DOI: 10.48305/jrrs.2026.46102.1133 Published by Vesnu Publications

# اثر تمرینات ترکیبی دهلیزی- حس عمقی بر کنترل پاسچر کودکان دارای اختلال بینایی: مطالعه نیمه تجربی

مهلا آرمان‌فر[۱]، حسن دانشمندی[۲]*

مقاله پژوهشی


## چکیده

**مقدمه:** کاهش ورودی‌های بینایی در کودکان دارای اختلال بینایی، می‌تواند منجر به اختلال در کنترل پاسچر و عملکرد حرکتی شود. در این شرایط، سیستم‌های دهلیزی و حس عمقی نقش مهمی در جبران کمبود ورودی‌های حسی ایفا می‌کنند. هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی اثر تمرینات ترکیبی دهلیزی- حس عمقی در محیط مدرسه بر کنترل پاسچر، حس وضعیت مفصل زانو و مهارت‌های جابه‌جایی کودکان دارای اختلال بینایی و ارزیابی ماندگاری این اثرات در دوره پیگیری دوماهه بود.

**مواد و روش‌ها:** این مطالعه به صورت نیمه تجربی انجام شد. ۲۰ نفر از دانش‌آموزان پسر دارای اختلال بینایی ۷ تا ۱۰ ساله به صورت تصادفی در دو گروه تجربی و شاهد قرار گرفتند. گروه تجربی به مدت هشت هفته در تمرینات دهلیزی- حس عمقی شرکت کردند. متغیرهای تحقیق در مراحل پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پیگیری دو ماهه ارزیابی شدند. داده‌ها با استفاده از آزمون Repeated Measures ANOVA در سطح معنی‌داری $P < ۰/۰۵$ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

**یافته‌ها:** تغییرات بین‌گروهی در بخش‌های اثر گروه، اثر زمان و اثر تعاملی اختلاف معنی‌داری را نشان داد ($P < ۰/۰۰۱$) و اندازه اثر متوسط و بالا در این بخش‌ها گزارش شد. در بخش تغییرات درون‌گروهی در گروه تجربی، در مقایسه بین مراحل پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پیگیری، بهبود معنی‌داری در کنترل پاسچر، حس وضعیت مفصل زانو و مهارت‌های جابه‌جایی مشاهده گردید ($P < ۰/۰۵۰$)؛ تنها مورد عدم معنی‌داری در مقایسه زمان پس‌آزمون و پیگیری در متغیر مهارت‌های جابه‌جایی ($P = ۰/۵۸۰$) بود. در گروه شاهد، مقایسه زمان پس‌آزمون و پیگیری در هیچ یک از متغیرهای پژوهش اختلاف معنی‌داری را نشان نداد ($P > ۰/۰۵۰$).

**نتیجه‌گیری:** تمرینات ترکیبی دهلیزی- حس عمقی در محیط مدرسه می‌تواند موجب بهبود کنترل پاسچر و مهارت‌های جابه‌جایی کودکان دارای اختلال بینایی شود و بخشی از برنامه‌های توان‌بخشی روزانه مدارس ویژه نابینایان را تشکیل دهد. با این حال، تعمیم نتایج مستلزم انجام پژوهش‌های بیشتر می‌باشد.


**کلید واژه‌ها:** تعادل؛ حس وضعیت مفصل؛ مهارت‌های جابه‌جایی؛ کودکان کم‌بینا

**ارجاع:** آرمان‌فر مهلا، دانشمندی حسن. **اثر تمرینات ترکیبی دهلیزی- حس عمقی بر کنترل پاسچر کودکان دارای اختلال بینایی: مطالعه نیمه تجربی.** پژوهش در علوم توانبخشی ۱۴۰۴؛ ۲۱.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۱۵ تاریخ چاپ: ۱۴۰۴/۱/۱۵

## مقدمه

سیستم بینایی از بدو تولد هدایت رشد شناختی، اجتماعی و حرکتی کودکان را بر عهده دارد. اختلالات بینایی می‌توانند پیامدهای قابل توجهی بر عملکرد حرکتی و تعاملات اجتماعی ایجاد کنند (۱). کاهش یا فقدان ورودی‌های بینایی، کنترل پاسچر (Postural control) را مختل و مشکلاتی در جهت‌یابی و ثبات پاسچر ایجاد می‌کند (۲).

کنترل پاسچر حاصل تعامل پویا میان سه سیستم حسی- حرکتی شامل بینایی، دهلیزی و حس عمقی (Proprioceptive and vestibular systems) است (۳). سیستم دهلیزی جهت‌گیری سر و جاذبه را کنترل می‌کند، سیستم حس عمقی وضعیت اندام‌ها و سطح اتکا را تنظیم می‌کند و سیستم بینایی ارتباط بدن با محیط را فراهم می‌سازد. بر اساس نظریه سیستم‌ها، سهم هر یک از این ورودی‌ها بسته به شرایط محیطی تغییر می‌کند که نشان دهنده سازگاری عصبی مرکزی می‌باشد (۵، ۴).

در کودکان دارای اختلال بینایی مادرزادی، کنترل پاسچر به طور عمده از طریق اتکا به سیستم‌های دهلیزی و حس عمقی جبران می‌شود و توانایی حفظ کنترل پاسچر از طریق هماهنگی حرکتی و فعالیت عضلانی توسعه می‌یابد (۶). با این حال، شواهد نشان می‌دهد که با وجود دقت بالاتر حس عمقی در این افراد، این جبران برای دستیابی به سطح کنترل پاسچر افراد بینا کافی نیست (۷).

اگرچه سیستم حس عمقی در شرایط محرومیت از بینایی یا اختلال دهلیزی نقش جبرانی مهمی ایفا می‌کند (۸)، اما این سازگاری منجر به بهبود کامل کنترل

۱- کارشناس ارشد، گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۲- استاد، گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
**نویسنده مسؤول:** حسن دانشمندی؛ استاد، گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
Email: danesh@guilan.ac.ir

پاسچر نمی‌شود (۹). کودکان دارای اختلال بینایی در آزمون‌های تعادل ایستا (Static balance) عملکرد ضعیف‌تری دارند (۱۰) و نوسانات پاسچر بیشتری را تجربه می‌کنند (۱۱). سن و شدت اختلال بینایی از عوامل تعیین‌کننده سطح تعادل هستند و کمترین میزان تعادل در گروه سنی ۷ تا ۱۱ سال گزارش شده است (۱۲). سطح پایین فعالیت بدنی این کودکان در دوران مدرسه، می‌تواند بی‌ثباتی پاسچر پویا (۱۳) و تأخیر در رشد مهارت‌های حرکتی مانند دویدن، جهش و گرفتن اشیا را تشدید کند (۱۴). مشارکت منظم در فعالیت‌های بدنی مانند تمرینات حرکتی درشت (راه رفتن و پرش)، نقش مهمی در بهبود عملکرد حرکتی (۱۵)، ثبات پاسچر، راه رفتن (۱۶)، تعادل و کیفیت زندگی این کودکان دارد (۱۷). بنابراین، برای ارتقای کنترل پاسچر و عملکرد حرکتی، این کودکان نیازمند تقویت حس عمقی و افزایش آگاهی فضایی هستند (۱۸).

نتایج مطالعات پیشین نشان داده است که تمرینات مبتنی بر تحریک سیستم دهلیزی (۱۹) و تمرینات تعادلی (۲۰)، می‌توانند کنترل پاسچر، تعادل ایستا و پویا و خطر سقوط را در افراد دارای اختلال بینایی بهبود بخشند. این تغییرات با سازگاری‌های عصبی همراه می‌باشد (۲۰). با این حال، اتکا به یک سیستم حسی به تنهایی برای جبران فقدان بینایی کافی نیست (۲۰، ۸) و ترکیب ورودی‌های دهلیزی و حس عمقی می‌تواند راهبرد مؤثرتری برای ارتقای کنترل پاسچر و عملکرد حرکتی باشد (۲۱، ۸).

با وجود شواهد موجود درباره اثربخشی تمرینات تعادلی، دهلیزی یا حس عمقی به صورت منفرد (۲۲-۱۹)، اطلاعات محدودی درباره ماندگاری اثرات مداخلات در محیط‌های آموزشی واقعی مانند مدارس در دسترس است. به نظر می‌رسد که تاکنون هیچ تحقیقی به‌طور نظام‌مند اثر ترکیبی هم‌زمان تمرینات دهلیزی و حس عمقی قابل اجرا را در محیط واقعی مدارس بر کودکان دارای اختلال بینایی بررسی نکرده است. این شکاف دانش، در حالی که اهمیت عملی قابل توجهی از جمله سهولت پیاده‌سازی در محیط‌های آموزشی روزمره، هزینه پایین، عدم نیاز به تجهیزات پیچیده، امکان ادغام در برنامه تربیت بدنی مدرسه و به ویژه پایداری بلندمدت اثرات در سنین حساس رشد حرکتی (۱۰-۷ سال) دارد، ضرورت انجام چنین پژوهشی را دوچندان می‌کند.

بر این اساس، هدف از انجام مطالعه حاضر، بررسی اثر و ماندگاری تمرینات ترکیبی دهلیزی- حس عمقی مدرسه‌محور بر کنترل پاسچر، حس وضعیت مفصل زانو و مهارت‌های جابه‌جایی کودکان ۷ تا ۱۰ ساله دارای اختلال بینایی بود.

## مواد و روش‌ها

*طراحی مطالعه:* این تحقیق از نوع نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پیگیری دوماهه بود که در سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ در مدرسه استثنایی نابینایان (شهرستان مشهد، استان خراسان رضوی) اجرا شد. شرکت‌کنندگان شامل دانش‌آموزان پسر ۷ تا ۱۰ ساله دارای اختلال بینایی بودند که پس از غربالگری اولیه، به صورت تصادفی (قرعه‌کشی ساده) به دو گروه ۱۰ نفره تجربی و شاهد اختصاص یافتند. اثر تمرینات بر شاخص‌های پژوهش در سه زمان ارزیابی گردید.

*روش تصادفی‌سازی:* تصادفی‌سازی با استفاده از قرعه‌کشی دستی (پاکت‌های مهر و موم شده حاوی شماره‌های ۱ تا ۲۰) اجرا شد. پاکت‌ها به ترتیب متوالی توسط فردی مستقل که هیچ دخالتی در غربالگری، ارزیابی‌ها یا اجرای مداخلات نداشت، باز و تخصیص اعلام می‌شد تا پنهان‌سازی تخصیص (Allocation concealment) تضمین شود و بایاس انتخاب به حداقل برسد (۴۵).

تعداد شرکت‌کنندگان بر اساس مطالعات مشابه و محدودیت دسترسی به دانش‌آموزان واجد شرایط تعیین شد. حجم نمونه با استفاده از تجزیه و تحلیل G × توان نرم‌افزار G*Power (نسخه ۳،۱،۹،۲، دانشگاه Kiel، آلمان) با سطح آلفای ۰/۰۵ و توان آماری (۱- بتا) ۰/۸۰ محاسبه گردید (۳۳).

تحقیق حاضر با رعایت کامل اصول اخلاقی پژوهش‌های انسانی انجام شد و مجوز رسمی از اداره کل آموزش و پرورش استان خراسان رضوی- شهرستان مشهد با شماره داخلی ۱۴۰۱/۱۶۱۷/۳۰/د/۱۰۹۸۴۱ در تاریخ ۱۴۰۱/۱۲/۲۲ اخذ گردید. اهداف و مراحل مطالعه برای والدین و دانش‌آموزان توضیح داده شد و رضایت‌نامه آگاهانه کتبی دریافت گردید. کد اخلاق پژوهش از کمیته اخلاق دانشگاه گیلان اخذ و کد کارآزمایی بالینی نیز برای این مطالعه ثبت شد. شرکت در تحقیق داوطلبانه بود و آزمودنی‌ها در هر مرحله امکان انصراف داشتند. کلیه اطلاعات فردی محرمانه باقی ماند و تمامی تمرینات تحت نظارت پژوهشگران و مربیان داوطلب متخصص در زمینه تربیت بدنی سازگارانه و ورزش معلولان در محیط مدرسه اجرا شد؛ به گونه‌ای که هیچ‌گونه خطری متوجه شرکت‌کنندگان نبود.

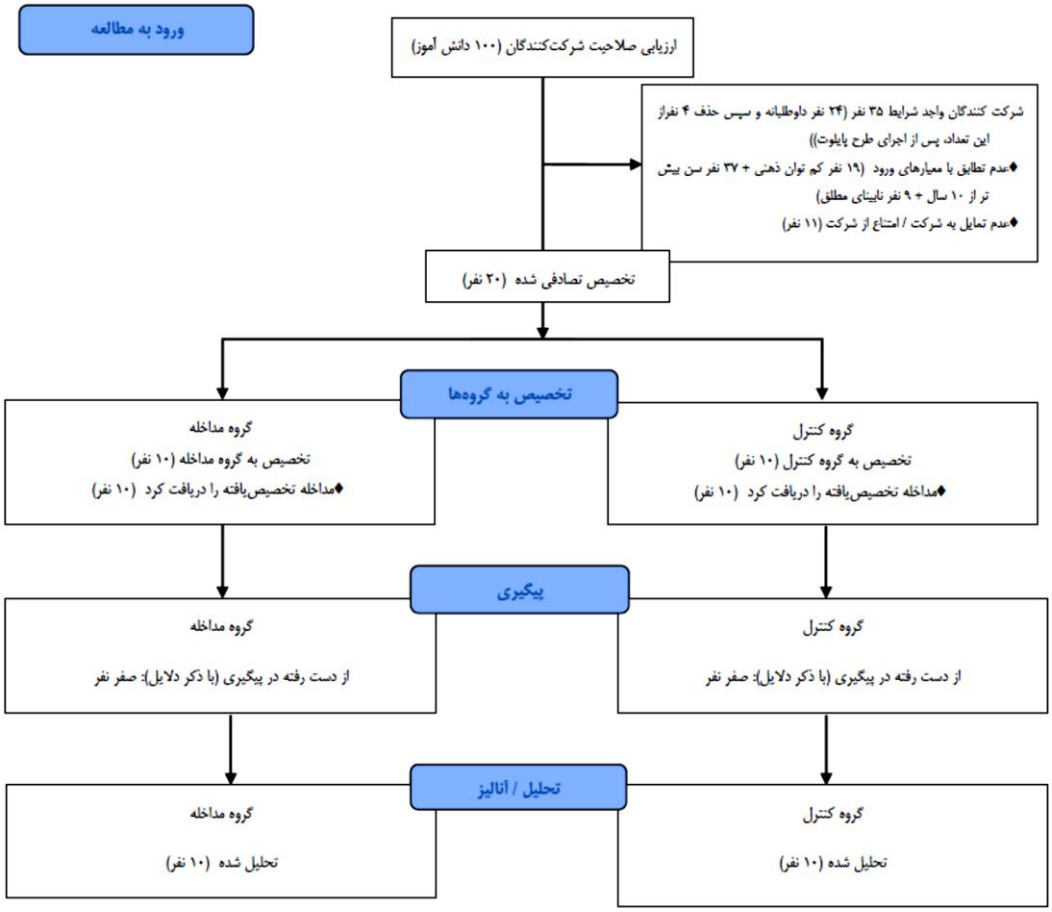
*شرکت‌کنندگان:* شرکت‌کنندگان شامل دانش‌آموزان پسر ۷ تا ۱۰ ساله دارای اختلال بینایی طیف خفیف تا متوسط [شدت بر اساس طبقه‌بندی سازمان بهداشت جهانی (World Health Organization یا WHO) و معادل آن در سیستم کلاس‌بندی برای ورزش‌های معلولان در محدوده کلاس B3] بودند. به منظور شناسایی دانش‌آموزان دارای اختلال بینایی، پرونده‌های پزشکی و نتایج بینایی‌سنجی آن‌ها با همکاری متخصص بینایی‌سنج مدرسه بررسی گردید. در مرحله غربالگری اولیه، از میان ۱۰۰ دانش‌آموز مدرسه، ۱۹ نفر به دلیل کم‌توانی ذهنی، ۳۷ نفر به دلیل سن بالاتر از ۱۰ سال و ۹ نفر به دلیل نابینایی مطلق از تحقیق کنار گذاشته شدند. در نهایت، ۳۵ نفر واجد شرایط ورود به پژوهش بودند که از این میان، ۲۴ نفر به صورت داوطلبانه در مطالعه شرکت کردند. پیش از اجرای مداخله اصلی، یک پژوهش پایلوت کوتاه‌مدت بر روی ۴ نفر از شرکت‌کنندگان داوطلب انجام شد تا روند اجرایی، توانایی آزمودنی‌ها و زمان‌بندی حرکات مورد بررسی و اصلاح قرار گیرد. داده‌های حاصل از این مرحله در تحلیل نهایی لحاظ نشد. در نهایت، ۲۰ نفر واجد شرایط به طور تصادفی به دو گروه تجربی و شاهد تخصیص یافتند. نمودار غربالگری شرکت‌کنندگان در شکل ۱ ارایه شده است.

*معیارهای ورود و خروج:* معیارهای ورود به مطالعه شامل تشخیص اختلال بینایی تأیید شده توسط متخصص بینایی‌سنج، توانایی راه رفتن بدون کمک و قرار داشتن در بازه سنی تعیین شده بود. نابینایی مطلق (کلاس $B_1$)، سابقه آسیب یا جراحی اندام تحتانی، شرکت هم‌زمان در برنامه‌های تمرینی مشابه، غیبت بیش از سه جلسه تمرینی، انجام فعالیت ورزشی ساختارمند خارج از تحقیق و بروز بیماری در طول مداخله نیز به عنوان معیارهای خروج در نظر گرفته شد. این معیارها به منظور افزایش همگنی نمونه و کنترل عوامل مداخله‌گر بود.

*روش اجرا:* پس از تخصیص آزمودنی‌ها به گروه‌های تجربی و شاهد، ارزیابی‌های پیش‌آزمون طی پنج روز متوالی انجام شد. این ارزیابی‌ها شامل آزمون ایستادن روی یک پا در چهار وضعیت حسی، آزمون بازسازی فعال زاویه مفصل زانو با زاویه هدف ۴۵ درجه فلکشن و خرده آزمون‌های مهارت‌های جابه‌جایی از آزمون مهارت‌های حرکتی درشت بود. به منظور کاهش خستگی آزمودنی‌ها و جلوگیری از تداخل آزمون‌ها، ترتیب اجرای آزمون‌ها برای تمامی شرکت‌کنندگان یکسان در نظر گرفته شد. قبل از شروع تمرینات یک جلسه آشنایی برای والدین و دانش‌آموزان توضیح داده شد.



http://jrrs.mui.ac.ir




**شکل ۱. نمودار غربالگری شرکت‌کنندگان**

پس‌آزمون دو روز پس از پایان دوره تمرینی هشت هفته‌ای اجرا شد تا اثرات کوتاه‌مدت مداخله بررسی شود. به منظور ارزیابی ماندگاری اثرات تمرینی، مرحله پیگیری دو ماهه نیز با استفاده از همان پروتکل‌های ارزیابی پیش‌آزمون و پس‌آزمون انجام گرفت. تمامی ارزیابی‌ها توسط یک آزمونگر آموزش دیده و در شرایط محیطی مشابه انجام گردید تا خطای اندازه‌گیری به حداقل برسد. گروه تجربی به مدت هشت هفته (سه جلسه در هفته، هر جلسه ۶۰ دقیقه) تمرینات ترکیبی دهلیزی- حس عمقی را در محیط مدرسه انجام دادند؛ در حالی که به گروه شاهد گفته شد تا در این مدت از شرکت در برنامه‌های تمرینی ساختارمند خودداری کنند و این گروه تنها در فعالیت‌های روزمره معمول شرکت داشتند.

*پروتکل تمرینی دهلیزی- حس عمقی:* تمرینات منتخب با اقتباس از پروتکل‌های معتبر (۲۳، ۲۲) طراحی و پس از بررسی شرایط سنی و توانایی دانش‌آموزان دارای اختلال بینایی توسط متخصصان نهایی شد. پس از پیش‌آزمون، گروه تجربی طی هشت هفته و سه جلسه در هفته، از ساعت ۱۱ تا ۱۲ ظهر در سالن ورزشی مدرسه حضور یافتند. هر جلسه تمرینی ۶۰ دقیقه شامل ۵ دقیقه گرم کردن، ۵۰ دقیقه اجرای پروتکل و ۵ دقیقه سرد کردن بود. زمان اختصاص یافته به تمرینات دهلیزی حدود ۲۰ دقیقه و تمرینات حس عمقی حدود ۳۰ دقیقه بود (۲۳، ۲۲). برای جلوگیری از خستگی و کنترل اثر ترتیب تمرینات بر نتایج، ترتیب اجرای تمرینات دهلیزی و حس عمقی در هر جلسه تغییر می‌کرد. اصل اضافه بار تدریجی رعایت شد و در صورت ناتوانی آزمودنی در اجرای یک حرکت، آن تمرین حذف گردید. پیشرفت بر اساس تحمل فردی (زمان نگهداری تعادل، تعداد تکرار بدون از دست دادن تعادل یا مشاهده مربی مبنی بر آمادگی برای سطح بالاتر) تعیین شد. مربیان تربیت بدنی سازگارانه و ورزش معلولان در تمام جلسات حضور داشتند تا ایمنی آزمودنی‌ها تضمین شود. هیچ رویداد نامطلوبی مانند سقوط، آسیب و یا خستگی شدید گزارش نشد. تمام جلسات تحت نظارت مستقیم اجرا شدند و در صورت علایم خستگی، استراحت اضافی داده می‌شد. با استفاده از شیوه‌های تشویقی و جلوه‌های رنگی، انگیزه شرکت‌کنندگان افزایش یافت. گروه شاهد در این مدت از فعالیت ورزشی منظم خودداری کرد.

وفاداری به پروتکل و پایبندی شرکت‌کنندگان به این شرح بود: تمام ۲۴ جلسه برنامه‌ریزی شده اجرا شد. میانگین حضور جلسات در گروه تجربی ۱۰۰ درصد بود. ست‌ها و تکرارها دقیقاً مطابق با پروتکل تمرینی اجرا شدند. پیشرفت تدریجی در تمام شرکت‌کنندگان مشاهده شد. هیچ انحرافی از پروتکل مورد نظر صورت نگرفت.

*نحوه اعمال پروتکل تمرینی دهلیزی- حس عمقی:* تمرینات دهلیزی از طریق چرخش سر، دور زدن (راه رفتن تاندوم)، تعادل ایستا و تغییر وضعیت از حالت نشسته



http://jrrs.mui.ac.ir

به ایستاده و حرکات ترکیبی تمرکز داشتند و به صورت گروهی اجرا شدند. نمونه‌هایی از تمرینات دهلیزی شامل تعادل ایستا روی یک پا، دور زدن تاندوم، چرخش سر ۹۰-۴۵ درجه، نشست و برخاست بود (از ۵ تا ۲۰ ثانیه یا ۱۵-۵ تکرار).

تمرینات حس عمقی به ابزارهای ناپایدار (تیلت برد، بوسوبال، سوئیس بال، میله پارالل و وابل برد) تأکید داشتند و به صورت فردی و ایستگاهی انجام شدند. این تمرینات شامل حفظ تعادل روی تیلت برد (جهت‌های مختلف)، ایستادن روی سوئیس بال و بوسو بال، حرکت پل با سوئیس بال، پرس دیوار با توپ و راه‌رفتن تاندوم بود. برنامه پیش‌رونده به صورت تدریجی از تمرینات پایه (هفته ۲-۱ با حمایت کامل) به پیشرفته (هفته ۸-۷ با حمایت کم یا بدون حمایت، افزایش زمان/ تکرار) پیشرفت کرد.

*کنترل پاسچر:* از آزمون ایستادن روی یک پا در چهار وضعیت حسی مختلف (۱- ایستادن روی یک پا در سطح پایدار با چشم باز و بدون هیچ‌گونه تداخل حسی، ۲- ایستادن روی یک پا در سطح ناپایدار ایجاد شده به وسیله فوم، ۳- ایستادن روی یک پا در سطح پایدار با چشم بسته، ۴- ایستادن روی یک پا در سطح ناپایدار ایجاد شده به وسیله فوم و با چشم بسته) استفاده شد (۲۳). سطح ناپایدار با استفاده از پلی‌فوم به ابعاد ۵۰ × ۵۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر ایجاد گردید. هر وضعیت به مدت ۲۰ ثانیه اجرا و تعداد خطاهای آزمودنی به عنوان نمره تعادل ثبت شد. خطاها شامل جدا شدن دست‌ها از کمر، تماس پای غیر اتکا با زمین، باقی ماندن بیش از ۵ ثانیه در وضعیت خارج از حالت استاندارد، گام برداشتن و فلکشن یا ابداکشن ران بیش از ۳۰ درجه بود. هر وضعیت سه بار با فاصله استراحت ۳۰ ثانیه تکرار شد و بین شرایط مختلف، دو دقیقه استراحت برای آزمودنی در نظر گرفته شد (۲۳). تکرارپذیری این تست، ۰/۵۹ و پایایی بین آزمونگر آن، ۰/۸۹ تا ۰/۹۹ گزارش شده است (۲۴). به منظور افزایش ایمنی و اطمینان از اجرای صحیح آزمون، دو متخصص تربیت بدنی سازگارانه و ورزش معلولان در تمامی مراحل حضور داشتند.

*حس وضعیت مفصل زانو:* برای ارزیابی حس وضعیت مفصل زانو، از آزمون بازسازی فعال زاویه زانو با زاویه هدف ۴۵ درجه فلکشن استفاده شد. روش اجرا شامل نشانه‌گذاری پوستی، عکسبرداری دیجیتال و تحلیل زاویه‌ها با نرم‌افزار AutoCAD (نسخه ۲۰۲۳، شرکت رایانه‌ای آمریکایی اتودسک، ایالات متحده آمریکا، منتشر شده در سال ۲۰۲۳) بود تا تماس پوستی به حداقل برسد (۲۵). نشانگرهای پوستی (برچسب‌های مشکی به قطر یک سانتی‌متر) در نقاط آناتومیک مشخص شده اندام برتر آزمودنی‌ها شامل تروکانتر ران، چین پوپلیته‌آل، فیبولا و قوزک خارجی نصب شد. از نشانگرهای تروکانتر ران و چین پوپلیته‌آل به عنوان نشانگرهای استخوان ران و از نشانه‌های فیبولا و قوزک خارجی نیز به عنوان نشانگرهای استخوان ساق استفاده شد (۲۵). آزمودنی‌ها روی میز استاندارد نشستند. زانو در زاویه ۹۰ درجه فلکشن و پاها آزادانه آویزان بود. یک گونیامتر یونیورسال [روایی و پایایی ارزیابی گونیومتر یونیورسال اثبات شده است (۴۶)] برای تعیین زاویه شروع و زاویه هدف استفاده گردید و چشم‌بند برای مسدود کردن ورودی بینایی آزمودنی‌ها به‌کار گرفته شد. ابتدا با چشم باز، سه بار زاویه هدف ۴۵ درجه فلکشن زانو اجرا شد و در حافظه کوتاه مدت آزمودنی ثبت گردید. سپس با چشم بسته، آزمودنی زاویه هدف را بازسازی کرد و با اعلام لفظی رسیدم، پایان بازسازی را مشخص نمود. برای کنترل حرکات جبرانی لگن و تنه (که می‌تواند دقت اندازه‌گیری را کاهش دهد)، آزمونگر به صورت بصری و کلامی نظارت داشت و در صورت مشاهده جبران (مانند چرخش لگن یا خم شدن تنه)، آزمون تکرار می‌شد تا اطمینان حاصل گردد که حرکت تنها از مفصل زانو انجام شده است. دوربین روی سه پایه مخصوص در ارتفاع زانو و فاصله ۱۸۵ سانتی‌متری به صورت عمود تنظیم شد. هر بار بازسازی با عکسبرداری دیجیتال Canon با رزولوشن ۱۰ مگاپیکسل و همبستگی درون‌گروهی بیشتر یا مساوی ۰/۷۹ ثبت شد. بر این اساس، تصاویر ثبت‌شده به نرم‌افزار اتوکد منتقل و زاویه خطای مطلق محاسبه گردید. میانگین سه خطا به‌عنوان رکورد نهایی و شاخص اصلی آزمودنی در تحلیل آماری استفاده گردید (۲۵).

*مهارت‌های جابه‌جایی:* برای ارزیابی این مهارت، از خرده آزمون‌های مهارت‌های حرکتی درشت (Test of gross motor development-2nd Edition یا TGMD-2) استفاده گردید که با توانمندی‌های کودکان دارای اختلال بینایی سازگار شده بود (۲۶). خرده آزمون‌های جابه‌جایی شامل دویدن، یورتمه، لی‌لی، جهش، پرش افقی و سرخوردن بود. این آزمون برای کودکان ۳ تا ۱۰ سال طراحی شده است و هر مهارت دارای سه تا پنج معیار اجرایی می‌باشد. آزمونگر در دو کوشش برای هر معیار امتیاز ثبت می‌کند؛ در صورت اجرای صحیح معیار، نمره ۱ و در صورت عدم اجرای صحیح، نمره صفر اختصاص می‌یابد. در مطالعه حاضر، نمرات کسب شده به صورت مجموع خام محاسبه و تحلیل شدند. همچنین، برای سازگاری آزمون با محدودیت‌های بینایی، اقداماتی شامل استفاده از رنگ‌های قرمز و نارنجی در تجهیزات (مخروط‌ها و علامت‌گذاری سالن)، اعلام مسیرها به صورت کلامی یا با استفاده از جعبه صدا، ارایه یک کوشش آزمایشی برای هر مهارت، پس از آموزش کلامی و نمایش مهارت توسط آزمونگر به کار گرفته شد. کودکان پس از انجام کوشش آزمایشی، دو کوشش اصلی را انجام دادند و امتیاز هر مهارت در برگه ثبت آزمون مستند گردید (۲۶). روایی و پایایی ارزیابی این آزمون، در کودکان دارای اختلالات بینایی اثبات شده است (۲۷).

نتایج تحقیق قاسمی‌فرد و همکاران نشان داد که این آزمون می‌تواند به عنوان ابزار استانداردی برای ارزیابی مهارت‌های حرکتی درشت در جمعیت ایرانی دارای اختلال بینایی به کار گرفته شود (۲۸). بنابراین، استفاده از این آزمون در پژوهش حاضر اعتبار یافته‌ها را افزایش داد و امکان مقایسه با مطالعات بین‌المللی را فراهم می‌سازد.

جهت بررسی نوع توزیع داده‌ها، از آزمون Shapiro-Wilk استفاده شد. آمار توصیفی به صورت میانگین و انحراف معیار گزارش و مشخصات دموگرافیک در گروه‌ها با آزمون Independent t مقایسه گردید. در آمار استنباطی و جهت مقایسه میانگین متغیرها از آزمون Repeated measures ANOVA و در صورت نیاز، آزمون تعقیبی Bonferroni استفاده شد. در نهایت، داده‌ها در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ (version 23, IBM Corporation, Armonk, NY) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. $P < ۰/۰۵$ به عنوان سطح معنی‌داری در نظر گرفته شد.

## یافته‌ها

اطلاعات فردی آزمودنی‌ها به صورت گروه‌های مجزا در جدول ۱ ارایه شده است. نتایج آزمون Independent t نشان داد که گروه‌ها در متغیرهای دموگرافیک تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند و در مشخصات دموگرافیک با یکدیگر همگن بودند.

*نتایج آزمون‌ها در بخش‌های درون‌گروهی و بین‌گروهی:* میانگین متغیرها در سه زمان پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پیگیری در دو گروه تجربی و شاهد در جدول ۲ و شکل ۲ ارایه شده است. با توجه به نرمال بودن توزیع داده‌ها در گروه‌ها، از آزمون Repeated measures ANOVA استفاده شد.

**جدول ۱. مشخصات دموگرافیک آزمودنی‌ها**

| متغیر | گروه تجربی (میانگین ± انحراف معیار) | گروه شاهد (میانگین ± انحراف معیار) | مقدار P |
|---|---|---|---|
| سن (سال) | ۷/۸۰ ± ۱/۰۳ | ۸/۵۰ ± ۰/۹۷ | ۰/۱۳ |
| قد (متر) | ۱/۳۳ ± ۰/۱۰ | ۱/۳۱ ± ۰/۱۲ | ۰/۷۲ |
| وزن (کیلوگرم) | ۳۴/۲۰ ± ۷/۶۳ | ۳۱/۰۷ ± ۶/۲۰ | ۰/۳۲ |
| BMI (کیلوگرم بر مترمربع) | ۱۹/۰۶ ± ۲/۳۸ | ۱۷/۹۹ ± ۲/۶۸ | ۰/۳۵ |
| طول پا (سانتی‌متر) | ۶۷/۵۰ ± ۵/۲۸ | ۶۶/۲۰ ± ۶/۴۴ | ۰/۶۲ |

BMI: Body mass index

نتایج آزمون Repeated measures ANOVA برای میانگین متغیر کنترل پاسچر در چهار وضعیت حسی مختلف، حس وضعیت مفصل زانو و مهارت‌های جابه‌جایی در هر سه زمان پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پیگیری نشان داد که اثر درون‌گروهی، بین‌گروهی و تعاملی معنی‌دار بود ($P < ۰/۰۰۱$). مطابق با معنی‌داری گزارش شده، نتایج آزمون تعقیبی Bonferroni در جدول ۳ ارایه شده است.

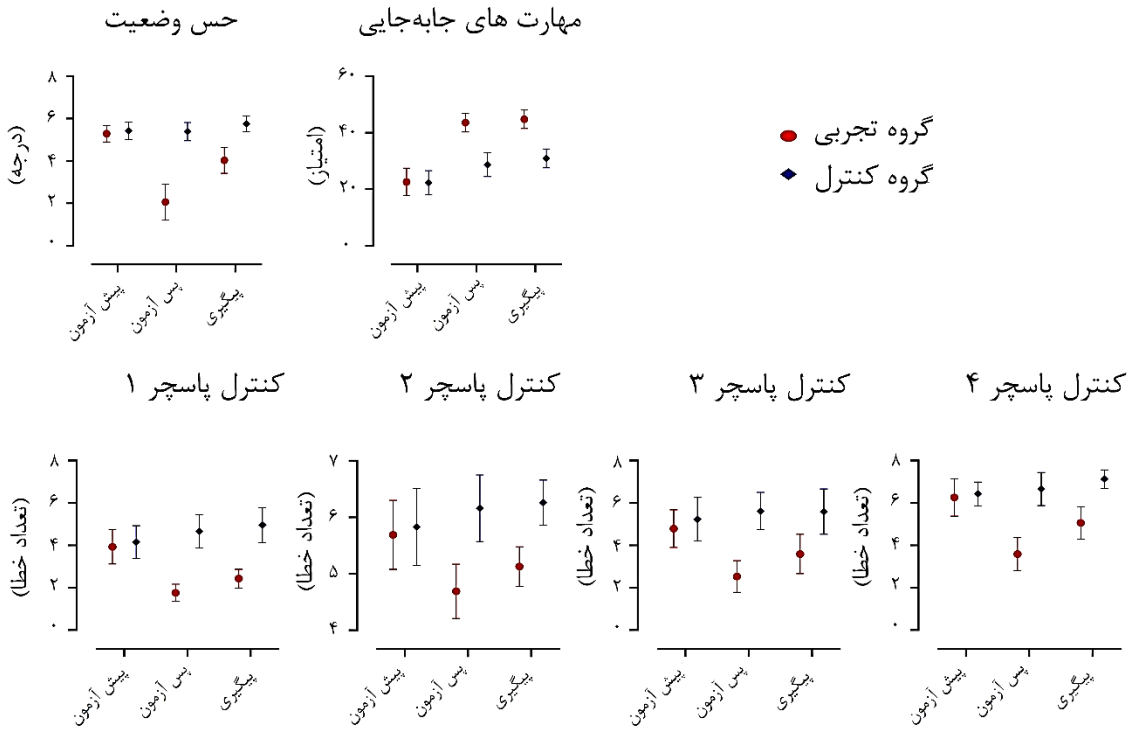
نتایج جدول ۳ نشان داد که گروه‌ها در پیش‌آزمون با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند و با یکدیگر همسان بودند.

بر اساس نتایج به دست آمده، برای تمامی متغیرها، اثر گروه، اثر زمان و تعامل زمان × گروه معنی‌دار بود ($P < ۰/۰۰۱$). آزمون تعقیبی Bonferroni نیز نشان داد که گروه تجربی نسبت به گروه شاهد، پس از مداخله و در پیگیری دو ماهه بهبود معنی‌داری داشت. پس از اجرای برنامه تمرینی دهلیزی- حس عمقی، گروه تجربی بهبود معنی‌داری را در کنترل پاسچر در چهار وضعیت حسی، حس وضعیت مفصل زانو و مهارت‌های جابه‌جایی نسبت به گروه شاهد نشان داد. این بهبودها در دوره پیگیری دوماهه نیز تا حد زیادی حفظ گردید که نشان دهنده اثر مداخله و پایداری نسبی آن در کوتاه مدت می‌باشد.

## بحث

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تمرینات ترکیبی دهلیزی- حس عمقی هشت هفته‌ای در محیط مدرسه، موجب بهبود کنترل پاسچر، حس وضعیت مفصل زانو و مهارت‌های جابه‌جایی کودکان دارای اختلال بینایی می‌شود و این اثرات در دوره پیگیری دو ماهه تا حد زیادی حفظ می‌گردد. پایداری اثرات مشاهده شده را می‌توان ناشی از سازگاری‌های عصبی دانست (۴۴، ۲۰)؛ به گونه‌ای که تمرینات ترکیبی دهلیزی- حس عمقی شاید با افزایش پلاستیسیته در شبکه‌های مخچه‌ای، قشر آهیانه‌ای خلفی و هسته‌های دهلیزی، موجب بهبود یکپارچگی چند حسی و دقت بازنمایی موقعیت بدن می‌شود.

در همین راستا، شواهد اخیر نوروپلاستیسیته ناشی از ورزش نشان می‌دهد که تمرین تعادل، انعطاف‌پذیری عصبی را در نواحی مغزی مرتبط با ادراک حرکت بصری و دهلیزی ایجاد می‌کند.




**شکل ۲. میانگین و انحراف معیار متغیرهای پژوهش**



http://jrrs.mui.ac.ir

**جدول ۲. نتایج آزمون Repeated measures ANOVA**

| متغیر | گروه | F | پیش‌آزمون- پس‌آزمون | پیش‌آزمون- پیگیری | پس‌آزمون- پیگیری | فرض کرویت | بین‌گروهی | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | مقدار P (درجه آزادی) | | | | اندازه اثر | |
| | | | مقدار P | | | | اثر گروه | اثر زمان | اثر تعاملی | اثر گروه | اثر زمان | اثر تعاملی |
| کنترل پاسچر (وضعیت ۱- تعداد خطا) | تجربی | ۶۵/۱۴۵ | *۰/۰۰۱ | *۰/۰۰۱ | *۰/۰۰۵ | ۰/۲۷۶ | *۰/۰۰۱ (۱) | *۰/۰۰۱ (۲) | *۰/۰۰۱ (۲) | ۰/۷۳۵ | ۰/۴۸۳ | ۰/۷۳۶ |
| | شاهد | ۵/۴۵۰ | *۰/۰۴۷ | *۰/۰۱۱ | ۰/۳۴۴ | | | | | | | |
| کنترل پاسچر (وضعیت ۲- تعداد خطا) | تجربی | ۵۹/۸۰۹ | *۰/۰۰۱ | *۰/۰۰۱ | *۰/۰۰۱ | ۰/۰۷۶ | *۰/۰۰۱ (۱) | *۰/۰۰۱ (۲) | *۰/۰۰۱ (۲) | ۰/۴۸۰ | ۰/۳۷۵ | ۰/۶۹۹ |
| | شاهد | ۶/۰۰ | *۰/۰۱۰ | *۰/۰۱۲ | ۰/۷۷۶ | | | | | | | |
| کنترل پاسچر (وضعیت ۳- تعداد خطا) | تجربی | ۹۳/۵۵ | *۰/۰۰۱ | *۰/۰۰۱ | *۰/۰۰۲ | ۰/۰۹۹ | *۰/۰۰۱ (۱) | *۰/۰۰۱ (۲) | *۰/۰۰۱ (۲) | ۰/۵۷۳ | ۰/۴۹۲ | ۰/۶۶۴ |
| | شاهد | ۳/۳۳ | ۰/۰۷۹ | ۰/۴۲۱ | > ۰/۹۹۹ | | | | | | | |
| کنترل پاسچر (وضعیت ۴- تعداد خطا) | تجربی | ۱۳۶/۴۹ | *۰/۰۰۱ | *۰/۰۰۱ | *۰/۰۰۱ | ۰/۷۰۳ | *۰/۰۰۱ (۱) | *۰/۰۰۱ (۲) | *۰/۰۰۱ (۲) | ۰/۶۷۲ | ۰/۷۵۶ | ۰/۸۰۲ |
| | شاهد | ۷/۸۷ | ۰/۴۶۶ | *۰/۰۰۲ | ۰/۰۶۸ | | | | | | | |
| حس وضعیت مفصل فلکشن زانو (درجه) | تجربی | ۸۶/۸۱ | *۰/۰۰۱ | *۰/۰۰۱ | *۰/۰۰۱ | ۰/۱۴۲ | *۰/۰۰۱ (۱) | *۰/۰۰۱ (۲) | *۰/۰۰۱ (۲) | ۰/۸۷۳ | ۰/۷۴۸ | ۰/۷۲۹ |
| | شاهد | ۲/۰۰ | > ۰/۹۹۹ | ۰/۲۰۰ | ۰/۵۳۰ | | | | | | | |
| مهارت‌های جابه‌جایی (امتیاز) | تجربی | ۱۰۲/۳۹ | *۰/۰۰۱ | *۰/۰۰۱ | ۰/۵۸۶ | ۰/۰۷۲ | *۰/۰۰۱ (۱) | *۰/۰۰۱ (۲) | *۰/۰۰۱ (۲) | ۰/۷۴۱ | ۰/۸۹۴ | ۰/۶۶۲ |
| کنترل پاسچر (وضعیت ۱- تعداد خطا) | تجربی | ۶۵/۱۴۵ | *۰/۰۰۱ | *۰/۰۰۱ | *۰/۰۰۵ | ۰/۲۷۶ | *۰/۰۰۱ (۱) | *۰/۰۰۱ (۲) | *۰/۰۰۱ (۲) | ۰/۷۳۵ | ۰/۴۸۳ | ۰/۷۳۶ |

وضعیت ۱: ایستادن روی یک پا در سطح پایدار با چشم باز و بدون هیچ‌گونه تداخل حسی، وضعیت ۲: ایستادن روی یک پا در سطح ناپایدار ایجاد شده به وسیله فوم، وضعیت ۳: ایستادن روی یک پا در سطح پایدار با چشم بسته، وضعیت ۴: ایستادن روی یک پا در سطح ناپایدار ایجاد شده به وسیله فوم و با چشم بسته

*سطح معنی‌داری P < ۰/۰۵



http://jrrs.mui.ac.ir

**جدول ۳. نتایج آزمون تعقیبی Bonferroni در سه زمان**

| متغیر | زمان | گروه | اختلاف میانگین | مقدار P |
|---|---|---|---|---|
| کنترل پاسچر (وضعیت ۱) | پیش‌آزمون | تجربی- شاهد | -۰/۲۳۵ | ۰/۵۱۶ |
| | پس‌آزمون | تجربی- شاهد | -۲/۸۹۹ | *۰/۰۰۱ |
| | پیگیری | تجربی- شاهد | -۲/۵۳۳ | *۰/۰۰۱ |
| کنترل پاسچر (وضعیت ۲) | پیش‌آزمون | تجربی- شاهد | -۰/۱۳۴ | ۰/۶۵۱ |
| | پس‌آزمون | تجربی- شاهد | -۱/۴۶۶ | *۰/۰۰۱ |
| | پیگیری | تجربی- شاهد | -۱/۱۳۴ | *۰/۰۰۱ |
| کنترل پاسچر (وضعیت ۳) | پیش‌آزمون | تجربی- شاهد | -۰/۴۳۵ | ۰/۳۲۶ |
| | پس‌آزمون | تجربی- شاهد | -۳/۰۹۸ | *۰/۰۰۱ |
| | پیگیری | تجربی- شاهد | -۲/۰۰۲ | *۰/۰۰۱ |
| کنترل پاسچر (وضعیت ۴) | پیش‌آزمون | تجربی- شاهد | -۰/۱۶۸ | ۰/۶۲۰ |
| | پس‌آزمون | تجربی- شاهد | -۳/۰۶۷ | *۰/۰۰۱ |
| | پیگیری | تجربی- شاهد | -۲/۰۶۵ | *۰/۰۰۱ |
| حس وضعیت مفصل فلکشن زانو (درجه) | پیش‌آزمون | تجربی- شاهد | -۰/۱۳۴ | ۰/۴۷۰ |
| | پس‌آزمون | تجربی- شاهد | -۳/۳۳۰ | *۰/۰۰۱ |
| | پیگیری | تجربی- شاهد | -۱/۷۳۰ | *۰/۰۰۱ |
| مهارت‌های جابه‌جایی (امتیاز) | پیش‌آزمون | تجربی- شاهد | ۰/۳۰۰ | ۰/۸۸۰ |
| | پس‌آزمون | تجربی- شاهد | ۱۴/۹۰۰ | *۰/۰۰۱ |
| | پیگیری | تجربی- شاهد | ۱۳/۹۰۰ | *۰/۰۰۱ |

وضعیت ۱: ایستادن روی یک پا در سطح پایدار با چشم باز و بدون هیچ‌گونه تداخل حسی، وضعیت ۲: ایستادن روی یک پا در سطح ناپایدار ایجاد شده به وسیله فوم، وضعیت ۳: ایستادن روی یک پا در سطح پایدار با چشم بسته، وضعیت ۴: ایستادن روی یک پا در سطح ناپایدار ایجاد شده به وسیله فوم و با چشم بسته

*سطح معنی‌داری $P < ۰/۰۵$

چنین تمریناتی می‌تواند منجر به افزایش ضخامت کورتیکال در نواحی مرتبط با پردازش سیستم‌های حسی و افزایش ضخامت قشر پیش‌مرکزی همراه با بهبود اتصالات عملکردی در مخچه و قشر پاریتال شود (۴۴). این تغییرات ساختاری و عملکردی، توضیح دهنده حفظ اثرات بلندمدت (مانند پیگیری دو ماهه) است؛ چرا که تمرین ترکیبی احتمالاً مسیرهای دهلیزی و حس عمقی را تقویت می‌کند و وابستگی به ورودی بینایی را کاهش می‌دهد و از آن‌جایی که این نواحی به دلیل نقش‌شان در جهت‌یابی فضایی و حرکت شناخته شده‌اند (۴۴، ۲۰)، تحریک این مسیرها در طول حرکت خود ممکن است به واسطه اثرات تمرینات باشد. این تبیین، نوآوری اصلی مطالعه حاضر یعنی اجرای برنامه ترکیبی در محیط واقعی مدرسه و حفظ اثرات در پیگیری را برجسته می‌کند و نشان می‌دهد چنین برنامه‌ای می‌تواند به عنوان راهبردی قابل اجرا در محیط آموزشی به کار رود. با این حال، با توجه به این که مداخله به صورت ترکیبی (دهلیزی- حس عمقی) اجرا شد، مشخص نیست اثر مشاهده شده به طور عمده مربوط به کدام جزء تمرین (دهلیزی یا حس عمقی) است و آیا اثرات سینرژیک یا صرفاً تجمعی وجود دارد. این محدودیت در تحقیقات آینده با طراحی گروه‌های جداگانه قابل بررسی است.

شدت اختلال بینایی و سطح پایین فعالیت بدنی، نوسانات پاسچر را تشدید می‌کند (۲۹). افراد دارای اختلال بینایی به طور عمده برای حفظ تعادل به سیستم‌های غیر بینایی متکی هستند و تقویت این ورودی‌ها نقش جبرانی مؤثری دارد (۸). تمرینات ساختارمند می‌تواند مکانیسم‌های جبرانی را تقویت نماید و به بهبود جهت‌یابی، که عملکردی از سیستم دهلیزی است، کمک کند (۳۰). تمرینات دهلیزی با تحریک مسیرهای حسی مرتبط با جهت‌یابی، موجب بازآموزی سیستم عصبی مرکزی و ایجاد بازنمایی از موقعیت سر و بدن در فضا می‌شود که در نهایت، این سازگاری‌ها به بهبود تعادل و کنترل پاسچر کمک می‌کند (۱۹). سیستم حس عمقی نیز نقش مهمی در کنترل پاسچر دارد و تحریک مکانورسپتورهای مفصلی و عضلانی در تمرینات حس عمقی (۳۱)، یکپارچگی چند حسی را تقویت می‌کند و پایداری پاسچر را افزایش می‌دهد (۳۲). این تغییرات با ساز و کارهای عصبی- عضلانی در مخچه مرتبط هستند (۲۰). از طرف دیگر، با توجه به ضعف قدرت عضلات اندام تحتانی کودکان نابینا نسبت به همسالان بینا (۳۳)، به نظر می‌رسد که ترکیب تمرینات حسی نسبت به تمرینات منفرد، اثربخشی بیشتری داشته باشد؛ چرا که علاوه بر افزایش ظرفیت جبرانی سیستم عصبی، با تقویت عضلات اندام تحتانی، می‌تواند به بهبود کنترل پاسچر کمک کند.

بهبود حس وضعیت مفصل زانو در گروه تجربی نشان می‌دهد که تمرینات ترکیبی موجب افزایش دقت بازسازی حرکتی می‌شود؛ یافته‌ای که با اتکای بیشتر افراد دارای اختلال بینایی به سیستم حس عمقی همخوانی دارد (۳۳). تحریک هم‌زمان مکانورسپتورها در مفصل زانو، بازآموزی عصبی- عضلانی را تسهیل (۳۲) و کمبود ورودی‌های بینایی را جبران می‌کند. شواهد نشان می‌دهد که تمرینات ساختارمند با شدت متوسط، بیشترین تأثیر را در این زمینه دارند (۳۴). بر این اساس، نتایج یافته‌های پژوهش حاضر می‌تواند توضیح دهنده پاسخ مثبت آن‌ها به تمرینات حسی باشد؛ چرا که نشان می‌دهد تمرینات ورزشی می‌تواند اثرات منفی کمبود بینایی بر تحرک و عملکرد حرکتی را کاهش و سطح استقلال افراد دارای اختلال بینایی را افزایش دهد (۳۵). از نظر اهمیت بالینی، بهبود دقت حس وضعیت مفصل زانو (کاهش خطای مطلق)، می‌تواند خطر سقوط را کاهش و ثبات در



http://jrrs.mui.ac.ir

فعالیت‌های روزمره مانند راه رفتن روی سطوح ناهموار یا نشستن و بلند شدن را افزایش دهد. این تغییرات حتی اگر متوسط باشد، در این افراد که خطر افتادن‌شان بالاتر است، تأثیر قابل توجهی بر استقلال و ایمنی دارد. با این حال، از آن‌جا که مداخله به صورت ترکیبی اجرا شد، سهم نسبی تمرینات دهلیزی و حس عمقی در بهبود حس وضعیت مفصل زانو مشخص نیست. مطالعات آینده با طراحی چند گروهی می‌توانند نقش هر جزء تمرین را به طور جداگانه بررسی کنند.

Guerriero و همکاران با انجام تحقیقی به این نتیجه رسیدند که حتی یک جلسه هفتگی تمرین حس عمقی و پلایومتریک، می‌تواند شاخص‌های ثبات و عملکرد حرکتی کودکان دارای اختلال بینایی را بهبود بخشد (۳۶). اثرات مثبت دیگری نیز از تمرینات تعادلی بر بهبود تعادل پویا (۳۷)، کاهش نوسانات پاسچر و افزایش استقلال عملکردی این کودکان در سنین ۶ تا ۱۶ گزارش شده است (۳۸). Rogge و همکاران فعالیت بدنی منظم را برای راه رفتن و جهت‌یابی مفید دانستند (۱۶). همچنین، تمرینات اغتشاشی و دهلیزی توانسته‌اند بهبود قابل توجهی در کنترل پاسچر افراد نابینا ایجاد کنند و اثرات آن‌ها در دوره‌های پیگیری نیز حفظ شود (۲۲). یافته‌های کارآزمایی بالینی de Toledo و همکاران نیز نشان داد که ترکیب تحریک مستقیم فراجمجمه‌ای با تمرینات حس عمقی، موجب بهبود تعادل و راه رفتن کودکان نابینا می‌شود (۳۹). این شواهد نشان می‌دهد که تحریک همزمان مسیرهای دهلیزی و حس عمقی؛ چه از طریق تمرینات سنتی و چه فن‌آوری‌های عصبی توان‌بخشی، می‌تواند ظرفیت جبرانی سیستم عصبی را افزایش دهد و موجب بهبود در عوامل مرتبط در حفظ کنترل پاسچر این افراد شود.

بهبود مهارت‌های جابه‌جایی نشان می‌دهد که تمرینات ترکیبی دهلیزی- حس عمقی علاوه بر کنترل پاسچر، عملکرد حرکتی کودکان دارای اختلال بینایی را بهبود می‌بخشد. با توجه به تأخیر رشدی مهارت‌های حرکتی این کودکان نسبت به همسالان بینا (۴۰)، این یافته اهمیت بالایی برای طراحی مداخلات حرکتی و توان‌بخشی دارد. اگرچه اثر یادگیری آزمون‌ها ممکن است بخشی از این بهبود را توضیح دهد؛ چرا که آزمودنی‌ها پس از کوشش‌های اولیه با آزمون‌ها آشنا شده‌اند و تکرار آزمون عملکرد را بهبود می‌بخشد (۴۱، ۲۷)، اما تحلیل تعاملی زمان × گروه نشان داد که مداخله نقش اصلی را در این تغییرات ایفا کرده است. از دیدگاه کاربردی، بهبود مهارت‌های جابه‌جایی می‌تواند منجر به افزایش اعتماد به نفس حرکتی، تسهیل جهت‌یابی در محیط مدرسه و مشارکت بیشتر در فعالیت‌های بدنی شود که از اهداف اصلی توان‌بخشی در این افراد محسوب می‌شود.

در این راستا، شواهد نشان می‌دهد که میانگین سن رشدی مهارت‌های حرکتی درشت در کودکان دارای اختلال بینایی، حدود ۴ تا ۵ سال پایین‌تر از سن واقعی است و این تأخیر ناشی از محدودیت تجربه حرکتی و کاهش بازخورد دیداری است (۴۱). افزایش حساسیت حس عمقی و ایجاد آگاهی فضایی می‌تواند مهارت‌های تعادل و جابه‌جایی را ارتقا دهد (۱۸). تحقیقات دیگر نیز اثرات مثبت تمرینات تعادلی بر مهارت‌های حرکتی کودکان با اختلال بینایی را گزارش کرده‌اند (۴۳، ۴۲).

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که اجرای هشت هفته برنامه تمرینی ترکیبی دهلیزی- حس عمقی به صورت مدرسه‌محور، بهبود قابل توجهی در کنترل پاسچر، حس وضعیت مفصل زانو و مهارت‌های جابه‌جایی دانش‌آموزان دارای اختلال بینایی ایجاد می‌کند و این اثرات در دوره پیگیری دو ماهه نیز تا حد زیادی پایدار باقی می‌ماند. این نتایج با یافته‌های مطالعات پیشین درباره تمرینات تعادلی (۲۲، ۱۶) همخوانی داشت. تقویت همزمان سیستم‌های دهلیزی و حس عمقی، موجب افزایش ظرفیت جبرانی سیستم عصبی و بهبود یکپارچگی چند حسی برای کنترل پاسچر و عملکرد حرکتی می‌شود؛ به گونه‌ای که به نظر می‌رسد تحریک هم‌زمان این سیستم‌ها می‌تواند مکانیزم‌های یکدیگر را تقویت کند. اهمیت عملی این یافته‌ها در توان‌بخشی مدرسه‌محور قابل توجه است؛ چرا که این تمرینات کم‌هزینه، بدون نیاز به تجهیزات پیچیده و با نظارت مربیان و معلمان تربیت بدنی قابل اجرا هستند و می‌توانند بخشی از برنامه‌های روزانه مدارس ویژه نابینایان شوند. آموزش کوتاه مدت به معلمان مدارس ویژه (مانند جلسات توجیهی ۴-۲ ساعته) می‌تواند امکان ادغام این برنامه در برنامه درسی روزانه تربیت بدنی را فراهم کند و به افزایش فعالیت بدنی منظم کودکان دارای اختلال بینایی کمک نماید. با این حال، به دلیل ترکیبی بودن مداخله، سهم نسبی هر سیستم مشخص نیست و بخشی از بهبود مشاهده شده به ویژه در مهارت‌های جابه‌جایی، ممکن است تحت تأثیر اثر یادگیری آزمون‌ها قرار گرفته باشد. هرچند که برای نتیجه‌گیری قطعی، نیاز به مطالعات تکمیلی است.

## محدودیت‌ها

پژوهش حاضر با محدودیت‌هایی همراه بود که باید هنگام تفسیر و تعمیم نتایج در نظر گرفته شود. از جمله محدودیت‌های اصلی می‌توان به حجم نمونه کوچک، محدوده سنی خاص و شامل تنها یک جنسیت بودن و دوره پیگیری کوتاه اشاره کرد. ناهمگنی نوع اختلال بینایی از لحاظ تحلیل زیرگروهی بر اساس گزارش حدت بینایی، میدان دید و بیماری‌های همراه به طور کامل ارایه نشد. علاوه بر این، شاخصه‌هایی مانند خستگی، سطح توجه، انگیزش و سابقه مصرف دارو قابل کنترل نبود. احتمال اثر یادگیری ناشی از آشنایی آزمودنی‌ها با تکالیف، احتمال خطا در اجرای آزمون‌ها توسط برخی آزمودنی‌ها، عدم کنترل کامل فعالیت‌های ورزشی خارج از برنامه و استفاده از ابزارهای میدانی به جای تجهیزات آزمایشگاهی نیز می‌تواند نتایج را تا حدی تحت تأثیر قرار دهد.

## پیشنهادها

مطالعات آینده بهتر است شامل نمونه‌های بزرگ‌تر، هر دو جنس، شدت‌های مختلف اختلال بینایی و دوره پیگیری طولانی‌تر باشد. استفاده از ابزارهای پیشرفته مانند فورس‌پلیت، الکترومایوگرافی، الکترونسفالوگرافی و تحلیل حرکت سه بعدی، می‌تواند ساز و کارهای عصبی- عضلانی را دقیق‌تر روشن کند. همچنین، مقایسه اثر تمرینات ترکیبی با تمرینات منفرد و بهره‌گیری از فن‌آوری‌های نوین توان‌بخشی مانند تحریک فراجمجمه‌ای یا تحریک مغناطیسی، می‌تواند سهم نسبی هر سیستم در بهبود عملکرد حرکتی را مشخص نماید. علاوه بر این، توصیه می‌شود در تحقیقات آینده اندازه‌گیری‌های عملکرد حرکتی مستقیم و کاربردی [مانند سرعت راه رفتن، آزمون‌های عملکردی مانند Timed Up and Go (TUG) یا ۶ دقیقه راه رفتن] نیز ثبت شود تا انتقال یافته‌های حس وضعیت مفصل به عملکرد واقعی این کودکان در محیط روزمره بهتر روشن گردد. بررسی پیامدهای گسترده‌تر شامل مشارکت اجتماعی، استقلال عملکردی و پیشگیری از مشکلات حرکتی در بزرگسالی نیز توصیه می‌شود تا تصویر جامع‌تری از اثرات بلندمدت این مداخلات فراهم گردد و راهبردهای توان‌بخشی مؤثرتر توسعه یابد.

## نتیجه‌گیری

تمرینات ترکیبی دهلیزی- حس عمقی به صورت مدرسه‌محور، به عنوان یک مداخله کم‌هزینه، ایمن و قابل اجرا توسط مربیان مدرسه، می‌تواند گزینه مؤثری

برای بهبود کنترل پاسچر، دقت حس وضعیت مفصل و مهارت‌های جابه‌جایی در کودکان دارای اختلال بینایی باشد. این رویکرد نه تنها ظرفیت جبرانی سیستم‌های غیر بینایی را تقویت می‌کند و عملکرد حرکتی را ارتقا می‌دهد، بلکه با پایداری نسبی اثرات در دوره پیگیری، پتانسیل بالایی برای ادغام در برنامه‌های روزانه مدارس ویژه نابینایان و حتی مدارس عادی با دانش‌آموزان دارای اختلال بینایی دارد. چنین مداخلاتی می‌تواند خطر سقوط، تأخیرهای حرکتی و محدودیت‌های مشارکت اجتماعی را کاهش دهد و به افزایش استقلال و کیفیت زندگی این کودکان کمک کند. بنابراین، توسعه و اجرای برنامه‌های مشابه در سطح مدارس با آموزش معلمان و مربیان، می‌تواند گام مهمی در جهت توان‌بخشی فراگیر و پیشگیری از مشکلات حرکتی بلندمدت در کودکان دارای اختلال بینایی باشد.

## تشکر و قدردانی

بدین وسیله از تمامی دانش‌آموزان و والدین گرامی که با همکاری صمیمانه خود امکان اجرای این مطالعه را فراهم کردند، سپاسگزاری می‌گردد. همچنین از مدیر و کارکنان محترم مدرسه ویژه نابینایان، متخصصان بینایی‌سنجی، مربیان تربیت بدنی سازگارانه و سایر همکارانی که به صورت داوطلبانه تیم پژوهشی را همراهی نمودند و به ارتقای ایمنی و کیفیت اجرای تحقیق کمک نمودند، تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

## نقش نویسندگان

طراحی و ایده‌پردازی پروژه: مهلا آرمان‌فر، حسن دانشمندی
جذب منابع مالی برای انجام پروژه:-
خدمات پشتیبانی و اجرایی و علمی پروژه: مهلا آرمان‌فر، حسن دانشمندی
فراهم کردن تجهیزات و نمونه‌های مطالعه: مهلا آرمان‌فر، حسن دانشمندی
جمع‌آوری داده‌ها: مهلا آرمان‌فر، حسن دانشمندی
تحلیل و تفسیر نتایج: مهلا آرمان‌فر، حسن دانشمندی
خدمات تخصصی آمار: مهلا آرمان‌فر، حسن دانشمندی
تنظیم دست‌نوشته: مهلا آرمان‌فر، حسن دانشمندی
ارزیابی تخصصی دست‌نوشته از نظر مفاهیم علمی مهلا آرمان‌فر، حسن دانشمندی
تأیید دست‌نوشته نهایی برای ارسال به دفتر مجله: مهلا آرمان‌فر، حسن دانشمندی
مسؤولیت حفظ یکپارچگی فرایند انجام مطالعه از آغاز تا انتشار و پاسخگویی به نظرات داوران: مهلا آرمان‌فر، حسن دانشمندی

## منابع مالی

پژوهش حاضر فاقد حمایت مالی بود و تمامی مراحل آن با ظرفیت شخصی نویسندگان انجام شده است. کد اخلاق با شماره IR.GUILAN.REC.1402.023 از کمیته اخلاق دانشگاه گیلان دریافت گردید. همچنین، کد کارآزمایی بالینی UMIN-000060491 برای این مطالعه ثبت شده است.

## تعارض منافع

نویسندگان دارای تعارض منافع نمی‌باشند.

## References

1. Chokron S, Kovarski K, Zalla T, Dutton G .The inter-relationships between cerebral visual impairment, autism and intellectual disability. Neuroscience & biobehavioral reviews. 2020; 114: 201-10.
2. Soares AV, Oliveira CSRd, Knabben RJ, Domenech SC, Borges Junior NG. Postural control in blind subjects. Einstein (Sao Paulo). 2011; 9: 470-6.
3. Chaudhary S, Saywell N, Taylor D. The differentiation of self-motion from external motion is a prerequisite for postural control: a narrative review of visual-vestibular interaction. Frontiers in Human Neuroscience. 2022; 16: 697739.
4. Woollacott MH, Shumway-Cook A. Changes in posture control across the life span—a systems approach. Physical therapy. 1990; 70(12): 799-807.
5. Shumway-Cook A, Woollacott MH. Motor control: translating research into clinical practice: Lippincott Williams & Wilkins; 2007.
6. Nakata H, Yabe K. Automatic postural response systems in individuals with congenital total blindness. Gait & posture. 2001; 14(1): 36-43.
7. Ozdemir RA, Pourmoghaddam A, Paloski WH. Sensorimotor posture control in the blind: superior ankle proprioceptive acuity does not compensate for vision loss. Gait & Posture. 2013; 38(4): 603-8.
8. Zarei H, Norasteh AA, Lieberman LJ, Ertel MW, Brian A. The efficiency of sensory systems in postural control of children with and without hearing or visual impairments. PLoS One. 2025; 20(5): e0321065.
9. Parreira RB, Grecco LAC, Oliveira CS. Postural control in blind individuals: A systematic review. Gait & Posture. 2017; 57: 161-7.
10. Slavoljub U, Goran Z, Radmila K, Saša P, Zoran M, et al. Comparison of the static balance of children with and without visual impairment. Research in Physical Education, Sport & Health. 2015; 4(2).
11. Klavina A, Zusa-Rodke A, Galeja Z. The assessment of static balance in children with hearing, visual and intellectual disabilities. Acta Gymnica. 2017; 47(3): 105-11.
12. Rutkowska I, Bednarczuk G, Molik B, Morgulec-Adamowicz N, Marszałek J, et al. Balance functional assessment in people with visual impairment. Journal of human kinetics. 2015; 48(1): 99-109.
13. Müürsepp I, Arjokesse R, Ereline J, Pääsuke M, Gapeyeva H. Impact of visual impairment on static and dynamic postural control and habitual physical activity in children aged 10–16 years. British Journal of Visual Impairment. 2018; 36(3): 227-37.
14. Lieberman LJ, Lepore M, Lepore-Stevens M, Ball L. Physical education for children with visual impairment or blindness. Journal of Physical Education, Recreation & Dance. 2019; 90(1): 30-8.
15. Aki E, Atasavun S, Turan A, Kayihan H. Training motor skills of children with low vision. Perceptual and motor skills. 2007;

104(3_suppl): 1328-36.
16. Rogge A-K, Hamacher D, Cappagli G, Kuhne L, Hötting K, et al. Balance, gait, and navigation performance are related to physical exercise in blind and visually impaired children and adolescents. Experimental brain research. 2021; 239(4): 1111-23.
17. Elsman EB, Al Baaj M, van Rens GH, Sijbrandi W, van den Broek EG, et al. Interventions to improve functioning, participation, and quality of life in children with visual impairment: a systematic review. survey of ophthalmology. 2019; 64(4): 512-57.
18. Walicka-Cupryś K, Rachwał M, Guzik A, Piwoński P. Body balance of children and youths with visual impairment (pilot study). International journal of environmental research and public health. 2022; 19(17): 11095.
19. Wiszomirska I, Kaczmarczyk K, Błażkiewicz M, Wit A. The impact of a vestibular-stimulating exercise regime on postural stability in people with visual impairment. BioMed research international. 2015; 2015.
20. Rogge A-K, Hötting K, Nagel V, Zech A, Hölig C, Röder B. Improved balance performance accompanied by structural plasticity in blind adults after training. Neuropsychologia. 2019; 129: 318-30.
21. Daneshmandi H, Norasteh AA, Zarei H. Balance in the blind: A systematic review. Physical Treatments-Specific Physical Therapy Journal. 2021; 11(1): 1-12.
22. Moghadas Tabrizi Y, Mansori MH, Karimizadeh Ardakani M. Postural control and risk of falling in people who are blind: The effect and durability of perturbation and vestibular exercises. British Journal of Visual Impairment. 2023; 41(3): 517-27.
23. Zarei H, Norasteh AA. The effect of 8 weeks proprioception training without visual input on single-limb standing balance time in deaf students: A randomized controlled trial. Journal of Bodywork and Movement Therapies. 2020; 24(2): 63-8.
24. Atwater SW, Crowe TK, Deitz JC, Richardson PK. Interrater and test-retest reliability of two pediatric balance tests. Physical Therapy. 1990; 70(2): 79-87.
25. Beyranvand R, Sahebozamani M, Daneshjoo A. The role of ankle and knee joints proprioceptive acuity in improving the elderly balance after 8-week aquatic exercise. Iranian Journal of Ageing. 2018; 13(3): 372-83.
26. Lieberman LJ, Haibach P, Wagner M. Let's play together: Sports equipment for children with and without visual impairments. Palaestra. 2014; 28(2): 13-5.
27. Houwen S, Hartman E, Jonker L, Visscher C. Reliability and validity of the TGMD-2 in primary-school-age children with visual impairments. Adapted Physical Activity Quarterly. 2010; 27(2): 143-59.
28. Ghasemifard F, Mirzaeie H, Jafari Oori M, Hosseini S, Riazi A, Hooshmandzadeh N. Psychometric Properties of Gross Motor Development Test in Children with Visual Impairment in Tehran. Journal of Paramedical Sciences & Rehabilitation. 2020; 9(3): 31-8.
29. Zarei H, Norasteh AA, Lieberman LJ, Ertel MW, Brian A. Balance control in individuals with visual impairment: a systematic review and meta-analysis. Motor control. 2023; 27(4): 677-704.
30. Seemungal BM, Glasauer S, Gresty MA, Bronstein AM. Vestibular perception and navigation in the congenitally blind. Journal of neurophysiology. 2007; 97(6): 4341-56.
31. Winter L, Huang Q, Sertic JV, Konczak J. The effectiveness of proprioceptive training for improving motor performance and motor dysfunction: a systematic review. Frontiers in rehabilitation sciences. 2022; 3: 830166.
32. Li Y, Hou S, Zhang X, Wang A. Sensory reweighting for postural stability in individuals with low vision and blindness: balance adaptation and muscle co-contraction. Frontiers in Physiology. 2025; 16: 1684671.
33. Zarei H, Norasteh AA, Lieberman LJ, Brian A. Proprioception and Lower Limb Strength in Children With and Without Hearing or Visual Impairments. Journal of Visual Impairment & Blindness 2025; 119(1): 33-46.
34. Zarei H, Norasteh AA. Effects of exercise training programs on balance of blind children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. Journal of Bodywork and Movement Therapies. 2022; 30: 187-95.
35. da Silva ES, Fischer G, da Rosa RG, Schons P, Teixeira LBT, et al. Gait and functionality of individuals with visual impairment who participate in sports. Gait & posture. 2018; 62: 355-8.
36. Guerriero MA, Moscatelli F, Messina G, Grosu EF, Maniu EÁ, et al. School-Based Proprioceptive and Plyometric Training Improves Balance in Students with Visual Impairment: A 12-Week Controlled Study. Disabilities. 2025; 5(4): 101.
37. Jazi SD, Purrajabi F, Movahedi A, Jalali S. Effect of selected balance exercises on the dynamic balance of children with visual impairments. Journal of Visual Impairment & Blindness. 2012; 106(8): 466-74.
38. Sravani C, Metgud D. Effect of balance training on dynamic stability and functional independence in visually disabled children-A randomized controlled trial. International Journal of Therapies and Rehabilitation Research. 2014; 3(4): 1.
39. de Toledo RC, Parreira RB, da Silva Cardoso DC, Duarte NdAC, Lopes JBP, et al. Use of TDCS with proprioceptive exercises to improve gait and balance in visually impaired children and preadolescents: a protocol for randomized clinical trial study. Frontiers in Rehabilitation Sciences. 2025; 6: 1465846.
40. Wagner MO, Haibach PS, Lieberman LJ. Gross motor skill performance in children with and without visual impairments—Research to practice. Research in developmental disabilities. 2013; 34(10): 3246-52.
41. Castiglioni GC, Hirn G, Lippolis M, Porro M. Assessment of Gross Motor Skills Performance in Italian Children with and Without Visual Impairment. Children. 2025; 12(9): 1197.
42. Vidoni C, Lorenz DJ, de Paleville DT. Incorporating a movement skill programme into a preschool daily schedule. Early Child Development and Care. 2014; 184(8): 1211-22.
43. Pineio C, Maria M, Eleni F, Spyridon-Georgios S, Foteini C, et al. Effects of an exercise program on children and adolescents with visual impairment. Open Sci J Education. 2017; 5(6): 32e9.

44. Rogge A-K, Röder B, Zech A, Hötting K. Exercise-induced neuroplasticity: Balance training increases cortical thickness in visual and vestibular cortical regions. Neuroimage. 2018; 179: 471-9.
45. Shahani O, Shamsi Majelan A, Khoshraftar Yazdi N. Advancing postural stability in athletes with chronic ankle instability through visual biofeedback-based proprioceptive training. Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation. 2025: 10538127251379798.
46. Ortiz AM, Val SL, Delgado DV. Reliability and concurrent validity of the goniometer-pro app vs a universal goniometer in determining passive flexion of knee. International Journal of Computer Applications. 2017; 173(1): 30-4.

DOI: 10.48305/jrrs.2026.46102.1133 Published by Vesnu Publications



# The Effect of Combined Vestibula-Proprioceptive Training on Postural Control in Children with Visual Impairment: A Quasi-Experimental Study

Mahla Armanfar[1], Hassan Daneshmandi[2]

Original Article

## Abstract

**Introduction:** Reduced visual input in children with visual impairments can negatively affect postural control and motor performance. In such conditions, the vestibular and proprioceptive systems play a crucial compensatory role. This study aimed to investigate the effects of combined vestibular - proprioceptive training conducted in a school setting on postural control, knee joint position sense, and locomotor skills in children with Visual Impairment, as well as the retention of these effects after a two-month follow-up period.

**Materials and Methods:** This quasi-experimental study included 20 boys with Visual Impairment aged 7-10 years who were randomly assigned to experimental and control groups. The experimental group participated in combined vestibular - proprioceptive exercises for eight weeks, while the control group received no intervention. Outcome measures were assessed at pre-test, post-test, and two-month follow-up. Data were analyzed using repeated measures ANOVA with a significance level of $p \leq 0.05$.

**Results:** Significant intergroup differences were observed for group effect, time effect, and group × time interaction ($P \leq 0.001$), with medium to large effect sizes. In the experimental group, significant improvements were found in postural control, knee joint position sense, and locomotor skills in both pre-test to post-test and pre-test to follow-up comparisons ($P \leq 0.05$). However, no significant difference was observed between post-test and follow-up for locomotor skills ($P = 0.058$). In the control group, no significant changes were found across assessment times in any of the studied variables ($P \geq 0.05$).

**Conclusion:** Combined vestibular - proprioceptive training implemented in school settings can effectively improve postural control and locomotor skills in children with Visual Impairment and may be incorporated into daily rehabilitation programs in schools for students with visual impairments. Nevertheless, further studies are required to confirm and generalize these findings.

**Keywords:** Postural control; Joint position sense; Locomotor skills; Children with low vision

**Citation:** Armanfar M, Daneshmandi H. **The Effect of Combined Vestibular-Proprioceptive Training on Postural Control in Children with Visual Impairment: A Quasi-Experimental Study.** J Res Rehabil Sci 2025; 21.

Received date: 31.12.2024 Accept date: 04.02.2025 Published: 03.04.2025

1- MSc, Department of Corrective Exercises and Sports Injury, School of Physical Education and Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
2- Professor, Department of Corrective Exercises and Sports Injury, School of Physical Education and Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
**Corresponding Author:** Hassan Daneshmandi; Professor, Department of Corrective Exercises and Sports Injury, School of Physical Education and Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran; Email: danesh@guilan.ac.ir