The Effect of Bimanual Physical Exercise Based on a Computer Game on Hand Movement Performance of Spastic Hemiparetic Cerebral Palsy Children

Hosseini P[1], Kobravi HR[2], Tahami E[3] , Zeinalzadeh A[4],Hashemi N[5] , Beiraghi Toosi M[6], Akhondian J[7]

1- PhD Student of Biomedical Engineering, Department of Biomedical Engineering, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran
2- PhD of Electrical Engineering, Associate Professor, Department of Biomedical Engineering, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran
3- PhD of Biomedical Engineering, Assistant Professor, Department of Biomedical Engineering, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran
4- Associate Professor, Department of Physiotherapy, School of Paramedical and Rehabilitation Sciences, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran
5- Pediatric Neurologist, Assistant Professor, Department of Pediatrics, School of Medicine, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran
6- Pediatric Neurologist, Associate Professor, Department of Pediatrics, School of Medicine, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran
7- Pediatric Neurologist, Full Professor, Department of Pediatrics, School of Medicine, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran

Received: 2023.11.25 Accepted: 2024.02.03

Abstract

Purpose: Cerebral palsy (CP) occurs as a result of damage to the motor areas of the brain, and the patient is unable to control his movement and body position. Upper limb dysfunction is one of the most common movement disorders in children with cerebral palsy, which plays an important role in children's quality of life. Therefore, the aim of this research is to provide a rehabilitation approach to improve the movement capabilities of the hand in hemiparetic cerebral palsy children.

Methods: In this study, the ability of motor skills in children with hemiparetic CP in a bimanual computer game rehabilitation method has been investigated. Seven children with partial cerebral palsy participated in fifteen 30-minute rehabilitation sessions three days a week. The Fugl- Meyer upper extremity assessment has been used for motor evaluations.

Results: The Fugl- Meyer upper extremity assessment scores of the upper limb before and after the intervention are (46.14±10.79) and (54.43±10.3), respectively, and there is a significant improvement compared to before the intervention. ($p \leq 0.05$).

Conclusion: It seems that and motor ability of children with hemiparetic cerebral palsy is improved using bimanual methods in the form of computer games. This intervention can be used as a rehabilitation method for upper extremities.

Keywords: Bimanual Task, Cerebral palsy (CP), Hemiparesis, Rehabilitation

تأثیر تمرین حرکتی دو دستی مبتنی بر بازی رایانه ای بر عملکرد حرکتی دست کودکان فلج مغزی همی پرتیک اسپاستیک

پریسا حسینی[۱]، حمیدرضا کبروی[۲]، احسان تهامی[۳]، افسانه زینل‌زاده[۴]، نرگس هاشمی[۵]، مهران بیرقی طوسی[۶]، جواد آخوندیان[۷]

هدف: فلج مغزی (Cerebral palsy; CP) در نتیجه ی آسیب به مناطق حرکتی مغز به وجود می آید که بیمار قادر به کنترل حرکتی و وضعیت بدن خود نمی باشد. اختلال عملکرد اندام فوقانی یکی از شایع ترین اختلالات حرکتی درکودکان فلج مغزی است که نقش مهمی در کیفیت زندگی کودکان دارد. از این روی، هدف این تحقیق ارائه یک رویکرد توانبخشی جهت ارتقاء قابلیت های حرکتی دست در کودکان فلج مغزی نیمه‌بدن است.

روش بررسی: در این مطالعه قابلیت های حرکتی در کودکان فلج مغزی در یک روش توانبخشی دودستی مبتنی بر بازی

► **Please cite this article as:**
Kobravi HR. The Effect of Bimanual Physical Exercise Based on a Computer Game on Hand Movement Performance of Spastic Hemiparetic Cerebral Palsy Children. **JPSR** 2023; 12(4): 26-39. **DOI:** 10.22038/JPSR.2024.76440.2581

کامپیوتری بررسی شده است. هفت کودک فلج مغزی نیمه بدن در ۱۵ جلسه ۳۰ دقیقه توانبخشی به صورت سه روز در هفته شرکت کردند. از آزمون فوگل-میر(Fugl-Meyer; FMA) اندام فوقانی جهت ارزیابی توانایی های حرکتی استفاده شده است.

یافته ها: میانگین نمرات FMA اندام فوقانی قبل و بعد از مداخله به ترتیب (۱۰/۷۹±۴۶/۱۴) و (۱۰/۳±۵۴/۴۳) می باشد و نسبت به قبل از مداخله بهبود قابل ملاحظه ای داشته است ($p\leq ۰/۰۵$). نتایج نشان می دهد که این روش سبب بهبود قابلیت-های حرکتی در دست کودکان فلج مغزی بخصوص حرکات مچ دست از جمله پایداری مچ و تکرار حرکات دورسی فلکشن و ولارفلکشن مچ دست در کودکان شده است.

نتیجه گیری: به نظر می رسد استفاده از روش های دودستی در قالب بازی های کامپیوتری می تواند در بهبود حرکتی کودکان فلج مغزی همی‌پرتیک موثر باشد و به عنوان روشی مداخله ای در توانبخشی حرکتی این کودکان استفاده گردد.

کلمات کلیدی: حرکات دودستی، فلج مغزی، فلج مغزی نیمه بدن، توانبخشی

نویسنده مسئول: حمیدرضا کبروی، hamidrezakobravi@gmail.com ، ORCID: 0000-0002-7365-5214

آدرس: مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی پزشکی

۱- دانشجوی دکتری مهندسی پزشکی، گروه مهندسی پزشکی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

۲- دانشیار گروه مهندسی پزشکی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

۳- استادیار گروه مهندسی پزشکی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

۴- دانشیار گروه فیزیوتراپی، دانشکده علوم پیراپزشکی و توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

۵- استادیار گروه اطفال، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

۶- دانشیار گروه اطفال، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

۷- استاد گروه اطفال، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

مقدمه

فلج مغزی (Cerebral palsy; CP) در کودکان، به گروهی از اختلالات سیستم عصبی در دوران نوزادی یا ابتدای دوران کودکی گفته می شود، که تاثیرات مداوم و همیشگی بر حرکات بدن و هماهنگی عضلات می‌گذارد (۱). علت بروز فلج مغزی، آسیب یا بروز اختلال در تشکیل قسمت هایی از مغز است که منجر به مشکلاتی در توانایی مغز و کنترل حرکات بدن، حفظ حالت و تعادل بدن می شود. در برخی از موارد قشر مغزی در دوران جنینی به طور کامل و طبیعی رشد نمی کند. در برخی دیگر از موارد کودک سالم است اما بر اثر حادثه ای در دوران بارداری، در حین تولد یا بعد از تولد، این قسمت از مغز دچار آسیب می شود. اختلال حرکتی ناشی از این ضایعه در سال های اولیه زندگی ظاهر می شود. این اختلال غیرپیشرونده بوده و ناشی از آسیب دائمی مغز در حال رشد است (۲). فلج مغزی می تواند منجر به ایجاد مشکلات و عوارضی از قبیل اشکال در غذا خوردن، ضعف در حرکت، عدم تعادل و مشکلات تنفسی شود، لذا علائم فلج مغزی از یک فرد به فرد دیگر متفاوت است. با وجود اینکه فلج مغزی یک ضایعه پیشرونده نیست اما اثرات فلج مغزی ممکن است در طی زمان تغییر کند (۲، ۱). همچنین، براساس محل آسیب در مغز بیماران فلج مغزی به ۳ دسته فلج مغزی اسپاستیک، دسکینتیک (Dyskinetic) و آتاکسیک (Ataxia) تفسیم می شوند. شایع ترین نوع فلج مغزی از نوع اسپاستیک است که بیماران مبتلا به این نوع از CP عضلات منقبض دارند و حرکات آن ها حالت غیرعادی دارد. در حالت اسپاستیک نیز بیماران همی‌پلژی نسبت به سایر بیماران جمعیت زیادتری دارند . در این حالت دست و پای یک طرف بدن درگیر می شود و معمولا دست ها و بازو را بیشتر از پاها تحت تاثیر قرار می دهد. در این حالت، ماهیچه های طرف آسیب دیده دائما منقبض یا دچار اسپاسم (Spasm) هستند. همی‌پلژی (Hemiplegia) می تواند بر روی عملکرد اندام های سمت چپ یا راست بدن تأثیر بگذارد. هر کدام از قسمت های مغز که تحت تأثیر قرار گیرند، علائم فلج مغزی در طرف مقابل آن آشکار خواهد شد. بسته به شدت بیماری، علائم بیماران متفاوت خواهد بود. برخی از علائم همی‌پلژی عبارتند از: ضعف عضلانی، سفتی عضلات، اسپاسم شدید عضلانی، تعادل

ضعیف، بروز مشکلاتی در راه رفتن و یا مشکلاتی در حرکت دست و گرفتن اشیا (۴، ۳). اختلال در عملکرد اندام فوقانی اصلی ترین نقص کودکان مبتلا به همی‌پلژی است که به طور قابل‌توجهی سبب بروز مشکلات در انجام فعالیت های روزانه کودک می شود. کودکان مبتلا به CP همی‌پلژیک معمولا اختلال در مکانیسم های حسی، کاهش کنترل حرکتی و ضعف عضلانی و اسپاستیسیته را تجربه می‌کنند که همگی مانع رسیدن و گرفتن توانایی بازو و دست فلج می شوند (۵). در این میان به طور معمول، همی‌پلژی چپ شدیدتر است زیرا در اثر کمبود خون‌رسانی به نیمکره راست مغز ایجاد می‌شود و آسیب مغزی در این حالت بیشتر است (۵). مراقبت از کودک مبتلا به CP یک فرآیند طولانی مدت است که هدف آن تضمین کیفیت زندگی کودک و خانواده اش است. چنین رویکرد چندجهته ای شامل توانبخشی جامع، مراقبت‌های پزشکی تخصصی و همچنین حمایت روانی و اجتماعی است (۶). توانبخشی حرکتی، شامل بازیابی الگوهای حرکتی از دست رفته یا ایجاد الگوهای جدیدی است که می تواند عملکردهای از دست رفته غیرقابل برگشت را از طریق فعالیت حرکتی اجباری جبران کند. این یک روش اصلی برای درمان کودکان مبتلا به CP است (۲). رویکردهای توانبخشی بسیاری از جمله تمرین های دودستی، آینه درمانی، استفاده از روبات های پوشیدنی و تحریک الکتریکی عملکردی به منظور بهبود حرکت دست در کودکان فلج مغزی وجود دارد (۷-۱۸). با این حال، کودکان اغلب این نوع درمان ها را انگیزه‌بخش نمی دانند، و آموزشی با مدت و شدت کافی دریافت نمی‌کنند، که به منجر به کاهش اثرات درمانی می شود (۷). وجود روش های توانبخشی مدرن که تشویق‌کننده کودک به انجام تمرین ها باشد، از اهمیت بالایی برخوردار است.

امروزه درمان های متعدد جدیدی در جهت بهبود کودکان مبتلا به فلج مغزی ابداع شده اند که یکی از آن ها تکنولوژی فضای مجازی می باشد. یک چهارچوب توانبخشی در قالب یک بازی رایانه ای می تواند برای کودکان فلج مغزی جذاب و سرگرم‌کننده باشد و آن ها را برای انجام تمرینات توانبخشی تشویق کند (۱۹). تحقیقات نشان می دهد که ترکیب روش های توانبخشی متداول با واقعیت مجازی می تواند در بهبود و درمان کودکان مبتلا به فلج مغزی بسیار موثر باشد. در یکی از جدیدترین پژوهش‌ها استفاده از یک آموزش مبتنی‌بر بازی واقعیت مجازی در یک بیمار مبتلا به فلج مغزی گزارش شده است (۲۰). در این مطالعه یک دختر ۱۵ ساله مبتلا به فلج مغزی دیپلژی اسپاستیک در یک مداخله شش هفته ای (۱۸ جلسه) به صورت سه جلسه در هفته شرکت کرده است. با استفاده از هدست، یک فضای سه بعدی ۳۶۰ درجه ای در اطراف کاربر ایجاد می شود. حرکات از طریق سنسورها و دوربین های متصل به هدست حس می شود. در این مداخله یک بازی در واقعیت مجازی به نام میوه نینجا انجام شده است. بازیکن باید در حین بازی میوه پرتاب شده به صحنه واقعیت مجازی را با تیغه ای که توسط بازوها یا دست ها کنترل می شود، برش دهد. بازیکن باید تمام میوه-ها را برش دهد و در صورت از دست دادن سه میوه، بازی تمام می شود.

نتایج این مطالعه نشان داد که یک آموزش کاملا فراگیر مبتنی بر بازی واقعیت مجازی ممکن است مداخله مؤثری برای نوجوانان که منجر به بهبود عملکرد حرکتی، تعادل و مهارت های راه رفتن در نوجوانان مبتلا به فلج مغزی باشد (۲۰). مقالات اخیر نشان دهنده این است استفاده از بازی-های کامپیوتری و فضای مجازی می‌تواند باعث افزایش جذابیت و تشویق کودک به انجام تمرین های توانبخشی شود (۲۱). از طرفی ترکیب روش های دیگر با بازی کامپیوتری نیز می‌تواند تاثیرپذیری را افزایش دهد (۲۱). نتایج مطالعات قبلی نشان داده است که بازی های کامپیوتری و انجام تمرین های حرکتی در قالب بازی های کامپیوتری توانسته تجربه‌ای سرگرم‌کننده باشد و کودک را تشویق به ادامه تمرینات کند. در حالی که در هیچ یک از مطالعات دستگاه بازی متناسب با توانمندی کودک طراحی نشده است. لذا ارائه یک رویکرد توانبخشی مبتنی بر بازی-های کامپیوتری و حرکات دودستی می‌توانند سبب بهبود عملکردهای حرکتی در کودکان همی‌پرتیک شود. در این مطالعه ضمن طراحی یک تمرین دودستی مشخص در قالب یک بازی مخصوص جهت توانبخشی دست کودکان فلج مغزی همی پارتیک، قابلت های حرکتی دست کودکان قبل و بعد از مداخله نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

روش بررسی

با توجه به اینکه جامعه هدف پژوهش، کودکان فلج مغزی با فلج نیمه‌بدن است، بر اساس مطالعه های انجام شده،

معیارهای ورود و خروج بیماران به شرح ذیل هستند (۲۵-۲۲):

الف) کودکان با فلج مغزی یک طرفه یا همی‌پلژی اسپاستیک با تشخیص پزشک متخصص انتخاب شده اند. اگر بر اساس معیارهایی مانند عملکرد حرکتی گراس، شدت اختلال حرکتی کودک شدید بود، وارد مطالعه نشده است.

ب) کودکان بالای ۴ سال وارد مطالعه شدند.

ج) کودکان با نقایص شدید بینائی و شنوایی از مطالعه خارج شدند.

د) اگر کودکان به واسطه نقص شناختی و یا رفتاری قادر به انجام تکلیف مورد نظر نباشند از مطالعه خارج شده اند.

ه) تست های معتبر و تکرارپذیر برای ارزیابی عملکرد و ظرفیت دستان و انگشتان کودک انجام شده است (۲۶). در صورت وجود نقایص ارتوپدی در دستان که مانع انجام حرکت مورد نظر شود، کودک وارد مطالعه نشده است.

علاوه بر معیارهای فوق، باید خانواده های کودکان می پذیرفتند که کودک ایشان در طول مطالعه هیچ مداخله دیگری را دریافت ننماید. ضمن اینکه بپذیرند که در تمام جلسه های مداخله به طور پیوسته شرکت نمایند. جهت تعیین حداقل تعداد شرکت کنندگان ابتدا مقادیر معیارهای ارزیابی روی ۵ بیمار محاسبه شدند. این داده ها به عنوان داده های اولیه در نظر گرفته شد. سپس با تعیین (p=۰/۰۵)، مقدار پارامتر توان برابر ۰/۸ و تعیین سایز تاثیر بر اساس میانگین داده های اولیه، به کمک نرم افزار G*Power حداقل تعداد شرکت کنندگان ۷ نفر تعیین شد. با توجه به اینکه در صورت وجود گروه شاهد باید تمامی افراد این گروه برنامه توانبخشی کاملا یکسان و خاصی را دریافت می کردند و با توجه به شرایط عملا غیرممکن به نظر می رسید، لذا گروه شاهد از مطالعه حذف گردید. در جدول ۱ مشخصات افراد شرکت‌کننده نشان داده شده است.

پروتکل تمرین حرکتی

هر بیمار در ۱۵ جلسه به صورت سه روز در هفته به مدت ۳۰ دقیقه شرکت کرده است. تمامی شرکت‌کنندگان و والدین آن ها قبل از شروع تمرینات با شرایط و چگونگی انجام آن آشنایی داشته و از والدین رضایت نامه کتبی برای شرکت کودک در پژوهش گرفته شده است. جلسه اول به منظور آشنایی کودک با بازی و ارزیابی های اولیه و ۱۵ جلسه بعد با انجام بازی و یک جلسه آخر به منظور ارزیابی پس از مداخلات صورت گرفته است. در هر جلسه تمرین، کودک باید در غالب یک بازی تلاش نماید که موقعیت اتومبیل را روی صفحه نمایشگر حفظ نماید و امتیاز بیشتری را کسب کند. ستاب بازی به گونه ای طراحی شده است که برای کنترل اتومبیل کودک مجبور به استفاده همزمان از هر دو دست چپ و راست باشد. دست سمت درگیر برای کنترل ماشین به سمت چپ و راست و دست دیگر برای گاز و ترمز در نظر گرفته شده است. هماهنگی دست چپ و راست منجر به کسب امتیاز بیشتر و ارتقا قابلیت های حرکتی در دست می گردد. تصویر ۱ کودک در هنگام اجرای تمرین حرکتی با استفاده از سیستم بازی رایانه ای را نشان می دهد. تمامی مداخلات در مرکز فیزیوتراپی تخصصی بیماران مغز و اعصاب پارسا در اتاقی با دما و نور مناسب انجام شده است. به منظور رعایت شرایط مشابه آزمایش برای تمامی افراد شرکت کننده اتاق مشخصی برای انجام بازی در نظر گرفته شده است.

روش ارزیابی بالینی

قبل و پس از انجام تمرین های مداخله ای، میزان تاثیرگذاری تمرین های دودستی انجام شده، بررسی شده است. قابلیت های حرکتی اندام فوقانی بیماران با استفاده از آزمون فوگل-میر(Fugl-Meyer; FMA) ارزیابی شده اند. فوگل میر یک مقیاس کمی ارزیابی خاص حسی-حرکتی برای بیماران دارای آسیب های حرکتی به خصوص بیماران سکته مغزی است که برای ارزیابی عملکرد حرکتی، تعادل، حسی و عملکرد مفاصل بیماران همی‌پلژیک بعد از آسیب های مغزی کاربرد دارد (۲۶). آیتم های آزمون شامل حرکات مختلف فعال و غیرفعال اندام های فوقانی در شانه، آرنج، ساعد، مچ و دست می باشد. همچنین هماهنگی و سرعت، وجود حس لامسه در اندام و درد مفاصل اندام های فوقانی را نیز مورد بررسی قرار می دهد. نمره دهی آزمون براساس مشاهده مستقیم عملکرد است هر آیتم از ۲-۰ نمره دهی می شود. اگر فرد توانایی انجام حرکت را نداشته باشد نمره ۰ ، اگر فرد حرکت را به صورت ناقص انجام دهد نمره ۱ و اگر فرد حرکت را به طور کامل انجام دهد نمره ۲، مجموع کل نمره برای اندام فوقانی نیز ۶۶ است. آزمون یک بار پیش از انجام مداخله ها و یک بار پس از پایان جلسه های مداخله، انجام شده است. در نهایت با از استفاده

جدول ۱: مشخصات افراد شرکت‌کننده

شرکت کنندگان	جنسیت	سن (سال)	سمت دارای اختلال حرکتی
نفر اول	دختر	۷	راست
نفر دوم	پسر	۴	راست
نفر سوم	دختر	۴	راست
نفر چهارم	پسر	۵	راست
نفر پنجم	پسر	۴/۵	راست
نفر ششم	پسر	۱۰	چپ
نفر هفتم	پسر	۸	چپ

تصویر ۱: کودک هنگام اجرای تمرین حرکتی
با استفاده از سیستم بازی رایانه ای

آنالیزهای آماری، معناداری یا عدم معناداری تغییرات امتیازهای کسب شده قبل و بعد از مداخله بررسی شده است.

یافته ها

نرمال بودن داده ها و تساوی واریانس ها توسط آزمون کولموگروف- اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov test) و آزمون لوین (Levene's test) بررسی شده است. نتایج کولموگروف- اسمیرنوف در (جدول ۲) آورده شده است. نتایج آزمون لوین نیز سطح معناداری بیشتر از ۰/۰۵ را نشان می دهد (مقدار لوین= ۱/۸۹ و مقدار p=۰/۱۳۳) که نشان-دهنده ی برابری واریانس ها در دو گروه پیش از مداخله و پس از مداخله می باشد، بنابراین از آزمون تی مستقل برای بررسی نتایج (FMA) قبل و بعد از مداخلات توسط نرم افزار SPSS23 استفاده شده است. نمودار ۱ میانگین امتیازهای کسب شده برای هر معیار قبل و بعد از مداخله را نشان می دهد. محورهای عمودی و افقی به ترتیب معیارهای مورد بررسی در آزمون FMA و میانگین امتیازهای کسب شده را نشان می دهد. نمودارهای آبی رنگ نتایج قبل از شروع مداخلات و نمودارهای قرمز نتایج بعد از اتمام مداخلات را نشان می دهد. همان طور که در نمودار ۱ مشاهده می شود بیشترین تغییرات در حرکات دست و مچ دست می باشد که در شکل به صورت شطرنجی مشخص گردیده است و نسبت به قبل از مداخله بهبود قابل ملاحظه داشته است. نتایج مربوط به آزمون فوگل-میر، برای اعضاء بالاتنه، به صورت مورد به مورد در زیربخش های پیش‌رو، تشریح شده است.

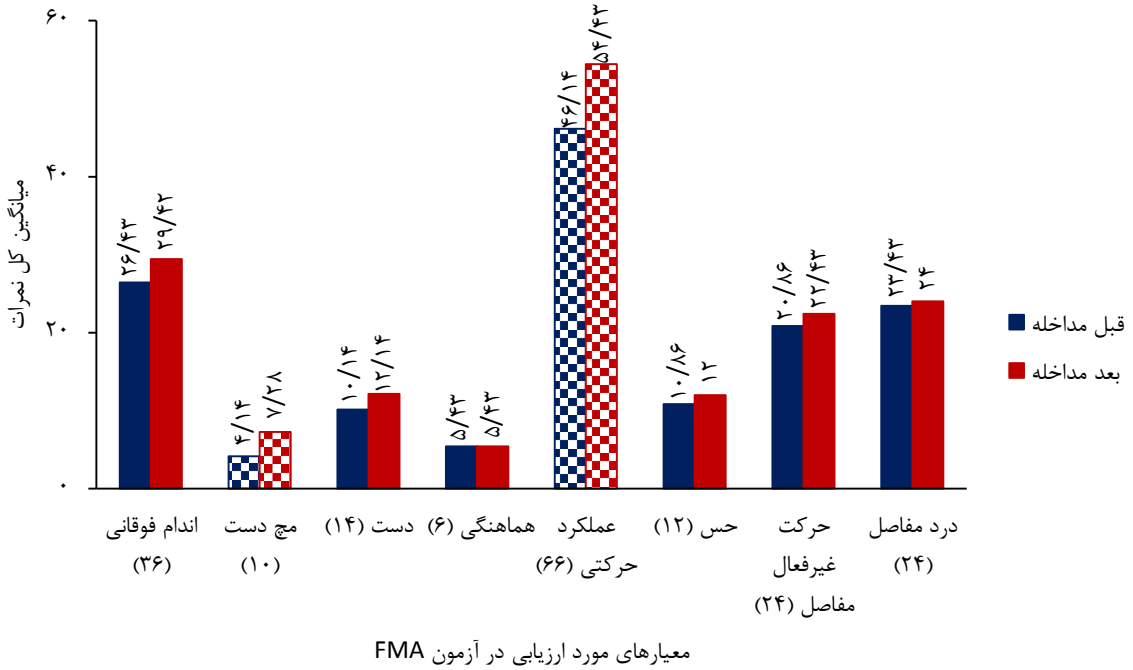
عملکردهای حرکتی کلی بالا تنه

در این معیار، ابتدا فعالیت بازتابی عضلات خم‌کننده و بازکننده بازو و انگشتان بررسی شده است. سپس حرکات ارادی درون سینرژی ها شامل حرکات مختلف شانه از جمله عقب بردن، بالا بردن و چرخش شانه، خم کردن و باز کردن آرنج، چرخش ساعد به خارج (سوپینیشن) و چرخش ساعد به داخل (پرونیشن) ارزیابی شده است. در نهایت فعالیت طبیعی رفلکس عضلات دوسربازویی، سه سر بازویی و

جدول ۲: نتایج آزمون کولموگوروف-اسمیرنوف

متغیر		آماره z	p- مقدار
قابلیت حرکتی در آزمون فوگل-میر*	**پیش از مداخله**	۰/۲۳۴	۰/۲
	پس از مداخله	۰/۱۹۸	۰/۲

*Fugl-Meyer; FMA



معیارهای مورد ارزیابی در آزمون FMA

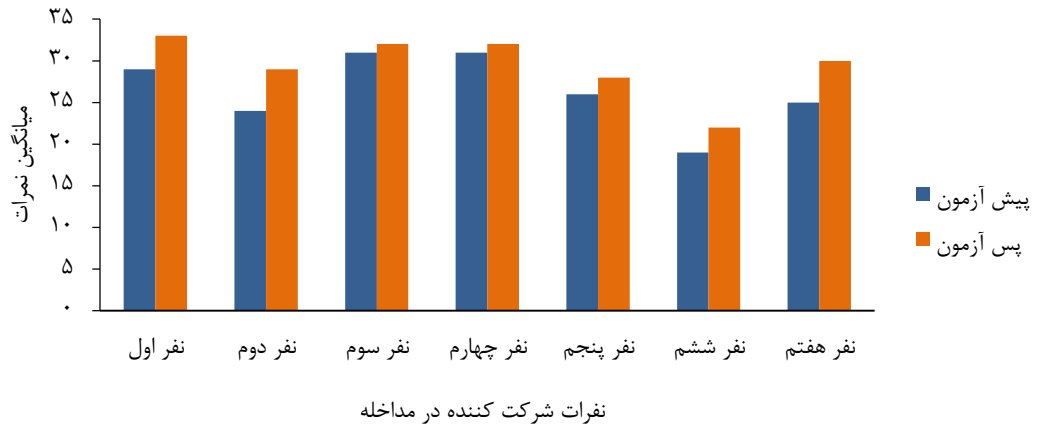
نمودار ۱: میانگین امتیازهای کسب شده در FMA قبل و بعد از مداخله

عضلات خم‌کننده انگشتان مورد بررسی قرار گرفته است. مجموع کل امتیازات در این بخش ۳۶ است.

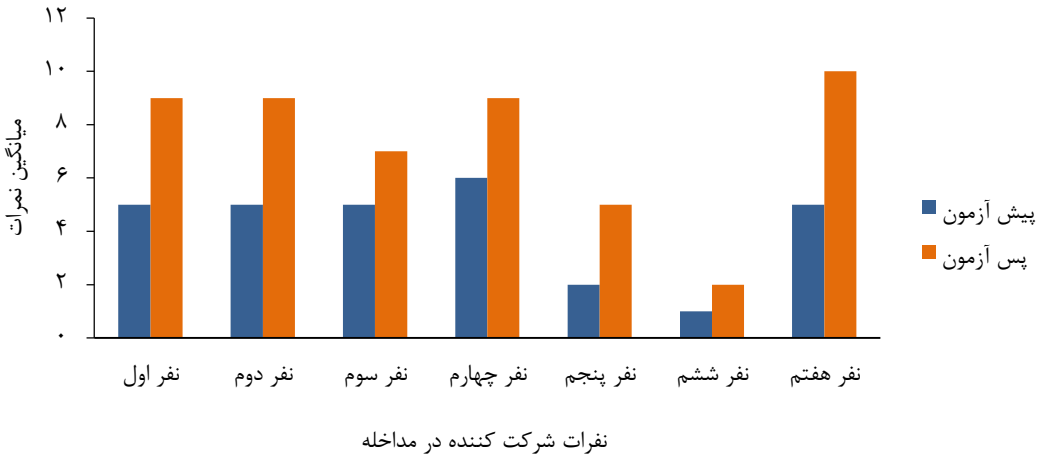
میانگین امتیاز مربوط به عملکردهای فوقانی بالاتنه قبل و بعد از مداخله به ترتیب (۲۶/۴۳±۴/۳۱) و (۲۹/۴۲±۳/۷۳) است که نسبت به قبل از مداخله بهبود داشته است. شایان ذکر است که بررسی های انجام شده در بین ۷ بیمار مورد مطالعه، نشان دادند که تغییرات سن و جنسیت، تاثیر قابل ملاحظه ای بر مقادیر نمره ها نداشته اند. نمودار ۲ امتیازهای کسب شده برای هفت بیمار قبل و بعد از مداخله را نشان می دهد. محورهای افقی و عمودی به ترتیب افراد شرکت کننده در آزمون و امتیازهای کسب شده را نشان می دهد. نمودارهای آبی رنگ نتایج قبل از شروع مداخلات و نمودارهای نارنجی نتایج بعد از اتمام مداخلات را نشان می دهد. مشاهده می شود در تمامی کودکان قابلیت های حرکتی افزایش پیدا کرده است. بیشترین تغییرات مربوط به حرکات باز و بسته کردن دست و بالا بردن دست است. اما در هیچ یک از بیماران تغییری در چرخش دست، مچ دست و ساعد مشاهده نشده است.

حرکات مچ دست

این بخش شامل بررسی حرکات خم کردن مچ دست به سمت بالا (دورسی فلکشن) و خم کردن مچ دست به سمت پایین (ولار فلکشن)، تکرار پذیری و پایداری در حالت های مختلف مچ دست و چرخش مچ دست می باشد. مجموع کل حداکثر امتیازات این بخش ۱۰ است. اکثر بیماران فلج مغزی همی‌پلژیک در حرکات مچ دست دچار مشکل هستند و امتیاز خوبی در این بخش کسب نمی کنند. نمودار ۳ امتیازهای کسب شده برای هفت بیمار قبل و بعد از مداخله را نشان می دهد. محورهای افقی و عمودی به ترتیب افراد شرکت‌کننده در آزمون و امتیازهای کسب شده را نشان می دهد. نمودارهای آبی رنگ نتایج قبل از شروع مداخلات را نشان می دهد. میانگین امتیاز مربوط به



نمودار ۲: نمره های مربوط به حرکات کلی اندام های فوقانی در FMA



نمودار ۳: نمره های مربوط به حرکات مچ دست در FMA

حرکات مچ دست قبل و بعد از مداخله به ترتیب (۱/۸۶±۴/۱۴) و (۲۸/۸۷±۷/۲) است که نسبت به قبل از مداخله بهبود داشته است. با توجه به ساختار جوی استیک و درگیر کردن مچ دست در حین بازی بیشترین تغییرات در حرکات مچ دست دیده شده است. نتایج آزمون نیز تغییرات قابل ملاحظه ای را در حرکات مچ دست کودک به خصوص در افزایش پایداری مچ دست کودک نشان داده است. در معاینات پس از مداخله پایداری و تکرارپذیری انجام حرکات مربوط به مچ دست بهبود قابل ملاحظه ای نسبت به قبل داشته است. با این حال تغییرات در حرکات چرخشی مچ دست کودکان مشاهده نشده است.

حرکات دست

این بخش شامل حرکات دست، باز و بسته کردن کامل انگشتان دست و ارزیابی عملکرد چنگ زدن می‌باشد. برای بررسی عملکرد گرفتن و چنگ زدن از گرفتن کاغذ بین انگشتن، گرفتن توپ، استوانه و مداد استفاده شده است. مجموع حداکثر امتیازات این بخش ۱۴ است. نمودار ۴ امتیازهای کسب شده برای هفت بیمار قبل و بعد از مداخله را نشان می دهد. محورهای افقی و عمودی به ترتیب افراد شرکت‌کننده در آزمون و امتیازهای کسب شده را نشان می دهد. نمودارهای آبی رنگ نتایج قبل از شروع مداخلات و نمودارهای نارنجی نتایج بعد از اتمام مداخلات را نشان می دهد. میانگین امتیاز مربوط به حرکات دست قبل و بعد از مداخله به ترتیب (۴/۱±۱۰/۱۴) و (۴/۸±۱۲/۲) است که نسبت به قبل از مداخله بهبود داشته است. نتایج نشان می دهد قابلیت چنگ زدن نیز تا حدودی در بیماران بهتر شده است.

هماهنگی و سرعت

در این بخش به منظور بررسی هماهنگی و سرعت دست، معیارهایی از جمله لرزش، توانایی در تخمین فاصله (Dysmetria) و زمان انجام حرکت مورد ارزیابی قرار گرفته است. در این حالت از بیمار خواسته شده روی صندلی نشسته و با چشمان بسته نوک انگشت خود را حداقل ۵ بار از سر زانو تا نوک بینی ببرند. مجموع حداکثر امتیازات این بخش ۶ است. نمودار ۵ امتیازهای کسب شده برای هفت بیمار قبل و بعد از مداخله را نشان می دهد. محورهای افقی و عمودی به ترتیب افراد شرکت‌کننده در آزمون و امتیازهای کسب شده را نشان می دهد. نمودارهای آبی رنگ نتایج قبل از شروع مداخلات و نمودارهای نارنجی نتایج بعد از اتمام مداخلات را نشان می دهد. میانگین امتیاز مربوط به حرکات هماهنگی و سرعت قبل و بعد از مداخله (۱/۵±۵/۴۳) و تغییری نکرده است. معاینات و ارزیابی بالینی میان کودکان قبل و بعد از مداخله، تغییری در سرعت و هماهنگی ایجاد نکرده است. اگرچه اکثر شرکت‌کنندگان در این مرحله امتیاز حداکثر را دریافت کرده اند بجز یک نفر که مشکل اصلی در توانایی تخمین فاصله یا به عبارتی دیسمتری است که قبل و بعد مداخلات تغییری مشاهده نشده است.

مجموع امتیازهای کسب شده در بخش‌های الف تا ج در FMA تحت عنوان عملکرد حرکتی مشخص کننده میزان توانایی بیمار در انجام فعالیت های حرکتی دست است. حداکثر مجموع امتیاز در این بخش ۶۶ است. نمودار ۶ امتیازهای کسب شده برای هفت بیمار قبل و بعد از مداخله را نشان می دهد. میانگین نمرات FMA اندام فوقانی قبل و بعد از مداخله به ترتیب (۱۰/۷۹±۴۶/۱۴) و (۱۰/۳±۵۴/۱۰) می باشد و نسبت به قبل از مداخله بهبود قابل ملاحظه ای داشته است. محورهای افقی و عمودی به ترتیب افراد شرکت‌کننده در آزمون و امتیازهای کسب شده را نشان می دهد. نمودارهای آبی رنگ نتایج قبل از شروع مداخلات و نمودارهای نارنجی نتایج بعد از اتمام مداخلات را نشان می دهد. همان طور که انتظار می رود می توان نتیجه گرفت که روش ارائه شده سبب افزایش عملکردهای حرکتی در دست کودک شده است.

قابلیت های حسی

در این بخش از کودک خواسته می شود تا با چشمان بسته تشخیص دهد کدام بخش از بازو، ساعد و سطح کف دست توسط درمانگر لمس شده است همچنین با تغییر وضعیت شانه، آرنج، مچ دست و شست میزان حساسیت کودک به لمس و تغییر وضعیت بررسی شده است. مجموع حداکثر امتیاز در این بخش ۱۲ است. میانگین نمرات مربوط به قابلیت های حسی قبل و بعد از مداخله به ترتیب (۱/۹±۱۰/۸۵) و (۱۲) می باشد و نسبت به قبل از مداخله کمی بهبود داشته است. نمودار ۷ امتیازهای کسب شده برای هفت بیمار قبل و بعد از مداخله را نشان می دهد. محورهای افقی و عمودی به ترتیب افراد شرکت‌کننده در آزمون و امتیازهای کسب شده را نشان می دهد. نمودارهای آبی رنگ نتایج قبل از شروع مداخلات و نمودارهای نارنجی نتایج بعد از اتمام مداخلات را نشان می دهد. اکثر شرکت‌کنندگان به لحاظ حسی و درک موقعیت مشکلی نداشتند تنها دو نفر از کودکان در ابتدا امتیاز کمتری دریافت کردند که علت اصلی آشنا نبودن کودک با محیط و عدم همکاری مناسب کودک قبل از شروع مداخلات بوده است.

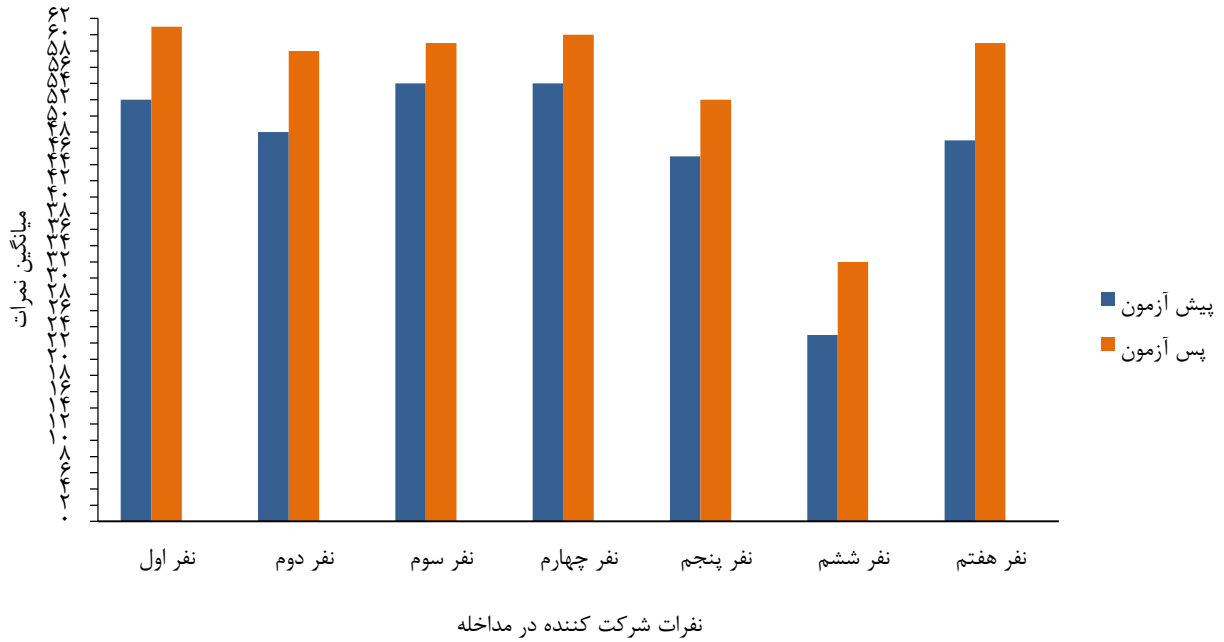
حرکات غیرفعال مفصل در اندام فوقانی

در این حالت حرکات غیرارادی شانه، آرنج، ساعد، مچ و انگشتان مورد بررسی قرار گرفته است. مجموع حداکثر امتیاز در این بخش ۲۴ است. نمودار ۸ امتیازهای کسب شده برای هفت بیمار قبل و بعد از مداخله را نشان می دهد. محورهای افقی و عمودی به ترتیب افراد شرکت‌کننده در آزمون و امتیازهای کسب شده را نشان می دهد. نمودارهای آبی رنگ نتایج قبل از شروع مداخلات و نمودارهای نارنجی نتایج بعد از اتمام مداخلات را نشان می دهد. میانگین نمرات مربوط به حرکات غیرفعال مفصل در اندام فوقانی قبل و بعد از مداخله به ترتیب (۲۰/۴±۸۵/۹۸) و (۴۳/۷۳±۲۲/۳) می‌باشد و نسبت به قبل از مداخله کمی بهبود داشته است. در این بخش نیز تغییرات قابل ملاحظه‌ای مشاهده نشده است و حرکات مشخص به خصوص حرکت مرتبط با شانه در برخی از شرکت‌کنندگان به سختی قابل انجام است ضمن آنکه در صورت انجام حرکت نیز درد احساس می شود. از جمله حرکتی که در بسیاری از کودکان با مشکل مواجع است حرکت چرخش ساعد دست می باشد.

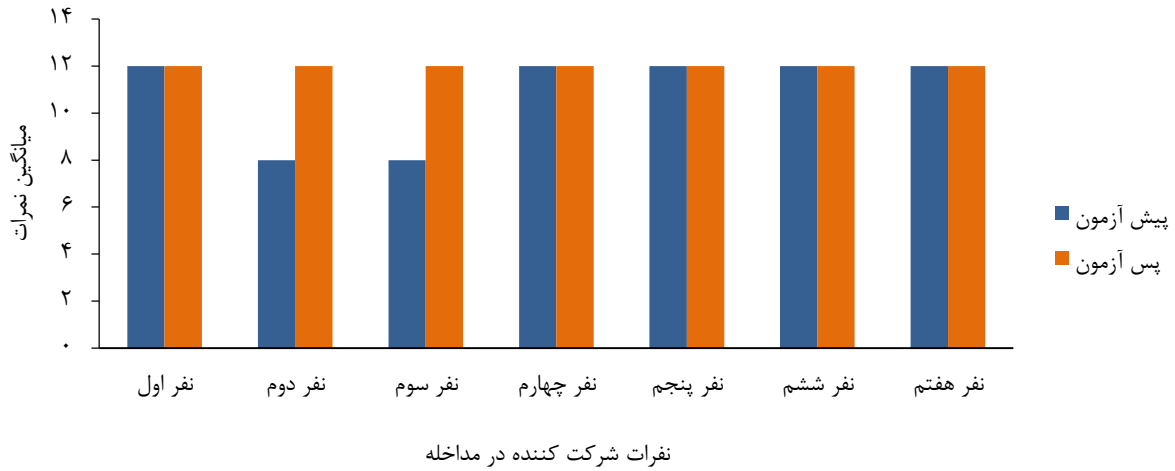
درد مفاصل

در این بخش درد مفاصل هنگام انجام حرکات غیرفعال مفاصل شانه، آرنج، ساعد، مچ و انگشتان مورد بررسی قرار

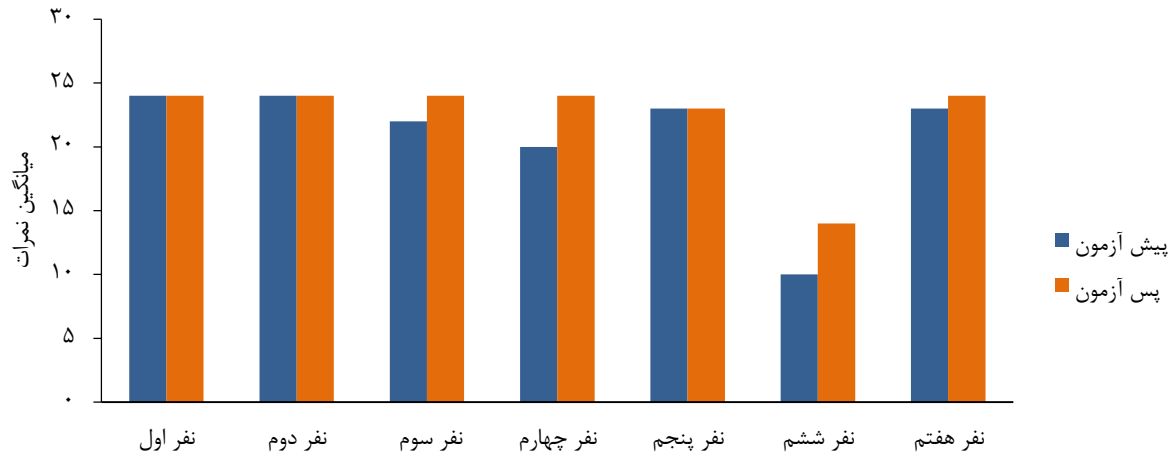
نمودار ۵: نمره های مربوط به هماهنگی و سرعت در FMA



نمودار ۶: نمره های مربوط به عملکرد حرکتی در FMA



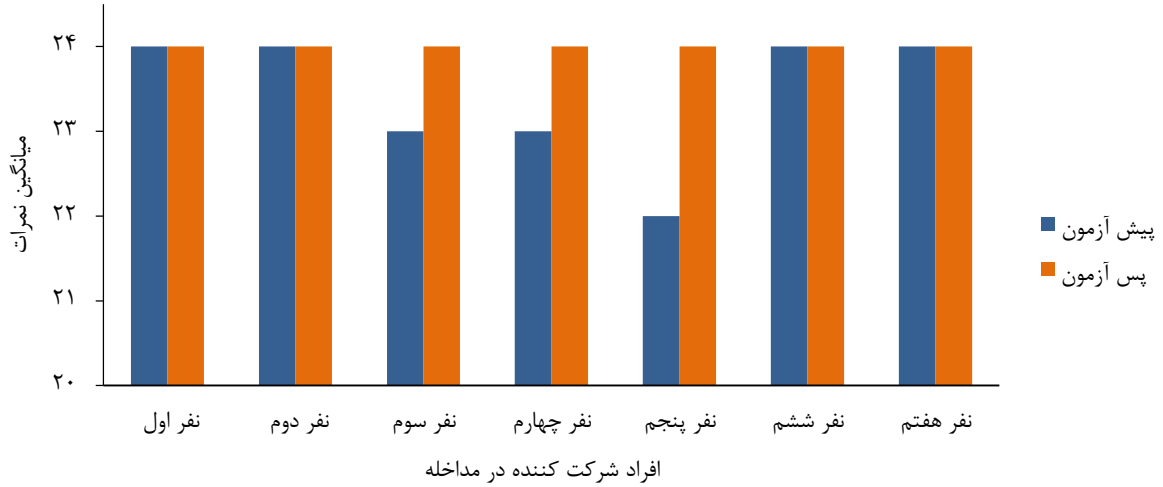
نمودار ۷: نمره های مربوط به قابلیت های حسی در FMA



نمودار ۸: نمره های مربوط به حرکات غیرفعال مفاصل در FMA

گرفته است. در صورت نداشتن درد امتیاز ۲، در صورت بروز درد خیلی خفیف امتیاز ۱ و چنانچه در حین حرکت درد محسوس و شدیدی احساس شود امتیاز ۰ می باشد. نمودار ۹ امتیازهای کسب شده برای هفت بیمار قبل و بعد از مداخله را نشان می دهد. محورهای افقی و عمودی به ترتیب افراد شرکت‌کننده در آزمون و امتیازهای کسب شده را نشان می دهد. نمودارهای آبی رنگ نتایج قبل از شروع مداخلات و نمودارهای نارنجی نتایج بعد از اتمام مداخلات را نشان می دهد. میانگین نمرات مربوط به حرکات غیرفعال مفصل در اندام فوقانی قبل و بعد از مداخله به ترتیب (۰/۷۸±۲۳/۴۲) و (۲۴) می باشد و نسبت به قبل از مداخله کمی بهبود داشته است. اختلاف میان نتایج قبل و بعد مداخلات برای این بخش می توانند براساس آشنا نبودن کودک با درمانگر و عدم همکاری کودک در جلسات ابتدایی باشد. بیشترین احساس درد در کودکان هنگام انجام حرکات چرخش ساعد به بیرون و یا چرخش ساعد به داخل مشاهده شده است.

از نتایج FMA می‌توان نتیجه گرفت که روش ارائه شده سبب بهبود عملکرد حرکتی اندام های فوقانی به خصوص مچ دست در کودکان فلج مغزی همی‌پلژی شده است. نتایج حاصل از ارزیابی ها نشان می دهد که عملکرد حرکتی کودک بعد از انجام تمرینات دودستی براساس بازی کامپیوتری در پایان ۱۵ جلسه ارتقا پیدا کرده است. به خصوص به دلیل درگیری مچ دست، حرکات مربوط به مچ دست به طور قابل ملاحظه ای بهبود پیدا کرده است. در نتیجه می توان گفت که انجام تمرین های توانبخشی و



نمودار ۹: نمره های مربوط به درد مفاصل در FMA

تعامل کودک در طول بازی سبب شده تا قابلیت های حرکتی دست بهبود پیدا کند.

بحث و نتیجه گیری

بیشتر مطالعات جدید انجام شده در زمینه توانبخشی حرکت دست کودکان فلج مغزی شامل تمرینات مبتنی برفیزیوتراپی و توانبخشی (۱۲-۸) و بازی‌های کامپیوتر در فضای مجازی (۲۱-۱۹) است. از حرکات فیزیوتراپی متداول می‌توان به حرکات محدود شده، آینه درمانی و حرکات دودستی اشاره کرد (۱۲-۸). علاوه براین پژوهش ها نشان داده است که رویکردهای دودستی در مقایسه با سایر روشه ای توانبخشی در کودکان فلج مغزی همی‌پلژی موثرتر هستند زیرا کودکان مجبور به استفاده از هر دو دست می شو د(۱۸) این روش ها اغلب روش هایی بی خطر و غیرتهاجمی به شمار می روند. اگرچه تاثیرپذیری این روش ها به اثبات رسیده است اما انجام پیوسته این حرکات اغلب برای کودکان خسته کننده است. از طرفی رویکردهای مبتنی بر بازی های کامپیوتری و فضای مجازی برای کودکان جذاب است اگرچه به تنهایی نمی‌تواند پاسخگو نیازهای کودکان فلج مغزی همی‌پلژی باشد و جزییات و نوع بازی باید به گونه ای طراحی شود که در یادگیری حرکتی موثر باشد.

در مطالعات اثربخشی تمرینات توانبخشی در قالب بازی های کامپیوتری به اثبات رسیده است اما بازی مخصوصی جهت انجام حرکات توانبخشی طراحی نشده است. از طرفی با توجه به نتایج مطالعات به نظر می‌رسد ترکیب تمرینات دودستی با رویکردهای مبتنی بر بازی‌های کامپیوتری می تواند به شکل موثرتری قابلیت های حرکتی دست کودکان همی‌پلژی را بهبود بخشد. در این مطالعه رویکرد توانبخشی جدید براساس حرکات دودستی و بازی های کامپیوتری به منظور ارتقا قابلیت های حرکتی در کودکان فلج مغزی همی‌پلژی ارائه شده است. لذا اگر برای تشویق کودک به استفاده از هر دو دست در یک فرآیند دودستی، از بازی های کامپیوتری کمک گرفته شود می تواند اثربخشی را بهبود بخشد. در رویکرد توانبخشی ارائه شده در این پژوهش از طراحی بازی های کامپیوتری به منظور ایجاد یک فضای انگیزشی برای کودک استفاده شده است. در این بازی برای درگیری همزمان دو دست (سالم و دست دچار نقض حرکتی) جوی استیک مخصوصی طراحی گردیده است. در این پژوهش یک رویکرد جدید مبتنی بر بازی های کامپیوتری به منظور ارتقاء قابلیت های حرکتی دست و در کودکان فلج مغزی همی‌پلژی ارائه شده است. در رویکرد ارائه شده به منظور افزایش جذابیت و تشویق کودک به انجام تمرین های توانبخشی یک بازی کامپیوتری در فضای مجازی طراحی شده است. این بازی براساس مکانیزم تعامل انسان-ماشین موجب می شود تا انجام تمرین های حرکتی دودستی منجر به یادگیری حرکتی-شناختی شود. برای افزایش جذابیت تمرین های حرکتی برای کوکان و تشویق آن ها به انجام فعالیت ها، بازی کامپیوتری رقابتی اتومبیل-رانی در فضای مجازی طراحی شده است. جزئیات بازی به گونه‌ای طراحی شده که کودک ضمن هماهنگی همزمان دست چپ و راست حرکت دودستی را با استفاده از دسته بازی طراحی شده انجام دهد. هر چه هماهنگی دست ها در حین بازی بهتر باشد امتیاز بیشتری دریافت می‌شود و در نهایت منجر به یادگیری حرکتی شده است. برای اجرای

حرکت دودستی ساختاری جدید برای جوی استیک طراحی شده است که نیمه سالم بدن و نیمه دارای نقض حرکتی در بدن کودک به صورت مستقل از هم عمل کنند. این درحالی اتفاق می‌افتد که هماهنگی میان دو طرف سالم و طرف دارای نقض حرکتی منجر به انجام صحیح بازی می‌شود و کودک در حین انجام بازی مجبور به استفاده از هر دو دست خود می باشد.

نتایج حاصل از آزمون فوگل میر قبل و بعد از مداخله نیز نشان می دهد که قابلیت های حرکتی دست به خصوص حرکات مچ دست ارتقا پیدا کرده است. از طرفی انتظار می رود با طراحی بازی های جذاب تر و درگیر کردن سایر عضلات بتوان قابلیت های حرکتی بیشتری را بهبود بخشید. اما این مطالعه نیز مانند هر پژوهش دیگری با محدودیت-هایی مواجه است که در کارهای آینده باید مورد توجه قرار گیرند. در مطالعات آتی جهت بهبود تمامی قابلیت های حرکتی در دست ارتقاء ساختار جوی‌استیک یکی از اساسی-ترین کارهایی است که می تواند صورت گیرد. بدین منظور باید طراحی جوی‌استیک به شکلی بهبود پیدا کند تا گستره وسیعی از حرکات دست را از جمله چرخش مچ دست، سوپینیشن و پرونیشن ساعد را در برگیرد. به منظور افزایش جذابیت و انگیزه در کودکان پیشنهاد می‌گردد تا بازی هایی با گرافیک بالاتر و جذاب تر طراحی گردد. شایان ذکر است، بازی می تواند دارای چند سطح مختلف سختی باشد. به طوری که سختی هر سطح براساس تعداد موانعی که در واحد زمان مشاهده می شوند، قابل تنظیم باشد. به عبارت دیگر با تشخص درمانگر، می تواند میزان دشواری بازی در برخی جلسه ها افزایش یابد. هر چه بازی برای کودک جذاب تر باشد سبب تشویق کودک به ادامه دوره های توانبخشی می شود. برای آنالیز بهتر نتایج این روش، می توان از ثبت و پردازش داده های حاصل از فعالیت الکتریکی عضلات و یا سیگنال های مغزی نیز استفاده کرد. افزودن بیوفیدبک های لمسی در نسخه های آتی دستگاه بازی، نیز می تواند کارائی سیستم را افزایش دهد.

در پایان به منظور جمع بندی و نتیجه گیری می توان در این مطالعه تاثیرگذاری استفاده از یک محیط مبتنی بر بازی کامپیوتری و اجرای تمرین دودستی بر قابلیت های حرکتی دست کودکان فلج مغزی نیمه بدن مورد ارزیابی قرار گرفته است. دسته بازی به نحوی طراحی شده تا قابلیت های حرکتی دست کودک فلج مغزی همی پرتیک در طول بازی ارتقا یابد. نتایج حاصل از آزمون فوگل‌میر قبل و بعد از مداخلات نشان می دهد عملکردهای حرکتی دست و مچ دست بیشترین ارتقا را داشته است. بدلیل درگیری مچ دست در حین بازی بیشترین افزایش قابلیت حرکتی مربوط به حرکات مچ دست از جمله حرکات دورسی فلکشن و ولار فلکشن مچ دست و پایداری و تکرار پذیری این حرکات است که در تمامی کودکان شرکت کننده در مداخلات به طور قابل ملاحظه ای بهبود پیدا کرده است. از طرفی حرکات چرخشی ساعد، چرخشی مچ دست، سوپینیشن و پرونیشن بعد از مداخله تغییری نکرده است.

سپاسگزاری

از تمامی شرکت کنندگان در طرح پژوهشی کمال تشکر و قدردانی داریم. این مطالعه توسط کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی مشهد به شماره (IR.IUMS.REC.1400.383) تایید شده است.

منابع

1. Bax M, Goldstein M, Rosenbaum P, Leviton A, et al. Executive Committee for the Definition of Cerebral Palsy. Proposed definition and classification of cerebral palsy. Dev Med Child Neurol 2005; 47(8): 571-576.

2. Sadowska M, Sarecka-Hujar B Kopyta I. Cerebral palsy: current opinions on definition, epidemiology, risk factors, classification and treatment options. Neuropsychiatric Dis Treat 2020; 16: 1505-1518.

3. Bayon C, Ramírez O, Serrano J.I, Del Castillo M.D, et al. Development and evaluation of a novel robotic platform for gait rehabilitation in patients with Cerebral Palsy: CPWalker. Robotics and autonomous systems 2017; 91: 101-114.

4. Lipson Aisen M, Kerkovich D, Mast J, Mulroy S, et al. "Cerebral palsy: clinical care and neurological rehabilitation." Lancet Neurol 2011; 10(9): 844-852.

5. El-Shamy SM. Efficacy of Armeo® robotic therapy versus conventional therapy on upper limb function in children with hemiplegic cerebral palsy. Am j phys med rehabil 2018; 97(3): 164-169.

6. Trabacca A, Vespino T, Di Liddo A, Russo L. Multidisciplinary rehabilitation for patients with cerebral palsy: improving long-term care. J Multidiscip Healthc 2016; 9:455-462.

7. Inamdar K, Molinini RM, Panibatla ST, Chow JC, Dusing SC. Physical therapy interventions to improve sitting ability in children with or at-risk for cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis. Developmental Medicine & Child Neurology 2021; 63(4): 396-406.

8. Patel DR. Therapeutic interventions in cerebral palsy. Indian J Pediatr 2005;72(11): 979-983.

9. Gbonjubola YT, Muhammad DG, Elisha AT. Physiotherapy management of children with cerebral palsy. Adesh University Journal of Medical Sciences & Research, 2021; 3(2): 64-68.

10. Cheng RJ, Liu CF, Lau TW, Hong RB. Effect of treadmill training with body weight support on gait and gross motor function in children with spastic cerebral palsy. Am J Phys Med Rehabil 2007; 86(7): 548-555.

11. Dong VA, Tung IH, Siu HW, Fong KN. Studies company the efficacy of constraint-induced movement therapy and bimanous training in children with unilateral cerebral palsy: Systematic review. Dev Neurorehabil 2013; 16(2): 133-143.

12. Charles JR, Wolf SL, Scheider JA, Gordon AM. Efficacy of a child-friendly form of constraint-induced movement therapy in hemiplegic cerebral palsy: A randomized control trial. Dev Med Child Neurol 2006; 48(8): 635-642.

13. Mohamed RA, Yousef AM, Radwan NL, Ibrahim MM. Efficacy of different approaches on quality of upper extremity function, dexterity and grip strength in hemiplegic children: a randomized controlled study. Eur Rev Med Pharmacol Sci 2021; 25(17), 5412-5423.

14. Gygax MJ, Schneider P, Newman CJ. Mirror therapy in children with hemiplegia: a pilot study. Dev Med Child Neurol 2011; 53(5): 473-476.

15. Smorenburg AR, Ledebt A, Deconinck FJ, Savelsbergh GJ. Matching accuracy in hemiparetic cerebral palsy during unimanual and bimanual movements with (mirror) vis¬ual feedback. Res Dev Disabil 2012; 33(6): 2088-2098.

16. Beckers L, Rameckers E, Aarts P, van der Burg J, et al. Effect of home-based bimanual training in children with unilateral cerebral palsy (the COAD-study): a case series. Dev Neurorehabil 2021; 24(5): 311-322.

17. Beckers L, Smeets R, de Mooij M, Piškur B, et al. Process Evaluation of Home-based Bimanual Training in Children with Unilateral Cerebral Palsy (The COAD-study): A Mixed Methods Study. Dev Neurorehabil 2022; 25(4): 246-262.

18. Hong HJ, Park HY, Kim JR, Park JH. Effects of bimanual intensive training on upper extremity function in stroke patients. Ther Sci Rehabil 2020; 9(2): 119-135.

19. Chang HJ, Ku KH, Park Y S, Park JG , et al. "Effects of Virtual Reality-Based Rehabilitation on Upper Extremity Function among Children with Cerebral Palsy." Healthcare 2020; 8(4): 391

20. Lee K, Oh H, Lee G. "Fully Immersive Virtual Reality Game-Based Training for an Adolescent with Spastic Diplegic Cerebral Palsy: A Case Report." Children 2022; 9(10): 1512.

21. Aulisio MC, Han DY, Glueck AC. "Virtual reality gaming as a neurorehabilitation tool for brain injuries in adults: A systematic review." Brain Inj 2020; 34(10): 1322-1330.

22. Goble DJ, Aaron MB, Warschausky S, Kaufman JN, Hurvitz EA.The influence of spatial working memory on ipsilateral remembered proprioceptive matching in adults with cerebral palsy. Exp Brain Res 2012; 223(2): 259-269.

23. Hoare B, Ditchfield M, Thorley M, Wallen M, et al. Cognition and bimanual performance in children with unilateral cerebral palsy: protocol for a multicentre, cross-sectional study. BMC Neurol 2018; 18(1): 63.

24. Souto DO, Cruz TK, Coutinho K, Julio-Costa A, Fontes PL, Haase VG. Effect of motor imagery combined with physical practice on upper limb rehabilitation in children with hemiplegic cerebral palsy. NeuroRehabilitation. 2020 ;46(1): 53-63.

25. Zielinski IM, Steenbergen B, Baas CM, Aarts P, Marijtje LA. Event-related Potentials During Target-response Tasks to Study Cognitive Processes of Upper Limb Use in Children with Unilateral Cerebral Palsy. J Vis Exp 2016; (107): 53420.

26. Fugel-Meyer AR, Jaasko L, Leyman I, Ollson S, Steglind S. The post-stroke hemiplegic patient1, a method for evaluation of physical perpormance. Scand J Rahabil Med. 1975; 7(1): 13-31