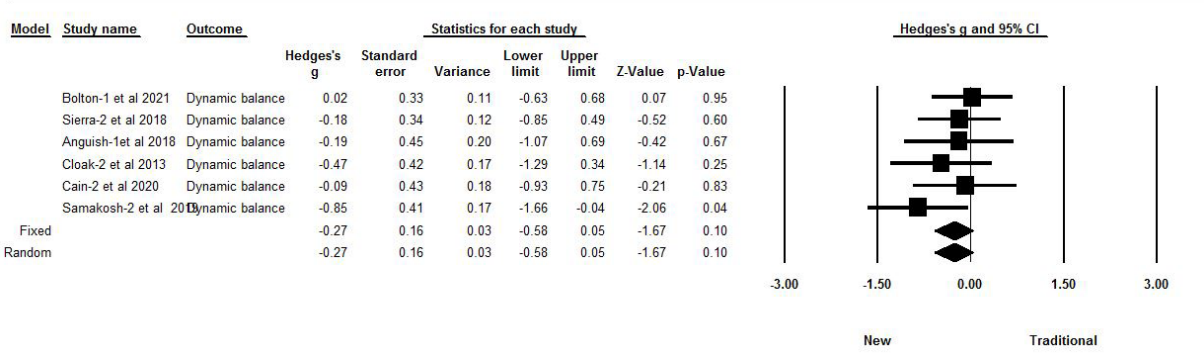
توانبخشی

تصویر ۶. نتایج فراتحلیل مقایسه تأثیر تمرینات تعادلی سنتی را با تمرینات تعادلی‌ترکیبی و یا تمرینات تعادلی با دستگاه بر تعادل ایستا افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا

تعادل ایستای افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا تأثیر می‌گذارد. همچنین Egger's test بین مطالعات ۰/۶ است که نشان می‌دهد اریبی انتشار بین مطالعات وجود ندارد.

تصویر شماره ۷ نتایج فراتحلیل مقایسه تأثیر تمرینات تعادلی سنتی را با تمرینات تعادلی‌ترکیبی و یا تمرینات تعادلی با دستگاه را بر تعادل پویای افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا نشان می‌دهد. شاخص I2، صفر درصد ناهمگنی بین مطالعات را نشان می‌دهد، بنابراین از مدل Fixed effect meta analysis استفاده شد. اندازه اثر نسبت تفاضل میانگین ۲ گروه به انحراف معیار وزنی آمیخته برنامه‌های تمرینی روی تعادل پویا، ۰/۲۷ با فاصله اطمینان ۹۵ درصد (۰/۰۵ تا ۰/۵۸-) است. نتایج فراتحلیل نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری بین تمرینات نوروماسکولار با تمرینات تعادلی‌ترکیبی و یا تمرینات تعادلی با دستگاه بر تعادل پویای افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا وجود ندارد (P=۰/۱). هرچند میزان تأثیرگذاری تمرینات تعادلی‌ترکیبی و یا تمرینات تعادلی بیشتر از تمرینات تعادلی سنتی بود. همچنین Egger's test بین مطالعات ۰/۵۷ است که نشان می‌دهد اریبی انتشار بین مطالعات وجود ندارد.

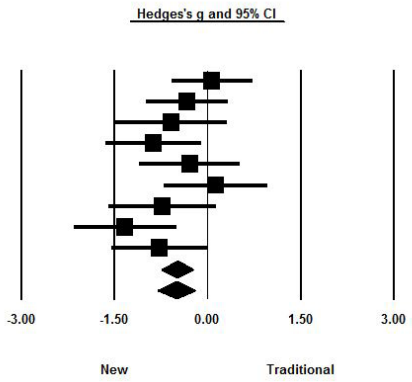
تصویر شماره ۸ نتایج فراتحلیل مقایسه تأثیر تمرینات تعادلی سنتی را با تمرینات تعادلی‌ترکیبی و یا تمرینات تعادلی با دستگاه را بر عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا نشان می‌دهد. شاخص I2، ۲۸/۰۹ درصد ناهمگنی بین مطالعات را نشان می‌دهد، بنابراین از مدل Fixed effect meta analysis استفاده شد. اندازه اثر نسبت تفاضل میانگین ۲ گروه به انحراف معیار وزنی آمیخته برنامه‌های تمرینی روی عملکرد حرکتی، ۰/۴۹ با فاصله اطمینان ۹۵ درصد (۰/۱۹ تا ۰/۸۱-) است. نتایج فراتحلیل نشان می‌دهد تفاوت معنی‌داری بین تمرینات نوروماسکولار با تمرینات تعادلی‌ترکیبی و یا تمرینات تعادلی با دستگاه بر تعادل پویا افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا وجود دارد (P=۰/۰۰۱). به‌طوری‌که تمرینات تعادلی‌ترکیبی و یا تمرینات تعادلی با دستگاه، بهتر از تمرینات تعادلی سنتی روی تعادل ایستای افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا تأثیر می‌گذارد. همچنین Egger's test بین مطالعات ۰/۶۷ است که نشان می‌دهد اریبی انتشار بین مطالعات وجود ندارد.



توانبخشی

تصویر ۷. نتایج فراتحلیل مقایسه تأثیر تمرینات تعادلی سنتی را با تمرینات تعادلی‌ترکیبی و یا تمرینات تعادلی با دستگاه بر تعادل پویا افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا

Model	Study name	Outcome	Hedges's g	Standard error	Variance	Lower limit	Upper limit	Z-Value	p-Value
	Bolton-2 et al 2021	Functionality	0.07	0.33	0.11	-0.59	0.72	0.20	0.84
	Bolton-3 et al 2021	Functionality	-0.34	0.34	0.11	-1.00	0.32	-1.00	0.32
	Anguish-2 et al 2018	Functionality	-0.59	0.46	0.21	-1.49	0.31	-1.28	0.20
	Salom-Moreno et al 201	Functionality	-0.87	0.39	0.15	-1.64	-0.11	-2.23	0.03
	Cloak-3 et al 2013	Functionality	-0.29	0.41	0.17	-1.10	0.52	-0.70	0.48
	Cain-3 et al 2020	Functionality	0.13	0.43	0.18	-0.71	0.97	0.30	0.76
	Cain-4 et al 2020	Functionality	-0.73	0.44	0.20	-1.59	0.14	-1.64	0.10
	Mazloum-1 et al 2016	Functionality	-1.33	0.42	0.18	-2.16	-0.50	-3.15	0.00
	Mazloum-2 et al 2016	Functionality	-0.78	0.39	0.16	-1.55	-0.00	-1.97	0.05
Fixed			-0.49	0.13	0.02	-0.75	-0.23	-3.69	0.00
Random			-0.50	0.16	0.02	-0.81	-0.19	-3.19	0.00



توانبخشی

تصویر ۸. نتایج فراتحلیل مقایسه تأثیر تمرینات تعادلی سنتی را با تمرینات تعادلی‌ترکیبی و یا تمرینات تعادلی با دستگاه بر عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا

بحث

هدف از مطالعه حاضر مقایسه تأثیر تمرینات نوروماسکولار با سایر تمرینات بر تعادل و عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا بود. اما مشخص شد مطالعات هم به مقایسه تأثیر تمرینات نوروماسکولار با سایر تمرینات بر تعادل و عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا پرداخته بودند و هم به مقایسه تأثیر تمرینات تعادلی جدید و تعادلی‌ترکیبی با تمرینات تعادلی سنتی بر تعادل و عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا پرداخته بودند. نتایج مطالعات نشان داد تمرینات نوروماسکولار بهتر از سایر پروتکل‌های تمرینی بر تعادل ایستا و پویا افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا تأثیر می‌گذارد، اما در عملکرد حرکتی بین ۲ نوع گروه تمرینی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین نتایج مطالعات نشان داد تمرینات تعادلی‌ترکیبی و همچنین روش‌های جدید تمرینات تعادلی در مقایسه با تمرینات تعادلی سنتی، تأثیر معنی‌داری بیشتری را بر تعادل ایستا و عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا دارد. ولی در تعادل پویا بین ۲ نوع گروه تمرینی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. هرچند میزان تأثیرگذاری تمرینات تعادلی‌ترکیبی و تعادلی جدید بر تعادل پویا، بهتر از تمرینات تعادلی سنتی بود.

مقایسه تأثیر تمرینات نوروماسکولار با سایر تمرینات بر تعادل و عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا

درمجموع ۱۱ مطالعه با ۱۲ آزمایش به مقایسه تأثیر تمرینات نوروماسکولار با سایر تمرینات بر تعادل و عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا پرداخته بودند [۳۳-۴۳]. نتایج فراتحلیل نشان داد تمرینات نوروماسکولار در مقایسه با سایر پروتکل‌های تمرینی، تأثیر معنی‌داری بیشتری را بر تعادل ایستا (با اندازه اثر ۰/۳۱) و تعادل پویای (با اندازه اثر ۰/۴۷) افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا می‌گذارد. اما در عملکرد حرکتی بین ۲ نوع گروه تمرینی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

از دلایل تأثیرگذاری بیشتر تمرینات تعادلی بر تعادل ایستا و پویای افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا این می‌تواند باشد که آزمون‌های تعادلی مستقیماً متغیرهایی را اندازه‌گیری می‌کنند که هدف از طراحی پروتکل‌های تمرینی، تقویت این متغیرهاست. بنابراین یکی از دلایل این تأثیرگذاری بیشتر بر آزمون‌های تعادلی همین اندازه‌گیری گیرنده‌های مفصلی است که به‌طور مستقیم توسط پروتکل‌های تمرینی نوروماسکولار تقویت می‌شوند [۵۴]. درواقع هدف از این تمرینات به‌کارگیری بیشتر گیرنده‌های حس عمقی است [۳۰]. همچنین تمرینات نوروماسکولار با افزایش مکانوسپتورها و افزایش هماهنگی‌های عصبی‌عضلانی این امکان را به سیستم عصبی مرکزی می‌دهد تا بتواند اعصاب حرکتی عضلات را با یک الگوی مشخص و هماهنگ‌شده فعال کند و آگاهی مفصل را بالا می‌برد و باعث می‌شود در هنگام ایستادن با هنگام اجرای آزمون‌های تعادلی پویا، اطلاعات دقیق‌تری از گیرنده‌های مفصلی به سیستم عصبی مرکزی فرستاده شود [۵۵]. این تمرینات عملکردی با ایجاد سازگاری‌های فیزیولوژیک مناسب می‌توانند نقش مؤثری در یادگیری مهارت، فراخوانی واحدهای حرکتی، افزایش شکل‌پذیری قشری حرکتی و بهبود به‌کارگیری عضلات داشته باشند و درنتیجه باعث بهبود تعادل افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا می‌شوند [۵۶]. بنابراین به نظر می‌رسد برای افزایش تعادل ایستا و پویای افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا بهتر است از تمرینات نوروماسکولار استفاده شود، چراکه این تمرینات بهتر از سایر تمرینات بر تعادل ایستا و پویای این افراد تأثیر می‌گذارد.

همچنین علت عدم تفاوت در تأثیرگذاری ۲ نوع پروتکل تمرینی بر عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا، این می‌تواند باشد که سایر پروتکل‌های تمرینی که با تمرینات تعادلی مقایسه شده بودند، اکثر پروتکل‌های تمرینی مقاومتی یا پلایومتریک بودند. تقاضاهایی که در اجرای آزمون‌های عملکرد حرکتی صورت می‌گیرد، هم می‌توانند توسط پروتکل‌های تمرینی نوروماسکولار تقویت شوند و هم می‌توانند توسط تمرینات مقاومتی و پلایومتریک تقویت شوند. چراکه در هر ۳

گروه تمرینی افزایش هماهنگی‌های عصبی‌عضلانی، درک روابط فضایی و زمانی و جهت‌یابی کل و یا بخش‌های مختلف بدن به‌طور فعال درگیر می‌شود [۵۷]. علاوه‌براین تمرینات تقویتی نیز با افزایش فعالیت عضلانی، سطح آستانه فعال شدن دوک عضلانی را در هنگام اجرای آزمون‌های عملکردی کاهش می‌دهند که باعث نرمی و هماهنگی حرکت بیشتری در حین اجرای آزمون‌های عملکردی می‌شود [۵۸]. بنابراین به نظر می‌رسد برای بهبود عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا می‌توان از هریک از پروتکل‌های تمرینی طراحی‌شده در مطالعات قبلی استفاده کرد و تفاوت معنی‌داری در اثرگذاری بهتر بر اجرای آزمون‌های عملکردی، در بین پروتکل‌های مختلف وجود ندارد.

همان‌طور که مطالعات ذکر کرده‌اند، اسپرین مزمن مچ پا با نقص در حس عمقی و کاهش کنترل عصبی‌عضلانی همراه است. در همین راستا مطالعه‌ای مروری بر روی افراد با بی‌ثباتی مزمن مچ پا گزارش کرد که نقص پاسچرال ثانویه بر اثر نقص کنترل عصبی‌عضلانی، کاهش قدرت عضلانی و نقص حس عمقی به وجود می‌آید [۵۷]. همچنین بر این موضوع تأکید شده است که این افراد حین ایستادن روی یک پا نقص در راهبرد مچ پا و به دنبال آن ناکارایی راهبرد هیپ را نشان می‌دهند [۳۵]. بنابراین تمریناتی که با هدف بهبود هریک از متغیرهایی انجام شود که در این افراد دچار نقص شده‌اند، می‌تواند به بهبود عملکرد حرکتی و تعادل منجر شوند. تمرینات تعادلی می‌تواند با تغییرات در داخل سیستم عصبی‌عضلانی به فرد اجازه دهد تا کنترل بهتری روی عضله منقبض‌شونده و سینرژیست‌های خود داشته باشد و به‌این‌ترتیب نیروی بیشتری در غیاب تطابق تیپ شناختی عضله مهیا می‌شود. درنتیجه تمرینات تعادلی و یا سایر تمرینات که با هدف بهبود ضعف هریک از متغیرهایی که در افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا به وجود آمده است شود، می‌تواند باعث بهبود تعادل و بهبود عملکرد حرکتی در این افراد شود.

مقایسه تأثیر تمرینات تعادلی سنتی با تمرینات ترکیبی تعادلی و یا تمرینات تعادلی جدید بر تعادل و عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا

درمجموع ۱۱ مطالعه با ۱۲ آزمایش به مقایسه تأثیر تمرینات تعادلی سنتی با تمرینات ترکیبی‌تعادلی و یا تمرینات تعادلی جدید بر تعادل و عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ **پا پرداخته بودند** [۵۳- ۳۹،۴۴] **نتایج فراتحلیل** نشان داد تمرینات ترکیبی‌تعادلی و یا تمرینات تعادلی جدید در مقایسه با تمرینات تعادلی سنتی، تأثیر معنی‌داری بیشتری را بر تعادل ایستا (با اندازه اثر ۱/۱۷) و عملکرد حرکتی (با اندازه اثر ۰/۴۹) افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا می‌گذارد. اما در تعادل پویا بین ۲ نوع گروه تمرینی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. هرچند میزان تأثیرگذاری تمرینات تعادلی‌ترکیبی و تعادلی جدید بیشتر از تمرینات تعادلی سنتی بود. به نظر می‌رسد برای بهبود تعادل و عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا، بهتر است از پروتکل‌های تعادلی جدید و ادغام پروتکل‌های تعادلی با سایر تمرینات، استفاده شود، چراکه به نظر می‌رسد این تمرینات، تأثیرگذاری بهتر و بیشتر و درنتیجه سودمندتر از تمرینات تعادلی سنتی باشد.

وقتی مچ پا دچار اسپرین می‌شود، استحکام ساختارهای لیگامنتی کاهش پیدا می‌کند، کنترل عصبی‌عضلانی تغییر پیدا می‌کند، ضعف عضلانی ایجاد می‌شود، تحرک مفصل دچار تغییر می‌شود، گیرنده‌های مکانیکی مفصل اطلاعات درستی را به سیستم عصبی مرکزی منتقل نمی‌کند و عوارض متعدد دیگری به دنبال اسپرین مچ پا ایجاد می‌شود [۵۹]. بنابراین وقتی اسپرین مچ پا صورت می‌گیرد، باید پروتکل‌های تمرینی طراحی شود که جامع باشد و بتواند تا حد امکان اکثر این عوارض به‌وجودآمده ناشی از اسپرین مچ پا را کاهش دهند. بنابراین، به نظر می‌رسد تمرینات تعادلی‌ترکیبی و یا استفاده از پروتکل‌های تمرینی تعادل با استفاده از ابزارهای جدید مثل ویبریشن، واقعیت مجازی، دستگاه بایودکس و سایر روش‌های جدید، بهتر از تمرینات تعادلی سنتی، این نقص‌های ایجادشده توسط اسپرین مچ پا را بهبود می‌دهند و در نتیجه باعث بهبود تعادل و اجرای بهتر عملکردهای حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا می‌شوند. چراکه این تمرینات قادر به یکپارچه‌سازی بدن، ذهن و روان است و بر درک ورودی حسی به‌ویژه حس حرکت تأثیر زیادی دارند که به آگاهی شناختی و حفظ تعادل درونی منجر می‌شود [۲۵]. همچنین این تمرینات باعث توسعه ادراک بینایی و بهبود هماهنگی کل بدن، یادگیری موقعیت‌ها و حرکات بدن با استفاده هماهنگ از دو طرف بدن و یادگیری مدیریت وزن خود برای حفظ تعادل و نهایتاً باعث ایجاد عملکرد طبیعی در حین اجرای آزمون‌های تعادلی و عملکرد حرکتی می‌شوند [۶۰].

به‌طورکلی اثربخشی تمرینات بر روی تعادل، نیازمند پاسخ در ۳ سطح حرکتی است. در سطح نخاع که نقش اصلی آن تنظیم کردن رفلکس عضله است. در این سطح، اطلاعات حسی به‌دست‌آمده از گیرنده‌های مکانیکی مفصل به دنبال بروز رفلکس‌های تعادلی، به‌صورت رفلکسی سبب یک انقباض حمایتی اطراف مفصل می‌شوند و از وارد شدن فشار بیش‌ازحد بر عوامل پاسیو محدودکننده حرکت مفصل ممانعت می‌کنند. در سطح ساقه مغز، بروز رفلکس‌های تعادلی به کنترل تعادل بدن کمک می‌کند و در سطح مراکز عصبی بالاتر (قشر مغز و مخچه) فرد با تمرکز و توجه و به‌صورت آگاهانه سعی در کنترل هوشیارانه وضعیت مفصل و تعادل بدن خود می‌کند [۶۱]. پروتکل‌های تمرینی تعادلی که در مطالعات طراحی شده بود و در مطالعه مروری حاضر آورده شدند، به‌صورت ترکیبی طراحی شده بودند، به‌طوری‌که پروتکل‌ها سعی بر آن داشتند تا نقص‌هایی

که در افراد با بی‌ثباتی مزمن مچ پا وجود دارد را پوشش دهند. به همین خاطر مطالعات تمرینات تعادلی را همراه با تمرینات قدرتی و یا سایر تمرینات که گیرنده‌های حسی عمقی را بهبود می‌بخشند، ترکیب کرده بودند. در استدلال این مطالب مطالعات معتقدند بهبود حس وضعیت مفصل پس از به دست آمدن قدرت در عضلات ممکن است به ۲ دلیل باشد، اول اینکه عدم تعادل بین قدرت عضلات اینورتور و اورتور ممکن است موجب بی‌ثباتی مکانیکی مفصل مچ پا و متعاقب آن تحریک پایانه‌های آزاد عصبی شود و افزایش قدرت احتمالاً ازطریق بهبود تعادل بیومکانیکی مچ پا به حذف تحریک پایانه‌های آزاد عصبی و درنتیجه افزایش انتقال تارهای بتا به سیستم عصبی مرکزی منجر می‌شود که این مسئله باعث تحریک حس عمقی و افزایش نوع حس وضعیت مفصل می‌شود. دلیل دوم ممکن است افزایش فعالیت دوک‌های عضلانی و ارگان‌های وتری گلژی باشد. به‌طوری‌که هنگامی که مفصل حرکت می‌کند باید ایمپالس‌ها از سطوح مختلف سیستم عصبی برای فراهم کردن سیگنال‌های حس عمقی بالا بیایند که این شامل ورودی‌های آورانی لیگامنت ها و کپسول مفصلی و علاوه بر آن‌ها ورودی گیرنده‌های حس عمقی موجود در پوست، عضلات، دوک‌های عضلانی و تاندون‌ها می‌شود [۶۲].

این مطالعه مروری دارای چندین محدودیت بود. هیچ‌یک از نویسندگان پنهان‌کاری تخصیص را در مطالعات خود نشان ندادند. بنابراین نمی‌توان وجود خطر بالای سوگیری در انتخاب را منتفی دانست. این مطالعه فراتحلیل تنها روی تعادل و عملکرد حرکتی تمرکز داشت، بنابراین نیاز است که اثر برنامه‌های تمرینی روی سایر مؤلفه‌های عملکردی بررسی شود تا مشخص شود که برنامه‌های تمرینی، در سایر متغیرهای عملکردی چگونه رفتار می‌کنند. همچنین این مطالعه فراتحلیل تنها اثر برنامه‌های تمرینی روی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا را بررسی کرد. بنابراین می‌تواند اثر برنامه‌های تمرینی را در سایر مراحل اسپرین مچ پا بررسی کرد تا مشخص شود در سایر مراحل اسپرین مچ پا متغیرهای مطالعه‌شده در اثر پروتکل‌های تمرینی چگونه رفتار می‌کنند، بهبود می‌یابند یا خیر، و کدام‌یک از پروتکل‌های تمرینی تأثیر بهتر و بیشتری روی این متغیرها دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعات نشان داد تمرینات نوروماسکولار بهتر از سایر پروتکل‌های تمرینی بر تعادل ایستا و پویای افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا تأثیر می‌گذارد، اما در عملکرد حرکتی بین ۲ نوع گروه تمرینی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین نتایج مطالعات نشان داد تمرینات تعادلی‌ترکیبی و همچنین روش‌های جدید تمرینات تعادلی در مقایسه با تمرینات تعادلی سنتی، تأثیر معنی‌داری بیشتری را بر تعادل ایستا و عملکرد حرکتی افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا دارد. ولی در تعادل پویا بین ۲ نوع گروه تمرینی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. هرچند میزان تأثیرگذاری تمرینات تعادلی‌ترکیبی و تعادلی جدید بر تعادل پویا، بهتر از تمرینات تعادلی سنتی بود. به نظر می‌رسد سودمندی تمرینات تعادلی‌ترکیبی و اجرای تمرینات تعادلی با روش‌های نوین، مفیدتر از سایر پروتکل‌های تمرینی بر تعادل و کنترل پاسچر افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا باشد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این مقاله از نوع مروری است و نمونه انسانی یا حیوانی نداشته است.

حامی مالی

این مقاله فاقد حامی مالی است.

مشارکت نویسندگان

مفهوم‌سازی، روش‌شناسی، اعتبارسنجی، تحلیل و بررسی منابع، نگارش پیش‌نویس، ویراستاری و نهایی‌سازی نوشته، بصری‌سازی، نظارت، مدیریت پروژه، تأمین مالی: علی فتاحی، محبوبه دهنوی.

تعارض منافع

بنا به اظهار نویسندگان در این مقاله هیچ‌گونه تعارض منافعی وجود ندارد.

References

[1] 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; 10(4):383-93. [Link]

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

[3] Herzog MM, Kerr ZY, Marshall SW, Wikstrom EA. Epidemiology of ankle sprains and chronic ankle instability. Journal of Athletic Training. 2019; 54(6):603-10. [DOI:10.4085/1062-6050-447-17] [PMID] [PMCID]

[4] Al-Mohrej OA, Al-Kenani NS. Chronic ankle instability: Current perspectives. Avicenna Journal of Medicine. 2016; 6(04):103-8. [DOI:10.4103/2231-0770.191446] [PMID] [PMCID]

[5] Delahunt E, Remus A. Risk factors for lateral ankle sprains and chronic ankle instability. Journal of Athletic Training. 2019; 54(6):611-6. [DOI:10.4085/1062-6050-44-18] [PMID] [PMCID]

[6] Son SJ, Kim H, Seeley MK, Hopkins JT. Movement strategies among groups of chronic ankle instability, coper, and control. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2017; 49(8):1649-61. [DOI:10.1249/MSS.0000000000001255] [PMID]

[7] McKeon PO, Wikstrom EA. Sensory-targeted ankle rehabilitation strategies for chronic ankle instability. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2016; 48(5):776-84. [DOI:10.1249/MSS.0000000000000859] [PMID] [PMCID]

[8] Thompson C, Schabrun S, Romero R, Bialocerkowski A, van Dieen J, Marshall P. Factors contributing to chronic ankle instability: A systematic review and meta-analysis of systematic reviews. Sports Medicine. 2018; 48(1):189-205. [DOI:10.1007/s40279-017-0781-4] [PMID]

[9] Simpson JD, Stewart EM, Macias DM, Chander H, Knight AC. Individuals with chronic ankle instability exhibit dynamic postural stability deficits and altered unilateral landing biomechanics: A systematic review. Physical Therapy in Sport. 2019; 37:210-9. [DOI:10.1016/j.ptsp.2018.06.003] [PMID]

[10] Lopes R, Ghorbani A, Wackenheim FL, Cordier G, Amouyel T. Results of a survey of practices in chronic ankle instability in France. Orthopaedic Journal of Sports Medicine. 2020; 8(2_suppl):2325967120S00009. [DOI:10.1177/2325967120S00009] [PMCID]

[11] Someeh M, Asghar Norasteh A, Daneshmandi H, Pourkhani T. The influence of Mulligan ankle taping on dynamic balance in the athletes with and without chronic ankle instability. International Journal of Athletic Therapy and Training. 2015; 20(1):39-45. [DOI:10.1123/ijatt.2014-0050]

[12] Vaes P, Duquet W, Van Gheluwe B. Peroneal reaction times and eversion motor response in healthy and unstable ankles. Journal of Athletic Training. 2002; 37(4):475-80. [PMID] [PMCID]

[13] Olmsted LC, Carcia CR, Hertel J, Shultz SJ. Efficacy of the star excursion balance tests in detecting reach deficits in subjects with chronic ankle instability. Journal of Athletic Training. 2002; 37(4):501-6. [PMID] [PMCID]

[14] Munn J, Beard DJ, Refshauge KM, Lee RY. Eccentric muscle strength in functional ankle instability. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2003; 35(2):245-50. [DOI:10.1249/01.MSS.0000048724.74659.9F] [PMID]

[15] Hubbard TJ, Kaminski TW. Kinesthesia is not affected by functional ankle instability status. Journal of Athletic Training. 2002; 37(4):481-6. [PMID] [PMCID]

[16] Caulfield B, Crammond T, O'Sullivan A, Reynolds S, Ward T. Altered ankle-muscle activation during jump landing in participants with functional instability of the ankle joint. Journal of Sport Rehabilitation. 2004; 13(3):189-200. [DOI:10.1123/jsr.13.3.189]

[17] Someeh M, Norasteh AA, Daneshmandi H, Asadi A. Immediate effects of Mulligan's fibular repositioning taping on postural control in athletes with and without chronic ankle instability. Physical Therapy in Sport. 2015; 16(2):135-9. [DOI:10.1016/j.ptsp.2014.08.003] [PMID]

[18] Woollacott MH, Pei-Fang T. Balance control during walking in the older adult: Research and its implications. Physical Therapy. 1997; 77(6):646-60. [DOI:10.1093/ptj/77.6.646] [PMID]

[19] Khodabakhshi M, Ebrahimi Atri A, Hashemi Javaheri S, Zandi M, Khanzadeh R. The effect of 5 weeks proprioceptive training on basketball players' dynamic balance inflicted with chronic ankle sprain. Archives of Rehabilitation. 2014; 15(3):44-51. [Link]

[20] Webster KA, Gribble PA. Functional rehabilitation interventions for chronic ankle instability: A systematic review. Journal of Sport Rehabilitation. 2010; 19(1):98-114. [DOI:10.1123/jsr.19.1.98] [PMID]

[21] Houston MN, Hoch JM, Hoch MC. Patient-reported outcome measures in individuals with chronic ankle instability: A systematic review. Journal of Athletic Training. 2015; 50(10):1019-33. [DOI:10.4085/1062-6050-50.9.01] [PMID] [PMCID]

[22] DeJong AF, Koldenhoven RM, Hertel J. Proximal adaptations in chronic ankle instability: Systematic review and meta-analysis. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2020; 52(7):1563-75. [DOI:10.1249/MSS.0000000000002282] [PMID]

[23] D'Hooghe P, Cruz F, Alkhelaifi K. Return to play after a lateral ligament ankle sprain. Current Reviews in Musculoskeletal Medicine. 2020; 13(3):281-8. [DOI:10.1007/s12178-020-09631-1] [PMID] [PMCID]

[24] Wikstrom EA, Mueller C, Cain MS. Lack of consensus on return-to-sport criteria following lateral ankle sprain: A systematic review of expert opinions. Journal of Sport Rehabilitation. 2020; 29(2):231-7. [DOI:10.1123/jsr.2019-0038] [PMID]

[25] Caldemeyer LE, Brown SM, Mulcahey MK. Neuromuscular training for the prevention of ankle sprains in female athletes: A systematic review. The Physician and Sports Medicine. 2020; 48(4):363-9. [DOI:10.1080/00913847.2020.1732246] [PMID]

[26] Owoeye OB, Palacios-Derflingher LM, Emery CA. Prevention of ankle sprain injuries in youth soccer and basketball: Effectiveness of a neuromuscular training program and examining risk factors. Clinical Journal of Sport Medicine. 2018; 28(4):325-31. [DOI:10.1097/JSM.0000000000000462] [PMID]

[27] Burger M, Dreyer D, Fisher R, Foot D, O'Connor D, Galante M, et al. The effectiveness of proprioceptive and neuromuscular training compared to bracing in reducing the recurrence rate of ankle sprains in athletes: Systematic review and meta-analysis. Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation. 2018; 31(2):221-9. [DOI:10.3233/BMR-170804] [PMID]

[28] Mollà-Casanova S, Inglés M, Serra-Añó P. Effects of balance training on functionality, ankle instability, and dynamic balance outcomes in people with chronic ankle instability: Systematic review and meta-analysis. Clinical Rehabilitation. 2021; 35(12):1694-1709. [DOI:10.1177/02692155211022009] [PMID]

[29] McKeon PO, Hertel J. Systematic review of postural control and lateral ankle instability, part II: Is balance training clinically effective? Journal of Athletic Training. 2008; 43(3):305-15. [DOI:10.4085/1062-6050-43.3.305] [PMID] [PMCID]

[30] O'Driscoll J, Delahunt E. Neuromuscular training to enhance sensorimotor and functional deficits in subjects with chronic ankle instability: A systematic review and best evidence synthesis. Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy & Technology. 2011; 3:19. [DOI:10.1186/1758-2555-3-19] [PMID] [PMCID]

[31] Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics. 1977; 33(1):159-74. [DOI:10.2307/2529310] [PMID]

[32] Sheikhhoseini R, Shahrbanian S, Sayyadi P, O'Sullivan K. Effectiveness of therapeutic exercise on forward head posture: A systematic review and meta-analysis. Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics. 2018; 41(6):530-9. [DOI:10.1016/j.jmpt.2018.02.002] [PMID]

[33] Wright CJ, Linens SW, Cain MS. A randomized controlled trial comparing rehabilitation efficacy in chronic ankle instability. Journal of Sport Rehabilitation. 2017; 26(4):238-49. [DOI:10.1123/jsr.2015-0189] [PMID]

[34] Kim K-J, Heo M. Effects of virtual reality programs on balance in functional ankle instability. Journal of Physical Therapy Science. 2015; 27(10):3097-101. [DOI:10.1589/jpts.27.3097] [PMID] [PMCID]

[35] Hall EA, Docherty CL, Simon J, Kingma JJ, Klossner JC. Strength-training protocols to improve deficits in participants with chronic ankle instability: A randomized controlled trial. Journal of Athletic Training. 2015; 50(1):36-44. [DOI:10.4085/1062-6050-49.3.71] [PMID] [PMCID]

[36] Hall EA, Chomistek AK, Kingma JJ, Docherty CL. Balance-and strength-training protocols to improve chronic ankle instability deficits, part I: Assessing clinical outcome measures. Journal of Athletic Training. 2018; 53(6):568-77. [DOI:10.4085/1062-6050-385-16]

[37] Cruz-Diaz D, Lomas-Vega R, Osuna-Pérez M, Contreras F, Martínez-Amat A. Effects of 6 weeks of balance training on chronic ankle instability in athletes: A randomized controlled trial. International Journal of Sports Medicine. 2015; 36(09):754-60. [DOI:10.1055/s-0034-1398645] [PMID]

[38] Huang P, Lin C-F. Effects of balance training combined with plyometric exercise in postural control: Application in individuals with functional ankle instability. Paper presented at: 6th World Congress of Biomechanics (WCB 2010) August 1-6 2010; Singapore; Singapore. [DOI:10.1007/978-3-642-14515-5_60]

[39] Cain MS, Ban RJ, Chen Y-P, Geil MD, Goerger BM, Linens SW. Four-week ankle-rehabilitation programs in adolescent athletes with chronic ankle instability. Journal of Athletic Training. 2020; 55(8):801-10. [DOI:10.4085/1062-6050-41-19] [PMID] [PMCID]

[40] Huang PY, Jankaew A, Lin CF. Effects of plyometric and balance training on neuromuscular control of recreational athletes with functional ankle instability: A randomized controlled laboratory study. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2021; 18(10):5269. [DOI:10.3390/ijerph18105269] [PMID] [PMCID]

[41] Chang W-D, Chen S, Tsou Y-A. Effects of whole-body vibration and balance training on female athletes with chronic ankle instability. Journal of Clinical Medicine. 2021; 10(11):2380. [DOI:10.3390/jcm10112380] [PMID] [PMCID]

[42] Ha S-Y, Han J-H, Sung Y-H. Effects of ankle strengthening exercise program on an unstable supporting surface on proprioception and balance in adults with functional ankle instability. Journal of Exercise Rehabilitation. 2018; 14(2):301-5. [DOI:10.12965/jer.1836082.041] [PMID] [PMCID]

[43] Surakhamhaeng A, Bovonsunthonchai S, Vachalathiti R. Effects of balance and plyometric training on balance control among individuals with functional ankle instability. Physiotherapy Quarterly. 2020; 28(2):38-45. [DOI:10.5114/pq.2020.92474]

[44] Bolton C, Hale S, Telemeco T. The effects of therapeutic exercise with and without mobilization in participants with chronic ankle instability: A randomized controlled trial. Journal of Sport Rehabilitation. 2020; 30(2):206-13. [DOI:10.1123/jsr.2019-0373]

[45] Uzlaşır S, Özdıraz KY, Dağ O, Tunay VB. The effects of stroboscopic balance training on cortical activities in athletes with chronic ankle instability. Physical Therapy in Sport. 2021; 50:50-8. [DOI:10.1016/j.ptsp.2021.03.014] [PMID]

[46] Sierra-Guzmán R, Jiménez-Diaz F, Ramírez C, Esteban P, Abián-Vicén J. Whole-body-vibration training and balance in recreational athletes with chronic ankle instability. Journal of Athletic Training. 2018; 53(4):355-63. [DOI:10.4085/1062-6050-547-16] [PMID] [PMCID]

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

[48] Salom-Moreno J, Ayuso-Casado B, Tamaral-Costa B, Sánchez-Milá Z, Fernández-de-Las-Peñas C, Alburquerque-Sendín F. Trigger point dry needling and proprioceptive exercises for the management of chronic ankle instability: A randomized clinical trial. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. 2015; 2015:790209. [DOI:10.1155/2015/790209] [PMID] [PMCID]

[49] Cloak R, Nevill A, Day S, Wyon M. Six-week combined vibration and wobble board training on balance and stability in footballers with functional ankle instability. Clinical Journal of Sport Medicine. 2013; 23(5):384-91. [DOI:10.1097/JSM.0b013e318291d22d] [PMID]

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

[51] Mazloum V, Sahebozamani M. The effects kinesiotaping® and proprioceptive exercises in rehabilitation management of volleyball players with chronic ankle instability. Journal of Pars University of Medical Sciences (Jahrom). 2016; 14(2):31-41. [DOI:10.29252/jmj.14.2.31]

[52] Shousha TM, Abo-zaid NA, Hamada HA, Abdelsamee MYA, Behiry MA. Virtual reality versus Biodex training in adolescents with chronic ankle instability: A randomized controlled trial. Archives of Medical Science. 2021; 1-10. [DOI:10.5114/aoms/134635]

[53] Mohammadinia Samakosh H, Shojaedin SS, Hadadnezhad M. [Comparison of effect of hopping and combined balance-strength training on balance and lower extremity selected muscles strength of soccer men with chronic ankle instability (Persian)]. Journal of Gorgan University of Medical Sciences. 2019; 21(3):69-78. [Link]

[54] Hübscher M, Zech A, Pfeifer K, Hänsel F, Vogt L, Banzer W. Neuromuscular training for sports injury prevention: A systematic review. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2010; 42(3):413-21. [DOI:10.1249/MSS.0b013e3181b88d37] [PMID]

[55] Filipa A, Byrnes R, Paterno MV, Myer GD, Hewett TE. Neuromuscular training improves performance on the star excursion balance test in young female athletes. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. 2010; 40(9):551-8. [DOI:10.2519/jospt.2010.3325] [PMID] [PMCID]

[56] Lin CW, Delahunt E, King E. Neuromuscular training for chronic ankle instability. American Physical Therapy Association. 2012; 92(8):987-91. [DOI:10.2522/ptj.20110345] [PMID]

[57] Holmes A, Delahunt E. Treatment of common deficits associated with chronic ankle instability. Sports Medicine. 2009; 39(3):207-24. [DOI:10.2165/00007256-200939030-00003] [PMID]

[58] Luan L, Adams R, Witchalls J, Ganderton C, Han J. Does strength training for chronic ankle instability improve balance and patient-reported outcomes and by clinically detectable amounts? A systematic review and meta-analysis. Physical Therapy. 2021; 101(7):pzab046. [DOI:10.1093/ptj/pzab046] [PMID]

[59] Kobayashi T, Gamada K. Lateral ankle sprain and chronic ankle instability: A critical review. Foot & Ankle Specialist. 2014; 7(4):298-326. [DOI:10.1177/1938640014539813] [PMID]

[60] Hung Y-j. Neuromuscular control and rehabilitation of the unstable ankle. World Journal of Orthopedics. 2015; 6(5):434-8. [DOI:10.5312/wjo.v6.i5.434] [PMID] [PMCID]

[61] Mosavi SE, Hashemi A, Khoshraftar N. [The effect of two type (kensio, Rigid) on stability and performance of elite male volleyball players with chronic ankle sprain (Persian)] [MSc thesis]. Mashhad: University of Ferdosi Mashhad; 2014. [Link]

[62] Karakaya MG, Rutbİl H, Akpinar E, Yildirim A, Karakaya İÇ. Effect of ankle proprioceptive training on static body balance. Journal of Physical Therapy Science. 2015; 27(10):3299-302. [DOI:10.1589/jpts.27.3299] [PMID] [PMCID]

This Page Intentionally Left Blank