

The Effects of Exercise Interventions on Eye-Hand Coordination in Children with Spastic Hemiplegic Cerebral Palsy

Ranjbar Z¹, *Arab Ameri E², Molanorouzi K³, Shojaei M⁴, Daneshfar A⁴

Author Address

1. PhD Student of Motor Behavior and Motor Development, Department of Physical Education and Sports Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran;

2. PhD, Department of Physical Education and Sports Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran;

3. Department of Sports Management, Islamshahr Branch, Islamic Azad University, Islamshahr, Iran;

4. Associate Professor, Department of Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences, AlZahra University, Tehran, Iran.

*Corresponding author's email: eameri@ui.ac.ir

Received: 2019 September 3; Accepted: 2019 December 21

Abstract

Background & Objectives: Cerebral Palsy (CP) is a disorder of movement and posture with extensive variety and classifications. Spastic hemiplegia is the most prevalent CP type. The motor limitations appear in combination with sensory and cognitive alterations that result in great difficulties for children with CP to manipulate objects, communicate, and interact with their environment, subsequently limiting their mobility. Eye-hand coordination is the skill in which visual information from the eyes and motor data from the hands are efficiently applied to work together as an essential component of self-help activities, play, perception, and school work. Therefore, problems with eye-hand coordination make it difficult for children to experience search tasks in their daily lives, such as playing and school activities. Eye-hand coordination is critical in functional performance and should be carefully considered by coaches and occupational therapists. Thus, the current research aimed to investigate the effects of exercise interventions on eye-hand coordination in children with spastic hemiplegic CP.

Methods: This was a quasi-experimental study with a pretest-posttest, a control group, and a single-blinded design. We classified three experimental groups of physical activity, virtual reality, physiotherapy, and a control group. Twenty children with spastic hemiplegic CP from Golha Special School in Shiraz City, Iran, in 2019 were selected by convenience sampling method. The inclusion criteria of the study were as follows: girls and boys with spastic hemiplegic CP (6–12-year-olds); specified as level 1–3 on the Gross Motor Function Classification System (GMFCS) (according to relevant occupational therapist & their medical records); no visual or auditory impairment; no previous experience working with Xbox; no use of anticonvulsant drugs; no orthopedic surgery; no lower limb Botox injections for 6 months prior to intervention, or the presence of other disorders, such as autism, asthma, etc. (according to their parents & their medical records). Subjects' inability to follow the intervention program and instructions, and having more than three absences in the training sessions were the exclusion criteria of the study. Children were randomly divided into 4 groups of physical activity (a set of aerobic exercises, balance skills, coordination exercises, walking distance, ball skills, copying shapes, & painting were performed under the supervision of an occupational therapist & the relevant expert), physiotherapy (joint movement exercises, muscle extensions, muscle strength exercises, torso stability exercises, tracking, & grasping objects held by a physiotherapist, by stretching the arms in different directions in a sitting position), virtual reality (offering Xbox 360 Kinect games, including jumping, weight transfer, stepping from one side to the other, using the arms and legs to prevent bloating, or using arms and legs coordinated movements to cover the cavities created by the blows of the fish in the body of the aquarium), and the control group (exempt from intervention) (n=5/group). In addition, all study participants continued their treatment and physiotherapy programs for two weekly sessions during the research process. The experimental groups received interventions for 8 weeks, 3 sessions per week, and 30 minutes per session. The Visual Motor Integration Test (Beery, 1989) was used to assess eye-hand coordination. Repeated-measures Analysis of Variance (ANOVA) was used to explore the impact of interventions in the different stages of the test. Besides, the Bonferroni post-hoc test was used to determine the sustainability of the effect of interventions, and the level of significance was set at 0.05.

Results: The obtained results indicated a significant difference between the effects of interventions on eye-hand coordination in different groups, including physical activity, physiotherapy, and virtual reality, ($p < 0.001$). To measure the effectiveness of the interventions, according to the pretest-posttest stages, the relevant results indicated a significant effect of the interventions in all three groups of virtual reality ($p < 0.001$), physical activity ($p < 0.001$), and physiotherapy ($p = 0.008$). To measure the duration of interventions according to the posttest and follow-up stages, due to the negative coefficient of difference, the duration of intervention in physical activity ($p = 0.010$) and physiotherapy ($p = 0.044$) was low, and the duration of virtual reality intervention, compared to the other two groups was noteworthy ($p = 0.108$).

Conclusion: According to the present study results, it can be concluded that, compared to other interventions, designing exercise programs via virtual reality environment can play a role in improving the eye-hand coordination of children with CP.

Keywords: Spastic hemiplegic cerebral palsy, Eye-Hand coordination, Virtual reality, Physiotherapy, Physical activity.

مقایسه تأثیر مداخلات تمرینی بر هماهنگی چشم و دست کودکان فلج مغزی همی پلژی اسپاستیک

زهرا رنجبر^۱، *الهه عرب عامری^۲، کیوان ملانوروزی^۳، معصومه شجاعی^۴، افخم دانشفر^۴

توضیحات نویسندگان

۱. دانشجوی دکتری رفتار حرکتی و رشد حرکتی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران؛

۲. دکتری، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران، تهران، ایران؛

۳. استادیار گروه مدیریت ورزشی، واحد اسلامشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اسلامشهر، ایران؛

۴. دانشیار گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه الزهراء، تهران، ایران.

*رایانامه نویسنده مسئول: eameri@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۲ شهریور ۱۳۹۸؛ تاریخ پذیرش: ۳۰ آذر ۱۳۹۸

چکیده

زمینه و هدف: مداخلات انجام شده در زمینه بهبود هماهنگی چشم و دست به عنوان عنصر اساسی در فعالیتهای روزمره کودکان فلج مغزی، بسیار محدود است؛ بنابراین این مطالعه با هدف مقایسه تأثیر مداخلات تمرینی بر هماهنگی چشم و دست کودکان فلج مغزی همی پلژی اسپاستیک انجام شد.

روش بررسی: این پژوهش از نوع نیمه تجربی با طرح پیش آزمون و پس آزمون با گروه گواه بود. ۲۰ کودک فلج مغزی همی پلژی اسپاستیک از مدرسه استثنایی گلها در شیراز در سال ۱۳۹۸ به روش نمونه گیری در دسترس انتخاب شدند. سپس به صورت تصادفی در چهار گروه ۵ نفره، مداخلات فعالیت بدنی، فیزیوتراپی و واقعیت مجازی را دریافت کردند و گروه گواه هیچ مداخلاتی دریافت نکرد. مداخلات به مدت هشت هفته و هر هفته سه جلسه و هر جلسه ۳۰ دقیقه اجرا شد. آزمون یکپارچگی بینایی حرکتی (بیری، ۱۹۸۹) به منظور ارزیابی هماهنگی چشم و دست به کار رفت؛ همچنین برای سنجش تأثیر مداخلات در مراحل مختلف آزمون از آزمون تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر و برای تعیین ماندگاری تأثیر مداخلات از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. سطح معناداری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته ها: در سنجش تأثیر مداخله، نتایج بیانگر تفاوت معنادار تأثیر مداخلات بر هماهنگی چشم و دست در گروه های مختلف شامل فعالیت بدنی ($p < 0/001$)، فیزیوتراپی ($p = 0/008$) و واقعیت مجازی ($p < 0/001$) بود. در سنجش میزان ماندگاری مداخلات با توجه به مراحل پس آزمون و پیگیری، در گروه واقعیت مجازی میزان ماندگاری مداخله در مقایسه با دو گروه دیگر درخور توجه بود ($p = 0/008$).

نتیجه گیری: طراحی برنامه های تمرینی با استفاده از محیط واقعیت مجازی در مقایسه با سایر مداخلات در بهبود هماهنگی چشم و دست کودکان فلج مغزی نقش مؤثرتری دارد.

کلیدواژه ها: فلج مغزی همی پلژی اسپاستیک، هماهنگی چشم و دست، واقعیت مجازی، فیزیوتراپی، فعالیت بدنی.

نوع شایع‌تر فلج مغزی^۱، همی‌پلژی اسپاستیک است که بعد از آسیب‌های یک‌طرفه به قشر مغزی یا راه‌های قشری‌نخاعی به‌وجود می‌آید و منجر به نقص کنترل تون عضلانی و خشکی اندام‌های فوقانی و تحتانی سمت آسیب‌دیده می‌شود؛ همچنین اغلب با نارسایی‌های حسی‌گیرنده‌های حس عمق و ادراک لمسی همراه است (۱). سمت آسیب‌دیده در اندام فوقانی با بروز تون عضلانی غیرطبیعی در حالت خم شدن مچ دست و آرنج، چرخش داخلی یا خارجی شانه با کاهش قدرت و اختلالات لمسی و حس عمق همراه است که بیشتر بر مهارت‌های حرکتی ظریف تأثیرگذار است (۲). این مسئله منجر به ایجاد محدودیت‌هایی در هماهنگی چشم و دست، فعالیت‌های دستی و ظریف مثل کنترل سرانگشتان دست آسیب‌دیده، ردیابی دقیق و نوشتن خوانا می‌شود (۳).

هماهنگی چشم و دست به‌عنوان مهارتی تعریف شده است که به‌وسیله آن اطلاعات بصری از چشم‌ها و اطلاعات حرکتی از هر دو دست برای اجرای هماهنگ، به‌مثابه بخش ضروری از فعالیت‌های مرتبط با انجام کارهای شخصی، بازی، ادراک و تکالیف مدرسه استفاده می‌شود (۴)؛ همچنین لازمه هماهنگی چشم و دست، تحولات پیچیده حسی‌حرکتی است که به ویژگی‌های بصری جسم، جهت اولیه دید، موقعیت اولیه سر، دست و تنه بستگی دارد. نقص دسترسی که از مشکلات هماهنگی چشم و دست است، یکی از محدودیت‌های کودکان فلج مغزی است. این محدودیت، به‌دلیل پردازش ضعیف بازخوردهای بینایی، پردازش ضعیف بازخوردهای لامسه، پردازش ضعیف بازخوردهای حس عمق و حسی‌حرکتی، خشکی و ضعف هماهنگی زمانی بین دستان و کنترل اشیاء در تکالیف دستی به‌وجود می‌آید و همچنین نقص دسترسی در نتیجه فعال‌سازی هم‌زمان عضلانی توسط سیستم عصبی مرکزی ایجاد می‌شود. این محدودیت، دسترسی به اطلاعات حسی را از محیط خارجی دشوار می‌کند و کودکان را برای انجام تکالیف جست‌وجو در زندگی روزمره خود مانند بازی و فعالیت‌های مدرسه، با مشکل مواجه می‌کند و منجر به اختلال در رشد مهارت‌های زندگی مستقل می‌شود (۵،۶). هماهنگی چشم و دست از اهمیت بسیار زیادی در عملکرد کارکردی برخوردار است و باید توسط مربیان و کاردرمانان به‌دقت و با جدیت مدنظر قرار گیرد؛ بنابراین لزوم انجام مداخلات تمرینی به‌منظور ارائه رویکرد بهتر تمرینی برای بهبود هماهنگی چشم و دست کودکان فلج مغزی اهمیت زیادی دارد.

یکی از مداخلات مرسوم در کودکان فلج مغزی، فیزیوتراپی است که نقش مهمی در کنترل شرایط بیماری از طریق تمرکز بر عملکرد، حرکت و استفاده بهینه از توانایی کودک ایفا می‌کند. فیزیوتراپی از طرق مختلفی مانند رویکردهای بدنی، تحریک الکتریکی و بازخورد و... برای ارتقای سلامتی بدنی، روانی و اجتماعی استفاده می‌کند و در کاهش درد، جلوگیری از شروع و پیشرفت اختلالات، محدودیت‌های عملکردی، سلامت و کیفیت مطلوب زندگی افراد فلج مغزی نقش دارد (۷).

مشارکت افراد فلج مغزی درمقایسه با همتایان سالم خود در فعالیت بدنی کمتر است؛ لذا فعالیت‌های بدنی از دیگر مداخلات مهم در این کودکان است که در تعاملاتی مانند صحبت‌کردن، غذاخوردن، لباس‌پوشیدن و برقراری ارتباط با جامعه مؤثر است. اگرچه قبلاً درخصوص اثر منفی فعالیت بدنی و ورزش بر الگوهای حرکتی و خشکی عضلانی این کودکان نگرانی‌هایی وجود داشت (۸)، مطالعات گوناگونی که درخصوص اثربخشی فعالیت بدنی بر فاکتورهایی مانند خشکی عضلانی (۹)، انعطاف‌پذیری (۱۰) و الگوهای حرکتی (۱۱، ۱۰) انجام شده است، تا حد بسیاری این نگرانی‌ها را برطرف کرده است.

واقعیت مجازی^۲ به‌عنوان مداخله‌ای برای کودکان فلج مغزی نسبتاً جدید است و تحقیقات مرتبط با آن به‌سرعت در حال تکامل است. واقعیت مجازی از بازی‌های تعاملی با منشأ فیزیوتراپی استفاده می‌کند. واقعیت مجازی، شبیه‌سازی تعاملی است که تجربه‌های شبیه به زندگی واقعی را از طریق نمایش یک‌سری از تکالیف تعاملی بر صفحه‌نمایش برای کاربر ایجاد می‌کند و از طریق رویکرد حل مسئله با ایجاد بازخوردهای بصری و شنیداری در زمان اجرای تکالیف خاص، وی را قادر می‌سازد به‌طور مؤثر حرکات خود را کنترل کند (۱۲). ایکس‌باکس ۳۶۰ کینکت^۳ یکی از این کنسول‌های بازی است که در طی حرکت بازیکن، بدون نیاز به هیچ کنترلگری عمل می‌کند و حرکات کودک را به‌صورت سه‌بعدی می‌گیرد و قابلیت غوطه‌وری ایجاد می‌کند (۱۳). باوجود محدودیت در مداخلات انجام‌شده در زمینه هماهنگی چشم و دست کودکان فلج مغزی، از برخی از این مطالعات می‌توان به مطالعه ساویدرا و همکاران اشاره کرد. آن‌ها هماهنگی چشم و دست را در کودکان فلج مغزی با انجام تکالیف پیگردی بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که نقص دسترسی در این کودکان باعث جفت‌شدن حرکات چشم و سر و دست‌ها می‌شود (۱۴). شین و همکاران اثرات درمان متعارف عصبی و برنامه تمرینی واقعیت مجازی را بر هماهنگی چشم-دست در کودکان مبتلا به فلج مغزی اسپاستیک دیپلزی بررسی کردند. آن‌ها تفاوت معناداری را در هماهنگی چشم و دست و سرعت بینایی‌حرکتی گروه واقعیت مجازی درمقایسه با درمان متعارف عصبی گزارش کردند (۱۵). وول و همکاران هماهنگی چشم و دست دانش‌آموزان ۱۴ تا ۱۹ ساله همی‌پلژی را در طی انتقال دستی شیء با دست آسیب‌دیده و دست سالم از طریق مداخلات تکالیف پیگرد چشمی ارزیابی کردند. آن‌ها سازگاری هماهنگی چشم و دست را با قیود ویژه عضو در حال حرکت گزارش کردند (۱). در پژوهشی دیگر به نقش بازی و تعامل با هم‌بازی‌ها در بهبود مهارت‌های حرکتی ظریف و اجزای آن مثل هماهنگی چشم و دست و همچنین بهبود عملکرد اجرایی کودکان دارای تأخیر مهارت‌های رشدی ظریف مانند کودکان فلج مغزی اشاره شد (۵). در پژوهشی مروری راتینام و همکاران مبنی بر تأثیر واقعیت مجازی بر درمان عملکرد دست کودکان فلج مغزی،

3. Xbox 360 Kinect

1. Cerebral palsy

2. Virtual reality

از سه جلسه غیبت در جلسات تمرینی، معیارهای خروج آزمودنی‌ها از پژوهش بود.

در این پژوهش برای ارزیابی هماهنگی چشم و دست از آزمون یکپارچگی بینایی حرکتی^۳ استفاده شد که توسط بیرری در سال ۱۹۸۹ ساخته شد (۲۰). این آزمون شامل ۲۴ شکل هندسی است که از ساده تا پیچیده تنظیم می‌شود و در دامنه بین ۵۰ تا ۵۰۰ نمره‌گذاری می‌شود. در این آزمون، ضریب همبستگی پایایی بین مشاهده‌گران از ۰/۵۸ تا ۰/۹۹ و میانگین برابر با ۰/۹۳ و پایایی آزمون-بازآزمون برابر با ۰/۹۵ گزارش شد (۲۰). این آزمون توسط فرهنگ و مینایی در سال ۱۳۸۳ نیز هنجاریابی شد و انطباق و هنجاریابی نسخه بازبینی‌شده این آزمون، روایی محتوا، روایی وابسته به ملاک و روایی سازه خرده‌آزمون‌ها با استفاده از روش‌های مناسب به تأیید رسید (۲۱). همچنین شیخ و اسدی در سال ۱۳۹۵، روایی و پایایی و هنجاریابی نسخه فارسی ویراست سوم این آزمون را در کودکان ۷ تا ۱۲ ساله بررسی کردند و پایایی درونی را ۰/۸۵ و پایایی زمانی آن را بین ۰/۷۵ تا ۰/۸۷ به دست آوردند؛ همچنین این آزمون را دارای روایی سازه اعلام کردند (۲۲). از ترازوی دیجیتالی برای سنجش وزن، از متر نواری به منظور سنجش قد و از سیستم ایکس باکس ۳۶۰ کینکت مدل ۱۴۰۳ استفاده شد.

ابتدا با دریافت نامه از حراست آموزش و پرورش استثنائی ناحیه کل شهر شیراز به مدرسه گلها مراجعه شد و توضیحات لازم به مسئولان مربوط داده شد و رضایت آن‌ها برای همکاری در این پژوهش دریافت شد. پس از آن، خلاصه‌ای از تحقیق به صورت عمومی به کودکان ارائه شد و از آن‌ها برای همکاری دعوت شد تا به صورت داوطلبانه در این تحقیق مشارکت کنند. ضمن اینکه فرم رضایت‌نامه آگاهانه توسط والدین کودک تکمیل شد. از بین افراد، ۲۰ نفر واجد شرایط تحقیق انتخاب شدند و در گروه‌های چهارگانه قرار گرفتند و در جلسه‌ای با نحوه اجرای مطالعه و دستورالعمل‌های مرتبط آشنا شدند.

این مطالعه شامل چهار مرحله ارزیابی بود و در هر مرحله فیزیوتراپیست‌هایی که از نحوه چیدمان کودکان در هر گروه بی‌اطلاع بودند، آزمون‌ها را انجام دادند. مرحله اول، دو هفته قبل از تمرین، مرحله دوم یک روز قبل از مداخله تمرینی، مرحله سوم روز پس از مداخله و آزمون پیگیری چهار هفته بعد از پس‌آزمون به منظور سنجش ماندگاری تأثیر پروتکل‌های تمرینی انجام شد. پس از اجرای پیش‌آزمون، افراد به صورت تصادفی در سه گروه تجربی و یک گروه گواه، در هر گروه ۵ نفر قرار گرفتند. این امر توسط یکی از اعضای مرکز کاردرمانی مدرسه گلها انجام شد که در فرایند تحقیق نقشی نداشت. گروه‌های تجربی به مدت هشت هفته و هر هفته سه جلسه و هر جلسه ۳۰ دقیقه به انجام تمرینات مربوط پرداختند و گروه گواه از انجام مداخلات معاف بود؛ ضمن اینکه تمامی شرکت‌کنندگان در طول فرایند تحقیق، برنامه درمانی و فیزیوتراپی خود را هفته‌ای دو جلسه ادامه دادند.

واقعیت مجازی به عنوان وسیله‌ای مکمل در بهبود تغییرات در عملکرد دست این کودکان گزارش شد (۱۶). لزوم فراهم کردن بازی‌های ویدئویی فعال برای کودکان دارای اختلالات رشدی که نیازمند فعالیت‌های بدنی و رشدی حرکتی هستند، در پژوهش استرکر و همکاران پیشنهاد شد (۱۷). از طرفی، چپو و همکاران اثربخش نبودن تمرینات واقعیت مجازی نینتندو وی فیت^۱ و مداخلات درمانی معمول را بر بهبود عملکرد دست کودکان همی‌پلژی اسپاستیک گزارش کردند (۱۸). در بررسی لوکانن و همکاران، هماهنگی حرکتی کودکان فلج مغزی پس از ۲۵ ماه از طریق انجام مداخلات مهارت‌های تویی با دست بهبود یافت (۱۹).

با توجه به اهمیت هماهنگی چشم و دست در بهبود استقلال فردی و شرایط زندگی روزمره کودکان فلج مغزی، دشواری بودن انتخاب تکالیف محرک و برانگیزاننده دارای اثربخشی درمانی، تمرکز اکثر مطالعات انجام‌شده بر عملکرد حرکتی این کودکان و محدودیت مطالعات درباره موضوعات مهمی چون هماهنگی چشم و دست کودکان فلج مغزی که به فرایندهای شناختی و ادراکی بینایی وابسته است، لزوم انجام مداخلات مختلف در این زمینه بسیار اهمیت دارد؛ لذا این پژوهش با هدف مقایسه تأثیر مداخلات فعالیت بدنی، واقعیت مجازی و فیزیوتراپی بر هماهنگی چشم و دست در کودکان فلج مغزی همی‌پلژی اسپاستیک انجام شد.

۲ روش بررسی

این تحقیق از نوع نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون با گروه گواه و یک سوکور بود که با سه گروه تجربی فعالیت بدنی، واقعیت مجازی، فیزیوتراپی و یک گروه گواه انجام شد. جامعه آماری این تحقیق را کودکان فلج مغزی مدرسه گلها واقع در مرکز شهر شیراز در سال ۱۳۹۸ تشکیل دادند. تعداد ۲۰ نفر از کودکان فلج مغزی همی‌پلژی اسپاستیک ۱۲ تا ۱۶ سال، با سطوح طبقه‌بندی ۱ تا ۳ از سیستم طبقه‌بندی عملکرد حرکتی درشت (GMFCS)^۲ (۱۵) به صورت روش نمونه‌گیری دردسترس و به صورت داوطلبانه در این تحقیق شرکت کردند.

معیارهای ورود آزمودنی‌ها به پژوهش عبارت بود از: کودکان فلج مغزی اسپاستیک همی‌پلژی دختر و پسر با دامنه سنی ۱۲ تا ۱۶ سال؛ دارای سطح ۱، ۲ یا ۳ اختلال براساس سیستم طبقه‌بندی اختلالات حرکتی درشت (GMFCS ۲ یا ۳)؛ وجود نداشتن اختلالات بینایی و شنوایی (با توجه به پرونده پزشکی شرکت‌کنندگان در پژوهش)؛ نداشتن تجربه قبلی کار با ایکس باکس (با توجه به اظهارات والدین شرکت‌کنندگان در پژوهش)؛ استفاده نکردن از داروهای ضد تشنج؛ قراردادن تحت عمل جراحی ارتوپدی؛ قراردادن تحت تزریق بوتاکس اندام تحتانی طی شش ماه قبل از مداخله؛ نداشتن سایر بیماری‌ها مانند اوتیسم، آسم و... (با توجه به پرونده پزشکی و اظهارات والدین شرکت‌کنندگان در پژوهش). توانایی نداشتن آزمودنی‌ها در دنبال کردن برنامه مداخله و نیز پیروی از دستورالعمل‌ها و داشتن بیش

۳. Test of Visual Motor Integration (TVMI)

۱. Nintendo Wii Fit

۲. Gross Motor Function Classification System

پوشاندن حفرات ایجادشده توسط ضربات ماهی‌ها در بدنه آکواریوم بود (۲۵). در صورت اجرای نادرست بازی‌ها، بازخوردهای حسی بینایی و شنوایی به شرکت‌کنندگان گروه واقعیت مجازی داده شد. بازی‌ها تا زمانی اجرا شدند که شرکت‌کنندگان این گروه تنها از طریق حرکات بدنی، نه از طریق استفاده از ابزار یا سیستم کنترلگر خاصی قادر به تکمیل آن مرحله از بازی بودند.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ و توسط یک متخصص آماری ناآگاه به وضعیت گروه‌های تحقیق انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط آزمون آماری شاپیروویلک بیانگر توزیع نرمال داده‌ها بود و به همین دلیل از آزمون آماری پارامتریک برای تحلیل داده‌ها استفاده شد. برای بررسی برابری واریانس‌ها آزمون باکس به‌کار رفت. به‌منظور بررسی تأثیر مداخلات بین گروه‌ها در مراحل مختلف آزمون از تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر و به‌منظور تعیین ماندگاری تأثیر مداخلات از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. سطح معناداری در تمامی آزمون‌های آماری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

۳ یافته‌ها

اطلاعات جمعیت‌شناختی شرکت‌کنندگان در جدول ۱ نشان داده شده است. طبق جدول ۱ بین گروه‌ها در هر سه متغیر سن، قد و وزن تفاوت معنادار مشاهده نمی‌شود ($p > 0/05$).

جدول ۱. اطلاعات جمعیت‌شناختی نمونه به‌تفکیک چهار گروه مطالعه‌شده

گروه	سن (سال)		قد (سانتی‌متر)		وزن (کیلوگرم)	
	میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	انحراف استاندارد
واقعیت مجازی	۱۱/۱۰	۱/۲۴	۱۴۲	۷/۵۸	۴۴/۶۰	۱۰/۱۶
تمرین جسمانی	۹/۴۰	۱/۶۳	۱۳۵/۶۰	۱۴/۷۲	۳۵/۶۰	۱۱/۰۵
فیزیوتراپی	۱۰/۶۰	۲/۰۴	۱۲۹/۲۰	۹/۰۹	۳۰/۴۰	۷/۹۸
گواه	۹/۴۰	۳/۲۸	۱۳۳/۴۰	۱۷/۶۷	۳۴/۶۰	۱۳/۶۱
مقدار f	۰/۷۷		۰/۸۵		۱/۵۰	
مقدار p	۰/۵۲		۰/۴۸		۰/۲۵	

تعیین نرمال‌بودن توزیع داده‌ها، آزمون شاپیروویلک به‌کار رفت که نتایج این آزمون بیانگر نرمال‌بودن توزیع داده‌ها بود ($p > 0/05$). به‌منظور ارزیابی پیش‌فرض استفاده از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر، ابتدا مفروضه کرویت با آزمون کرویت موچلی بررسی شد.

در گروه فعالیت بدنی، پس از انجام تمرینات گرم‌کردن مفاصل و عضلات و تمرینات پایه به‌مدت ۱۰ دقیقه، ۲۰ دقیقه مجموعه تمرینات ایروبیک، مهارت‌های تعادل، تمرینات هماهنگی، مسافت راه‌رفتن و مهارت‌های توپی، کپی‌کردن شکل‌ها و نقاشی‌کردن تحت نظر کاردرمان و کارشناس مربوط انجام شد (۲۳). میزان و شدت تمرینات هر هفته باتوجه به توانایی کودکان، از طریق افزایش اجزای تمرین، افزایش مسافت دریبل توپ و افزایش تعداد پرتاب توپ به حلقه، افزایش یافت (۲۴).

در گروه فیزیوتراپی نیز تمرینات حرکات مفصل، اکستشن عضلات، ورزش‌های بهبود قدرت عضلانی، تمرینات ثبات تنه، تعقیب و گرفتن اشیائی که توسط فیزیوتراپیست نگه داشته شد، از طریق کشش بازوان در جهات مختلف در وضعیت نشسته انجام پذیرفت (۱۵). گروه واقعیت مجازی، طی ۱۰ دقیقه اول تمرینات گرم‌کردن مفاصل را با نظارت فیزیوتراپیست اجرا کرد. سپس ۲۰ دقیقه تمرینات واقعیت مجازی با استفاده از سیستم ایکس‌باکس ۳۶۰ کینکت، باتوجه به توانایی شرکت‌کنندگان از طریق بازی‌های مربوط از قبیل راش ریور، کینکت ادونچرز، کینکت اسپورت و رالی‌بال ارائه شد. مداخلات گروه واقعیت مجازی دربرگیرنده حرکات پریدن، انتقال وزن، گام‌برداشتن از سمتی به سمت دیگر، استفاده از دست‌ها و پاها به‌منظور جلوگیری از گل‌خوردن یا حرکات هماهنگ دست‌ها و پاها در بازی به‌منظور

به‌منظور بررسی اثرات گروه‌های تمرینی بر هماهنگی چشم و دست کودکان فلج مغزی همی‌پلژی اسپاستیک از تحلیل واریانس (آنوا) با اندازه‌گیری مکرر استفاده شد و پیش‌فرض‌های تحلیل واریانس شامل نرمال‌بودن توزیع نمرات و همگنی واریانس گروه‌ها بررسی شد. برای

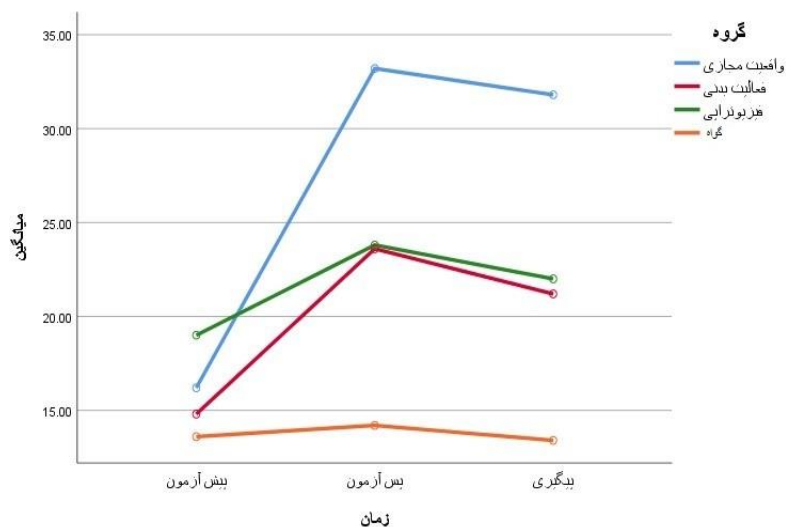
جدول ۲. مشخصات توصیفی هماهنگی چشم و دست، در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون و پیگیری به‌همراه نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر

متغیر	گروه	پیش‌آزمون		پس‌آزمون		پیگیری		نتیجه آزمون	
		میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	مقدار F	مقدار p
هماهنگی چشم و دست	واقعیت مجازی	۱۶/۲	۸/۶۷	۳۳/۲	۹/۰۹	۳۱/۸	۹/۶۰	۶/۶۴	< ۰/۰۰۱
	فعالیت بدنی	۱۴/۸	۹/۵۲	۲۳/۶	۶/۸۴	۲۱/۲	۹/۶۰		
	فیزیوتراپی	۱۹	۱۶/۱۷	۲۳/۸	۱۶/۷۶	۲۲/۰	۱۵/۵۰		
	گواه	۱۳/۶	۴/۵۶	۱۴/۲	۵/۸۴	۱۳/۴	۵/۲۷		

موچلی (۰/۵۸۸) کوچک‌تر از ۰/۷۵ بود، از آزمون تحلیل واریانس تعدیل‌یافته با تصحیح گرین‌هوس-گیزر استفاده شد. همچنین باتوجه

نتایج حاصل از آزمون کرویت موچلی نشان داد که فرض کرویت برقرار نیست ($p < 0/05$). باتوجه به اینکه مقادیر اپسیلون مقدار آماره

به آزمون ام. باکس، در سطح ۰/۰۵ همگنی ماتریس واریانس کوواریانس در چهار گروه مختلف در مراحل مختلف آزمون تأیید شد ($p=0/064$).
 می‌دهد که تأثیر مداخلات بر هماهنگی چشم و دست به‌طور معناداری در گروه‌های مختلف متفاوت بوده است ($p<0/001$). روند تغییرات در شکل ۱ مشاهده می‌شود.
 نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر در جدول ۲ نشان



شکل ۱. میانگین نمره هماهنگی چشم و دست به تفکیک گروه‌های مختلف در مراحل مختلف آزمون

جدول ۳. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی برای مقایسه میانگین نمره هماهنگی چشم و دست در گروه‌های مختلف در مراحل زمانی مختلف

گروه	زمان (I)	زمان (J)	تفاضل میانگین (I-J)	خطای استاندارد	مقدار p
واقعیت مجازی	۱	۲	-۱۷	۱/۵۸۴	<۰/۰۰۱
	۱	۳	-۱۵/۶	۱/۵۷۰	<۰/۰۰۱
	۲	۳	۱/۴۰۰	۰/۸۲۲	۰/۱۰۸
فعالیت بدنی	۱	۲	-۸/۸۰۰	۱/۵۸۴	<۰/۰۰۱
	۱	۳	-۶/۴۰۰	۱/۵۷۰	<۰/۰۰۱
	۲	۳	۲/۴۰۰	۰/۸۲۲	۰/۰۱۰
فیزیوتراپی	۱	۲	-۴/۸۰۰	۱/۵۸۴	۰/۰۰۸
	۱	۳	-۳	۱/۵۷۰	۰/۰۷۴
	۲	۳	۱/۸۰۰	۰/۸۲۲	۰/۰۴۴
گواه	۱	۲	-۰/۶	۱/۵۸۴	۰/۷۱۰
	۱	۳	۰/۲۰۰	۱/۵۷۰	۰/۹۰۰
	۲	۳	۰/۸۰۰	۰/۸۲۲	۰/۳۴۵

در جدول ۳ زمان در سه سطح ۱ و ۲ و ۳ به ترتیب بیانگر پیش آزمون و پس آزمون و پیگیری است؛ همان‌طور که مشاهده می‌شود، در گروه گواه طبق انتظار، تفاوتی بین زمان‌های مختلف وجود ندارد.
 به‌منظور سنجش تأثیر مداخلات، با توجه به مراحل پیش آزمون و پس آزمون، نتایج بیانگر تأثیر معنادار مداخلات هر سه گروه واقعیت مجازی ($p<0/001$)، فعالیت بدنی ($p<0/001$) و فیزیوتراپی ($p<0/001$) است. همچنین برای سنجش میزان ماندگاری مداخلات

باتوجه به مراحل پس آزمون و پیگیری، در گروه‌های فعالیت بدنی ($p=0/010$) و فیزیوتراپی ($p=0/044$) میزان ماندگاری مداخله باتوجه به ضریب منفی آماره تفاضل کم است و در گروه واقعیت مجازی میزان ماندگاری مداخله در مقایسه با دو گروه دیگر در خورتوجه است ($p=0/108$).

۴ بحث

هدف از پژوهش حاضر مقایسه تأثیر مداخلات تمرینی بر هماهنگی

است. باتوجه به متفاوت بودن گونه‌ها، دلایل و منشأ اختلال فلج مغزی، برخی مداخلات با برنامه‌های تمرینی بدنی کمتر مؤثر است که البته مدت زمان لازم برای سازگاری با روش تمرینی عامل مهمی است (۳۳)؛ همان‌طور که گفته شد، فواید استفاده از مداخلات فعالیت بدنی مختص زمان تمرین آن‌ها بود و اثرات آن در آزمون تعقیبی معنادار نبود. کاهش آمادگی بعد از برنامه تمرینی در کودکان فلج مغزی قبلاً نیز توسط وندنبرگ-ایمونز و همکاران گزارش شده است که از دلایل آن دشوار بودن حفظ فواید ناشی از اثرات تمرین برای این کودکان است و طراحی برنامه تمرینی مداوم به‌منظور حفظ اثرات تمرین راهکاری مناسب است (۳۴).

درخصوص مداخلات فیزیوتراپی، نتایج حاصل از این پژوهش با مطالعه کتر و همکاران همخوانی ندارد. در آن مطالعه تأثیر برنامه‌های درمانی کاربردی و فیزیوتراپی بر عملکرد حرکتی ظریف و درشت کودکان فلج مغزی سنجیده شد و در نتیجه هر دو روش مؤثر بود؛ ولی تأثیر برنامه‌های درمانی کاربردی معنادارتر گزارش شد که مشارکت والدین در امر درمان، مدت زمان کافی برای انجام مداخلات و تمرکز بر انجام فعالیت‌های کاربردی به‌جای کیفیت حرکات، از دلایل آن بیان شده است (۳۵). همچنین نتایج حاصل از پژوهش حاضر با مطالعه شین و همکاران مبنی بر تأثیر مداخلات درمان متعارف عصبی در مقابل واقعیت مجازی و تأثیر اندک و قابل چشم‌پوشی مداخلات درمان متعارف عصبی، هم‌راستا است که تنوع تمرینی بیشتر در تمرینات واقعیت مجازی ازجمله دلایل این نتایج گزارش شده است (۱۵). با توجه به پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه هماهنگی بین دست‌ها و کنترل تنه در کودکان فلج مغزی (۱۴/۱۵)، متأسفانه با توجه به دانش نویسندگان این پژوهش، شواهد موجود مبنی بر اثربخشی رویکردهای درمانی در هماهنگی چشم و دست کودکان فلج مغزی همی‌پلژی اسپاستیک بسیار محدود است؛ با این حال برنامه‌های درمانی باید دارای محتویاتی باشد که انگیزش و درک اهمیت زندگی فعالانه و استفاده متعادل از بدن را در کودک ایجاد کند که این اهداف هر چه از سنین کمتر بر کودک انجام شود، اثربخشی بیشتری در برنامه‌های آتی خواهد داشت (۲۴).

در این مطالعه محدودیت‌هایی از قبیل تعداد کم نمونه و به‌کارگیری تنها یک نوع اختلال فلج مغزی وجود داشت. این محدودیت‌ها در مطالعات مشابه نیز گزارش شده است؛ ولی گزارش مداخلات متفاوت تمرینی بر سایر فاکتورهای جسمانی و روانی و همچنین بر انواع سطوح دیگر اختلال فلج مغزی به‌منظور تعیین رویکرد بهتر مداخله‌ای، کمک شایانی به طراحی تمرینات متناسب با نیاز هر کودک در هر نوع و سطحی از این اختلال می‌کند. از نتایج این مطالعه در به‌کارگیری و آشناسازی مراکز درمانی و مدارس استثنایی با واقعیت مجازی به‌عنوان وسیله کمکی و مکمل در امر بازتوانی، آموزش و درمان این کودکان به‌منظور تسهیل‌سازی زندگی مستقل آن‌ها می‌توان استفاده کرد.

۵ نتیجه‌گیری

باتوجه به نتایج حاصل از این مطالعه می‌توان استفاده از ایکس باکس ۳۶۰ کینکت را به‌عنوان ابزار کمکی بسیار مناسب در افراد با اختلال فلج مغزی که از اختلالات هماهنگی چشم و دست رنج برده، حمایت

چشم و دست کودکان فلج مغزی همی‌پلژی اسپاستیک بود؛ به این منظور اثر فعالیت بدنی، فیزیوتراپی و واقعیت مجازی به‌عنوان متغیرهای مستقل بررسی و مقایسه شد. نتایج مطالعه نشان داد که اثر مداخلات هر سه گروه معنادار است؛ ولی گروه واقعیت مجازی عملکرد بیشتر و همچنین اثر ماندگاری بیشتری را درمقایسه با سایر گروه‌ها داشته است. نتایج حاصل از این پژوهش با این مطالعات هم‌راستا است: مطالعه مرینز و همکاران مبنی بر بهبود بازتوانی عملکرد دست و بازوی کودکان فلج مغزی از طریق مداخله واقعیت مجازی (۲۶)، پژوهش رن و همکاران مبنی بر تأثیر مثبت واقعیت مجازی بر حرکت اعضا و عملکرد حرکتی ظریف اندام فوقانی در کودکان فلج مغزی اسپاستیک دی‌پلژی (۲۷)، مطالعه شاران و همکاران مبنی بر تأثیر معنادار و مؤثر مداخلات نینتندو وی فیت درمقایسه با مداخلات توان‌بخشی بر تعادل، مهارت‌های دستی و سطح مشارکت کودکان فلج مغزی (۲۸) و پژوهش رستمی و همکاران مبنی بر اثربخشی بیشتر مداخلات هم‌زمان واقعیت مجازی و فیزیوتراپی درمقایسه با اثربخشی واقعیت مجازی به‌تنهایی بر عملکرد اندام فوقانی کودکان فلج مغزی همی‌پلژی اسپاستیک (۲۹). اثرات مثبت مداخلات با واقعیت مجازی احتمالاً می‌تواند به‌دلیل تسهیل فعال‌سازی مناطق مغزی در طی تمرینات یا به‌دلیل بهبود عملکردهای حسی حرکتی و کاهش تمرکز بینایی این کودکان رخ داده باشد (۲۶)؛ زیرا در محیط واقعیت مجازی ویژگی‌های متغیر بازی‌ها تصاویر متحرکی را ایجاد می‌کند که باتوجه به شرایط و پیچیدگی هر بازی دائماً در حال تغییر است؛ در نتیجه مشکل تمرکز بیش‌ازحد بینایی این کودکان که مکانیزم جبرانی آسیب‌های حسی حرکتی در آن‌ها است، کاهش می‌یابد. شرایط تکرار و تمرین مناسب، ایجاد بازخوردهای بینایی و شنوایی وابسته به هر شرایط و در نتیجه اصلاح حرکت توسط کودک، انگیزش و علاقه به مداومت در مداخله و همچنین ایجاد احساس اعتماد به نفس در نتیجه پیروزی با افزایش پیچیدگی بازی را می‌توان از دلایل مهم معناداری نتایج مداخلات واقعیت مجازی در این مطالعه برشمرد (۲۹).

نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج این مطالعات ناهمسو است: پژوهش چپو و همکاران مبنی بر نبود تأثیر معنادار واقعیت مجازی بر بهبود عملکرد دست کودکان فلج مغزی همی‌پلژی اسپاستیک به‌دلیل کم‌بودن زمان مداخله (۱۸)، مطالعه جانینک و همکاران مبنی بر نبود تأثیر معنادار واقعیت مجازی بر عملکرد دست کودکان فلج مغزی کواردری پلژی و دی‌پلژی اسپاستیک (۳۰)، پژوهش رید و کمپل مبنی بر نبود تأثیر معنادار واقعیت مجازی بر تغییرات کیفیت عملکرد حرکتی دست و اندام فوقانی در کودکان فلج مغزی درمقایسه با مداخلات فیزیوتراپی و درمان سنتی به‌دلیل کم‌بودن تعداد جلسات تمرینی (۳۱) و مطالعه وینکلز و همکاران مبنی بر تغییر نکردن کیفیت حرکات اندام فوقانی در نتیجه مداخله با واقعیت مجازی و افزایش سهولت استفاده از دست‌ها و بازوان در طی اجرای فعالیت‌های روزانه در کودکان فلج مغزی، در تناقض است (۳۲).

درخصوص نتایج حاصل از مداخلات فعالیت بدنی می‌توان اذعان داشت که بر مؤثر بودن اجرای تکالیف حرکتی ظریف، تمرینات ورزشی یک‌سویه و تمرینات هماهنگی بر درمان کودکان فلج مغزی تأکید شده

IR.SSRI.REC.1397.274 تأیید شد و این اطمینان به افراد داده شد که تمام اطلاعات آن‌ها محرمانه است و برای امور پژوهشی استفاده خواهد شد.

رضایت‌نامه انتشار

غیر قابل اجرا است.

تزامن منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد منافی ندارند.

منابع مالی

منابع مالی این پژوهش از هزینه‌های شخصی تأمین شده است.

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول گردآوری داده‌ها و ادبیات پژوهش را بر عهده داشت. نویسنده دوم در نگارش نسخه دست‌نوشته همکار اصلی بود. نویسنده سوم داده‌های به‌دست‌آمده را آنالیز و تفسیر کرد. نویسنده چهارم بر روند اجرای پژوهش نظارت و بازبینی داشت. همه نویسندگان نسخه نهایی دست‌نوشته را خواندند و تأیید کردند.

کرد. در این مطالعه اثر سه مداخله تمرینی واقعیت مجازی با استفاده از ایکس‌باکس کینکت، فعالیت بدنی و فیزیوتراپی بر کودکان فلج مغزی همی‌پلژی اسپاستیک بررسی شد که در نهایت با وجود معناداری اثر هر سه مداخله، برتری اثر تمرینات واقعیت مجازی با ایکس‌باکس کینکت اثبات شد. با این وجود نیاز به انجام مطالعات بیشتر درخصوص استفاده از ایکس‌باکس در مداخلات مرتبط با ارزیابی سایر شاخصه‌های رشد حرکتی و همچنین انجام مطالعاتی درمقایسه با کودکان دارای رشد طبیعی و در صورت امکان انجام مطالعات با حجم نمونه بزرگ‌تر، ضرورت است.

۶ تشکر و قدردانی

از مجموعه عوامل مدرسه استثنایی گلها، مدیریت، کاردرمانان، فیزیوتراپیست‌ها، والدین و کودکان عزیز مشارکت‌کننده در پژوهش که در اجرای این مطالعه ما را یاری کردند، تقدیر و تشکر می‌شود.

۷ بیانیه‌ها

تأییدیه اخلاقی و رضایت‌نامه از شرکت‌کنندگان

این پژوهش توسط کمیته اخلاق پژوهشگاه تربیت‌بدنی با کد

References

1. Verrel J, Bekkering H, Steenbergen B. Eye-hand coordination during manual object transport with the affected and less affected hand in adolescents with hemiparetic cerebral palsy. *Exp Brain Res*. 2008;187(1):107–16. doi: [10.1007/s00221-008-1287-y](https://doi.org/10.1007/s00221-008-1287-y)
2. Charles J, Gordon AM. Development of hand-arm bimanual intensive training (HABIT) for improving bimanual coordination in children with hemiplegic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 2006;48(11):931–6. doi: [10.1017/S0012162206002039](https://doi.org/10.1017/S0012162206002039)
3. Eliasson AC, Gordon AM, Forssberg H. Basic co-ordination of manipulative forces of children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 1991;33(8):661–70. doi: [10.1111/j.1469-8749.1991.tb14943.x](https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.1991.tb14943.x)
4. Jeong HW. The effects of visual perception training program on the visual perception and eye-hand coordination skills of children with spastic cerebral palsy. [Yongin, South Korea]: Dankook university Graduate school of special education; 2008.
5. Case-Smith J, Robertson J, Fulks J, Bolte T. *Occupational Therapy for Children*. 4th ed. St. Louis, MO: Mosby; 2001.
6. Talbot ML, Junkala J. The effects of auditorally augmented feedback on the eye-hand coordination of students with cerebral palsy. *Am J Occup Ther*. 1981;35(8):525–8. doi: <https://doi.org/10.5014/ajot.35.8.525>
7. Damiano DL. Activity, activity, activity: rethinking our physical therapy approach to cerebral palsy. *Phys Ther*. 2006;86(11):1534–40. doi: [10.2522/ptj.20050397](https://doi.org/10.2522/ptj.20050397)
8. Verschuren O, Ketelaar M, Takken T, Helders PJM, Gorter JW. Exercise programs for children with cerebral palsy: a systematic review of the literature. *Am J Phys Med Rehabil*. 2008;87(5):404–17. doi: [10.1097/phm.0b013e31815b2675](https://doi.org/10.1097/phm.0b013e31815b2675)
9. Fowler EG, Ho TW, Nwigwe AI, Dorey FJ. The effect of quadriceps femoris muscle strengthening exercises on spasticity in children with cerebral palsy. *Phys Ther*. 2001;81(6):1215–23.
10. Holland LJ, Steadward RD. The effects of weight training and flexibility exercising on the strength, range of motion, and spasticity/muscle tone of elite cerebral palsy athletes. In: Doll-Tepper G, Dahms C, Doll B, von Selzam H, editors. *Adapted physical activity*. Berlin, Heidelberg: Springer; 1990. pp: 125–9. doi: [10.1007/978-3-642-74873-8_19](https://doi.org/10.1007/978-3-642-74873-8_19)
11. Damiano DL, Kelly LE, Vaughn CL. Effects of quadriceps femoris muscle strengthening on crouch gait in children with spastic diplegia. *Phys Ther*. 1995;75(8):658–67. doi: [10.1093/ptj/75.8.658](https://doi.org/10.1093/ptj/75.8.658)
12. Balista VG. Sistema de realidade virtual para avaliação e reabilitação de déficit motor. In: Workshop on Virtual, Augmented Reality and Games [Internet]. São Paulo, Brazil: SBGames; 2013. Available from: http://www.sbgames.org/sbgames2013/proceedings/workshop/WorkshopVAR-6_Full.pdf
13. Pavão SL, Arnoni JLB, de Oliveira AKC, Rocha NACF. Impact of a virtual reality-based intervention on motor performance and balance of a child with cerebral palsy: a case study. *Rev Paul Pediatr*. 2014;32(4):389–94. doi: [10.1016/j.rpped.2014.04.005](https://doi.org/10.1016/j.rpped.2014.04.005)

14. Saavedra S, Joshi A, Woollacott M, van Donkelaar P. Eye hand coordination in children with cerebral palsy. *Exp Brain Res*. 2009;192(2):155–65. doi: [10.1007/s00221-008-1549-8](https://doi.org/10.1007/s00221-008-1549-8)
15. Shin J, Song G, Hwangbo G. Effects of conventional neurological treatment and a virtual reality training program on eye-hand coordination in children with cerebral palsy. *J Phys Ther Sci*. 2015;27(7):2151–4. doi: [10.1589/jpts.27.2151](https://doi.org/10.1589/jpts.27.2151)
16. Rathinam C, Mohan V, Peirson J, Skinner J, Nethaji KS, Kuhn I. Effectiveness of virtual reality in the treatment of hand function in children with cerebral palsy: A systematic review. *J Hand Ther*. 2019;32(4):426–434.e1. doi: [10.1016/j.jht.2018.01.006](https://doi.org/10.1016/j.jht.2018.01.006)
17. Straker LM, Campbell AC, Jensen LM, Metcalf DR, Smith AJ, Abbott RA, et al. Rationale, design and methods for a randomised and controlled trial of the impact of virtual reality games on motor competence, physical activity, and mental health in children with developmental coordination disorder. *BMC Public Health*. 2011;11:654. doi: [10.1186/1471-2458-11-654](https://doi.org/10.1186/1471-2458-11-654)
18. Chiu H-C, Ada L, Lee H-M. Upper limb training using Wii Sports Resort for children with hemiplegic cerebral palsy: a randomized, single-blind trial. *Clin Rehabil*. 2014;28(10):1015–24. doi: [10.1177/0269215514533709](https://doi.org/10.1177/0269215514533709)
19. Laukkanen A, Pesola AJ, Pesola AJ, Heikkinen R, Sääkslahti AK, Finni T. Family-based cluster randomized controlled trial enhancing physical activity and motor competence in 4-7-year-old children. *PLoS One*. 2015;10(10):e0141124. doi: [10.1371/journal.pone.0141124](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141124)
20. Beery KE. The VMI: Developmental test of visual-motor integration. 3rd ed. Cleveland Toronto: Modern Curriculum Press; 1989.
21. Farahbod M, Minaie A. Adaption and standardization of the test of visual-motor skills revised. *Archives of Rehabilitation*. 2004;5(1):39–48. [Persian] <http://rehabilitationj.uswr.ac.ir/article-1-142-en.pdf>
22. Sheikh M, Asadi A. Validity, reliability and standardization of Persian version of Test of Visual-Motor Skills, Third Edition. *Sports Psychology*. 2020;4(1):28–38. [Persian] <http://mbasp.sbu.ac.ir/article/download/11684/8229>
23. Rintala P, Lyytinen H. De effecten van lichamelijke activiteiten op de lichamelijke conditie en motorische vaardigheden bij kinderen met infantiele encephalopathie. *Bewegen & Hulpverlening*. 1988;3:201–7. [Dutch]
24. Jahnsen R, Villien L, Aamodt G, Stanghelle JK, Holm I. Physiotherapy and physical activity – experiences of adults with cerebral palsy, with implications for children. *Advances in Physiotherapy*. 2003;5(1):21–32. doi: [10.1080/14038190310005779](https://doi.org/10.1080/14038190310005779)
25. O'Neil ME, Fragala-Pinkham M, Lennon N, George A, Forman J, Trost SG. Reliability and validity of objective measures of physical activity in youth with cerebral palsy who are ambulatory. *Phys Ther*. 2016;96(1):37–45. doi: [10.2522/ptj.20140201](https://doi.org/10.2522/ptj.20140201)
26. Merians AS, Tunik E, Adamovich SV. Virtual reality to maximize function for hand and arm rehabilitation: exploration of neural mechanisms. *Stud Health Technol Inform*. 2009;145:109–25.
27. Ren K, Gong X-M, Zhang R, Chen X-H. Effects of virtual reality training on limb movement in children with spastic diplegia cerebral palsy. *Zhongguo Dang Dai Er Ke Za Zhi*. 2016;18(10):975–9. [Chinese] doi: [10.7499/j.issn.1008-8830.2016.10.011](https://doi.org/10.7499/j.issn.1008-8830.2016.10.011)
28. Sharan D, Ajeesh PS, Rameshkumar R, Mathankumar M, Paulina RJ, Manjula M. Virtual reality based therapy for post operative rehabilitation of children with cerebral palsy. *Work*. 2012;41 Suppl 1:3612–5. doi: [10.3233/WOR-2012-0667-3612](https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0667-3612)
29. Rostami HR, Arastoo AA, Nejad SJ, Mahany MK, Malamiri RA, Goharpey S. Effects of modified constraint-induced movement therapy in virtual environment on upper-limb function in children with spastic hemiparetic cerebral palsy: a randomised controlled trial. *NeuroRehabilitation*. 2012;31(4):357–65. doi: [10.3233/NRE-2012-00804](https://doi.org/10.3233/NRE-2012-00804)
30. Jannink MJA, van der Wilden GJ, Navis DW, Visser G, Gussinklo J, Ijzerman M. A low-cost video game applied for training of upper extremity function in children with cerebral palsy: a pilot study. *Cyberpsychol Behav*. 2008;11(1):27–32. doi: [10.1089/cpb.2007.0014](https://doi.org/10.1089/cpb.2007.0014)
31. Reid D, Campbell K. The use of virtual reality with children with cerebral palsy: a pilot randomized trial. *Therapeutic Recreation Journal*. 2006;40(4):255–68.
32. Winkels DGM, Kottink AIR, Temmink RAJ, Nijlant JMM, Buurke JH. Wii™-habilitation of upper extremity function in children with cerebral palsy. An explorative study. *Dev Neurorehabil*. 2013;16(1):44–51. doi: [10.3109/17518423.2012.713401](https://doi.org/10.3109/17518423.2012.713401)
33. Priego Quesada JI, Lucas Cuevas AG, Llana Belloch S, Pérez Soriano P. Effects of exercise in people with cerebral palsy. A review. *Journal of Physical Education and Sport*. 2014;14(1):36–41.
34. Van den Berg-Emons RJ, Van Baak MA, Speth L, Saris WH. Physical training of school children with spastic cerebral palsy: effects on daily activity, fat mass and fitness. *Int J Rehabil Res*. 1998;21(2):179–94. doi: [10.1097/00004356-199806000-00006](https://doi.org/10.1097/00004356-199806000-00006)
35. Ketelaar M, Vermeer A, Hart H, van Petegem-van Beek E, Helders PJ. Effects of a functional therapy program on motor abilities of children with cerebral palsy. *Phys Ther*. 2001;81(9):1534–45. doi: [10.1093/ptj/81.9.1534](https://doi.org/10.1093/ptj/81.9.1534)