



Ministry of Science, Research and Technology
Sport Sciences Research Institute

Sport Medicine Studies

Journal homepage: <https://smj.ssric.ac.ir>



Original Article

The Effect of a Walking Course with Auditory Rhythmic Stimulation on Static and Dynamic Balance in Individuals with Visual Impairment

Fahimeh Hasanzadeh¹, Behrouz Golmohammadi^{2*}, Mozghan Memarmoghaddam³

1. Master of Motor Behavior, Department of Motor Behavior, Semnan University, Semnan, Iran.

2. Associate Professor of Motor Behavior, Department of Motor Behavior, Semnan University, Semnan, Iran.

3. Assistant Professor of Movement Behavior, Faculty of Sports Sciences, Mazandaran University, Babolsar, Iran.

Received: 22/10/2022, **Revised:** 25/07/2024, **Accepted:** 01/09/2024

*Corresponding Author: Behrouz Golmohammadi, E-mail: golmohammadi@semnan.ac.ir

How to Cite: Hasanzadeh, F; Golmohammadi, B., Memarmoghaddam, M. (2024). The Effect of a Walking Course with Auditory Rhythmic Stimulation on Static and Dynamic Balance in Individuals with Visual Impairment. Sport Medicine Studies, 16(41), 95-106. In Persian.

Extended Abstract

Background and Purpose

Visual impairment, as a sensory disability, accounts for approximately one-third of global disability statistics. Balance is a critical component of the sensorimotor system essential for maintaining postural stability. Individuals with visual impairments often exhibit deficits in postural control and balance, which compromise automatic motor control. To compensate, they rely heavily on auditory cues to enhance stability and spatial orientation. Recent interventions have explored the use of rhythmic auditory stimulation (RAS), which utilizes external attentional focus to improve motor performance. The effectiveness of RAS may be attributed to its ability to direct external attention, as individuals with visual impairments often depend on internal attentional focus and conscious processing during movement rather than automatic motor control. This study examined the effects of a gait training program incorporating rhythmic auditory stimulation on static and dynamic balance in individuals with congenital blindness.

Methods and Materials

This quasi-experimental study involved 20 congenitally blind participants (9 females and 11 males) selected through convenience sampling. Written informed consent was obtained from all participants and their guardians, with assurances of confidentiality and exclusive research use of the data. Balance was measured using a foot scan device that recorded the coordinates of the center of pressure (COP) of the feet. For static balance assessment, participants stood barefoot on the device for 20 seconds, facing forward. Dynamic balance was evaluated using the stability limit test, where participants stood barefoot on the device and tilted their bodies maximally in four directions—forward, backward, left,



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

and right—without lifting their feet off the surface, for 20 seconds. After pre-test measurements, participants were randomly assigned to experimental and control groups. The experimental group performed individualized gait training with rhythmic auditory stimulation under trainer supervision. Post-test measurements were conducted similarly. COP data were extracted using Balance software and analyzed in Excel. Statistical analysis employed parametric covariance tests, or non-parametric bootstrap tests when assumptions were violated, with significance set at $p \leq 0.05$, using SPSS version 21.

Results

Descriptive data showed that the COP level and COP distance (static balance indices) and COP amplitude in the anterior-posterior and medial-lateral directions (dynamic balance indices) increased in the experimental group relative to controls. Tests for normality indicated non-normal distributions for COP level and distance ($p < 0.05$), necessitating bootstrap analysis for these variables. Bootstrap results showed no significant changes in COP level ($p = 0.629$) and COP distance ($p = 0.613$) following the intervention. Covariance analysis revealed that training with external focus instructions did not significantly affect dynamic balance indices, including COP amplitude in the anterior-posterior ($p = 0.063$) and medial-lateral ($p = 0.428$) directions.

Discussion

Although the intervention did not yield statistically significant improvements in static balance, the observed positive trends in COP level and distance suggest potential benefits that might become significant with longer training durations. Maintaining static balance resembles an inverted pendulum, where the body's center of gravity is stabilized by relatively constant forces applied to the ground (17), making static balance less challenging to improve. The lack of significant effect on dynamic balance, despite relative improvements in the experimental group, suggests that external focus instructions may have a greater impact on dynamic than static balance in blind individuals. External focus facilitates automatic motor processes and better self-organization of sensorimotor systems, reducing reliance on higher neural centers for limb control and enhancing motor performance (7). Since visually impaired individuals tend to focus on internal information, auditory external feedback may provide critical supplementary cues during balance tasks.

Conclusion

While the intervention did not produce statistically significant improvements, the trends observed indicate that rhythmic auditory stimulation may be a viable, low-cost rehabilitation tool for enhancing postural stability and reducing fall risk in individuals with visual impairment. Its accessibility and ease of implementation make it suitable for clinical and community settings. Further research with larger sample sizes, extended intervention periods, and gender-specific analyses is needed to confirm these findings and optimize training protocols.

Keywords: Balance, Attention, Rhythmic Auditory Stimulation, Visual Impairment

Article Message

New rehabilitation methods such as rhythmic auditory stimulation show potential to improve static and dynamic balance in individuals with blindness. However, given the lack of statistically significant results, cautious application is recommended, and further research is essential to establish efficacy.



تأثیر تمرین راه رفتن با محرک موزون شنیداری بر تعادل ایستا و پویای نابینایان

فهیمة حسن زاده قادیکلایی^۱، بهروز گل محمدی^۲، مژگان معمارمقدم^۳

۱. کارشناسی ارشد رفتار حرکتی، گروه رفتار حرکتی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

۲. دانشیار رفتار حرکتی، گروه رفتار حرکتی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

۳. استادیار رفتار حرکتی دانشکده علوم ورزشی دانشگاه مازندران بابلسر، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۳۰، تاریخ اصلاح: ۱۴۰۳/۰۵/۰۴، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۱۱

*Corresponding Author: Behrouz Golmohammadi, E-mail: golmohammadi@semnan.ac.ir

How to Cite: Hasanzadeh, F; Golmohammadi, B., & Memarmoghaddam, M. (2024). The Effect of a Walking Course with Auditory Rhythmic Stimulation on Static and Dynamic Balance in Individuals with Visual Impairment. Sport Medicine Studies, 16(41), 95-106. In Persian.

چکیده

هدف پژوهش حاضر، بررسی اثر تمرین راه رفتن با محرک موزون شنیداری بر تعادل ایستا و پویای نابینایان بود. روش تحقیق، نیمه تجربی و به لحاظ هدف کاربردی بود. در این مطالعه ۲۰ نوجوان نابینای مادرزاد به روش داوطلبانه و براساس معیارهای ورود به مطالعه، انتخاب و به طور تصادفی به دو گروه کنترل و تجربی تقسیم شدند. گروه تجربی به مدت ۱۸ جلسه و هر جلسه ۲۰ دقیقه به تمرین با دستورالعمل توجه بیرونی با استفاده از محرک موزون شنیداری پرداخت. تعادل ایستا و پویا با استفاده از دستگاه فوت اسکن، قبل و بعد از مداخله ارزیابی شد. تحلیل داده ها با استفاده از روش پارامتریک کوواریانس و روش ناپارامتریک بوت استرپ در سطح معناداری ۰/۰۵ انجام شد. نتایج بین پیش آزمون و پس آزمون سطح مرکز فشار ($P=0/629$) و مسافت مرکز فشار ($P=0/613$) برای تعیین تعادل ایستا و دامنه مرکز فشار در مسیر قدامی-خلفی ($P=0/063$) و مسیر داخلی-خارجی ($P=0/428$) برای تعیین تعادل پویا در گروه ها، تفاوت معناداری را نشان نداد؛ با این حال، کاهش در نمرات سطح و مسافت مرکز فشار و افزایش در نمرات دامنه مرکز فشار در دو مسیر قدامی-خلفی و داخلی-خارجی، به ترتیب حاکی از بهبود تعادل ایستا و پویای افراد در گروه تجربی بود. نتایج نشان می دهد که شاید بتوان از این گونه مداخلات در بهبود تعادل نابینایان استفاده کرد؛ البته برای حمایت از این گونه مداخلات به مطالعات بیشتری در این زمینه نیاز است.

واژگان کلیدی: تعادل، توجه، محرک موزون شنیداری، نابینایی.



مقدمه

از بین انواع معلولیت‌های هفت‌گانه جسمی، نابینایی^۱ به‌عنوان یکی از معلولیت‌های حسی، به‌تنهایی یک سوم آمار معلولیت را به‌خود اختصاص داده است (۱). فرد نابینا از طریق حواس دیگر اطلاعات با ارزشی فراهم می‌کند، اما بینایی به‌عنوان ملکه حواس، وظیفه انتقال ۸۰ تا ۹۰ درصد اطلاعات رسیده به مغز را برعهده دارد؛ بنابراین هرگونه اختلال در این حواس می‌تواند مشکلات حرکتی زیادی را برای فرد به دنبال داشته باشد (۲).

تبادل از موضوعات مهم سیستم حسی و حرکتی است که ارتباط متقابل میان دروندادهای حسی و پاسخ‌های حرکتی موردنیاز را به‌منظور حفظ قامت، بررسی می‌کند و شامل تعادل ایستا^۲ مبنی بر توانایی بدن برای نگهداری و حفظ حالت ساکن و بی‌حرکت و همچنین تعادل پویا^۳ مبنی بر توانایی بدن برای نگهداری و حفظ وضعیت بدن در زمان حرکت است (۳،۴). افراد مبتلا به اختلال بینایی در حفظ قامت و کنترل تعادل مشکل دارند (۱،۴) و باعث ایجاد مشکلاتی مانند سقوط، زمین خوردن‌های متوالی و آسیب‌های ناشی از آن مانند شکستگی، کوفتگی، کاهش اعتمادبه‌نفس و احساس ناامیدی در این افراد می‌شود (۵، ۱). چندین سیستم در عملکرد تعادل تأثیر دارند؛ از جمله حس بینایی، سیستم دهلیزی و حس عمقی. سیستم بینایی به‌عنوان مهم‌ترین منبع کسب اطلاعات از محیط، علاوه‌بر هماهنگی حرکتی، تسهیل‌کننده فرایندهای تعادلی سیستم دهلیزی و حس عمقی نیز است. تأخیر یا تخریب اطلاعات بینایی باعث اختلال در دقت حرکتی می‌شود (۶). در نابینایان، افول سیستم بینایی موجب ارسال اطلاعات حسی غیردقیق به فرد می‌شود و بدن قادر به شناسایی انحرافات از مرکز ثقل و تولید پاسخ‌های عضلانی صحیح برای حفظ قامت نخواهد بود. این امر دقت و توجه فرد به اندام‌ها را افزایش (توجه درونی) و در نتیجه اجرای کنترل خودکار را مختل می‌کند و احتمال آسیب دیدن و ضعیف شدن اجرا را افزایش می‌دهد (۴،۷). گزارش‌ها نشان می‌دهد که نابینایان سعی می‌کنند برای جبران نابینایی از حس‌های دیگر مانند شنوایی به‌منظور حفظ ثبات و هماهنگی-کردن حرکات برای تنظیم وضعیت بدن در فضا استفاده کنند (۲).

یکی از انواع مداخلات جدید در توان‌بخشی حرکتی، استفاده از حواس شنیداری و ریتم موزون شنیداری (RAS)^۴ است که از راهکار توجه بیرونی استفاده می‌کند (۸،۹). این مداخله یک روش موسیقی‌درمانی عصب‌شناختی پیشرفته است که در آن از ضرب‌آهنگ و علائم زمان‌بندی‌شده برای بهبود حرکات موزون ذاتی راه‌رفتن و تعادل استفاده می‌شود (۱۰). بیشتر پژوهش‌ها نشان داده‌اند که ریتم‌های موزون شنیداری، بهبود معناداری در اختلالات راه رفتن و تعادل افراد در معرض خطر بی‌تعادلی و سقوط مانند سالمندان و بیماران پارکینسون^۵ و ام‌اس^۶ ایجاد کرده است (۸-۱۰). از دلایل اثربخشی ریتم موزون شنیداری می‌توان به هدایت به توجه بیرونی اشاره کرد (۱۰). مطالعات نشان می‌دهد، نیازهای توجهی برای کنترل وضعیت بدن و تعادل وجود دارد که در حضور توجه بیرونی این کارکردها مؤثرتر واقع می‌شود؛ از جمله فرضیه عمل محدودشده^۷ مطرح می‌کند که وقتی از افراد خواسته می‌شود کانون توجه درونی را اتخاذ کنند، آن‌ها سعی می‌کنند حرکات خود را به صورت هوشیارانه

-
1. Blindness
 2. Static Balance
 3. Dynamic Balance
 4. Rhythmic Auditory Stimulation
 5. Parkinson
 6. Multiple sclerosis
 7. Constrained Action Hypothesis

کنترل کنند. درمقابل تمرکز بر اثر حرکت یا اتخاذ کانون توجه بیرونی به فرایندهای خودکار و غیرهوشیارانه اجازه می‌دهد تا حرکت را کنترل کنند (۱۱). یافته‌های علمی نشان می‌دهد که فرایندهای توجهی در کنترل حرکات خودکار مانند راه رفتن نابینایان، بیشتر درگیر هستند و نابینایان بیشتر از پردازش هوشیار (توجه درونی) در راه رفتن بهره می‌برند تا توجه بیرونی و پردازش خودکار حرکت (۵،۷).

تحقیقات مختلفی به بررسی تأثیر انواع مداخلات بر عملکرد تعادلی افراد دارای اختلال بینایی پرداخته‌اند؛ از جمله کالیک^۱ و همکاران به بررسی تأثیر هشت هفته تمرینات تعادلی ایستا و پویا بر تعادل کودکان نابینای مادرزاد پرداختند. نتایج پیشرفت معناداری را در همه آزمون‌های تعادلی نابینایان نشان داد (۶). مائورونیوتیس^۲ و همکاران به بررسی تأثیر ۱۶ جلسه تمرینات پیلاتس بر تعادل چهارده کودک نابینا پرداختند. نتایج تغییرات معناداری را در تعادل ایستا و پویای گروه تجربی نشان داد (۵). صادقی و همکاران نیز تأثیر هشت هفته تمرینات ثبات مرکزی بر تعادل پویا و ایستا و سرعت راه رفتن نابینایان را بررسی کردند. نتایج بهبود معناداری را در تعادل پویا و سرعت راه رفتن نشان داد، اما بر تعادل ایستا تأثیر معناداری نداشت (۱۲). با توجه به یافته‌های موجود به نظر می‌رسد که مداخلات تمرینی هدفمند می‌تواند بر تعادل افراد دارای اختلال بینایی مؤثر باشد؛ با این حال، وضعیت فعلی محدود مطالعات در این حوزه و تفاوت‌ها در روش‌شناسی و همچنین تناقض در یافته‌ها، اجازه برای اتفاق نظر و توافق قطعی را نمی‌دهد. به دانش ما هیچ مطالعه‌ای به بررسی تأثیر یک دوره دستورالعمل کانون توجه بیرونی همراه با ریتم موزون شنیداری بر تعادل نابینایان نپرداخته است. محققان بیان کرده‌اند، افراد با اختلال بینایی از توانایی تمرکز و توجه زیادی برخوردارند و از محرک‌های شنیداری برای جبران کارکرد بینایی استفاده می‌کنند و از طریق سازوکارهای توجه انتخابی که موجب افزایش ادراک می‌شوند، سرعت تحکیم و یادآوری محرک‌های ادراک شده را افزایش می‌دهند (۱۳)؛ بنابراین با توجه به این یافته‌ها و سازوکار تأثیر این گونه مداخلات و همچنین اثربخشی آن بر تعادل افراد سالمند و دیگر بیماری‌های عصب‌شناختی (۸-۱۰)، به نظر می‌رسد استفاده از این تحریکات به عنوان یک مداخله توان‌بخشی آسان، ارزان و قابل استفاده در هر مکان، بتواند بر تعادل نابینایان مؤثر باشد. با این توضیحات، این اولین مطالعه‌ای است که از ریتم شنیداری به عنوان دستورالعمل کانون توجه بیرونی برای نابینایان استفاده می‌کند و به بررسی تأثیرات آن بر عملکرد تعادلی این افراد می‌پردازد؛ بنابراین هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیر یک دوره تمرین راه رفتن با دستورالعمل کانون توجه بیرونی بر تعادل نابینایان بود.

روش پژوهش

مطالعه حاضر از نوع نیمه تجربی و به لحاظ هدف، کاربردی بود. نمونه آماری این مطالعه، ۲۰ نفر نابینای مادرزادی (۹ دختر و ۱۱ پسر) بودند که از مراکز استثنایی شهرستان‌های بابل، قائم‌شهر و کلاردشت به شیوه نمونه‌گیری دردسترس و داوطلبانه انتخاب شدند. معیارهای ورود به مطالعه، دامنه سنی ۱۲ تا ۱۶ سال، نداشتن اختلال شنوایی، نداشتن سابقه شکستگی در یک سال گذشته در اندام تحتانی، نداشتن سایر بیماری‌های عصب‌شناختی مانند اوتیسم، اختلال نقص توجه،

1. Çalık
2. Mavrovouniotis

بیش‌فعالی و فقدان معلولیت‌های ذهنی و جسمی دیگر و همچنین شرکت‌نکردن در هرگونه فعالیت‌های ورزشی منظم در شش ماه گذشته بود. (۸،۹).

برای همه شرکت‌کنندگان فرم رضایت‌نامه آگاهانه کتبی در حضور والدین‌شان خوانده و امضا شد و به آن‌ها اطمینان داده شد که اطلاعات نزد محقق محرمانه باقی خواهد ماند و اطلاعات به‌صورت کلی و بدون ذکر اطلاعات فردی و فقط برای مقاصد پژوهشی استفاده می‌شود. به شرکت‌کنندگان اطلاع داده شد که هرگاه خواستند می‌توانند پژوهش را ترک کنند. پروتکل مطالعه توسط کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه مازندران با شناسه اخلاق IR.UMZ.REC.1399.008 تصویب شد. کد کارآزمایی بالینی نیز با شناسه IRCT20201013049014N1 دریافت شد.

ابزارهای اندازه‌گیری

برای اندازه‌گیری تعادل از دستگاه فوت اسکن^۱ ساخت شرکت آر-اسکن کشور بلژیک برای ثبت مختصات مرکز فشار پاها استفاده شد. ابعاد این دستگاه ۴۰×۱۰۰ سانتی‌متر، دارای ۸۱۹۲ حسگر بوده و قادر به نمایش سطح کف پا و ثبت داده‌های مربوط به فشارهای کف پای و حرکت مرکز فشار است. فرکانس نمونه‌برداری آن حداکثر تا ۲۵۳ هرتز قابل تنظیم است که باتوجه به زمان انجام آزمون، با نسبتی مشخص کاهش می‌یابد (۱۴). برای سنجش تعادل ایستا از آزمودنی خواسته شد با پای برهنه روی دستگاه فوت اسکن، به‌طوری‌که پاها موازی و با فاصله ۱۵ سانتی‌متر از هم قرار می‌گرفتند، به مدت ۲۰ ثانیه بایستد و سر را روبه‌رو نگه دارد. در این زمان داده‌های مربوط به تعادل ایستا (متغیرهای سطح مرکز فشار و مسافت مرکز فشار) به‌طور خودکار توسط دستگاه ثبت شد (۱۵). برای سنجش تعادل پویا از آزمون حدود پایداری^۲ استفاده شد؛ به این صورت که از آزمودنی خواسته شد با پاهای برهنه روی دستگاه بایستد؛ به‌طوری‌که پاها به صورت موازی و با فاصله ۱۵ سانتی‌متر از هم قرار بگیرند. سپس به مدت ۲۰ ثانیه طوری که پاهایش از روی صفحه دستگاه جدا نشود تا سر حد توان خود در چهار جهت جلو، عقب، چپ و راست حول محور مفصل مچ پا، تمام بدن خود را متمایل کند. در این هنگام داده‌های مربوط به جابه‌جایی و سطح مرکز فشار توسط دستگاه به صورت خودکار ثبت شد (۱۵). پس از پایان مراحل اندازه‌گیری پیش‌آزمون، آزمودنی‌ها به‌طور تصادفی به دو گروه تجربی و کنترل، تقسیم شدند. گروه تجربی تمرینات خود را به‌طور انفرادی و با مربی انجام می‌دادند. تمرینات دستورالعمل توجه بیرونی به‌صورت علائم شنیداری توسط یک مترونوم مارک ماسدو^۳ (ام-تی ۱۰۰) ایجاد و به‌وسیله یک هدفون پخش می‌شد. در این گروه از آزمودنی‌ها خواسته شد تا با ضرب‌آهنگ‌هایی که ۱۰ درصد بیشتر از آهنگ راه رفتن ترجیحی‌شان بود، در مسافت ۱۰ متر راه بروند و گام خود را با آن منطبق کنند (۹). به‌منظور پی بردن به آهنگ ترجیحی هر نفر، از هر آزمودنی خواسته شد که دو بار با سرعت خودانتخابی، در یک مسیر ده‌متری راه برود. طی هر بار راه رفتن با کروномتر دستی زمان پیمودن مسافت ۱۰ متر ثبت شد. زمان پیمودن مسافت ذکرشده و تعداد قدم‌ها در هر دور محاسبه شد و میانگین آن به‌عنوان آهنگ ترجیحی هر نفر ثبت شد. هر هفته پژوهشگر با اطمینان از اینکه پالس‌ها برای هر شرکت‌کننده مطابق با آهنگ پایه ترجیحی به‌اضافه ۱۰ درصد است، تمرینات را آغاز می‌کرد (۸). مجدد در جلسه پس‌آزمون، متغیرهای پژوهش از گروه‌ها اندازه‌گیری شد.

1. Foot-Scan
2. Stability of range test
3. Masado Model

داده‌های مربوط به مرکز فشار از نرم‌افزار بالانس که مخصوص دستگاه فوت‌اسکن است، استخراج شد و محاسبات مربوط به آن در فضای نرم‌افزار اکسل انجام شد. به‌منظور کمی کردن تعادل ایستای افراد از متغیرهای سطح و مسافت مرکز فشار و برای تعادل پویا از متغیر دامنه مرکز فشار در دو مسیر قدامی-خلفی و داخلی-خارجی استفاده شد. برای تحلیل اثربخشی برنامه تمرینی بر متغیرهای پژوهش از آزمون پارامتریک کوواریانس و در صورت برقراری نبودن پیش‌فرض‌های لازم از آزمون ناپارامتریک بوت‌استرپ در سطح معناداری ۰/۰۵ به کمک نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ استفاده شد.

نتایج

جدول (۱) اطلاعات توصیفی مربوط به متغیرهای پژوهش در پیش‌آزمون و پس‌آزمون را نشان می‌دهد. نتایج جدول بیان می‌کند که متغیرهای سطح مرکز فشار و مسافت مرکز فشار (شاخص‌های تعادل ایستا) و دامنه مرکز فشار در مسیر قدامی-خلفی و دامنه مرکز فشار در مسیر داخلی-خارجی (شاخص‌های تعادل پویا) در گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل افزایش داشت.

جدول ۱- میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای پژوهش

Table 1- The mean and standard deviations of study

انحراف استاندارد $\pm$ میانگین Std. Deviation $\pm$ Mean		متغیر Variable	
گروه کنترل Control group	گروه تجربی Experimental group		
0.0 $\pm$ 153.78	0.0 $\pm$ 212.304	پیش‌آزمون Pre-test	سطح مرکز فشار
0.0 $\pm$ 146.079	0.0 $\pm$ 133.118	پس‌آزمون Post-test	Center of pressure surface
84.22 $\pm$ 70.07	96.6 $\pm$ 61.94	پیش‌آزمون Pre test	مسافت مرکز فشار
89.29 $\pm$ 38.11	87.41 $\pm$ 86.75	پس‌آزمون Post-test	Center of pressure distance
43.8 $\pm$ 72.58	33.14 $\pm$ 69.28	پیش‌آزمون Pre-test	دامنه مرکز فشار (AP)*
40.12 $\pm$ 18.99	45.13 $\pm$ 71.34	پس‌آزمون Post-test	(AP)Center of pressure range
54.6 $\pm$ 55.94	48.12 $\pm$ 38.91	پیش‌آزمون Pre-test	دامنه مرکز فشار (ML)**
53.15 $\pm$ 60.12	57.12 $\pm$ 31.85	پس‌آزمون Post-test	(ML)Center of pressure range

جدول ۲- نتایج آزمون بوت‌استرپ سطح و مسافت مرکز فشار تعادل ایستا

Table 2- The results of the bootstrap test of the surface and distance of the center of pressure of static equilibrium

متغیرها Variables	مجموع مجذورات sum of squares	میانگین مجذورات Square Mean	F	p
سطح مرکز فشار Center of pressure surface	0.002	0.002	0.243	0.629
مسافت مرکز فشار Center of pressure distance	284.490	284.490	0.266	0.613

AP*: قدامی-خلفی **ML: داخلی-خارجی

پیش‌فرض‌های آزمون پارامتریک کوواریانس بررسی شد. نتایج نشان داد که در متغیرهای سطح مرکز فشار و مسافت مرکز فشار توزیع داده‌ها طبیعی نبود ($P < 0.05$)؛ بنابراین برای این متغیرها از آزمون ناپارامتریک بوت‌استرپ استفاده شد (جدول ۲) و برای سایر متغیرها آزمون پارامتریک کوواریانس به کار رفت (جدول ۳).

نتایج آزمون بوت‌استرپ در جدول (۲) نشان می‌دهد که سطح مرکز فشار ($P = 0.629$) و همچنین مسافت مرکز فشار ($P = 0.613$) به‌عنوان شاخص‌های تعادل ایستا، تغییرات معناداری را تحت‌تأثیر مداخله پژوهش نشان نداده‌اند.

جدول ۳- نتایج تحلیل کوواریانس برای متغیر تعادل پویا

Table 3- Results of covariance analysis for dynamic balance variable

متغیرها Variables	مجموع مجذورات Sum of squares	میانگین مجذورات Square Mean	F	اندازه اثر (ضریب Eta coefficient)
دامنه مرکز فشار (AP) Center of pressure (AP)range	485.753	485.753	4.029	0.212
دامنه مرکز فشار (ML) Center of pressure (ML)range	135.302	135.302	0.665	0.042

نتایج جدول (۳) با استفاده از آزمون کوواریانس نشان می‌دهد که تمرین با دستورالعمل کانون توجه بیرونی بر متغیرهای تعادل پویا مانند دامنه مرکز فشار در مسیر قدامی-خلفی ($P = 0.063$) و مسیر داخلی-خارجی ($P = 0.428$) تأثیر معناداری نداشته است.

بحث و نتیجه گیری

هدف مطالعه حاضر، بررسی اثر تمرین راه رفتن با دستورالعمل توجه بیرونی بر تعادل ایستا و پویای نابینایان بود. به دانش ما، این اولین مطالعه‌ای بود که با استفاده از ریتم موزون شنیداری به عنوان یک دستورالعمل توجه بیرونی به ارزیابی تعادل نابینایان می‌پرداخت. نتایج نشان داد که تمرین راه رفتن با دستورالعمل توجه بیرونی، به رغم بهبود در میانگین نمرات در پس‌آزمون، تغییر معناداری بر تعادل ایستا نداشت. این نتایج با یافته‌های مطالعات مسترز و مکسول^۱ (۷)، صادقی و همکاران (۱۲) و پیراچه و همکاران (۱۶) همخوانی دارد؛ با این حال، با توجه به تغییرات میانگین سطح و مسافت مرکز فشار در پس‌آزمون به سمت بهبودی (جدول ۱)، به نظر می‌رسد این نوع مداخلات تأثیرات مثبتی داشته است؛ اما شاید اگر طول دوره تمرینات طولانی‌تر بود، این نتایج نیز تأثیر معناداری را از نظر آماری نشان می‌داد. علاوه بر این، ممکن است استفاده از این آزمون تعادلی برای سنجش تعادل ایستا در این مطالعه، نتوانسته باشد اختلاف بین افراد را به خوبی آشکار کند. در حالت ایستا، حفظ تعادل همانند یک آونگ وارونه است؛ بدین صورت که مرکز ثقل بدن که متأثر از نیروی گرانش است، با مقدار تقریباً ثابت و مشخصی از نیروهای اعمال شده بدن بر زمین، صرفاً در یک نقطه متمرکز و نگه داشته می‌شود (۱۷)؛ در نتیجه چنین برداشت می‌شود که حفظ تعادل در حالت ایستا، کاری چندان چالش برانگیز نیست. از طرفی، تعادل ایستا تا حد زیادی وابسته به قدرت عضلانی است که توان تولید نیروی کافی برای حفظ قامت را دارد. از آنجاکه افزایش قدرت عضلانی از اهداف برنامه تمرینی حاضر نبوده است، شاید بتوان فقدان اثرگذاری چشمگیر در تعادل ایستا را این گونه نیز بیان کرد.

از دیدگاه کنترل حرکتی، حفظ تعادل ایستا و پویا به طور درخور توجهی متفاوت هستند. براساس پژوهش‌های به دست آمده چنین برداشت می‌شود که تفاوت اثر کانون توجه بر اجرا به عوامل گوناگونی بستگی دارد که یکی از آن‌ها سطوح دشواری تکالیف است. مسترز و ماکسول به این نتیجه رسیدند که هرچه تکالیف تعادلی آسان‌تر باشد، احتمالاً بار ذاتی برای منابع توجه به منظور روبه‌رو شدن با آن وجود ندارد (۷). احتمالاً در پژوهش حاضر نیز با توجه به اینکه تکلیف تعادل ایستا بسیار ساده بود، به همین دلیل نتوانست این تکلیف از مزایای توجه بیرونی به خوبی استفاده کند. نتایج این مطالعه در خصوص تعادل ایستا با نتایج مطالعات خرمی مقدم و همکاران (۳) و اسکندری و همکاران (۱۸) همخوانی ندارد. شاید یکی از مهم‌ترین این‌ها، تفاوت ابزارهای اندازه‌گیری باشد. در اکثر مطالعات گذشته، پژوهشگران از آزمون‌های میدانی برای سنجش تعادل استفاده کردند که احتمال خطای انسانی در آن بسیار زیاد است و در مقایسه با دستگاه فوت اسکن که به عنوان استاندارد طلایی سنجش استفاده می‌شود و از دقت زیادی برخوردار است (یک میلی‌متر)، اعتبار کمتری دارد (۱۷)؛ بنابراین به نظر می‌رسد نشان دادن تغییرات تعادلی با این ابزارهای دقیق در نتیجه این مداخلات حسی، به تمرینات طولانی‌تری نیاز دارد.

از دیگر نتایج تحقیق حاضر با وجود بهبودی نسبی متغیرهای مربوط به تعادل پویا در گروه تجربی، تأثیر معنادار نداشتن دستورالعمل کانون توجه بیرونی بر تعادل پویای نابینایان بود. جدول (۱) نشان می‌دهد که میانگین بهبود متغیرهای مربوط به تعادل پویا در مقایسه با تعادل ایستا بیشتر بود؛ هرچند این تغییرات معنادار نشد؛ با این حال می‌تواند نشان دهد که تأثیرات دستورالعمل کانون توجه بیرونی بر تعادل پویا بیشتر از تعادل ایستا در نابینایان بوده است. شاید همان‌طور که گفته شد، اگر طول دوره تمرینات طولانی‌تر بود، این نتایج تأثیرات بهتر و معناداری را نشان می‌داد. از آنجاکه کانون توجه بیرونی سبب تسهیل فرایندهای خودکار و خودسازمان‌دهی بهتر سیستم‌های مختلف می‌شود، نیاز افراد به درگیری مراکز عصبی سطح

بالتر برای کنترل اندام کاهش یافته و اجرای حرکتی بهبود می‌یابد (۷). طبق این نظریه و درحالی که در افراد نابینا تمرکزشان بر اطلاعات درونی است، به نظر می‌رسد در اجرای حرکات تعادلی، اطلاعات از درون حاصل می‌شوند. نظریه کدگذاری مشترک ادراک و عمل^۱ یکی از دیدگاه‌های عملی درمورد برتری توجه بیرونی است. براساس این نظریه، سیستم‌های کدگذاری مختلفی برای اطلاعات وایران و آوران و همچنین یک واسطه بازنمایی مشترک برای ادراک و عمل وجود دارد که طبق آن، کدهای آوران و وایران تنها در یک سطح بازنمایی دور (توجه بیرونی) می‌توانند به‌طور اشتراکی، تولید و حفظ شوند؛ یعنی عمل زمانی مؤثرتر خواهد بود که براساس نتیجه طرح‌ریزی شود (۱۹). علاوه بر این محققان بیان می‌کنند که مکانیسم اصلی تمرین راه‌رفتن با توجه بیرونی از نوع حسی شنیداری، به‌دلیل هم‌زمان شدن شنیداری-حرکتی در سیستم عصبی مرکزی است که ریتم شنیداری را در برون‌داد حرکتی عملکردی، به عنوان مثال راه‌رفتن، منعکس می‌کند (۱۰). ریتم شنیداری، نواحی حرکتی مغز شامل منطقه حرکتی مکمل، پیش‌مکمل، قشر پیش‌حرکتی، عقده‌های قاعده‌ای و مخچه را فعال می‌سازد. فعال‌سازی نواحی حرکتی مغز از طریق ریتم، فعال‌سازی عضلانی را بهبود می‌بخشد و منجر به کنترل حرکتی بهتر می‌شود؛ ازاین‌رو هم‌زمانی بین ریتم شنیداری و پاسخ حرکتی سبب می‌شود الگوی راه‌رفتن و تعادل تنظیم و تثبیت شود (۹،۱۰).

نتایج این قسمت از تحقیق درخصوص تعادل پویا با نتایج مطالعات صادقی و همکاران (۱۲)، سالاری و همکاران (۲۰)، پیراچه و همکاران (۱۶)، اشرفی و همکاران (۲۱)، داورپناه جزی و همکاران (۲۲)، ماورونیوتیس و همکاران (۵) و کالیک و همکاران (۶) همخوانی ندارد. طراحی‌های مختلف در مطالعات با توجه به عواملی مانند روش تمرین، مدت مداخله و استفاده از تکالیف و ابزارهای مختلف ممکن است توضیح‌دهنده این یافته‌های متفاوت باشد. همان‌طور که گفته شد، اکثر این مطالعات از آزمون‌های میدانی برای سنجش تعادل پویا استفاده کرده بودند؛ مانند آزمون ایستادن تک پا (۲۰)، آزمون فلامینگو (۳) و آزمون لک‌لک (۱۸) که استناد به این نتایج را با احتیاط همراه می‌کند. از طرفی تفاوت در روش‌شناسی‌های مختلف در مطالعات مانند طول و مدت زمان دوره تمرین و نوع مداخله نیز می‌تواند توجیه‌کننده این یافته‌های متفاوت باشد.

نتایج این تحقیق نشان داد، به‌رغم اینکه بهبودی در میانگین نمرات تعادل مشاهده شد، این نتایج از نظر آماری معنادار نبود؛ با وجود این، شاید بتوان از این مداخلات به‌عنوان یک روش مناسب در توان‌بخشی و کاهش خطر سقوط نابینایان استفاده کرد. ارزان‌بودن، در دسترس بودن و قابلیت استفاده در هر مکان از مزایای این نوع مداخلات است که امکان استفاده از آن را آسان می‌کند؛ اما برای اطمینان و حمایت از این‌گونه مداخلات بر نابینایان به انجام مطالعات بیشتر در این زمینه نیاز است. این پژوهش محدودیت‌هایی داشت؛ ازجمله اینکه به‌دلیل محدودیت در دسترسی به حجم کافی نمونه، هر دو جنس با هم مطالعه شدند. شاید تأثیر این‌گونه مداخلات بر زنان و مردان به‌طور مستقل از یکدیگر متفاوت باشد؛ بنابراین به پژوهشگران پیشنهاد می‌شود، در مطالعات بعدی طول مدت تمرینات و تأثیرات احتمالی این‌گونه مداخلات بر جنسیت را بررسی کنند. از طرفی، از افراد کم‌بینا و نابینای اکتسابی نیز به علت تفاوت در پاسخ‌های ادراکی در مقایسه با نابینایان مادرزادی، استفاده شود.

پیام مقاله

استفاده از روش‌های جدید توان بخشی مانند تحریکات موزون شنیداری توانست تاحدی بر متغیرهای تعادل ایستا و پویای نابینایان تأثیر بگذارد؛ با این حال، با توجه به اینکه این نتایج معنادار نبود، در استفاده از این مداخلات لازم است احتیاط شود و به مطالعات بیشتر در این زمینه نیاز است.

تشکر و قدردانی

از تمام شرکت کنندگان در این تحقیق و خانواده‌های عزیزشان که در این پژوهش همراه ما بودند، تشکر و قدردانی می‌شود. همچنین گرامی می‌داریم یاد سرکار خانم نادیا خالقی معلم مرکز استثنایی شهرستان قائم‌شهر را که در تمام مراحل تحقیق، دلسوزانه کنار ما بود و سال‌ها عاشقانه برای افراد نابینا تلاش و مجاهدت کرد.

منابع

1. Zarei H, Norasteh AA. Effects of exercise training programs on balance of blind children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *J Bodyw Mov Ther.* 2022; 30:187-95.
2. Parreira RB, Grecco LAC, Oliveira CS. Postural control in blind individuals: a systematic review. *Gait Posture.* 2017; 57:161-7.
3. Khorami Moghaddam M, Shahrjerdi SH, Abdollahzade E, Nemati S. The effect of chest crawl swimming exercises on static balance in boys with visual impairment. *Journal of Ghom University of Medical Science.* 2017;11(6):46-54. (in Persian).
4. Ayvazoglu NR, Francis HK, Kozub M. Explaining physical activity in children with visual impairments: a family systems approach. *Except Child.* 2006;72(2):235-48.
5. Mavrovouniotis FI, Papaioannou CS, Argiriadou EA, Mountakis CM. et al. The effect of a combined training program with Greek dances and Pilates on the balance of blind children. *J Physic Educ Sport.* 2013;13(1):91.
6. Çalık BB, Aslan UB, Aslan Ş, Kabul EG. The effect of static and dynamic balance training on balance in children with congenital blindness. *J Contemp Med.* 2019;9(1):89-94.
7. Maxwell JP, Masters RS. External versus internal focus instructions: is the learner paying attention? *Int J Appl Sports Sci.* 2002;14(2):70-88.
8. Memarmoghaddam M, Shahraki M. The effect of rhythmic auditory stimulation during walking exercise on kinematic parameters of step-vector in patients with multiple sclerosis. *Journal of Motor Behavior.* 2018;10(33):17-34. (in Persian).
9. Shahraki M, Sohrabi M, Taheri Torbati HR, Nikkhah K, Naeimikia M. Effect of rhythmic auditory stimulation on gait kinematic parameters of patients with multiple sclerosis. *J Med Life.* 2017;10(1),33-7.
10. Rochester L, Nieuwboer A, Baker K, Hetherington V, et al. The attentional cost of external rhythmical cues and their impact on gait in Parkinson's disease: effect of cue modality and task complexity. *J Neural Transm.* 2007;114(10):1243.
11. Wulf, G, McNevin N, Shea CH. The automaticity of complex motor skill learning as a function of attentional focus. *Q J Exp Psychol A.* 2001;54(4):1143-54.
12. Sadeghi S, Mahdavinezhad R, Kamali A. Determining the effectiveness of central stability exercises on balance and gait speed of blind students. *Journal of Research in Sports Rehabilitation.* 2016;4(7):21-30. (in Persian).
13. Amedi A, Raz N, Pianka P, Malach R, et al. Early 'visual' cortex activation correlates with superior verbal memory performance in the blind. *Nat Neurosci.* 2003;6(7):758-66.

14. Nejc S, Lofler S, Cvecka J, Sedliak M. Strength training in elderly people improves static balance: a randomized controlled trial. *European Journal of Translational Myology*, 2013;23(3):85-89.
15. Degani AM, Leonard CT, Danna-dos-Santos A. The effects of early stages of aging on postural sway: a multiple domain balance assessment using a force platform. *J Biomech*. 2017;64:8-15.
16. Pirache S, Barjeste Mohebbi B, Memar R. The effect of a central stability training session on the balance of blind non-athlete boys aged 18-14 years. *The 8th International Conference on Physical Education and Sports*; 2012. (in Persian).
17. Catalfamo P, Moser D, Ghoussayni S, Ewins D. Detection of gait events using an F-Scan in-shoe pressure measurement system. *Gait Posture*. 2008;28(3):420-26.
18. Eskandari H, Golpayegani M, Shahrjerdi S. The effect of textured surface balance training on blind's static and dynamic balance. *First Congress on Sport for all, Tehran-Iran*; 2015. (in Persian).
19. Prinz W. A common coding approach to perception and action. In: *Relationships between perception and action*. Berlin, Heidelberg:Springer; 1990, pp. 167-201.
20. Salari A, Sahebazzamani M, Daneshmandi H. The effect of central body stability exercises on static and dynamic balance of blind female athletes. *Journal of Kerman Medicine Science*. 2013;20(6):585-95. (in Persian).
21. Ashrafi L, Namazizadeh M, Davari F. The effect of rhythmic exercises on perceptual motor skills of children with visual impairment. *Motor Behavior*. 2014;6(18):117-30. (in Persian).
22. Jazi SD, Purrajabi F, Movahedi A, Jalali S. Effect of selected balance exercises on the dynamic balance of children with visual impairments. *J Vis Impair Blind*. 2012;106(8):466-74.