Scientific Journal of
Rehabilitation Medicine

Jul & Aug 2024. Volume 13. Num 3

Research Paper

The Effect of Sensorimotor Training on the Knee Proprioception and Functional Balance of Visually Impaired Women

Somaye Mohammad Zadeh[1], ***Sajad Roshani**[1], **Afshin Moghadasi**[2]

1. Department of Physiology and Corrective Exercise, Faculty of Sports Sciences, Urmia University, Urmia, Iran.
2. Department of Sports Injury and Corrective Exercises, Payame Noor University, Tehran, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation Mohammad Zadeh S, Roshani S, Moghadasi A. [The Effect of Sensorimotor Training on the Knee Proprioception and Functional Balance of Visually Impaired Women (Persian)]. Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2024; 13(3):520-533. https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.3.3008

https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.3.3008

ABSTRACT

Background and Aims Decreased vision is one of the sensory impairments that causes the sufferer to have difficulty in balancing and performing daily activities. The aim of this study was to investigate the effect of sensorimotor exercises on proprioception and balance in orderly women.

Methods The present study is quasi-experimental and 30 women with visual impairment in the age range of 35 to 45 years were randomly divided into experimental and control groups. The experimental group performed sensory-motor exercises for 8 weeks and three sessions per week. Before and after the exercises, knee proprioception at 40 to 60 degrees with imaging method and functional balance was measured using the Y test. ANCOVA test was used to analyze the data at the significance level of (P=0.05).

Results The results showed that after the intervention of sensorimotor exercises, the proprioception of the knee joint at an angle of 40 to 60 degrees and functional balance in the experimental group compared to the control group significantly improved (P=0.0001).

Conclusion Strengthening the proprioception through motor-sensory exercises and improving motor-sensory input can increase balance in the elderly. Sensory-motor exercises in the closed motor chain strengthen the deep sensory feedback of the lower limb muscles and thus improve the balance and deep sense of the elderly.

Keywords Sensory motor training, Proprioception, Balance, Women

Received: 09 Feb 2022
Accepted: 17 Feb 2022
Available Online: 22 Jul 2024

**** Corresponding Author:***
Sajad Roshani, Assistant Professor.
Address: Department of Physiology and Corrective Exercise, Faculty of Sports Sciences, Urmia University, Urmia, Iran.
Tel: +98 (936) 510 7145
E-Mail: srowshani@yahoo.com

Copyright © 2024 The Author(s);
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-By-NC: https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

Scientific Journal of
Rehabilitation Medicine

Extended Abstract

Introduction

Visual impairment is one of the sensory defects that causes the sufferer to have difficulty performing daily activities. People with visual impairments are at high risk due to imbalance and difficulty in diagnosing environmental hazards. The aim of this study was to investigate the effect of sensorimotor exercises on proprioception and balance in orderly women.

Materials and Methods

Due to the application of intervention variables, the existence of a control group and random grouping of samples, the present study was a quasi-experimental study or in other words, a randomized controlled clinical trial design that was performed as a pre-test and post-test. The statistical population of the present study consists of women with visual impairment in Urmia, of which 30 people purposefully and according to the inclusion criteria: (having visual impairment or in other words, visual limit of 20/200 and field of view less than 20 Degree by ophthalmologist or optometrist), age range 35 to 45 years, no disease affecting the balance (such as Parkinson's, inner ear disorders, vestibular system disorders, etc.), no history of trauma, injury or surgery, Disease, fracture or post-exercise (abnormal postural disorders) were randomly divided into two groups of 15 people including sensory-motor training group and control group.

In order to measure balance, Y functional balance test, which is one of the reliable and valid methods for evaluating dynamic postural control, has been used (α=0.86-95). Test reliability This test has been reported to be very good in healthy individuals. This test was performed on both feet. Subjects stood on the test board with one barefoot. When maintaining balance on one leg, push the reach sign forward and obliquely as well as backward in three directions (anterior, posterior-right anterior, posterior anterior-left) with the free foot. The subject pushes the box as far as possible with his foot and then returns the reach foot to the center. The test ends when the test is performed three times in all three directions on the superior leg. Before starting the test, the subject practices the test six times on each foot and in each direction to learn how to perform it.

To evaluate the sense of diagnosis, the dominant foot was first considered as an experimental criterion. Since the test in the active mode is more practical and shows the maximum muscle efficiency and seems to be more efficient, in this study, the active test was used instead of the passive test. Before performing the test, each person was introduced to how they work and before attaching the markers, their junction on the dominant lower limb was cleaned. Three circular markers were attached to the fibula neck and the upper part of the external ankle, respectively, in the upper quarter of the line that connected the large trochanter to the midpoint of the lateral joint line of the knee. The subject was then seated at the end of the bed and, with his knee 90 degrees, the fourth marker was affixed to the iliotibial band at the top of the popliteal crease.

In the closed chain, the subject was asked to transfer the weight of the body on the subject's leg while his eyes were closed, and to move his leg to an angle of 30 to 60 degrees from the starting position, where the knee is at zero degrees. Hold for 5 seconds and then return the knee to zero degrees. In the next step, the subject was asked to repeat the experiment three times and hold the previous angle for 3 seconds and then return the knee to zero degrees. Each time the subject's knee was used for imaging in this test, a camera was used. After transferring the images to the computer with the help of Kinova software, the numerical value of the desired angle was calculated. In this study, in addition to performing their usual daily care, the experimental group received an exercise program including sensory-motor exercises. These exercises were performed for 8 weeks and three sessions per week.

In each session, each subject first warmed up for five minutes with light aerobic activity, walking, and general stretching exercises. Then, according to the level of exercises and observing the principles of exercise science, he performed the exercises and at the end, he cooled his body for five minutes with general stretching exercises and slow walking. The duration of each session at the beginning of the training started from 30 minutes and according to the principle of increasing the training load by increasing the time, the duration of the sessions at the end of the training was about 50 minutes. During the study, the control group did not receive the program and received only their usual health care and daily exercise.

Results

The results showed that after the intervention of sensorimotor exercises, the proprioception of the knee joint at an angle of 40 to 60 degrees with a significant level (P=0.0001) and functional balance in the experimental group compared to the control group significantly improved (P=0.0001).

Mohammad Zadeh S, et al. The Effect of Sensorimotor Training on Proprioception and Balance. Sci J Rehab Med. 2024; 13(3):520-533.

Conclusion

Balance and proprioception are related, and enhancing proprioception through motor-sensory training and improving motor-sensory input can increase balance and even improve posture. Maintaining balance in a closed motor chain relies on coordinated movement and feedback strategies between the thighs, knees, and ankles, and reducing visual feedback afferents can impair functional balance. Based on the results of the present study, it can be concluded that sensorimotor exercises enhance the sensory feedback of the lower limb muscles and thus improve functional balance in blind people.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This study was approved by the Ethics Committee of the Urmia University (Code: IR.SSRI.REC.1400.1272). All ethical principles are considered in this article. The ethical principles observed in the article, such as the informed consent of the participants, the confidentiality of information, the permission of the participants to cancel their participation in the research.

Funding

This study was extracted from the master thesis of Somaye Mohammad Zadeh, approved by Department of Sports Sciences of Urmia University.

Authors' contributions

All authors equally contributed to preparing this article.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

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

مقاله پژوهشی

تأثیر تمرینات حسی‌حرکتی بر حس عمقی زانو و تعادل عملکردی زنان دارای نقص بینایی

سمیه محمدزاده[۱]، *سجاد روشنی[۱]، افشین مقدسی[۲]

۱. گروه فیزیولوژی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۲. گروه آسیب شناسی و حرکات اصلاحی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

Use your device to scan and read the article online

Citation Mohammad Zadeh S, Roshani S, Moghadasi A. [The Effect of Sensorimotor Training on the Knee Proprioception and Functional Balance of Visually Impaired Women (Persian)]. Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2024; 13(3):520-533. https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.3.3008

https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.3.3008

چکیده

مقدمه و اهداف کاهش بینایی یکی از نقص‌های حسی است که باعث می‌شود فرد مبتلا در تعادل و انجام فعالیت‌های روزمره دچار مشکل شود. هدف از پژوهش حاضر، تأثیر تمرینات حسی–حرکتی بر حس عمقی زانو و تعادل عملکردی زنان دارای نقص بینایی بود.

مواد و روش‌ها مطالعه حاضر از نوع نیمه‌آزمایشی بود و تعداد ۳۰ نفر از زنان دارای نقص بینایی در دامنه سنی ۳۵ تا ۴۵ سال به‌صورت تصادفی در دو گروه آزمایش و کنترل قرار گرفتند. گروه آزمایش تمرینات حسی- حرکتی را به‌مدت ۸ هفته و ۳ جلسه در هفته اجرا کردند. قبل و بعد از مداخله، حس عمقی زانو در زوایای ۴۰ تا ۶۰ درجه با روش عکس‌برداری و تعادل عملکردی با استفاده از تست Y اندازه‌گیری شد. از آزمون آنکووا برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها استفاده شد.

یافته‌ها نتایج نشان داد بعد از اعمال مداخله، حس عمقی مفصل زانو در زوایای ۴۰ تا ۶۰ درجه و تعادل عملکردی در گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل به‌طور معنی‌داری بهبود یافت (P=۰/۰۰۰۱).

نتیجه‌گیری تعادل و حس عمقی باهم در ارتباط هستند و تقویت حس عمقی از طریق تمرینات حسی حرکتی و بهبود درون‌دادهای حسی–حرکتی می‌تواند موجب افزایش تعادل در افراد نابینا شود. تمرینات حسی- حرکتی بازخوردهای حس عمقی عضلات اندام تحتانی را تقویت می‌کند و از این طریق موجب بهبود حس عمقی و تعادل عملکردی می‌شود.

کلیدواژه‌ها تمرینات حسی‌حرکتی، حس عمقی، تعادل، زنان

تاریخ دریافت: ۲۰ بهمن ۱۴۰۰
تاریخ پذیرش: ۲۸ بهمن ۱۴۰۰
تاریخ انتشار: ۰۱ مرداد ۱۴۰۳

* **نویسنده مسئول:**
دکتر سجاد روشنی
نشانی: ارومیه، دانشگاه ارومیه، دانشکده علوم ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی و حرکات اصلاحی.
تلفن: ۷۱۴۵ ۵۱۰ (۹۳۶) ۹۸+
رایانامه: srowshani@yahoo.com

Copyright © 2024 The Author(s);
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-By-NC: https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

مقدمه و اهداف

طبق برآورد سازمان بهداشت جهانی[1]، حدود ۴۰ تا ۴۵ میلیون نفر نابینا و بیش از ۳ برابر این رقم، اختلالات بینایی دارند که بیشتر آنان در کشورهای کم درآمد زندگی می‌کنند [۱]. پیامدها و عواقب ناشی از ضایعات بینایی که سلامت جسمی و روانی فرد را تحت تأثیر قرار می‌دهند، وسیع هستند. ضعف در کنترل تعادل و پاسچر یکی از مشکلات است، به‌گونه‌ای که این افراد در شرایط اعمال اغتشاش، دچار بی‌ثباتی پاسچر می‌شوند [۲، ۳]. همچنین، وجود نقص بینایی با خطر افتادن و کاهش خودمراقبتی همراه است [۴]. افرادی که نقص بینایی دارند، به اطلاعات حس پیکری و دهلیزی برای حفظ تعادل نیاز بیشتری دارند. در این افراد رایج‌ترین راهبردها برای تنظیم وضعیت بدن در فضا، استفاده از سایر حواس برای حفظ ثبات و هماهنگ کردن حرکات است. محرومیت از اطلاعات بینایی با اختلالات برجسته تعادل منعکس می‌شود. بدین ترتیب که دسترسی محدود به اطلاعات بینایی به‌طور قابل‌توجهی تعادل بدن، جهت‌گیری فضایی و تحرک را مختل می‌کند [۵]. بنابراین میزان کاهش تعادل با اختلالات بینایی ارتباط مستقیم دارد که خطر سقوط افراد و صدمات مربوط به آن را افزایش می‌دهد و درنهایت به کاهش کیفیت زندگی فرد منجر می‌شود [۶].

اختلال بینایی یک عامل مهم دررابطه‌با خطر افتادن و شکستگی لگن است [۷]. گزارشات حاکی از آن است که ۸۹ درصد از آسیب‌های مربوط به سقوط، شکستگی می‌باشد [۸] و ۹۰ درصد از شکستگی‌های مفصل ران، ناشی از زمین خوردن و سقوط می‌باشد [۹]. تحقیقات نشان می‌دهد، در ایالات متحده آمریکا، بیش از نیمی از مراجعین کلینیک‌های توانبخشی خدمات بینایی دچار سقوط می‌شوند که از این میزان ۳۹ درصد از موارد مربوط به نقص بینایی افراد می‌باشد [۱۰]. صدمات ناشی از سقوط می‌تواند به عواقب جدی جسمی و روانی مانند اختلال در تحرک، محدودیت فعالیت و کاهش عملکرد منجر شود [۱۰].

پروتکل‌ها و برنامه‌های تمرینی متعددی برای مدیریت مشکلات تعادلی در افراد با اختلال بینایی وجود دارد. این برنامه‌ها شامل تمرینات تخصصی رشته‌های ورزشی، تمرینات ایروبیک، تمرینات ثبات مرکزی و تمرینات تحریک وستیبولار است [۱۱]. اخیراً توجه به رویکردهای دیگر ازجمله تمرینات حسی-حرکتی موردتوجه پژوهشگران قرار گرفته است. تمرینات حسی-حرکتی[2] تسهیل غیرفعال آوران‌ها را دربر می‌گیرد که اثر قوی بر کنترل تعادل و وضعیت بدنی دارند. جاندا تمرینات حسی-حرکتی را مداخله‌ای ایدئال برای بازآموزی زمان عکس‌العمل و کنترل دستگاه حرکتی و درنتیجه کاهش احتمال آسیب مجدد در نظر گرفته است [۱۲].

در این راستا زاسترون و همکاران به بررسی تأثیر تمرینات حسی-حرکتی بر کیفیت زندگی مرتبط با سلامتی در افراد پس از سکته مغزی مزمن پرداختند. آن‌ها نشان دادند تمرینات تعادلی در شرایط دستکاری حسی می‌تواند درک عملکرد جسمی و اجتماعی و همچنین نگرانی از سقوط در افراد سکته مغزی مزمن را بهبود بخشد [۱۳]. لوکاس رافائل هلنو و همکاران در مقاله خود به بررسی تأثیر ۵ هفته تمرینات حسی-حرکتی بر اجرای عملکردی، کنترل پاسچر و تعادل بازیکنان فوتبال پرداختند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد تمرینات حسی-حرکتی بر بهبود عملکرد اجرایی و کنترل پاسچر و تعادل بازیکنان فوتبال تأثیر معنی‌دار داشته است [۱۴].

تمرینات حسی-حرکتی از اجزای گوناگونی چون متغیرهای وضعیت بدنی، سطح اتکاء و مرکز ثقل تشکیل شده است که به طریق برنامه پیشرفت می‌کند؛ پروتکل تمرینات حسی-حرکتی شامل تمرینات تسهیل آماده‌سازی، وضعیت بدنی و سطح اتکاء می‌شود. این تمرینات حرکات کل بدن را با ثبات خودکار یکپارچه می‌کند و از فعالیت‌های استاتیک به فعالیت‌های دینامیک و عملکردی پیشرفت می‌کند [۱۲]. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد انجام این تمرینات باعث بهبود و افزایش کنترل عصبی-عضلانی شده و درنهایت به بهبود کنترل حرکتی و کنترل پاسچر منجر می‌شود [۱۵]. باتوجه‌به نتایج پژوهش‌ها تأثیر تمرینات حسی-حرکتی بر کنترل پاسچر، تعادل و عملکرد افراد است و اهمیت و جایگاه ویژه آن را در فعالیت‌های روزمره نشان داده‌اند؛ اما براساس دانش ما هیچ‌کدام از این تحقیقات به بررسی تأثیر تمرینات حس-حرکتی بر تعادل و حس عمقی افراد دارای نقص بینایی نپرداخته‌اند. بنابراین سؤال اساسی این مقاله این است که آیا تمرینات حسی-حرکتی بر حس عمقی زانو و تعادل عملکردی زنان دارای نقص بینایی تأثیر دارد؟

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر از نوع مطالعات تجربی است که به‌صورت پیش‌آزمون و پس‌آزمون انجام شد. جامعه آماری تحقیق حاضر را زنان دارای نقص بینایی شهرستان ارومیه تشکیل دادند که از این بین تعداد ۳۰ نفر براساس پژوهش‌های پیشین دررابطه‌با استفاده از این تمرینات [۱۳] به‌صورت هدفمند و براساس معیارهای ورود به مطالعه انتخاب و به‌طور تصادفی به دو گروه آزمایش (۱۵ نفر) و کنترل (۱۵ نفر) تقسیم شدند.

معیارهای ورود به مطالعه شامل داشتن نقص بینایی یا به‌عبارتی حدت بینایی ۲۰ /۲۰۰ و میدان دید کمتر از ۲۰ درجه باتوجه‌به تشخیص چشم پزشک، تکمیل فرم رضایت‌نامه کتبی شرکت در مطالعه، دامنه سنی ۳۵ تا ۴۵ سال، نداشتن بیماری‌های تأثیرگذار بر تعادل (مانند پارکینسون، اختلالات گوش داخلی و اختلالات سیستم وستیبولار)، نداشتن سابقه ضربه، آسیب یا عمل جراحی،

1. World Health Organization (WHO)
2. Sensorimotor Training (SMT)

بیماری، شکستگی و یا ناهنجاری‌های وضعیتی اثرگذار و مغایر با ورزش) بود. معیارهای خروج از مطالعه شامل عدم تمایل به مشارکت در مطالعه و غیبت از جلسات تمرینی و آسیب‌دیدگی یا بیمار شدن آزمودنی‌ها در طول دوره مطالعه بود [۱۶].

در ابتدا پای غالب و غیرغالب افراد توسط آزمون ضربه [۱۷، ۱۸] به توپ و لی‌لی کردن [۱۹] مشخص شد و سپس به منظور ارزیابی حس تشخیص وضعیت پای غالب به‌عنوان معیار آزمایش در نظر گرفته شد. ازآنجاکه آزمون تشخیص حس عمقی در حالت فعال کاربردی‌تر بوده و حداکثر بازده عضلات را نشان می‌دهد و به نظر کارآمدتر است، در این مطالعه از آزمون اکتیو استفاده شد [۲۰]. تست تشخیص وضعیت برای هر دو گروه کنترل و آزمایش انجام شد. قبل از انجام آزمون، هر فرد با نحوه کار آشنا می‌شد و قبل از اتصال مارکرها، محل اتصال آن‌ها بر روی اندام تحتانی انجام شد. سپس درحالی‌که هر آزمودنی یک شلوارک کوتاه ورزشی پوشیده و هیچ پوشش دیگری در اندام تحتانی خود نداشت، در وضعیت طاقباز قرار می‌گرفت. در این حالت ۳ عدد مارکر دایره‌ای به قطر نیم سانتی‌متر به‌ترتیب در یک‌چهارم فوقانی خطی که تروکانتر بزرگ را به نقطه میانی خط مفصلی لترال زانو وصل می‌کرد، گردن فیبولا و قسمت فوقانی قوزک خارجی چسبانده شد. سپس فرد آزمودنی در انتهای تخت نشسته و درحالی‌که زانوی او ۹۰ درجه است، مارکر چهارم بر روی نوار ایلیوتیبیال و در قسمت فوقانی چین پوپلیتنال چسبانده شد. سپس در زنجیره بسته که کف پا با زمین در تماس است، آزمودنی بر روی پای غالب قرار می‌گرفت. دست‌های او بر روی یک سطح مانند صندلی که مقابل بود قرار گرفت. یک پاشنه گوه مانند (لژدار) به ارتفاع ۵ سانتی‌متر نیز در زیر پاشنه برای حذف اثر پسیو عضله دو قلو قرار داده شد [۱۸].

پای مخالف در حالتی که زانو خم شده و در وضعیت استراحت قرار داشت بر روی یک سطح در کنار آزمودنی قرار گرفت. از آزمودنی خواسته شد، درحالتی‌که چشمانش بسته است، وزن بدن را بر روی پای آزمون‌شونده منتقل کند و از وضعیت آغاز که زانو در صفر درجه است پای خود را به زاویه ۴۰ تا ۶۰ درجه ببرد (در این وضعیت آزمونگر با استفاده از گونیامتر زوایای ۴۰ و ۶۰ درجه را کنترل می‌کند) و این حالت را برای ۵ ثانیه حفظ کند و پس از آن زانو را به وضعیت صفر درجه برگرداند.

در مرحله بعد از آزمودنی خواسته شد سعی در تکرار آزمایش کرده و زاویه قبلی را به‌مدت ۳ ثانیه نگه دارد و پس از آن دوباره زانو را به صفر درجه باز گرداند. آزمودنی این عمل را ۳ مرتبه تکرار کرد. هر بار از زانوی آزمودنی برای انجام تصویربرداری در این آزمون از دوربین عکاسی استفاده شد. برای انجام تصویربرداری، دوربین دیجیتال روی سه پایه نصب شد و در فاصله ۲ متری از فرد و ارتفاع ۷۰ سانتی‌متری زمین قرار گرفت. پس از انتقال تصاویر به رایانه و به کمک نرم‌افزار اتوکد بر روی مرکز هریک از مارکرها قرار گرفت و مرکز مارکرها با رسم خطوط مستقیم به هم متصل شدند. سپس با استفاده از نرم‌افزار کینووا، مقدار عددی زاویه موردنظر محاسبه شد [۱۵]. اختلاف زاویه بازسازی‌شده با زاویه هدف به‌عنوان میزان خطای مطلق محاسبه شد [۲۱].

برای اندازه‌گیری تعادل عملکردی از آزمون Y استفاده شد. بدین منظور، آزمودنی بدون کفش با یک پا روی تخته آزمون ایستاد. زمانی که تعادل خود را روی یک پا حفظ می‌کرد، با پای آزاد نشانه دستیابی را به سمت جلو و به‌طور مورب و نیز به سمت عقب در سه جهت (قدامی، قدامی خلفی-راست، قدامی خلفی-چپ) مطابق هل می‌داد. آزمودنی با پای خود جعبه را هرچه دورتر هل می‌دهد و سپس پای دستیابی را به مرکز برمی‌گرداند. زمانی که آزمون ۳ بار در هر سه جهت و روی پای برتر اجرا شد، آزمون پایان می‌یافت. قبل از شروع آزمون، آزمودنی ۶ بار روی هر پا و در هر جهت این آزمون را تمرین می‌کرد تا روش اجرای آن را فراگیرد. در صورت وقوع هریک از خطاهای زیر، عمل دستیابی دوباره انجام می‌شد.

- آزمودنی هنگام ایستادن روی یک پا تعادل خود را از دست بدهد.
- با پایی که عمل دستیابی را انجام می‌دهد زمین را لمس کند.
- به نشانه دستیابی لگد بزند.
- از نشانه دستیابی به‌عنوان تکیه‌گاه برای ایستادن استفاده کند.
- پس از هر بار هل دادن نشانه، پای دستیابی را به جایگاه اولیه برنگرداند.
- ارتباط پای دستیابی با نشانه حفظ نشود.

برای نرمال کردن مقادیر دسترسی در جهات مختلف، مقدار دسترسی بر اندازه طول واقعی اندام تحتانی تقسیم سپس ضرب در ۱۰۰ می‌شود و نهایتاً مقدار دسترسی نرمال و قابل‌قبول برای هر جهت درصدی از طول واقعی اندام تحتانی فرد است [۲۲]. اندازه طول واقعی اندام تحتانی باتوجه‌به توضیحات موجود در منابع مختلف، فاصله بین خار خاصره‌ای قدامی فوقانی تا قوزک داخلی در وضعیت خوابیده به پشت، با استفاده از متر نواری، طول واقعی اندام تحتانی در نظر گرفته شد [۲۳]. تست تعادل عملکردی Y یکی از روش‌های پایا و معتبر ارزیابی کنترل وضعیتی پویا است (α=۰/۹۵-۰/۸۶). پایایی آزمون-بازآزمون و درون‌گروهی این تست در افراد سالم بسیار خوب گزارش شده است (به‌ترتیب ICC=۰/۹۸ و ICC=۰/۹۱) [۲۳].

گروه آزمایش مداخله تمرینات حسی-حرکتی را برای مدت ۸ هفته و ۳ جلسه در هر هفته انجام داد (جدول شماره ۱) [۲۴]. در هر جلسه، ابتدا هر آزمودنی به‌مدت ۵ دقیقه با فعالیت هوازی سبک، راه رفتن و تمرینات کششی عمومی، بدن خود را گرم

جدول ۱. برنامه تمرینات حسی حرکتی

مراحل تمرین	هفته‌های تمرین	نوع تمرین		تکرار
مرحله اول: تمرینات ایستا	هفته‌های اول و دوم	ایستادن بر روی یک سطح سفت و محکم برای مدت ۳۰ ثانیه و سپس ایستادن بر روی یک سطح نرم (مت / تشک)		۳–۵ بار
		ایستادن بر روی یک پا با چشمان بسته (ابتدا با پای سالم یا کمتر آسیب دیده و سپس با پای آسیب دیده) بر روی یک سطح سفت و محکم برای مدت ۱۰ ثانیه و سپس ایستادن بر روی یک سطح نرم		۳–۵ بار
		ایستادن در موقعیت گام نیمه برای ۱۰ ثانیه		۳–۵ بار
		تعادل تک پا برای ۱۰ ثانیه		۳–۵ بار
مرحله دوم: تمرینات پویا	هفته‌های سوم و چهارم	لانج رو به جلو		۳–۵ بار
		بازکردن پا رو به عقب با کمک باند الاستیک		۳–۵ بار
مرحله سوم: تمرینات عملکردی شامل تمرینات راه رفتن، اسکوات و تعادلی	هفته‌های پنجم تا هشتم	تمرینات راه رفتن بر روی یک سطح محکم و سپس بر روی یک سطح نرم	– راه رفتن بر روی پنجه‌های پا در شرایطی که پنجه‌های پا صاف رو به جلو هستند برای ۲۰ متر. – راه رفتن بر روی پنجه‌های پا در شرایطی که پنجه‌های پا رو به بیرون قرار دارند برای ۲۰ متر. – راه رفتن بر روی پنجه‌های پا در شرایطی که پنجه‌های پا رو به داخل قرار دارند برای ۲۰ متر. – راه رفتن بر روی پاشنه پا در شرایطی که پنجه‌های پا صاف رو به جلو هستند برای ۲۰ متر. – راه رفتن بر روی پاشنه پا در شرایطی که پنجه‌های پا رو به بیرون قرار دارند برای ۲۰ متر. – راه رفتن بر روی پاشنه پا در شرایطی که پنجه‌های پا رو به داخل قرار دارند برای ۲۰ متر.	۳–۵ بار
		تمرینات اسکوات	– اسکوات به کمک دیوار و سپس بدون کمک دیوار – اسکوات با یک پا به کمک صندلی	۳–۵ بار
		تمرینات تعادلی بر روی تخته تعادل	– نوسانات چند جهته در موقعیت نشسته – نوسانات چند جهته در موقعیت ایستاده در بین میله‌های پارالل با چشمان باز و سپس با چشمان بسته – نوسانات چند جهته در موقعیت ایستاده بر روی یک پا در بین میله‌های پارالل با چشمان باز و سپس با چشمان بسته – ایستادن با دو پا بر روی تخته تعادل با چشمان باز و سپس با چشمان بسته – ایستادن بر روی تخته تعادل با یک پا با چشمان باز و سپس با چشمان بسته	۳–۵ بار

طب توانبخشی

کرد. سپس باتوجه‌به سطح تمرینات و با رعایت اصول علم تمرین، تمرینات جدول شماره ۱ را انجام داد و در پایان نیز به‌مدت ۵ دقیقه با تمرینات کششی عمومی و قدم زدن آهسته، بدن خود را سرد کرد. طول مدت هر جلسه در ابتدای تمرینات از ۳۰ دقیقه آغاز شد و باتوجه‌به اصل افزایش بار تمرین با استفاده از افزایش زمان، مدت جلسات در پایان تمرینات حدود ۵۰ دقیقه بود. در طول مطالعه گروه کنترل هیچ‌گونه تمرینی را دریافت نکردند.

یافته‌ها

از آمار توصیفی برای محاسبه شاخص‌های مرکزی و پراکندگی، از آزمون شاپیرو ویلک[3] برای تعیین طبیعی بودن توزیع متغیرهای موجود در پژوهش، از آزمون تحلیل کوواریانس[4]برای بررسی تفاوت بین گروه‌های تمرین و کنترل استفاده شد. تمام مراحل تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ و در سطح معنی‌داری (P<۰/۰۵) در نظر گرفته شد. اطلاعات جمعیت‌شناسی آزمودنی‌ها در جدول شماره ۲ و اطلاعات آماری گروه‌ها در جدول شماره ۳ آمده است.

جهت استفاده از آزمون تحلیل کواریانس (آنکووا) ابتدا پیش‌فرض‌های اساسی این آزمون بررسی شد که نتایج آن‌ها در جدول شماره ۴ آمده است. پیش‌فرض نرمال بودن توزیع نمرات با استفاده از آزمون شاپیرو ویلک، همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون لون[5] و همگنی شیب‌های رگرسیون بررسی شد. مجموع پیش‌فرض‌های مطرح‌شده نشان داد سطح معنی‌داری در مؤلفه‌ها از سطح اطمینان ۰/۰۵ بیشتر است (P≥۰/۰۵).

3.Shapiro-Wilk Test

4. Analyze of Covariance (ANCOVA)
5. Levene's test

جدول ۲. اطلاعات جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها

مشخصات جمعیت‌شناختی	فراوانی	حداقل	حداکثر	میانگین±انحراف‌معیار	سطح معنی‌داری (sig)	آماره شاپیرو ویلک
سن (سال)	۳۰	۳۵	۴۵	۳۹/۷۰±۲/۴۲	۰/۶۴۷	۰/۹۷۴
قد (سانتی‌متر)	۳۰	۱۵۵	۱۷۱	۱۶۱/۲۰±۴/۲۸	۰/۰۹۱	۰/۹۴۰
وزن (کیلوگرم)	۳۰	۵۰	۸۰	۶۷/۶۶±۷/۵۳	۰/۱۰۲	۰/۹۴۲
شاخص توده بدنی (kg/m^2)	۳۰	۲۰/۵۷	۲۸/۹۵	۲۶/۰۲±۲/۲۶	۰/۰۵۵	۰/۸۱۱

طب توانبخشی

جدول ۳. مقایسه میانگین نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون در دو گروه آزمایش و کنترل (n=۱۵)

گروه	متغیر	میانگین±انحراف‌معیار	
		پیش‌آزمون	پس‌آزمون
کنترل	تعادل عملکردی در جهت قدامی (سانتی‌متر)	۷۵/۴۶±۴/۸۰	۷۵/۶۶±۴/۹۶
آزمایش		۷۵/۰۶±۵/۳۶	۸۴/۶۶±۷/۴۵
کنترل	تعادل عملکردی در جهت خلفی- داخلی (سانتی‌متر)	۷۶/۲۶±۲/۴۳	۷۶/۶۰±۲/۶۹
آزمایش		۷۶/۳۳±۵/۲۵	۸۵/۵۳±۶/۲۷
کنترل	تعادل عملکردی در جهت خلفی- خارجی (سانتی‌متر)	۷۶/۶۶±۳/۰۶	۷۶/۵۳±۲/۸۲
آزمایش		۷۶/۶۶±۵/۷۴	۸۶/۲۶±۶/۳۵
کنترل	نمره تعادل عملکردی کل (سانتی متر)	۷۶/۱۹±۳/۲۶	۷۶/۳۳±۳/۲۰
آزمایش		۷۶/۰۱±۵/۲۴	۸۵/۴۱±۶/۵۳
کنترل	خطای مطلق بازسازی زاویه زانو ۴۰ تا ۶۰ درجه (درجه)	۸/۴۶±۱/۸۸	۸/۱۳±۱/۹۵
آزمایش		۸/۳۳±۱/۹۸	۳/۶۶±۱/۷۵

طب توانبخشی

جدول ۴. نتایج آزمون تحلیل کواریانس برای متغیرهای پژوهش

متغیر	آزمون تحلیل کواریانس			همگنی شیب رگرسیون		آزمون شاپیرو ویلک		آزمون لون	
	آماره (F)	معنی داری (sig)	اندازه اثر (ضریب اتا)	sig	F	sig	آماره	sig	F
خطای مطلق بازسازی زاویه (درجه)	۱۰۹/۹۵۹	۰/۰۰۱	۰/۲۴۴	۰/۱۳۱	۲/۴۲۷	۰/۳۱۷	۰/۲۰۷	۰/۹۰۱	۰/۰۱۲
قدامی (سانتی‌متر)	۹۵/۵۶۶	۰/۰۰۱	۰/۷۸۰	۰/۲۱۴	۱/۶۲۰	۰/۲۹۷	۰/۲۵۱	۰/۸۶۹	۰/۰۲۸
خلفی- داخلی (سانتی‌متر)	۵۵/۱۸۵	۰/۰۰۱	۰/۶۷۱	۰/۷۰۳	۰/۱۴۹	۰/۴۹۷	۰/۱۹۷	۰/۸۵۰	۰/۰۳۶
خلفی- خارجی (سانتی‌متر)	۸۷/۰۳۴	۰/۰۰۱	۰/۷۶۳	۰/۸۷۸	۰/۰۲۴	۰/۷۳۰	۰/۱۳۵	۰/۰۶۹	۳/۵۶۷
نمره تعادل عملکردی کل (سانتی‌متر)	۸۴/۵۹۵	۰/۰۰۱	۰/۷۵۸	۰/۷۹۱	۰/۰۷۲	۰/۱۵۲	۰/۸۹۷	۰/۰۶۳	۳/۷۴۰

طب توانبخشی

بنابراین داده‌های این پژوهش قابلیت ورود به تحلیل کواریانس را داشتند و می‌توان تفاوت گروه‌ها را در متغیر وابسته با استفاده از آزمون تحلیل کواریانس (آنکووا) بررسی کرد. نتایج حاصل از آزمون تحلیل کواریانس نشان داد مقدار آمار $F_{(1,27)}$ خطای مطلق بازسازی زاویه زانو، تعادل عملکردی در جهت‌های قدامی، خلفی داخلی، خلفی خارجی و امتیاز کل تعادل پس‌آزمون کمتر از سطح اطمینان ۰/۰۵ است. این نتایج بیانگر آن است که گروه تمرینات حسی‌حرکتی تفاوت معنی‌داری در بهبود متغیرهای حس عمقی و تعادل عملکردی آزمودنی‌ها بعد از مداخله‌های تمرینی داشته است ($P\leq 0/05$).

بحث

نتایج پژوهش حاضر نشان داد حس عمقی و تعادل عملکردی در گروه آزمایش و پس از انجام ۸ هفته تمرینات حسی‌حرکتی به‌طور معنی‌داری نسبت به گروه کنترل بهبود یافت. نتایج به‌دست‌آمده دررابطه‌با حس عمقی با نتایج تحقیقات احمدی و همکاران مبنی بر تأثیرات مثبت تمرینات حسی‌حرکتی بر درد و حس عمقی افراد مبتلا به سندرم درد کشککی رانی [۲۵] و نژادگر و حمل‌آبادی (مبنی بر تأثیر مثبت تمرینات با کش‌های لوپ بر حسی عمقی مفصل زانو در افراد مبتلا به استئوآرتریت [۲۶]، همخوانی دارد، اما با نتایج تحقیق خواجه و همکاران، همخوانی ندارد. خواجه و همکاران در پژوهش خود با اعمال تمرینات اکواژیمناستیک بر روی حس وضعیت زنان سالمند مبتلا به استئوآرتریت نتیجه گرفتند بهبود معنی‌داری در خطای زاویه ۶۰ درجه زانو پس از اعمال تمرینات مشاهده نمی‌شود [۲۷]، از دلایل این ناهمخوانی می‌توان به نامتناسب بودن تمرینات و نحوه ارزیابی حس وضعیت زانو اشاره کرد که در تحقیق آن‌ها خطای حس وضعیت زانو در وضعیت نشسته و در زنجیره حرکتی باز صورت گرفته است. تحقیقات نشان داده است دقت حس عمقی در زنجیره حرکتی بسته و تحمل وزن بیشتر می‌باشد [۲۸].

نتایج تحقیق حاضر درمورد تعادل با نتایج تحقیق لگه و همکاران [۲۹]، موسوی‌زاده و همکاران [۳۰]، امامی میبدی و همکاران [۳۱]، همخوانی دارد؛ اما با نتایج پژوهش محمدعلی‌نسب و صاحب‌الزمانی [۳۲]، سامسون و همکاران [۳۳]، همخوانی ندارد. در پژوهش محمدعلی‌نسب و صاحب‌الزمانی که تأثیر تمرینات ثبات مرکزی را بر مؤلفه‌های تعادلی Y در بازیکنان فوتسال بررسی کردند، هرچند تأثیر تمرینات مربوطه در مؤلفه‌های قدامی و خلفی داخلی معنی‌دار بود، در مؤلفه خلفی خارجی، نتایج معنی‌دار گزارش نشد، آن‌ها دلیل عدم معنی‌داری این جهت نسبت به جهت های دیگر تست Y گزارش کردند. همچنین سامسون و همکاران در تحقیق خود بر روی ورزشکاران تنیس، دلیل عدم معنی‌داری مؤلفه خلفی خارجی را عدم انعطاف‌پذیری و قدرت ابداکتورهای مفصل ران عنوان کردند.

سیستم‌های درگیر در حفظ تعادل شامل سیستم‌های حس عمقی، وستیبولار و بینایی می‌باشند، اگر اختلال در هرکدام از این سیستم‌ها به وجود آید کنترل پاسچر دستخوش تغییر خواهد شد [۳۴]. ازآنجاکه توانایی حفظ تعادل وابسته به اطلاعات ورودی حسی می‌باشد، در صورت کاهش یا قطع یکی از درون‌دادهای حسی، نوسان بدن افزایش می‌یابد و به دنبال آن برای حفظ تعادل، فعالیت‌های عضلانی نیز افزایش می‌یابد [۳۰]. اختلالات حسی در کم بینایان می‌تواند موجب کاهش تعادل شود. عالی و همکاران نشان دادند کودکان نابینا در مقایسه با کودکان ناشنوا تعادل ایستای ضعیف‌تری دارند، آن‌ها دلیل این امر را ناتوانی نابینایان در حفظ درون‌داد بینایی جهت ایجاد تعادل دانستند که این امر نشانه اهمیت حس بینایی در حفظ تعادل می‌باشد [۳۵].

تعادل و حس عمقی در ارتباط با یکدیگر هستند. تمرینات تعادلی از طریق بهبود ارتباطات عصبی-عضلانی می‌تواند موجب کاهش خطای حس عمقی شود [۳۶]. در برنامه تمرینی حسی‌حرکتی تحقیق حاضر از تمرینات تعادلی چون ایستادن روی تک پا و ایستادن روی تخته تعادل استفاده شده است. احمدی و همکاران نشان دادند تمرینات با ماهیت حسی‌حرکتی می‌تواند باعث بهبود وضعیت پاسچر در افراد مبتلا به سندرم درد کشککی-رانی شود [۲۵]. آن‌ها این امر را به بهبود حس وضعیت و کاهش درد پس از تمرینات حسی‌حرکتی نسبت دادند. ازطرفی تعادل عملکردی باعث کاهش ترس از افتادن در مبتلایان به استئوآرتریت شده است. ازآنجاکه اختلال عملکرد حسی‌حرکتی در عضلات چهارسر مبتلایان به استئوآرتریت دیده شده است [۳۶]، پس می‌توان گفت تمرینات تقویتی مخصوصاً با تأکید بر انقباض چهارسر ران می‌تواند در بهبود حس عمقی و تعادل نتیجه‌بخش باشد.

در نمونه‌های تحقیق حاضر حس عمقی بهبود پیدا کرده که درنهایت موجب افزایش تعادل عملکردی در جهت‌های مختلف شده است. به نظر می‌رسد تمرینات اجراشده توانسته تأثیر مثبتی بر تعادل و احتمالاً بر مؤلفه‌های قدرت عضلانی و تحرک مفاصل اندام تحتانی داشته باشد که در پس‌آزمون بهبود تعادل عملکردی مشاهده شده است؛ چنانکه آلوم و همکاران [۳۷] معتقدند در تست Y برای حفظ تعادل فرد بایستی حین رسش، تاجایی‌که می‌تواند پای آزاد خود را از محدوده سطح اتکا دور کند، دور کردن پای غیراتکا موجب وارد شدن نیرو و ایجاد گشتاور در محدوده خارج از سطح اتکا می‌شود؛ بنابراین حرکت رسش نیازمند ثبات و تحرک در مفاصل اندام تحتانی می‌باشد، به‌طوری‌که عضلات درگیر با انقباض ایزومتریک در دوطرف مفاصل بیشترین پایداری را ایجاد می‌کنند. درجهت قدامی رسش، عضلات چهارسر ران بیشتر فعالیت را متحمل می‌شوند، به‌دلیل آنکه فرد باید به سمت عقب تکیه دهد و تنه در حالت اکستنشن باشد تا بتواند تعادل خویش را حفظ کند. درنتیجه افزایش قدرت و کنترل اکسنتریکی عضلات چهارسر ران می‌تواند باعث کنترل تعادل در جهات

مختلف شود [۳۸]. ارل و هرتل [۳۹]، نیز نشان دادند تست Y به‌طور مستقیم به فعالیت عضلات اندام تحتانی وابسته است. همچنین در این تحقیق از تمرینی با عنوان ایستادن بر روی گام نیمه استفاده شده است که موجب بهبود استراتژی ران می‌شود، این مسئله می‌تواند کنترل پاسچر و تعادل را بهبود ببخشد [۳۸]. بنابراین تصور بر این است که تمرینات حسی‌حرکتی توانسته است بر ظرفیت عملکردی و بهبود حس عمقی مفاصل اندام تحتانی تأثیر مثبتی داشته باشد که نتیجه آن بهبود تعادل در جهت‌های مختلف بوده است.

محمدعلی‌نسب و صاحب‌الزمانی علت احتمالی بهبود تعادل را به بهبود پایداری ناحیه مرکزی بدن نسبت دادند [۳۲]، در تمرینات به‌کارگرفته‌شده نیز از حرکاتی چون لانج از جلو استفاده شده است که عمدتاً بر روی ثبات ناحیه مرکزی بدن تأکید دارد. یکی دیگر از دلایل بهبود تعادل عملکردی در نمونه‌ها را می‌توان به افزایش دورسی فلکشن مچ پا، فلکشن زانو و فلکشن ران در برخی از تمرینات اجراشده نسبت داد، به‌طوری‌که اولمستد و همکاران [۴۰]، عنوان کردند پای اتکا حین انجام تست Y نیازمند دورسی فلکشن مچ پا، فلکشن زانو و فلکشن ران می‌باشد. هر فعالیتی به سطوح متفاوتی از پردازش‌های حسی‌حرکتی برای اجرای مهارت‌ها و حفاظت سیستم عصبی عضلانی نیاز دارد؛ به‌طورمثال افراد مختلف در اجرای بسیاری از مهارت‌های حرکتی همچون راه رفتن، نشستن و برخاستن که توسط اندام تحتانی اجرا می‌شود به سطوح بالایی از هماهنگی‌های عصبی‌عضلانی و تعادلی نیاز دارند که در تمرینات اجراشده بر این مهم تأکید شده است.

حفظ تعادل ناشی از عملکرد متقابل سه سیستم بینایی، دهلیزی و پیکری می‌باشد. افراد با نقص بینایی به اطلاعات حس پیکری و دهلیزی برای حفظ تعادل بیشتر نیاز دارند [۵]. بنابراین میزان کاهش تعادل با اختلالات بینایی ارتباط مستقیم دارد که خطر سقوط افراد و صدمات مربوط به آن را افزایش می‌دهد [۶]. حفظ تعادل در زنجیره حرکتی بسته، متکی به استراتژی‌های حرکتی و بازخوردی هماهنگ در بین ران، زانو و مچ پا می‌باشد که کاهش بازخوردهای آوران حس بینایی می‌تواند در تعادل عملکردی ایجاد اختلال کند [۳۴]. بنابراین تمرینات حسی‌حرکتی در زنجیره حرکتی بسته و در مواردی همراه با حذف حس بینایی که در پژوهش حاضر نیز برآن تأکید شده است توانسته است بازخوردهای حس عمقی عضلات اندام تحتانی ازجمله دوک‌های عضلانی و گلژی تاندون‌ها را تقویت کند و از این طریق موجبات بهبود تعادل عملکردی را فراهم کند. به‌طورکلی تغییرات به‌وجودآمده در سیستم‌های حسی‌حرکتی عامل مهم تأثیرگذار در بهبود تعادل می‌باشد.

فعالیت‌های ورزشی منظم نه‌تنها باعث تقویت عضلات می‌شوند، بلکه در تقویت حس عمقی مفاصل نیز تأثیرگذار هستند. فعالیت‌هایی با تحمل وزن نسبت به سایر فعالیت‌ها در بهبود حس وضعیت مؤثر هستند. همچنین حس عمقی مفاصل پا در فعالیت‌های تحمل وزن، دقیق‌تر از سایر فعالیت‌های بدون تحمل وزن است [۲۸]. در هنگام اجرای حرکات و نگهداشتن بدن در وضعیتی که موجب می‌شود عضلات در وضعیت کشیده‌شده در یک سیکل حرکتی نگهداشته شوند، دوک‌های عضلانی بیشتر از حالتی که عضله در وضعیت کوتاه است تحریک می‌شوند و همین مسئله می‌تواند ایمپالس‌های درک حس وضعیت بدن را به سیستم عصبی مرکزی بیشتر مخابره کند و درنهایت موجب تقویت حس عمقی شود.

ازطرفی وقتی مفصل زانو در یک وضعیت خم‌شده ثابت قرار می‌گیرد دوک‌های عضلانی اطراف مفصل که تحریک آن‌ها ناشی از انقباض هم‌زمان عضلات می‌باشد دقت حس عمقی را افزایش می‌دهد [۴۱]. گیرنده‌های مکانیکی داخل و اطراف مفصل اطلاعاتی را درمورد تغییر وضعیت، حرکت مفصل و نیروهای واردشده بر آن به سیستم عصبی مرکزی ارسال می‌کنند و به نظر می‌رسد گیرنده‌های مکانیکی موجود در عضلات نقش مهمی در بازسازی فعال زاویه مفصلی برعهده داشته باشند، درحالی‌که گیرنده‌های مکانیکی موجود در کپسول مفصلی در بازسازی غیرفعال زاویه نقش مهمی ایفا می‌کنند [۴۲]، پس تقویت عضلات از طریق تمرینات حسی‌حرکتی با حرکات فعال و در زنجیره بسته می‌تواند موجب بهبود در حس عمقی در تست وضعیت ایستاده شوند. تمرینات حسی‌حرکتی موجب افزایش کنترل عصبی-عضلانی و به دنبال آن بهبود کنترل حرکتی و کنترل پاسچر می‌شود [۴۳].

علاوه‌بر گیرنده‌های عمقی دوک عضلانی که در بطن عضله وجود دارد و به تغییر طول عضله حساس می‌باشند، اندام وتری گلژی از دیگر گیرنده‌های حس عمقی می‌باشد که در تاندون عضله نیز وجود دارند. اندام وتری گلژی آستانه تحریکی پایینی نسبت به تغییرات تنش حاصل از انقباض عضله و آستانه تحریک بالاتر نسبت به تغییرات تنش حاصل از کشش عضله دارند. درحقیقت کششی که در حد آستانه تحریک نباشد اندام وتری گلژی را فعال نمی‌کند، درحالی‌که انقباض عضله همیشه این گیرنده‌ها را فعال می‌کند [۴۴].

در تمرینات حسی‌حرکتی با انقباض بیشتر عضلات اطراف زانو در زوایای مختلف و ایجاد چالش در تعادل، فعال شدن اندام‌های وتری گلژی بیشتر اتفاق افتاده است. انجام تمرینات تعادلی در زنجیره بسته موجب انقباضات هم‌زمان عضلانی می‌شود، درنتیجه گیرنده‌های مکانیکی پوست، مفصل و عضله بهتر و سازمان‌یافته‌تر عمل می‌کنند و درنتیجه ثبات بیشتری را برای فرد به وجود می‌آوردند. پس درحقیقت دو فاکتور حس وضعیت و تعادل

مرتبط با یکدیگر هستند. توانایی فرد در حفظ تعادل در حالت ایستاده با اندازه‌گیری میزان نوسان بدن ارزیابی می‌شود. بدن در حالت ایستاده دارای نوسانات خفیفی می‌باشد که حول محور مچ پا و اغلب در صفحه ساجیتال اتفاق می‌افتد. پس در حالت ایستاده سیستم وستیبولار و حس عمقی بیشتر از وضعیت‌های دیگر فعال می‌باشند [۴۴]، همین مسئله را از دیگر دلایل احتمالی تأثیرگذاری تمرینات ارائه‌شده، می‌توان برشمرد.

خستگی عضلانی سبب افزایش خطای بازسازی و کاهش حس وضعیت مفصل زانو می‌شود. بین طول و تنش عضله رابطه‌ای شبیه به U وارونه وجود دارد. براین‌اساس دررابطه‌با مفصل زانو، اگر عضله چهارسرانی در یک طول خاص قرار گیرد بیشترین تنش را دارد که این طول در زاویه خم شدن ۴۵ تا ۶۰ درجه زانو اتفاق می‌افتد [۴۴]. بسیاری از تمرینات اجراشده و تست خطای بازسازی مفصل در تحقیق حاضر در زاویه خم شدن زانو و در زنجیره بسته انجام شده است که این مسئله می‌تواند دلیل محکمی برای افزایش حس عمقی و کاهش خطای بازسازی مفصل زانو در نمونه‌های تحقیق باشد. یکی دیگر از دلایل احتمالی تأثیرگذاری تمرینات اجراشده بر بهبود حس عمقی، تقویت حس عمقی مفصل مچ پا می‌باشد. تحقیقات نشان می‌دهد خستگی عضلات مچ پا به‌طور قابل‌توجهی موجب کاهش توانایی حفظ ثبات وضعیت در زنان ورزشکار می‌شود [۴۵]. پس می‌توان گفت با بهبود استقامت عضلانی، زمان رسیدن به خستگی به تعویق می‌افتد و به دنبال آن توانایی کنترل وضعیتی افزایش می‌یابد [۴۴].

نتیجه گیری

تعادل و حس عمقی باهم در ارتباط هستند و تقویت حس عمقی از طریق تمرینات حسی‌حرکتی و بهبود درون‌داد حسی حرکتی می‌تواند موجب افزایش تعادل و حتی بهبود پاسچر شود. حفظ تعادل در زنجیره حرکتی بسته، متکی به استراتژی‌های حرکتی و بازخوردی هماهنگ در بین ران، زانو و مچ پا می‌باشد که کاهش بازخوردهای آوران حس بینایی می‌تواند در تعادل عملکردی ایجاد اختلال کند. براساس نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق حاضر می‌توان نتیجه‌گیری کرد که تمرینات حسی‌حرکتی بازخوردهای حس عمقی عضلات اندام تحتانی را تقویت می‌کند و از این طریق موجب بهبود تعادل عملکردی در افراد نابینا می‌شود.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در اجرای پژوهش ملاحظات اخلاقی مطابق با دستورالعمل کمیته اخلاق دانشگاه ارومیه در نظر گرفته شده و کد اخلاق به شماره IR.SSRI.REC.1400.1272 دریافت شده است.

حامی مالی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه سمیه محمدزاده با راهنمایی اول سجاد روشنی و دوم افشین مقدسی و گروه فیزیولوژی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه ارومیه می‌باشد.

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده‌سازی این مقاله مشارکت یکسان داشتند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

از تمام شرکت‌کنندگان در این تحقیق تقدیر و تشکر می‌شود.

References

[1] Pizzarello L, Abiose A, Ffytche T, Duerksen R, Thulasiraj R, Taylor H, et al. VISION 2020: The right to sight: A global initiative to eliminate avoidable blindness. Archives of Ophthalmological Research. 2004; 122(4):615-20 [DOI:10.1001/archopht.122.4.615]

[2] Kotecha A, Richardson G, Chopra R, Fahy RT, Garway-Heath DF, Rubin GS. Balance control in glaucoma. Investigative Ophthalmology & Visual Science. 2012; 53(12):7795-801 [DOI:10.1167/iovs.12-10866]

[3] Jeter PE, Wang J, Gu J, Barry MP, Roach C, Corson M, et al. Intra-session test-retest reliability of magnitude and structure of center of pressure from the Nintendo Wii balance board for a visually impaired and normally sighted population. Gait & Posture. 2015; 41(2):482-7. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2014.11.012]

[4] Freeman EE, Muñoz B, Rubin G, West SK. Visual field loss increases the risk of falls in older adults: The salisbury eye evaluation. Clinical and Epidemiologic Research. 2007; 48(10):4445-50. [DOI:10.1167/iovs.07-0326]

[5] Horak FB. Postural orientation and equilibrium: What do we need to know about neural control of balance to prevent falls? Age and Ageing. 2006; 35(Suppl 2):ii7-11. [DOI:10.1093/ageing/afl077]

[6] McKean-Cowdin R, Wang Y, Wu J, Azen SP, Varma R. Impact of visual field loss on health-related quality of life in glaucoma. The Los Angeles Latino Eye Study. Ophthalmology. 2008; 115(6):941-8. [DOI:10.1016/j.ophtha.2007.08.037]

[7] Coleman AL, Stone K, Ewing SK, Nevitt M, Cummings S, Cauley JA, et al. Higher risk of multiple falls among elderly women who lose visual acuity. Ophthalmology. 2004; 111(5):857-62. [DOI:10.1016/j.ophtha.2003.09.033]

[8] Loriaut P, Loriaut P, Boyer P, Massin P, Cochereau I. Visual impairment and hip fractures: A case-control study in elderly patients. Ophthalmic Research. 2014; 52(4):212-6. [DOI:10.1159/000362881]

[9] Peel NM, Kassulke DJ, McClure RJ. Population based study of hospitalised fall related injuries in older people. Injury Prevention. 2002; 8(4):280-3. [DOI:10.1136/ip.8.4.280]

[10] Goldstein JE, Jackson ML, Fox SM, Deremeik JT, Massof RW. Clinically meaningful rehabilitation outcomes of low vision patients served by outpatient clinical centers. JAMA Ophthalmology. 2015; 133(7):762-9. [DOI:10.1001/jamaophthalmol.2015.0693]

[11] Kantner RM, Clark DL, Allen LC, Chase MF. Effects of vestibular stimulation on nystagmus response and motor performance in the developmentally delayed infant. Physical Therapy. 1976; 56(4):414-21. [DOI:10.1093/ptj/56.4.414]

[12] Izraelski J. Assessment and treatment of muscle imbalance: The janda approach. Journal of the Canadian Chiropractic Association. 2012; 56(2):158. [PMCID]

[13] Zastron T, Welman K. Sensory-motor training improves health-related quality of life and fall efficacy in chronic stroke survivors. Annals of Physical and Rehabilitation Medicine. 2018; 61:e351. [DOI:10.1016/j.rehab.2018.05.820]

[14] Heleno LR, da Silva RA, Shigaki L, Araújo CG, Coelho Candido CR, Okazaki VH, et al. Five-week sensory motor training program improves functional performance and postural control in young male soccer players-A blind randomized clinical trial. Physical Therapy in Sport. 2016; 22:74-80. [DOI:10.1016/j.ptsp.2016.05.004] [PMID]

[15] Hwang JA, Bae SH, Do Kim G, Kim KY. The effects of sensorimotor training on anticipatory postural adjustment of the trunk in chronic low back pain patients. Journal of Physical Therapy Science. 2013; 25(9):1189-92. [DOI:10.1589/jpts.25.1189]

[16] Jeter PE, Haaz Moonaz S, Bittner AK, Dagnelie G. Ashtanga-based yoga therapy increases the sensory contribution to postural stability in visually-impaired persons at risk for falls as measured by the wii balance board: A pilot randomized controlled trial. Plos One. 2015; 10(6):e0129646. [DOI:10.1371/journal.pone.0129646] [PMID]

[17] Sell TC. An examination, correlation, and comparison of static and dynamic measures of postural stability in healthy, physically active adults. Physical Therapy in Sport . 2012; 13(2):80-6. [DOI:10.1016/j.ptsp.2011.06.006]

[18] Jacobs C, Uhl TL, Seeley M, Sterling W, Goodrich L. Strength and fatigability of the dominant and nondominant hip abductors. Journal of Athletic Training. 2005; 40(3):203-6. [PMID] [PMCID]

[19] Lanshammar K, Ribom EL. Differences in muscle strength in dominant and non-dominant leg in females aged 20-39 years-A population-based study. Physical Therapy in Sport. 2011; 12(2):76-9. [DOI:10.1016/j.ptsp.2010.10.004]

[20] Shahrjerdi S, Golpayegani M, Ghadiri U. [Effect of proprioception training on knee joint position sense of athletes with Genuvarum (Persian)]. Journal for Research in Sport Rehabilitation. 2014; 2(3):67-73. [Link]

[21] Stillman BC. An investigation of the clinical assessment of joint position sense [PhD dissertation]. Parkville: University of Melbourne; 2000. [Link]

[22] Rajabi R, Samadi H. [Correctional movement laboratory (Persian)]. Tehran: University of Tehran Press; 2013. [Link]

[23] Mohebi H, Hosseini SA, Afsharnezhad T, Niazi SM. [The relationship between strength and leg length with step length, step rate and sprint velocity during sprint running (Persian)]. Olympic. 2006; 14(2):43-51. [Link]

[24] Elshazly FAA, Gopal NS, Elnegamy TE. Comparative study on virtual reality training (VRT) over sensory motor training (SMT) in unilateral chronic osteoarthritis-A randomized control trial. International Journal of Medical Research and Health Sciences. 2016; 5(8):7-16. [Link]

[25] Ahmadi M, Yalfani A, Gandomi F. Effect of twelve weeks of sensorimotor training on pain, improvement proprioception, muscle strength, and postural control in men with patellofemoral pain syndrome: A randomized single-blind clinical trial. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2021; 10(1):1-13. [DOI:10.22037/jrm.2020.112859.2271]

[26] Piran Haml Abadi M, Jafarnezhadgero A, Noorian E. [The effect of 8 sessions of balance exercises on proprioception of knee and ankle joints in diabetic patients with knee osteoarthritis (Persian)]. Journal of Anesthesiology and Pain. 2021; 12(3):50-9. [Link]

[27] Khaje S, Sahebozamani M, Karimi Afshar F. [The effect of aquagymnastic training on position sense of knee joint in older women with osteoarthritis (Persian)]. Sport Sciences and Health Research. 2016; 8(2):127-41. [DOI:10.22059/jsmed.2017.61227]

[28] Moslemi Haghighi F, GhafariNezhad F. [Comparison of the proprioception sense of ankle joint between 20-30 years old healthy non-athletic women and athletic women with jogging and non-jogging exercises (Persian)]. Koomesh. 2006; 7(1):13-8. [Link]

[29] Lage JB, Silva LF, Borges MC, Nascentes GN, Ferreira IC, Teixeira VD, et al. Assessment of functional balance in children with sensory impairments undergoing hippotherapy. Health Science Journal. 2021; 11(2):51-8. [DOI:10.21876/rcshci.v11i2.1072]

[30] Mousavizadeh VS, Daneshmandi H, Sedaghati P. [The effect of six weeks of vestibular stimulation training on the static and dynamic balance of children with hearing impairment (Persian)]. Medical Journal of Tabriz University of Medical Sciences. 2021; 43(2):193-200. [DOI:10.34172/mj.2021.045]

[31] Emami Meibodi MK, Naghizad J, Shamsoddini A. The effect of balance rehabilitation interventions with and without visual feedback on balance and proprioception of knee in patients with anterior cruciate ligament injury: A randomized clinical trial. Sport Sciences for Health. 2022; 18(1):125-9. [Link]

[32] Mohammad Ali Nasab E, Saheb alzamani M. The effect of a central body stability training period on the components of the futsal players balance test. Sports Medicine. 2012; 4(9):63-86. [Link]

[33] Samson KM. The effects of a five-week core stabilization-training program on dynamic balance in tennis athletes [master thesis]. Morgantown: West Virginia University; 2005. [Link]

[34] Sedaghati P, Zolghare H, Shahbazi M. [The effect of proprioceptive, vestibular and visual changes on posture control among the athletes with and without medial tibial stress syndrome (Persian)]. Feyz Medical Sciences Journal. 2019; 23(1):68-74. [Link]

[35] Aali S, Daneshmandi H, Norasteh AA, Rezazadeh F. [Comparison of head and shoulder posture in blind, deaf and ordinary pupiles (Persian)]. Journal of Gorgan University of Medical Sciences. 2013; 15(4):72-78. [Link]

[36] Zamani J, Rahnama N. [The effect of Tai Chi and Tai Chi training on physical function, functional balance and fear of falling of patients with knee osteoarthritis (Persian)]. Journal of Kashan University of Medical Sciences. 2020; 24(6):610-20. [Link]

[37] Allum J, Carpenter M, Honegger F, Adkin A, Bloem BJTJop. Age-dependent variations in the directional sensitivity of balance corrections and compensatory arm movements in man. 2002;542(2):643-63. [DOI:10.1113/jphysiol.2001.015644]

[38] Zarei M, Abbasi H, Fekri N. [The effect of eight-week proximal stability training on postural stability in parkourers (Persian)]. Journal of Applied Exercise Physiology. 2019; 14(28):57-70. [DOI:10.22080/jaep.2018.12769.1664]

[39] Earl JE, Hertel J. Lower-extremity muscle activation during the star excursion balance tests. Journal of Sport Rehabilitation. 2001; 10(2):93-104. [DOI:10.1123/jsr.10.2.93]

[40] 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. [PMID] [PMCID]

[41] Weiler HT, Awiszus F. Influence of hysteresis on joint position sense in the human knee joint. Experimental Brain Research. 2000; 135(2):215-21. [DOI:10.1007/s002210000512]

[42] Shah Hosseini GR, Madani SA, Ebrahimi Takamjani E, Negahban Siooki H, Shaterzadeh MJ. [Analysis of proprioception in primary arthritic knees (Persian)]. Razi Journal of Medical Sciences. 2004; 10(38):895-902. [Link]

[43] Wälti P, Kool J, Luomajoki H. Short-term effect on pain and function of neurophysiological education and sensorimotor retraining compared to usual physiotherapy in patients with chronic or recurrent non-specific low back pain, a pilot randomized controlled trial. BMC Musculoskeletal Disorders. 2015; 16(1):1-11. [DOI:10.1186/s12891-015-0533-2]

[44] Boroushak N, Roshani R. Effect of muscular fatigue on the sensation of knee joint position in elite karate athletes. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2020; 9(4):228-34. [DOI:10.22037/jrm.2020.111987.2136]

[45] Taheri Asghari A, Saraf Zadeh J, Mansoor Sobhani S, Talebian S, Keyhani M. [Effects of ankle muscles fatigue on dynamic postural stability in healthy women athlete (Persian)]. Journal of Modern Rehabilitation. 2010; 3(3 and 4):1-9. [Link]

This Page Intentionally Left Blank