مجله علوم پزشکی رازی دوره ۲۹، شماره ۹، آذر ۱۴۰۱ http://rjms.iums.ac.ir

مقاله پژوهشی

تأثیر سه هفته تمرینات حسی عمقی همراه با امواج فرا صوت بر درد و فعالیت الکترومایوگرافی عضلات منتخب در فوتسالیست‌های دارای درد مزمن مچ پا حین راه رفتن

بهنام شهبازی: کارشناسی ارشد بیومکانیک و کینزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران (* نویسنده مسئول)
behnamshahbazi11@yahoo.com
مهرداد عنبریان: استاد بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
امیر قیامی راد: استادیار بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
یعقوب سالک زمانی: دانشیار، مرکز تحقیقات طب فیزیکی و توان‌بخشی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
ندا دولتخواه: استادیار، مرکز تحقیقات طب فیزیکی و توان‌بخشی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران

چکیده

زمینه و هدف: کمک به بازگشت ایمن ورزشکار آسیب‌دیده (RTS) در کوتاه‌ترین زمان در حد زیادی به بازتوانی مناسب و به‌موقع وابسته است. هدف این مطالعه تعیین تأثیرات تمرینات حسی- عمقی همراه با اولتراسوند تراپی بر میزان درد مزمن مچ پای بازیکنان جوان همراه با ارزیابی تغییرات فعالیت ۲ عضله تخصصی تیبیالیس آنتریور و پرونئوس لانگوس حین راه رفتن بود.

روش کار: نمونه آماری پژوهش حاضر شامل ۲۴ نفر (۱۲ نفر گروه تجربی و ۱۲ نفر گروه کنترل) بود. شدت درد در هر دو گروه از طریق فرم استاندارد Visual analogue scale مورد ارزیابی قرار گرفت. فعالیت الکترومایوگرافی عضلات تیبیالیس آنتریور و پرونئوس لانگوس آزمودنی‌های دو گروه در فاز استانس در مسیر ۱۴ متری هر دو گروه ثبت شد (پیش آزمون). سپس گروه تجربی به مدت سه هفته پروتکل تمرینات حسی- عمقی همراه با امواج فرا صوت را با فرکانس ۳ مگا هرتز دریافت کردند. گروه کنترل در این مدت فعالیت‌های معمولی خود را انجام می‌داد. گروه‌ها پس از دوره، مجدد آزمون‌های تعیین شدت درد و ثبت فعالیت الکتریکی عضلات را مانند پیش آزمون انجام دادند (پس‌آزمون). برای تجزیه‌وتحلیل آماری از آزمون T همبسته برای مقایسه درون‌گروهی و T مستقل برای مقایسه بین گروهی استفاده شد ($p<۰/۰۵$).

یافته‌ها: نتایج اختلاف معنادار را تنها در فعالیت عضله پرونئوس لانگوس در مقایسه پیش و پس‌آزمون گروه تجربی نشان داد ($p=۰/۰۰۵$). همچنین، اختلاف معناداری در میزان درد در گروه تجربی قبل و بعد از اعمال مداخلات توان‌بخشی را در مقایسه درون‌گروهی مشاهده شد ($p= ۰/۰۱۶$).

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج این مطالعه، می‌توان ذکر کرد که استفاده از تمرینات حسی عمقی به همراه امواج فراصوت می‌تواند به عنوان روشی مؤثر در توان‌بخشی درد مزمن مچ پای ورزشکاران آسیب‌دیده بکار گرفته شود.

کلیدواژه‌ها
درد مچ پا،
حسی عمقی،
امواج فراصوت،
الکترومایوگرافی،
فوتسال

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۱۹
تاریخ چاپ: ۱۴۰۱/۰۹/۱۹

تعارض منافع: گزارش نشده است.
منبع حمایت‌کننده: حامی مالی ندارد.

شیوه استناد به این مقاله:
Shahbazi B, Anbarian M, Ghiami Rad A, Salek Zamani Y, Dolatkhah N. The Effect of Three Weeks of Deep Sensory Training with Ultrasound on Pain and Electromyographic Activity of Selected Muscles in Futsal Players with Chronic Ankle Pain while Walking. Razi J Med Sci. 2022;29(9):183-196.

*انتشار این مقاله به‌صورت دسترسی آزاد مطابق با CC BY-NC-SA 3.0 صورت گرفته است.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]

Razi Journal of Medical Sciences. 2022;29(9):183-196. http://rjms.iums.ac.ir

Original Article

The Effect of Three Weeks of Deep Sensory Training with Ultrasound on Pain and Electromyographic Activity of Selected Muscles in Futsal Players with Chronic Ankle Pain while Walking

Behnam Shahbazi: MSc of Sports Biomechanics & Kinesiology, Faculty of Sports Sciences, Bu Ali Sina University, Hamadan, Iran (* Corresponding author) behnamshahbazi11@yahoo.com
Mehrdad Anbarian: Professor of Sports Biomechanics, Faculty of Sports Sciences, Bu Ali Sina University, Hamadan, Iran
Amir Ghiami Rad: Assistant Professor of Sports Biomechanics, Faculty of Sports Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran
Yaghoub Salek Zamani: Associate Professor, Physical Medicine and Rehabilitation Research Center, School of Medicine, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran
Neda Dolatkhah: Assistant Professor, Physical Medicine and Rehabilitation Research Center, School of Medicine, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

Abstract

Background & Aims: Following a serious injury, microtrauma and as a result of microscopic damage in joint surfaces, pain disorders in the skeletal and muscular system develop over time. Pain in the musculoskeletal system, in addition to injury, causes secretion and fatigue in the pastoral structure, which leads to disruption of the neuromuscular system. Although the foot is the last part of the lower limb chain and resists the incoming forces, it is expected to cause movement pathology, pathokinesiology and increased stress and thus injury due to improper distribution of forces. It reaches the tissues and muscles of the leg, and as a result, the risk of joint pain increases. In futsal, which is one of the vulnerable sports, most of the injuries of the lower limbs are assigned to the wrist and knee, According to the report of the National Association of American Sports Science Colleges, ankle injuries compared to other body joints in disciplines such as; It has basketball, volleyball, futsal, etc. Ankle pain can be caused by aspirin, instability, arthritis, gout, tendonitis, fracture, nerve compression and infection in this joint. In this popular field, due to the fact that players have to withdraw from this sport due to pain and injury in their basic ages, and as a result, talents are not lost, attention was paid to movement sciences and rehabilitation. Familiarity with biomechanical principles in injury or disease is a very important part of air and treatment activity. If we can provide a targeted ability in ankle pain and evaluate and perform the tasks they do in static and dynamic conditions, it will allow athletes and even non-athletes to return to sports faster and more confidently. And they do everyday, was a witness The first step in this field is to know the rehabilitation method that optimally minimizes the frequency of pain and re-injury. As a result, biomechanical principles and evaluations become reliable in treatment and help to increase better performance. Research shows that mechanical proprioception movements with ultrasound supplements improve and increase neuromuscular function and balance of the plantar pressure center, as well as a significant reduction in pain, in the same direction, from existing changes and the degree of impact on foot posture or position. in which the patient is located, by using biomechanical evaluations in the initial or final stages of the rehabilitation period, it helps the treatment to increase the effectiveness of the methods used with higher validity and to use better methods with higher effectiveness. take. Take, Therapeutic strategies to prevent and increase the return to daily and sports activities include: external supporters, manual therapy, and deep sensory exercises, which generally divide rehabilitation into two types, mechanical and physical. Studies have shown that deep sensory exercises and orthoses and tapings reduce the amount of damage by 50%. In addition, the postural changes or the condition in which the patient or the injured person is located, recovery during the rehabilitation phase helps the specialists to take appropriate actions to have a better effect. In the meantime, examining the

Keywords
Ankle pain,
Deep sensation,
Ultrasound,
Electromyography,
Futsal

Received: 10/09/2022
Published: 10/12/2022

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]

amount of electrical muscle activity and the pressures on the person in the biomechanical analysis of the person will give valuable information about treatment and rehabilitation strategies. According to the available documents, foot and ankle problems even cause pain in the upper limb areas such as the back due to its effects on the posture and the way the forces interact in walking over time. Considering the increasing trend of basic ages in futsal, in order to avoid re-injury or to prevent it, it is necessary to take preventive measures. In this approach, the use of proprioception exercises and the use of ultrasound waves on the injured area of the ankle have a significant effect on the walking process, the sense of the position of the ankle joint, and the function of the muscles around the joint. Failure to use proprioception exercises reduces performance and ankle sprains, which is the result of instability followed by chronic ankle pain. is looking for To get a better result, the use of ultrasound therapy modality by applying a length of heat in the ankle along with deep sensory exercises will be useful in controlling and improving the function of the device and foot posture. In rehabilitation planning, understanding the mechanism of applied forces will help professionals to provide the appropriate protocol to increase the function of the device and joints. Because a period of rehabilitation before and after the changes in the posture or the condition in which the patient or athlete is located, can have a great help in the therapeutic methods of care and treatment of its effectiveness in the treatment protocol. it shows. In most cases, in the field of rehabilitation, the therapist is unwilling and according to the conditions of the teams and the pressure of the coaches and sports managers upon the player's return, he trains and competes with the speed of action of the fields. But this athlete's return is mostly temporary and causes joint injuries and choices in the future. Therefore, in the evaluations and screenings at the beginning and end of the season, as in the field of football, in this field as well, the amount of injuries can be minimized by taking into account clinical evaluation tests. In this study, our aim was to investigate the effects of deep sensory training with ultrasound therapy on the chronic ankle pain of young players along with the evaluation of the center of pressure and the changes in the activities of the 2 specialized muscles, tibialis anterior and peroneus longus during walking, in response to changes in their activity can help people with ankle injuries.

Methods: The statistical sample of this study included 24 people (12 people in the experimental group and 12 people in the control group). Pain intensity in both groups was assessed through the standard Visual analogue scale form, which is characterized by a pain scale of 1 to 10, and the selection criterion was a score of 7 (high pain intensity). Also, for analysis and evaluation of electrical muscle function by electromyography system of anterior tibialis and peroneus longus muscles, subjects of both groups were recorded using UK Biometrics system in stance phase in 14-meter path of both groups (pre-test). The experimental group then received a deep sensory training protocol with 3 MHz ultrasound for three weeks. The control group performed its normal activities during this period. After the treatment period, both groups re-tested and checked the pain and recorded the electrical activity of the muscles as a pre-test (post-test). For statistical analysis, correlated T-test was used for intra-group comparison and independent for inter-group comparison ($p<0.05$).

Results: The results showed a significant difference only in the activity of Peroneus longus muscle in comparison with pre- and post-test of the experimental group. Also, a significant difference in the amount of pain in the experimental group before and after rehabilitation interventions was observed in the comparison within the group.

Conclusion: Based on the results of this study, it can be mentioned that the use of deep sensory exercises with ultrasound waves as an effective method in the rehabilitation of the musculoskeletal system in chronic pain can be used by physiotherapists and other sports rehabilitation specialists. Because its effectiveness was effective in reducing the amount of pain and normal function of selected muscles in static and dynamic positions (walking).

Conflicts of interest: None
Funding: None

Cite this article as:

Shahbazi B, Anbarian M, Ghiami Rad A, Salek Zamani Y, Dolatkhah N. The Effect of Three Weeks of Deep Sensory Training with Ultrasound on Pain and Electromyographic Activity of Selected Muscles in Futsal Players with Chronic Ankle Pain while Walking. Razi J Med Sci. 2022;29(9):183-196.

*This work is published under CC BY-NC-SA 3.0 licence.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]

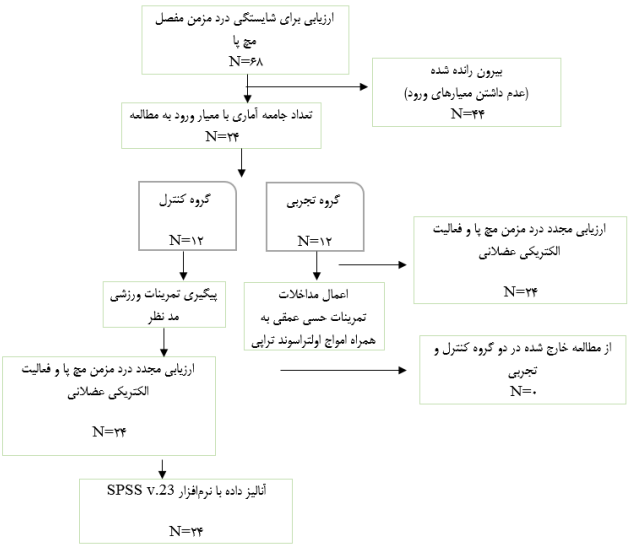
مقدمه

درد (Pain) و آسیب (Injury) در سیستم اسکلتی-عضلانی جزء جدای ناپذیر در اندام تحتانی و فوقانی می‌باشد (۱) اولوز در گزارشی بیان کرد که آسیب مفصل مچ پا ۲۷ درصد از آسیب‌های ورزشی در اندام تحتانی را به خود اختصاص داده است (۲). همچنین طبق مطالعات هدایتی، رزیتا و همکاران دردها را می‌توانیم برحسب شدت، دوره و منبع به چند بخش تقسیم نمود: دردهای حاد (Acute)، مزمن (Chronic) و ریفرال (Referral) (۳). درد های مچ پا می‌توانند ناشی از پیچ‌خوردگی، بی‌ثباتی، استئوآرتریت، نقرس، تاندونیت، شکستگی، فشردگی اعصاب و عفونت در این مفصل باشد. به دنبال یک تروما اختلالات درد در سیستم اسکلتی- عضلانی به تدریج ایجاد می‌شود (۴). دوره درمان در دردهای مفصلی علی‌الخصوص مفصل مچ پا به دلیل احتمال آسیب بالا در رشته‌های پربرخورد نظیر فوتسال علاوه بر وقت و هزینه‌ی مراقبت‌های بهداشتی و توان‌بخشی و تضعیف سلامت روح و روان ورزشکار، تیم‌های ورزشی را نیز دچار ضرر می‌کند. به همین دلیل تحقیقات بالینی مختلفی در جهت شناسایی روش‌های محافظه کارانه، شناخت عوامل تأثیر گذار در وقوع آسیب‌دیدگی‌ها، پیشگیری از آسیب، جلوگیری از عود مجدد و توان‌بخشی صورت گرفته است (۵). تحقیقات نشان داده که تحریکات مکانیکال پروپریوسپشن همراه با مکمل درمانی امواج فراصوت (Ultrasound waves) موجب تغییرات سودمند در عملکرد نوروماسکولار و بهبود فعالیت می‌شود که می‌تواند در برنامه های توان‌بخشی برای بالا بردن عملکرد بیماران استفاده شود (۶). تمرینات حسی- عمقی موجب افزایش ثبات، هماهنگی، کاهش سفتی و نوعی بازخورد را به ارمغان می‌آورد. با این تعاریف متخصصین می‌توانند در کنار این روش تمرینی برای به دست آوردن نتیجه بهتر از مدالیتی‌های الکتروتراپی نظیر امواج فراصوت استفاده نمایند که جزء مهمی در توان‌بخشی است و در درمان اختلالات اسکلتی- عضلانی مانند؛ درد، اسپاسم عضلات و آسیب‌های بافت مورد استفاده قرارگیرد (۷). لازم به توضیح است که ساختار مفصل مچ پا علاوه بر موارد ذکر شده باید ثبات مفاصل بالا دستی از قبیل ران، زانو و مفاصل اندام فوقانی را نیز تأمین کند (۸). با مروری بر پیشینه تحقیق، مستندات کافی در ارتباط با تحقیق حاضر بسیار اندک است؛ به همین جهت در این مطالعه تأثیر تمرینات حسی- عمقی به همراه امواج فراصوت بر مفصل مچ قبل و بعد از دوره بازتوانی مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین هدف دیگر این تحقیق تعیین این بود که این روش می‌تواند در کوتاه مدت بر درد مزمن مفصل مچ پا اثرگذار باشد یا نه؟ در تحقیق حاضر با توجه به اهمیت این مفصل؛ مدیریت و توان‌بخشی (Rehabilitation) درد مچ پا، فقط به تمرینات اکتفا نشد و در کنار آن مدالیتی امواج فراصوت هم بررسی شد تا میزان اثر بخشی این کار با بررسی پارامترهای مهم میزان درد و آنالیز عملکرد عضله از طریق سیگنال‌های الکتریکی تولید شده به هنگام انقباضات عضلات تیبیالیس قدامی و پرونئوس لانگوس که نقش مهمی در مفصل مچ پا دارند، مورد ارزیابی قرار گیرد. در صورت دستیابی به نتایج مورد نظر، نتایج حاصله می‌تواند به متخصصین توان‌بخشی و علی‌الخصوص در مراکز تحقیقاتی با ارائه راه کار های علمی مبتنی بر شواهد در کاهش و مدیریت آسیب‌های مچ پا در رشته فوتسال در بین سنین پایه در کشور کمک‌کننده باشد.

روش کار

نتایج بررسی ویژگی های فردی آزمودنی ها به این ترتیب بود که گروه تجربی با میانگین سنی ۱۷/۲۰ سال، میانگین قد ۱/۷۵ سانتی‌متر و میانگین وزن ۶۶/۵۰ کیلوگرم و گروه کنترل با میانگین سنی ۱۸/۴۰ سال، میانگین قد ۱/۷۶ سانتی‌متر و میانگین وزن ۶۷/۱۰ کیلوگرم بودند. با توجه به اهداف و محتوای تحقیق حاضر، این تحقیق از نوع شبه تجربی مداخله‌ای با گروه کنترل می‌باشد. به‌علاوه از روش آماری تحلیل واریانس به‌صورت هم‌زمان اثرات درون‌گروهی و برون گروهی ارزیابی شد. فرم استاندارد درد که روایی آن پیشتر در تحقیقات بالینی مورد تأیید قرار گرفته بود، در اختیار ورزشکاران رده سنی نوجوانان، جوانان و امید در لیگ استان آذربایجان شرقی قرار گرفت؛ و در نهایت با توجه به معیارهای ورود و خروج و با تمرکز بر حجم نمونه در ادبیات پیشین (۱) و همچنین نرم‌افزار G*Power با توان آزمونی ۰/۹۵ در صد، اندازه اثر ۰/۹۰ و سطح معنی‌داری ۰/۰۵، حجم نمونه را ۶۸ نفر تأیید

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]

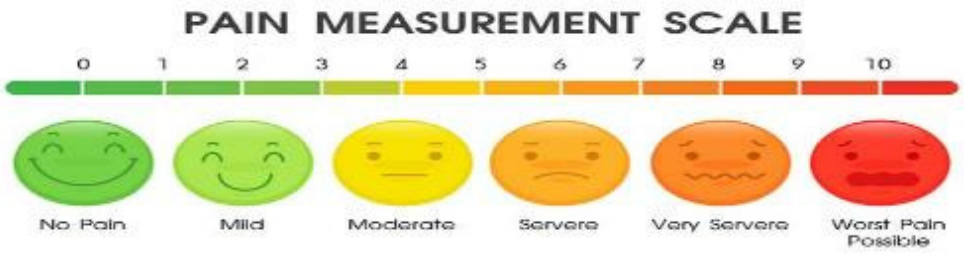


نمودار ۱- فلوچارت مطالعه

کرد که با توجه به ریزش نمونه‌ها در این تحقیق ۲۴ نفر با درد مزمن مفصل مچ پا در دو گروه مساوی تجربی (N=۱۲) و کنترل (N=۱۲) هم‌کاری نمود ند؛ که در فلوچارت نیز آورده شده است. (نمودار ۱).

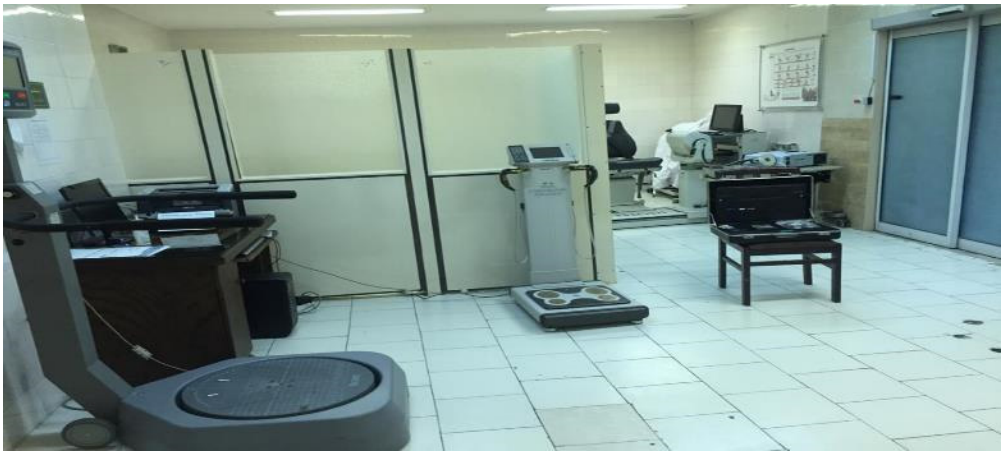
لازم به توضیح است در تحقیق انجام گرفته قبل از شروع کار هماهنگی‌های لازم با دانشگاه‌های بوعلی سینا، کلینیک فیزیوتراپی التیام و آزمایشگاه بیومکانیک بیمارستان امام رضا (ع) تبریز انجام گردید و با اجرای دقیق پروتکل‌های وزارت بهداشت که به اداره ورزش و جوانان استان‌ها ابلاغ شده بود در جهت جلوگیری از ابتلا به ویروس کرونا رعایت گردید. با توجه به کارآزمایی مد نظر اخذ کد اخلاق از پژوهش‌های زیست پزشکی صورت گرفت. سپس به شرکت‌کنندگان حاضر فرم رضایت‌نامه داده شد تا از اهداف ارزشمند و راهگشا تحقیق و غیرتهاجمی بودن کار، آگاهی لازم به مربیان، خود شخص و خانواده‌ها داده شود. معیار ورود به مطالعه کسب نمره ۷ با استفاده از فرم مقیاس دیداری درد (Visual analogue scale) (شکل ۱) و سپس تست‌های منوال شامل؛ تست استرس اینورژن، تست کشویی قدامی، تست استرس چرخش خارجی توسط محقق بود. ملاک های ورود به مطالعه عبارتند از: بازیکنانی که احساس درد مچ پا بیش از سه ماه داشتند و بازیکنانی که تحت عمل جراحی قرار نگرفته بودند. همچنین ملاک خروج از مطالعه شامل؛ افرادی که تحت عمل جراحی مفصل مچ پا قرار گرفته بودند، افرادی که دچار پارگی عضلانی حول مفصل مچ پا در درجه‌های مختلف قرار گرفته بودند و افرادی که سابقه شکستگی یا دررفتگی در مفاصل اندام تحتانی و فوقانی را داشتند.

در جامعه‌ی مورد مطالعه ۱۰ نفر در گروه کنترل (A) و ۱۰ نفر دیگر در گروه تجربی (B) تقسیم‌بندی شدند.



شکل ۱- نمودار مقیاس دیداری درد

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]



شکل ۲- آزمایشگاه بیومکانیک مرکز تحقیقات طب فیزیکی و توان‌بخشی بیمارستان امام رضا (ع) تبریز

ابزارهای لازم برای این تحقیق در آزمایشگاه بیومکانیک و توان‌بخشی بیمارستان امام رضا (ع) تبریز (شکل ۲) تهیه شد. لازم به توضیح است قبل از ثبت و ضبط دیتاهای اصلی پروتکل اجرایی به صورت پایلوت یک بار توضیح داده شد تا شرکت‌کنندگان با شرایط آشنا شوند.

برای بررسی متغیرهای مورد نظر که شامل؛ فرم استاندارد مقیاس دیداری درد برای سنجش درد مچ پا است و از الکترومایوگرافی سطحی ۸ کاناله (Biometrics UK) با Version 10.05 March.2017 ساخت کشور انگلستان (شکل ۳) با فرکانس نمونه‌برداری ۱۰۰۰ هرتز، با پهنای باند دسی بل < :60 ۹۶ هرتز و حافظه ذخیره‌سازی ۱ گیگابایت، استفاده شد.



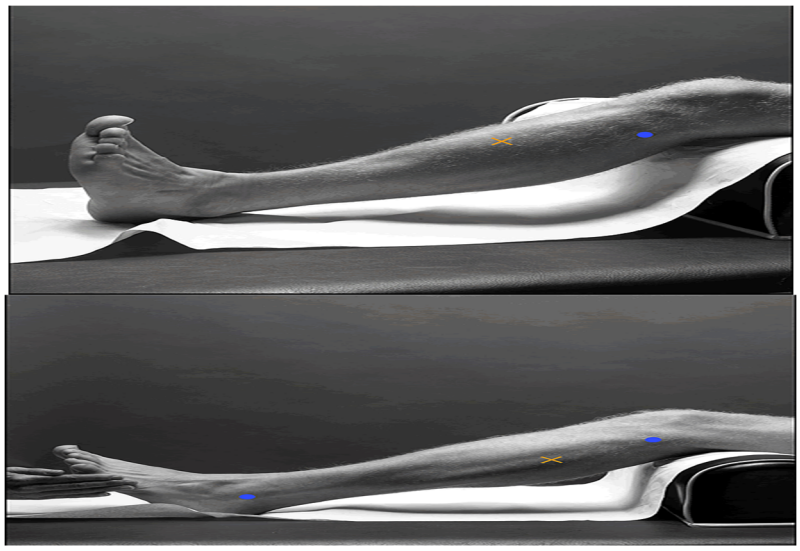
شکل ۳- سیستم بایومتریک s EMG

بررسی فعالیت الکتریکی با رعایت تفکیک عضلات طبق پروتکل انجمن بیومدیکال اروپا (surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of muscles) (شکل ۴) انجام گردید. به‌علاوه فاصله الکترودهای مورد استفاده (شکل ۵) در عضلات M.M ۲۰ رعایت و الکترود مرجع آمپلی‌فایر هم در سگمنت دیستال تیبیا (شکل ۶) بسته شد.

همچنین اقدامات لازم برای به دست آوردن سیگنال‌های عضلانی شامل؛ استفاده از الکل ۷۰٪ برای کاهش امپدانس پوست، تراشیدن مو، سمباده، ژل اولترا سونیک، استرپ (شکل ۷) برای ثبات الکترودها و دور نگه داشتن وسایل الکتریکی برای کاهش نویزهای مخرب و کراس تاک انجام گرفت. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های حاصل از الکترومایوگرافی، از نرم‌افزار DataLog و فیلتر میان گذر ۲۰ تا ۴۶۰ هرتز استفاده شد. در سیستم مورد استفاده برای بررسی میزان فعالیت الکتریکی عضلات مجذور ریشه میانگین (Root mean square)داده‌های فیلتر شده (شکل ۸) گرفته شد و ۱ ثانیه از بالاترین فلات منحنی جداسازی شده و داده‌های آن استخراج شدند و با تقسیم مقدار فعالیت به دست آمده برای هر عضله بر مقدار حداکثر انقباض های ایزومتر یک ارادی (Maximum voluntary isometric contraction) و ضرب در عدد ۱۰۰، درصد فعالیت هر عضله به دست آمد.

برای توان‌بخشی مفصل مچ پا (شکل ۹) در گروه

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]



شکل ۴- پروتکل SENIAM در عضلات منتخب TA & PL



شکل ۵- الکترودهای مونوپلار

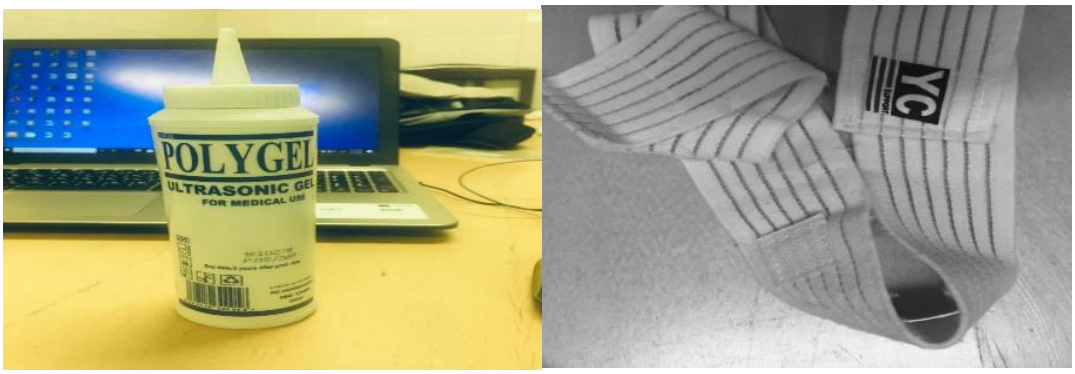


شکل ۶- موقعیت الکترود مرجع در دیستال تیبیا

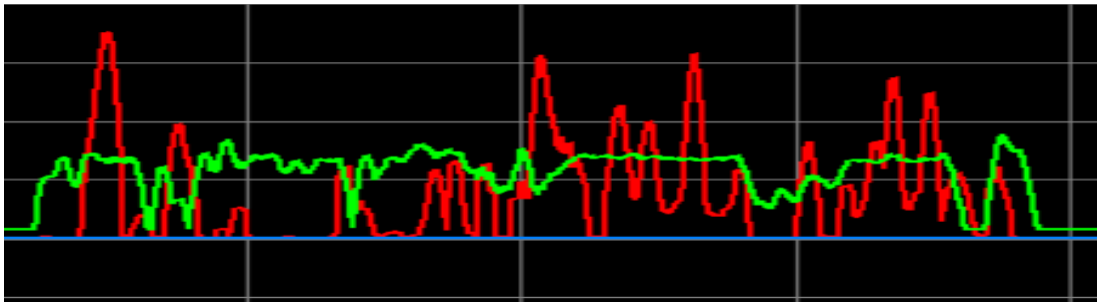
تجربی امکانات تمرینی پروپریوسپتیو که شامل؛ هاف بال، بوسو بال و پروپریوسپتیو دیسک و مدیسن بال، تخته استپ، کش لوپ، ترازوی پزشکی و کرنومتر (شکل ۱۰) می باشد، طبق پروتکل تمرینی (جدول ۱) و به صورت هدفمند و با افزایش شدت هفتگی (جدول ۲) اعمال شد. هنگام اجرای تمرینات آزمونگر شرکت‌کنندگان را ترغیب می‌کرد با گذاشتن دست‌ها کنار پهلوها تا جایی که امکان دارد کمک گرفتن از اندام فوقانی را به حداقل برسانند. همچنین در اجرای تمرینات حسی- عمقی از شرکت‌کنندگان خواسته شد تا بدون کفش باشند. این مورد با توجه به تحقیقات اندک و تلاش در جهت تحریک بیشتر سیستم عصبی مرکزی به‌صورت پابرهنه انجام گرفت. لازم به توضیح است در ابتدای شروع تمرینات و فعالیت طبق تحقیقات انجمن پزشکی ورزشی آمریکا (American college of sports Medicine) ؛ راه رفتن، استفاده از دوچرخه ثابت (شکل ۱۱) و دویدن نرم طبق علاقه‌مندی شخص انجام شد و پس از اتمام تمرینات مورد نظر ۵ دقیقه عمل سرد کردن شامل؛ راه رفتن آهسته و بالا بردن پاها انجام گردید.

به‌علاوه از سیستم اولتراسوند 215X (شکل ۱۲) ساخت کشورمان (IRAN) با فرکانس ۳ مگا هرتز طبق پروتکل درمانی (جدول ۳) استفاده گردید. محل دقیق اعمال پروب اولتراسوند در مفصل تالوکرورال طبق

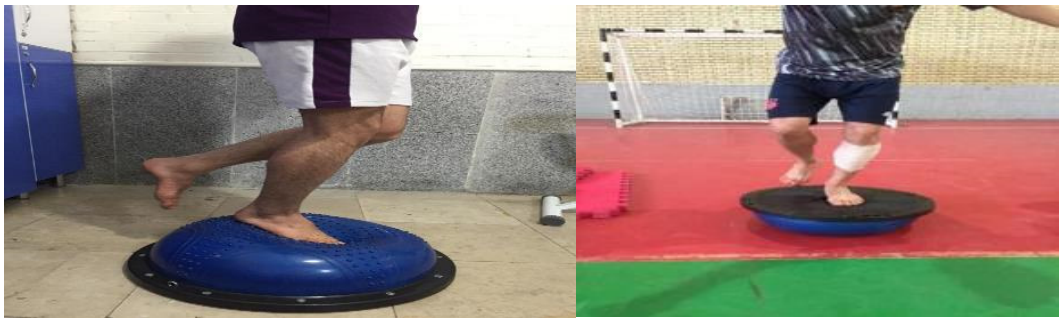
[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]



شکل ۷– لوازم لازم در بررسی فعالیت الکتریکی عضلانی



شکل ۸– سیگنال‌های صاف و فیلتر شده (قرمز: تیبیالیس آنتریور – سبز: پرونئوس لانگوس)



شکل ۹– تمرینات توان‌بخشی حسی عمقی



شکل ۱۰– تجهیزات تمرینی مورد استفاده

(شـــکل ۱۳) انجام گرفت. پس از جمع‌آوری نمونه‌های آ ماری مورد نظر از هر دو گروه میزان درد و فعالیت الکتریکی عضـلات تیبیالیس قدامی و پرونئوس لانگوس (پیش آزمون) مورد ارزیابی قرار گرفت. گروه تجربی پس از ارزیابی های ذکر شـــده به مدت ســـه هفته دوره توان‌بخشـــی طبق پروتکل مورد نظر را دریافت کردند،

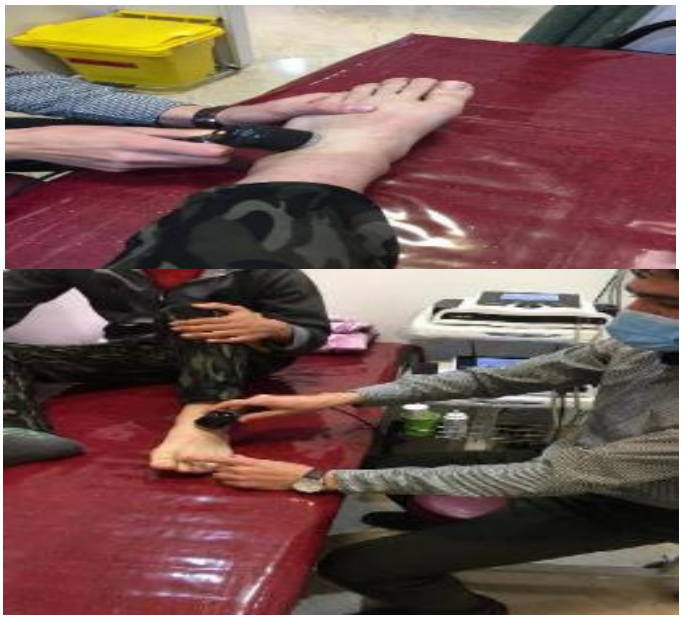
[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]



شکل ۱۱- دوچرخه تمرینی ثابت



شکل ۱۲- سیستم US مورد استفاده در کلینیک فیزیوتراپی



شکل ۱۳- محل کشیدن پروب US

گروه کنترل در این بازه‌ی زمانی تمرینات ورزشی معمول خود را انجام می‌دادند. پس از سه هفته دوباره میزان درد و فعالیت الکتریکی عضلات منتخب حین مرحله استانس راه رفتن ارزیابی شد (پس‌آزمون). برای تحلیل آماری از روش تحلیل واریانس در اندازه های تکراری که به صورت هم‌زمان اثرات درون‌گروهی و برون گروهی را ارزیابی می‌کرد، استفاده شد.

یافته‌ها

در جداول ۴ و ۵ اطلاعات مربوط به فعالیت ماهیچه‌نگاری عضلات مورد بررسی به‌صورت درون‌گروهی و برون گروهی آورده شده است، همچنین؛

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]

جدول ۱- جزئیات تمرینات حسی-عمقی

تعداد تکرار هر تمرین	۲ بار
زمان کل هر ایستگاه تمرینی	۴ دقیقه
استراحت بین هر تکرار تمرینی	۳۰ ثانیه
استراحت بین هر ایستگاه تمرینی	۱ دقیقه
نحوه انجام تمرین؛ با و بدون کفش	بدون کفش

جدول ۲- پروتکل تمرین هفتگی حسی عمقی

هفته‌ی اول تمرین	۱. تخته استپ ۳. دیسک پروپریوسپتیو ۵. هاف بال ۲. تخته استپ با ترابند ۴. دیسک با ترابند ۶. هاف بال با ترابند
هفته‌ی دوم تمرین	۱. دیسک با ترابند ۲. بوسو بال ۳. هاف بال به‌صورت برعکس ۴. بوسو بال با ترابند ۵. هاف برعکس با ترابند
هفته‌ی سوم تمرین	۱. دیسک با پرتاب توپ فوتسال ۲. بوسو بال با ترابند ۳. هاف بال برعکس با ترابند ۴. بوسو بال برعکس ۵. بوسو بال برعکس با ترابند

جدول ۳- پروتکل استفاده از امواج فراصوت

تعداد هفته‌های مورد استفاده؟	۳ هفته
چند روز در هفته؟	۲ روز
استفاده از آب یا ژل؟	ژل‌های معمول اولتراسونیک فیزیوتراپی
نحوه بکار گرفتن امواج؟	Continuse
مدت زمان استفاده؟	۳ الی ۶ دقیقه
میزان انرژی انتقال یافته؟	۳ وات

میزان درد در جداول ۶ و ۷ به‌صورت درون‌گروهی و برون گروهی نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود، در بررسی آماری با اندازه‌های تکراری، طرح کامل و متوازن است؛ چرا که تعداد نمونه‌ها در همه سطوح برابر هستند. بر اساس نتایج، فرض صفر رد می‌شود (P=۰/۰۰۰). مطابق با نتایج به دست آمده از آماره های آزمون، تأثیر گذاری متغیر های عامل روی متغیر وابسته به خوبی نشان داده و معنادار است؛ به عبارت دیگر در پیش آزمون و پس‌آزمون مداخلات توان‌بخشی با وجود تغییر در افزایش میزان فعالیت بعد از دوره درمانی، اثر معناداری روی عضله تیبیالیس آنتریور نداشته است. همچنین مداخلاتی که روی عضله پرونئوس لانگوس داشتیم نتایج معناداری را نشان داد. فاکتور ارزیابی دیگر در پیش آزمون و پس‌آزمون میزان درد بود که اثر معنی‌داری داشته است.

بحث

نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که انجام پروتکل توان‌بخشی به مدت سه هفته تمرینات حسی- عمقی همراه با امواج فراصوت در مفصل مچ پا، تأثیر معناداری بر کاهش میزان درد، تعدیل فعالیت عضلانی (کاهش میزان فعالیت عضله پرونئوس لانگوس نسبت به تیبیالس آنتریور) در گروه تجربی داشت. در گروه کنترل ارزیابی‌های انجام شده نشان داد که تغییرات نسبتاً زیادی در افزایش درد حین راه رفتن و افزایش میزان فعالیت عضلات پرونئوس لانگوس و تیبیالیس آنتریور در ارزیابی‌های پیش آزمون و علی‌الخصوص در پس‌آزمون داشت، یافته‌ای که دیگر محققین نیز بر آن تأکید کرده‌اند (۹). مطالعاتی که توسط پولا به همراه همکارانش در سال ۲۰۲۱ و لیزاردو به همراه همکارانش در سال ۲۰۱۷ انجام دادند، همگی نشان دادند که استفاده از سطوح ناپایدار در موقعیت زنجیره حرکتی بسته در توان‌بخشی به افزایش کارایی حسی بافت‌های

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]

جدول ۴- بررسی آماری مقایسه درون‌گروهی در میزان فعالیت الکترومایوگرافی عضلات مورد بررسی.

متغیر	میانگین	انحراف معیار	انحراف استاندارد میانگین	T	سطح معنی‌داری	تأثیر
گروه کنترل، پیش و پس‌آزمون، تیبیالیس آنتریور	۰/۵۱	۱/۸۳	۰/۵۷	۰/۸۹۰	۰/۳۹۷	معنادار نیست
گروه کنترل، پیش و پس‌آزمون، پرونئوس لانگوس	۱/۲۵	۲/۶۱	۰/۸۲	۱/۵۱۵	۰/۱۶۴	معنادار نیست
گروه تجربی، پیش و پس‌آزمون، تیبیالیس آنتریور	-۱/۱۰	۲/۴۷	۰/۷۸	-۱/۴۱۱	۰/۱۹۲	معنادار نیست
گروه تجربی، پیش و پس‌آزمون، پرونئوس لانگوس	۲/۴۴	۰/۵۸	۰/۸۱	۲/۹۸۹	۰/۰۱۵	معنادار است

جدول ۵- مقایسه بین گروهی در میزان فعالیت الکترومایوگرافی عضلات مورد بررسی.

متغیر	اختلاف میانگین	خطای استاندارد	T	F مقدار	P_Value	تأثیر
پیش آزمون، عضله تیبیالیس آنتریور	۰/۲۰	۰/۸۳	/۲۴۶	۰/۰۴۷	۰/۸۰۹	معنادار نیست
پس‌آزمون، عضله تیبیالیس آنتریور	-۱/۴۱	۰/۷۵	-۱/۸۷۰	۲/۱۸۲	۰/۰۷۸	معنادار نیست
پیش آزمون، عضله پرونئوس لانگوس	۰/۳۰	۱/۱۱	۱/۱۷۴	۰/۶۶۰	۰/۲۵۷	معنادار نیست
پس‌آزمون، عضله پرونئوس لانگوس	۲/۴۹	۰/۵۷۶	۴/۳۲۳	/۴۷۵	۰/۰۰۱	معنادار است

جدول ۶- بررسی آماری مقایسه درون‌گروهی در میزان درد

متغیر	میانگین	انحراف معیار	انحراف استاندارد میانگین	T	سطح معنی‌داری	تأثیر
گروه کنترل، پیش و پس‌آزمون، میزان درد	-۰/۴۰	۰/۶۹	۰/۲۲	-۱/۸۰۹	۰/۱۰۴	معنادار نیست
گروه تجربی، پیش و پس‌آزمون، میزان درد	۳/۲۰	۰/۸۸	۰/۲۸	۱۱/۳۹۳	۰/۰۰۱	معنادار است

جدول۷- بررسی آماری مقایسه بین گروهی در میزان درد

متغیر	اختلاف میانگین	خطای استاندارد	T	F مقدار	P_Value	تأثیر
پیش آزمون، میزان درد	-۰/۵۰	۰/۲۵	-۱/۹۷۰	/۰۹۲	۰/۰۶۵	معنادار نیست
پس‌آزمون، میزان درد	۴/۱۰	۰/۲۹	۱۴/۰۱۷	۷/۳۱۸	۰/۰۰۱	معنادار است

نرم می‌انجامد. همچنین این‌گونه مانورها موجب تثبیت سازی مفاصل مچ پا و مفاصل بالادستی گردیده و بهبود انقباض عضلات آگونیست و آنتاگونیست را منجر می‌شود. همچنین در این تحقیقات نشان داده شد که به کارگیری تمرینات حسی- عمقی با استفاده و عدم استفاده از کفش هیچ تفاوتی ندارد (قابل بررسی می‌باشد) (۱۰). همچنین در سال ۲۰۱۸ مطالعات نشان داد تمرینات حسی- عمقی در توان‌بخشی و بهبود اختلالات سیستم اسکلتی- عضلانی کاربرد زیادی دارد. همچنین عنوان شد که این نوع تمرینات موجب افزایش ثبات، هماهنگی و کاهش سفتی و به‌علاوه نتایج فیدبکی را به ارمغان می‌آورد (۱۱). تمرینات حسی-عمقی به طور فعال بر ایمپالس‌های سیستم عصبی مرکزی و مفاصل، تاندون و مکانورسپتورها اثرگذار است. در بیشتر تحقیقات انجام شده روی تمرینات حسی- عمقی اکثراً بیش از ۴ هفته را برای توان‌بخشی مفاصل زانو و مچ پا در نظر می‌گرفتند که در این تحقیق تأثیر سه‌هفته‌ای برای بازتوانی در نظر گرفته شد تا تأثیر آن مورد ارزیابی

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]

قرار گیرد. از علل مختلف در کاهش میزان درد و فعالیت عضلانی مناسب با اجرای پروتکل تمرینی ذکر شده و اولتراسوند تراپی می‌توان به کاهش سفتی در مفصل تالوکرورال و انسجام در فعالیت سیستم نوروماسکولار و بهبود دامنه حرکتی مفصل مچ پا اشاره کرد.

دانیال در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱۷ انجام داد، گزارش کرد که امواج فراصوت اگر در ترکیب با تمرینات باشد، سودمندتر است. این تحقیق بر روی ۵۰ بیمار مبتلا به آسیب‌های مچ پا به صورت تصادفی انجام شده بود (۱۲). همچنین در گزارشی توسط ایبر و همکارانش در سال ۲۰۲۰ مقاله‌ای با عنوان اولتراسوند تراپی در مدیریت دردهای مزمن مفصلی مشاهده شد که امواج فراصوت یک روش غیرتهاجمی در درمان درد و ترمیم دامنه حرکتی مفصل و در نتیجه بازگشت به سطح قبلی فعالیت‌های روزانه است (۱۳). همچنین طبق در سال ۲۰۰۵ زامیت به همراه همکارانش تأثیر امواج فراصوت را در مدیریت درد حاد مفصل مچ پا انجام داده بودند که نتیجه آن پایداری پاسچرال و بهبودی در میزان درد، تورم و دامنه حرکتی شده بود؛ این مطالعه روی ۳۴ بیمار انجام گردیده بود (۱۴). در گزارشی در سال ۲۰۱۹، اثر مدالیتی اولتراسوند تراپی بر روی فرآیند راه رفتن در آسیب موفقیت آمیز گزارش شد (۱۵). همچنین طبق گزارش ذکر شده در سال ۲۰۲۰ امواج فراصوت روشی اثرگذار بر روی گرفتگی‌های عضلانی، کاهش تورم، درد مفاصل، بورسیت، آرتریت روماتوئید و استئوآرتریت عنوان شد (۱۶). در گزارشی در سال ۲۰۲۱ با عنوان "بیومکانیک اندام تحتانی در افراد دچار بی‌ثباتی مزمن مچ پا" که روی ۵۴ شرکت‌کننده (۲۸ نفر با بی‌ثباتی مزمن مچ پا و ۲۶ نفر در گروه کنترل) انجام گرفت میزان فعالیت عضلانی پرونئوس لانگوس حین راه رفتن در گروه بی‌ثباتی مزمن مچ نسبت به افراد سالم بیشتر بود و بالعکس میزان فعالیت الکتریکی عضلانی آنتریور تیبیالیس حین راه رفتن در افراد دچار بی‌ثباتی مزمن مچ پا کمتر بود. این تحقیق ارتباط نزدیکی با پژوهش حاضر داشت (۱۷). بر اساس نتایج این تحقیق می‌توان نتیجه گیری نمود که به کارگیری دو روش تمرینات حسی- عمقی و امواج فراصوت موجب نتایج مثبتی در درمان و تغییرات متغیرهای میزان درد و فعالیت الکتریکی عضلانی پرونئوس لانگوس می‌شود و با وجود تغییرات در عضله تیبیالیس آنتریور، نتایج آماری به دست آمده از این عضله معنادار نبود. هدف اصلی از انجام این پژوهش بررسی اثرگذاری تمرینات بازتوانی در زنجیره حرکتی بسته (Close pack chain) به همراه یک مکمل درمانی سودمند در یک دوره کوتاه بود به‌علاوه؛ برای اطمینان از نتیجه‌بخش بودن مداخلات درمانی اعمال شده آنالیز متغیر های بیومکانیکی (کینتیک و کینماتیک) که قبلا در تحقیقات پیشین روایی آنان اثبات شده است در جهت اطمینان حاصل کردن می‌تواند در توان‌بخشی ورزشکاران کمک‌کننده باشد. لازم به توضیح هست که یکی از محدودیت‌های پژوهش حاضر به لحاظ اجتماعی انجام در زمان اپیدمی ویروس کووید ۱۹ بود که مشکل و محدودیت های زیادی را در گردآوری جامعه آماری در تمرینات باشگاه‌های استان آذربایجان شرقی، اجرای پروتکل‌های توان‌بخشی در بیمارستان و کلینیک داشت. لازم به ذکر است که تحقیق حاضر همانند هر تحقیق دیگری به لحاظ امکانات و شرایط انجام کار دچار محدودیت‌های اجتناب‌ناپذیری بود که قابلیت تعمیم و کاربرد نتایج را با محدودیت مواجه ساخته است. این موارد عبارتند از: ۱. امکانات لازم در بررسی میزان چرخش مچ پا حین تمرینات که لازم به اندازه‌گیری با گونیامترهای حسی عمقی بود، ۲. بروز پدیده کراس تالک در اندازه‌گیری میزان فعالیت الکتریکی عضلانی که باعث بروز سیگنال کاذب در عضلات و تأثیرگذاری روی آن بود که می‌تواند نتایج تحقیق را تحت تأثیر قرار دهد،۳. نبود امکاناتی نظیر فوت سوئیچ که کمک شایانی در برخورد پا به زمین (مرحله استانس) می‌کند، ۴. عدم شرکت دختران نیز می‌تواند از دیگر محدودیت‌های تحقیق حاضر باشد. از این رو توصیه می‌شود تحقیقی با حضور هر دو جنس در میزان اثرگذاری پروتکل توان‌بخشی مد نظر انجام گردد، ۵. محدود بودن پیشینه تحقیق در رابطه با اجرای پروتکل‌های توان‌بخشی و ارزیابی پارامترهای بیومکانیک و کینزیولوژی.

همچنین برای انجام تحقیقات مشابه در مطالعات

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]

آینده می‌توان به اثر بخشی سایر روش‌های تمرینی در طب توان‌بخشی و ورزشی، انجام تحقیق مشابه روی دردهای حاد و ریفرال، انجام ارزیابی‌های تغییرات مرکز فشار کف پایی حین راه رفتن و دویدن، ارزیابی فعالیت الکتریکی سایر عضلات اندام تحتانی نظیر گاستروکینمیوس، کوادریسپس و ...؛ و بررسی کینتیک و کینماتیک اندام تحتانی علی‌الخصوص در سایر مفاصل نظیر زانو و هیپ قبل و بعد از اجرای پروتکل های توان‌بخشی می‌تواند بر اجرای هر چه مطمئن‌تر روش‌های درمانی تدوین شده توسط تراپیست‌ها مفید واقع شود.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این مطالعه، می‌توان ذکر کرد که استفاده از تمرینات حسی- عمقی به همراه امواج فراصوت می‌تواند به عنوان روشی مؤثر در توان‌بخشی آنی درد مزمن مچ پای ورزشکاران آسیب‌دیده به کار گرفته شود. یافته‌های این تحقیق نشان داد که برای توان‌بخشی مفصل مچ پا با درد مزمن در ورزشکاران جوان می‌توان از تمرینات حسی- عمقی به همراه امواج فراصوت به عنوان روشی مطمئن با صرف زمان کمتر توسط فیزیوتراپیست‌ها سود برد؛ تا ورزشکار بتواند بدون از دست دادن تمرینات خود به تیم بازگردد. با توجه به این نتایج، از نقطه نظر کاربردی می‌توان برنامه های توان‌بخشی علمی تری جهت کاهش آسیب‌های عضلانی و مفصلی در نظر گرفت. نتایج این مطالعه جهت اعمال مداخلات درمانی توسط درمانگران می‌تواند سودمند واقع گردد.

تقدیر و تشکر

نتایج این مقاله حاصل بخشی از پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد در رشته بیومکانیک ورزشی با رویکرد توان‌بخشی و کد اخلاق کمیته تخصصی اخلاق در پژوهش‌های زیست پزشکی دانشگاه بوعلی سینا IR.BASU.REC.1400.011 می باشد که با حمایت اساتید دانشگاه‌های بوعلی سینا همدان، دانشگاه تبریز و دانشگاه علوم پزشکی تبریز انجام پذیرفته است که بدین وسیله از اعضای این مراکز تشکر و قدردانی می‌شود.

References

1. Yalfani A, Ahmadnezhad L, Gholami Borujeni B. The immediate effect of balance training on ankle joint proprioception in soccer players. J Param Sci Rehabil. 2017;6(3):36-43.(Persion).
2. Uluöz E. Investigation of sport injury patterns in female futsal players. Int J Sport Culture Sci. 2016;4(4):474-88.
3. Price L, Briley J, Haltiwanger S, Hitching R. A meta-analysis of cranial electrotherapy stimulation in the treatment of depression. J Psychiatr Res. 2021;135:119-34.
4. Clark NC, Röijezon U, Treleaven J. Proprioception in musculoskeletal rehabilitation. Part 2: Clinical assessment and intervention. Manual Ther. 2015;20(3):378-87.
5. Helliwell P. The foot and ankle in rheumatoid arthritis: a comprehensive guide: Elsevier Health Sciences; 2007.
6. Kiers H, Brumagne S, Van Dieen J, van der Wees P, Vanhees L. Ankle proprioception is not targeted by exercises on an unstable surface. Eur J Appl Physiol. 2012;112(4):1577-85.
7. SARLA GS. Physiotherapy: Modalities and patient profile. Narayana Med J. 2020;9(1):31-.
8. Brockett CL, Chapman GJ. Biomechanics of the ankle. Orthopaedics and trauma. 2016;30(3):232-8.
9. Paula TF, Ferreira LAB, Barbosa D, Rossi LP. Analysis of the electromyographic activity of the ankle muscles on unstable proprioception devices with and without the use of shoes: A cross-sectional study. J Bodyw Mov Ther. 2021;26:30-5.
10. Lizardo FB, Ronzani GM, Sousa LR, Silva DCdO, Santos LAd, Lopes PR, et al. Proprioceptive exercise with bosu maximizes electromyographic activity of the ankle muscles. Biosci j(Online). 2017:754-62.
11. Lazarou L, Kofotolis N, Pafis G, Kellis E. Effects of two proprioceptive training programs on ankle range of motion, pain, functional and balance performance in individuals with ankle sprain. J Back Musculoskelet Rehabil. 2018;31(3):437-46.
12. Daniel DC. Effects of ultrasound therapy with taping PNF training and PNF training with taping in treatment and rehabilitation of sports injuries of high ankle sprain. J Dr NTR Univ Health Sci. 2017;6(2):92.
13. Aiyer R, Noori SA, Chang KV, Jung B, Rasheed A, Bansal N, et al. Therapeutic ultrasound for chronic pain management in joints: a systematic review. Pain Med. 2020;21(7):1437-48.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]

14. Zammit E, Herrington L. Ultrasound therapy in the management of acute lateral ligament sprains of the ankle joint. Physic Ther Sport. 2005;6(3):116-21.
15. Wu Y, Zhu S, Lv Z, Kan S, Wu Q, Song W, et al. Effects of therapeutic ultrasound for knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. Clin Rehabil. 2019;33(12):1863-75.
16. Papadopoulos ES, Mani R. The role of ultrasound therapy in the management of musculoskeletal soft tissue pain. Int J Low Extrem Wounds. 2020;19(4):350-8.
17. Moisan G, Mainville C, Descarreaux M, Cantin V. Lower limb biomechanics in individuals with chronic ankle instability during gait: a case-control study. J Foot Ankle Res. 2021;14(1):1-9.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]