Efficacy of the "Smart Dynamic Body-Weight Support System" in the Functional Performance of Children with Cerebral Palsy and other Neurological Disorders

Lotfi R[1], Barmaki H[2], Lotfi M[3], Kobravi H[4], Shadman A[5], Zeinalzadeh A[6]*

Abstract

Purpose: Gait is one of the most basic necessities of a child's daily life. Elimination of gait from child's life leads to various complications. Therefore, in the process of rehabilitation of children with cerebral palsy, gait phase is always of special importance. Today, with the advancement of existing technologies in the field of rehabilitation, the use of new equipments based on modern science to accelerate the process of walking will be very necessary. The purpose of the present study is to investigate the effectiveness of smart dynamic body-weight support system on functional performance and gait improvement in children with cerebral palsy or other neurological diseases.

Methods: Eleven children with cerebral palsy, motor delay, and other genetic or acquired neurological diseases were recruited for this study. Before starting an intervention, functional tests consisted of five-repetition sit-to-stand tests, Timed Up and Go Test, Lateral Step Up Test and Berg Balance Scale were taken from participants. The functional tests were taken from the participants at the end of the tenth and twentieth sessions. Training sessions were 20 which consisted of 10 general exercises sessions at first and 10 advanced exercises sessions at the end. The duration of each training session was 20 minutes. Exercises were carried out by smart dynamic body-weight support system. The data were analyzed via Wilcoxon signed-rank tests and Marginal Homogeneity test by SPSS software in 0.1 p-value.

Results: The results showed that the significant difference in Berg Balance Scale exists between first and third assessments (p=0.003, m=12.364), first and second (p=0.003, m=8.636) and also second and third (p=0.028, m=3.727). In 5×SS and TUDS tests the significant difference exists between first and third assessments and first and second times but in TUG test the only significant difference is between first and third times.

Conclusion: The results of study showed that the exercises which were carried out by smart dynamic body-weight support system have led to improvement in functional performance and gait in children.

Keywords: Smart dynamic body-weight support system, Balance, Gait, Functional performance, Cerebral palsy, Neurological disease

Received: 2021.10.19 Accepted: 2022.01.26

اثربخشی استفاده از "سامانه هوشمند تعلیق وزن دینامیک" بر توانایی عملکردی کودکان مبتلا به فلج مغزی و دیگر بیماری های دستگاه عصبی

رضا لطفی[۱]، حسن برمکی[۲]، محمد لطفی[۳]، حمید رضا کبروی[۴]، علیرضا شادمان[۵]، افسانه زینل زاده[۶]

هدف: راه رفتن یکی از پایه ای ترین نیازهای زندگی روزمره ی کودک است. حذف راه رفتن از زندگی کودک منجر به بروز عوارض مختلفی می شود. بنابراین، همواره در فرآیند توانبخشی کودکان مبتلا به فلج مغزی، فاز راه اندازی و راه رفتن از اهمیت ویژه ای برخوردار است. امروزه با پیشرفت فناوری های موجود در زمینه ی توانبخشی، استفاده از تجهیزات جدید با تکیه بر علم روز دنیا جهت تسریع فرآیند راه رفتن، بسیار ضروری خواهد بود. هدف از انجام مطالعه ی حاضر، بررسی اثربخشی سامانه هوشمند تعلیق وزن دینامیک بر بهبود توانایی عملکردی و راه‌رفتن در کودکان مبتلا به فلج مغزی و سایر بیماری های دستگاه عصبی است.

روش بررسی: یازده کودکان مبتلا به فلج مغزی، تأخیر رشد حرکتی و سایر بیماری های اکتسابی یا ژنتیکی دستگاه عصبی در

مطالعه شرکت کردند. پیش از شروع مداخله، تست های عملکردی شامل پنج بار نشستن و بلندشدن بر روی صندلی، بلندشدن از حالت نشسته راه رفتن و برگشتن، تست بالا و پایین رفتن از پله‌ها و مقیاس تعادلی برگ از شرکت کنندگان گرفته شد. این تست ها همچنین پس از پایان جلسات دهم و بیستم نیز از شرکت‌کنندگان اخذ شد. دوره ی تمرینات، شامل ۲۰ جلسه بود که در ۱۰ جلسه ی ابتدایی، تمرین های عمومی و در ۱۰ جلسه ی پایانی، تمرین های پیشرفته انجام می‌گرفت. مدت زمان هر جلسه تمرین ۲۰ دقیقه در نظر گرفته شد. تمرین ها به وسیله‌ی سامانه هوشمند تعلیق وزن دینامیک انجام می‌گرفت. داده ها با استفاده از آزمون های رتبه علامت‌دار ویلکاکسون و آزمون Marginal Homogeneity و با نرم‌افزار SPSS در سطح معناداری ۰/۱ تحلیل شد.

یافته ها: نتایج نشان داد که اختلاف معنادار در مقیاس تعادلی برگ میان ارزیابی در نوبت اول و سوم (m=۱۲/۳۴۳ ، p=۰/۰۰۳)، اول و دوم (m=۸/۶۳۶، p=۰/۰۰۳) و دوم و سوم (m=۳/۷۲۷، p=۰/۰۲۸) وجود دارد. در مورد تست های پنج بار نشستن و بلندشدن بر روی صندلی و بالا و پایین رفتن از پله ها اختلاف معنادار میان ارزیابی ها در نوبت اول و سوم و اول و دوم وجود دارد اما برای تست بلندشدن از حالت نشسته راه‌رفتن و برگشتن، اختلاف معنادار تنها میان ارزیابی های نوبت اول و سوم وجود داشت.

نتیجه گیری: نتایج این مطالعه نشان داد که تمرین های انجام‌گرفته با سامانه هوشمند تعلیق وزن دینامیک، موجب بهبود توانایی های عملکردی و راه رفتن در کودکان شده است.

کلمات کلیدی: سامانه هوشمند تعلیق وزن دینامیک، تعادل، راه رفتن، توانایی عملکردی، فلج مغزی، بیماری های نورولوژی

نویسنده مسئول: ، افسانه زینل زاده، zeinalzadehAF@mums.ac.ir، ORCID: 0000-0002-4415-9692

آدرس: مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه، دانشکده علوم پیراپزشکی، گروه فیزیوتراپی

۱- استاد گروه مهندسی برق، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، شرکت دانش بنیان پیام آوران هنر و فناوری شرق

۲-کارشناس ارشد مهندسی پزشکی، شرکت دانش بنیان پیام آوران هنر و فناوری شرق

۳- کارشناس مهندسی کامپیوتر، شرکت دانش بنیان پیام آوران هنر و فناوری شرق

۴- مرکز تحقیقات مهندسی پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی مشهد، مشهد، ایران

۵- استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۶- استادیار گروه فیزیوتراپی، دانشکده علوم پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

مقدمه

راه رفتن یکی از مهم ترین و پایه ای ترین نیازهای زندگی روزمره ی کودک است. از سوی دیگر، راه رفتن یک مکانیسم حفاظتی مهم در بدن انسان است که از عوارض ثانویه ناشی از بی تحرکی و عدم فعالیت جلوگیری می‌کند. از جمله عوارض ناشی از حذف راه‌رفتن از زندگی فرد می‌توان به بیماری های قلبی، ریوی، عروقی، زخم بستر، پوکی‌استخوان، ضعف شدید بدنی و در نهایت افزایش احتمال مرگ اشاره کرد. بنابراین، همواره در فرآیند توانبخشی کودکان مبتلا به بیماری های سیستم اعصاب بدن (Neurological Diseases)، فاز راه اندازی و راه رفتن از اهمیت ویژه ای برخوردار بوده است (۴-۱). از جمله عارضه هایی که در این طیف قرار می‌گیرند، می‌توان به بیماری های سیستم عصبی با ریشه ی ژنتیکی یا اکتسابی مانند فلج مغزی (Cerebral Palsy)، تأخیر رشد حرکتی (Motor Delay)، سندرم دندی‌واکر (Dandy Walker Syndrome) (۵) اشاره کرد. ضعف و آتروفی عضلانی، کوتاهی های عضلانی و متعاقب آن کاهش دامنه حرکتی مفاصل، درد، اسپاستی‌سیته و مشکلات تعادل و راه‌رفتن از عوارض کلی این دسته بیماری‌ها هستند (۴-۵).

در فرایند درمان این کودکان، می بایست تمرین هایی که سیستم حرکتی بزرگ را درگیر می‌کند، در نظر گرفته شود. هدف درمانی، درمان محافظه‌کارانه (Conservative Treatment)، بهبود وضع بدن، حرکت متقارن در اندام ها، افزایش قدرت عضلات و ثبات بدنی می باشد (۶). اگر چه بسیاری از کودکان مبتلا به بیماری های سیستم اعصاب بدن، در فازهای حاد و تحت حاد بیماری خود، بسیاری از خدمات توانبخشی را در کلینیک های مربوطه دریافت

می کنند اما بیشتر اوقات، به دلیل مشکلات بسیار مربوط به راه اندازی بیماران، طولانی شدن روند درمان آن ها و مشکلات مالی بیماران، مرحله راه اندازی و کار بر روی راه-رفتن بیماران، مورد غفلت واقع می شود و بیمار در حالی از کلینیک های فیزیوتراپی و کاردرمانی ترخیص می شود که علی رغم بهبودی نسبی، هنوز در کیفیت و کمیت راه رفتن خود با مشکلات زیادی مواجه است (۴-۱).

از سوی دیگر، درمانگران حیطه توانبخشی (Rehabilitation Flied) فعال در فرآیند درمان کودکان مبتلا به بیماری های سیستم اعصاب بدن، به دلیل تحمل بخش قابل توجهی از وزن بیماران در مراحل درمان، در معرض آسیب های اسکلتی-عضلانی (Musculoskeletal Disorders) هستند (۱۰-۷).

به دلیل دشواری حرکت و حفظ تعادل در این دسته از بیماران، کاردرمانگران و فیزیوتراپیست ها از روش هایی نظیر درمان با تردمیل (Treadmill Training) (۱۱) و اسپایدر کیج تراپی (Spider Cage Therapy) یا درمان با لباس فضایی (۱۲) استفاده می نمایند. در این دو روش، به دلیل تعلیق وزن و حمایت وضع بدن و تعدیل مداوم مرکز نیروهای گرانش بدن که بیمار تجربه می کند، حرکت و انجام تمرینات تسهیل شده و بیمار پیشرفت تعادلی و حرکتی را تجربه خواهدکرد. میزان اثر بخشی روش های مذکور در مقالات مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. در اکثر مقالات به کارآمدی محدود روش های موجود اشاره شده است و نیز عنوان شده است که نیاز به شواهد بیشتری برای بررسی های تکمیلی وجود دارد (۱۲ ،۱۱). با این وجود، محدودیت هایی نیز در استفاده از این روش ها وجود دارد که برای نمونه می توان به عدم امکان طی‌کردن مسیر یا تغییر جهت، راه رفتن بدون جریان بصری و ادراک فضایی، محدودیت در انجام تمرین های مختلف تعادلی-حرکتی و لزوم وجود یک ناظر برای امنیت بیمار اشاره نمود (۶).

استفاده از سامانه تعلیق وزن دینامیک (Dynamic Body Weight Support System)، روشی نوین در درمان کودکان مبتلا به بیماری های سیستم اعصاب بدن است (۱۳). در روش تعلیق وزن دینامیک علاوه بر ایجاد شرایط انجام تمرینات متنوع و مشابه با فعالیت های روزمره کودک، امکان انجام تمریناتی از قبیل بالا و پایین رفتن از پله‌ها، سطوح شیب دار و مسیرهای حرکتی مختلف را فراهم می‌کند. به علاوه در این روش، با فراهم آوردن یک حمایت پویا (Dynamic) که از کودک در طول مسیر حرکت و در هر ارتفاعی در هنگام انجام تمرینات به عمل می آید، میزان مشارکت جسمی درمانگر و به دنبال آن، آسیب اسکلتی-عضلانی ناشی از کار را کاهش می‌دهد (۱۴). هدف از انجام مطالعه‌ی حاضر، بررسی اثر بخشی سامانه هوشمند تعلیق وزن دینامیک بر نتایج تست های عملکردی (ایستا-پویا) در کودکان مبتلا به بیماری فلج مغزی و دیگر اختلالات نورولوژیک است.

روش بررسی

در این مطالعه، ۱۱ کودک با انواع بیماری های مختلف ژنتیکی و اکتسابی سیستم عصبی مانند فلج مغزی، تأخیر رشد حرکتی، سندرم دندی واکر و... که در حرکت و راه-رفتن و نیز تعادل دچار اختلال بودند، وارد مطالعه شدند. در این کودکان به دلیل تحرک پایین ناشی از عوارض بیماری یا عدم حرکت، با گذشت زمان افزایش عوارض و پیچیدگی ها از جمله تغییرات بافت نرم، کاهش دامنه ی حرکتی مفاصل، ضعف عضلات و سایر مشکلات بیومکانیکی قابل مشاهده بود. در تمامی مراحل این مطالعه، درمانگر کودک را همراهی کرده است. در این طرح، کودکان شرکت-کننده از خدمات توانبخشی با سامانه هوشمند تعلیق وزن دینامیک (تولید شرکت پیام آوران هنر و فناوری شرق که موفق به اخذ گواهی نامه ثبت اختراع نیز شده است)، در مرکز توانبخشی الوند مشهد بهره مند شدند. جهت فرآیند انتخاب بیمار، ابتدا مقیاس عملکرد سیستم حرکتی بزرگ (Gross Motor Function Classification System: GMFCS) (۱۵) تعیین می شد و در ادامه، می بایست فرم انتخاب بیمار توسط همراه کودک تکمیل می شد که در این فرم اطلاعاتی از قبیل اطلاعات شخصی کودک، نوع بیماری، میزان توانایی بیمار در راه‌رفتن، نوع وسایل کمکی مورد استفاده برای راه‌رفتن، اندام های درگیر، سابقه مشکلات شنوایی، بینایی، گفتاری، ادراکی-شناختی، وجود بیمارهای زمینه ای یا تنفسی، سابقه تشنج یا صرع، سابقه عمل جراحی با ذکر تاریخ، سابقه شکستگی، سابقه تزریق بوتاکس، ناهنجاری ثابت یا غیرثابت اندام تحتانی، نوع داروهای مصرفی و در نهایت مدت زمان مراجعه به مراکز توانبخشی و بهره‌گیری از خدمات درمانی با ذکر نوع خدمات گرفته می شد. پس از تکمیل فرم، راه‌رفتن کودک

در یک مسیر مشخص از زوایای مختلف توسط اساتید و متخصصان حوزه ی توانبخشی بررسی می شد تا در صورت واجد شرایط بودن، کودک جهت دریافت خدمات درمانی با این سامانه انتخاب گردد.

معیارهای ورود و خروج برای این طرح تعیین شد تا بیماران منتخب، برای استفاده از این سامانه شرایط مناسب را داشته باشند. معیارهای ورود تعیین شده شامل مقیاس عملکرد سیستم حرکتی بزرگ ۳ یا ۴، سن ۳ تا ۸ سال، عدم اختلال ذهنی/بینایی/شنوایی شدید، ابتلاء به فلج مغزی، تأخیر رشد حرکتی و سایر بیماری های سیستم عصبی با محدودیت حرکت و عدم توانایی راه‌رفتن مستقل بوده است. معیارهای خروجی که در این طرح برای بیماران مشخص شده بود شامل تزریق بوتاکس در ۶ ماه اخیر، عمل جراحی در یک سال اخیر، مبتلا به تشنج مقاوم به دارو، اختلاف طول اندام بیشتر از ۲ سانتی متر، وجود سفتی و کوتاهی ثابت، وجود دررفتگی و بدفرمی های استخوان و سابقه‌ی بیماری های قلبی-عروقی بوده است (۱۶). در مقالات مشابه نیز، معیارهای ورود و خروج نظیر نداشتن جراحی و درمان ضد اسپاستی سیته (۱۷)، نگرفتن درمان بالینی با تجهیزات تخصصی (۱۸)، بیماران فلج مغزی با توانایی راه‌رفتن حداقلی (GMFCS حداقل ۱) (۱۹، ۱۸) و نداشتن بیماری هایی که دریافت درمان فیزیکی برای ایشان ممنوعیت دارد، مانند کودک با دیستروفی عصبی-عضلانی (با ممنوعیت راه رفتن مستقل) (۲۰) ذکر شده است. پس از تأیید بیمار طبق اطلاعات دریافتی و بررسی متخصصان مربوطه، کودک در لیست بیماران منتخب برای دریافت خدمات توانبخشی با سامانه هوشمند تعلیق وزن دینامیک قرار می‌گرفت. از والدین تمامی کودکان شرکت کننده در پژوهش رضایت نامه آگاهانه اخذ گردید. تعداد جلسات تمرین با سامانه برای هر کودک، ۱۸ تا ۲۰ جلسه (شامل دو دوره با تمرینات مختلف تحت عنوان تمرینات عمومی و پیشرفته) تعیین شد و در هر جلسه حدود ۲۰ دقیقه تمرین انجام می گرفت. به منظور بررسی وضعیت تعادلی-حرکتی کودکان شرکت کننده در پژوهش حاضر (جدول ۱)، سه بار (پیش از شروع دوره ی درمان، پس از پایان تمرینات عمومی و پس از پایان تمرین های پیشرفته) تست های عملکردی (Functional Tests) از هر کودک گرفته شد. تست های عملکردی شامل پنج بار نشستن و بلند شدن (Five Sit-to-Stand Test: 5×SS) بلند شدن از حالت نشسته راه رفتن و برگشتن (Timed Up and Go Test: TUG)، تست بالا و پایین رفتن از پله ها (Timed Up and Down Stairs: TUDS) و مقیاس تعادلی برگ (Berg Balance Scale: BBS) بوده است (پیوست ۱).

تست پنج بار نشستن و بلند شدن بر روی صندلی (۲۱): کودک ۵ مرتبه ی متوالی از روی صندلی استاندارد بلند می شود و مجدد می نشیند و درمانگر مدت زمان انجام این کار را ثبت می نماید. این تست با استراحتی کوتاه میان مراتب انجام، سه بار تکرار می شود و از سه زمان ثبت شده، میانگین گرفته می شود.

تست بلند شدن از حالت نشسته راه رفتن و برگشتن (۲۲): در این تست کودک از روی صندلی (ارتفاع نشستن: ۲۷ سانتی متر، با پشتی و بدون دسته) استاندارد بلند می شود و مسیر سه متری را طی می کند و با برداشتن شیء قرار داده شده در پایان سه متر باز می گردد و روی صندلی می نشیند تا درمانگر زمان انجام آن را ثبت نماید. این تست نیز با استراحتی کوتاه، سه تکرار دارد که کمترین زمان این سه تکرار ثبت می شود.

تست بالا و پایین رفتن از پله‌ها (۲۳): برای انجام این تست، کودک با کمک نرده از ۴ پله بالا برود و سپس پایین آید تا زمان آن ثبت شود.

برای هر کدام از سه تست بالا، جهت مشخص‌کردن دقیق تر توانایی کودک، سطح حمایت و کمک توسط شخص ثانی (Level of Support) از بین ۰ تا ۳ تعیین می شود (۰=عدم توانایی انجام، ۱=کمک متوسط تا حداکثری، ۲=حمایت حداقلی، ۳=توانایی انجام بدون کمک و حمایت).

مقیاس تعادلی برگ (۲۴): این تست شامل ۱۴ مورد می باشد که هر کدام امتیازی بین ۰ تا ۴ دارد که عدد ۰ کمترین میزان توانایی و عدد ۴ بیشترین میزان توانایی بیمار را در انجام آن تست نشان می دهد. موارد تست برگ شامل برخاستن از روی صندلی، نشستن روی صندلی، جا به جایی، ایستادن بدون کمک و حمایت، نشستن روی صندلی بدون کمک و حمایت، ایستادن با چشمان بسته، ایستادن با پاهای جفت شده، ایستادن با یک گام جلوتر، ایستادن بر روی یک پا، چرخش ۳۶۰ درجه، چرخش برای دیدن پشت سر، برداشتن شیء از روی زمین از وضعیت ایستاده، گام‌گذاشتن متناوب بر روی پله و خم شدن رو به

جدول ۱: مشخصات دموگرافیک افراد شرکت کننده

شرکت کننده	جنسیت	سن بیمار (سال)	وزن (کیلوگرم)	نوع بیماری	مقیاس عملکرد سیستم حرکتی بزرگ
۱	مرد	۶	۲۴	فلج مغزی (کوادری‌پلژی اسپاستیک)	۴
۲	مرد	۶	۱۵	فلج مغزی (دایپلژی اسپاستیک)	۳
۳	مرد	۸	۲۲	فلج مغزی (دایپلژی اسپاستیک)	۴
۴	زن	۴	۱۴	سندرم دندی‌واکر	۲
۵	زن	۳	۹	بیماری ژنتیکی	۴
۶	مرد	۵	۱۳	فلج مغزی (دایپلژی اسپاستیک)	۳
۷	زن	۳	۱۵	تأخیر رشد حرکتی	۴
۸	زن	۴	۱۲	بیماری ژنتیکی	۳
۹	مرد	۴	۱۴	فلج مغزی (دایپلژی اسپاستیک)	۴
۱۰	زن	۵	۱۰	فلج مغزی (میکروسفال)	۴
۱۱	مرد	۵	۱۳	ضعف	۳

مقیاس عملکرد سیستم حرکتی بزرگ Gross Motor Function Classification System: (GMFCS)

جلو برای گرفتن شیء می باشد. در پایان، مجموع امتیازات این ۱۴ تست به عنوان مقیاس تعادلی برگ ثبت می شود.

سامانه هوشمند تعلیق وزن دینامیک

تصویر ۱، نمایی از سامانه هوشمند تعلیق وزن دینامیک را نشان می دهد. این سامانه از چهار بخش اصلی شامل هسته هوشمند تعلیق وزن، ترولی و سیستم همگام ساز، ریل و پایه دستگاه و هارنس (Harness) بیمار تشکیل شده است. برای انجام تمرینات، کودک هارنس سامانه را می پوشید و این هارنس با حمایت قسمت های مشخصی از تنه و اندام های تحتانی به صورت متوازن، باعث می‌شد تا سامانه بخشی از وزن کودک را به صورت دینامیک و در هر ارتفاعی تعلیق کند و امکان انجام یا انجام بهتر و آسان تر تمرینات را برای کودک فراهم آورد. درصد تعلیق برای هر بیمار براساس وزن وی (مطابق با نظر پزشک و درمانگر) در نرم-افزار موبایلی سامانه وارد می‌شد.

با توجه به تعلیق دینامیک بخشی از وزن توان یاب توسط سامانه و حرکت همگام سامانه با بیمار، شرایط برای انجام تمرینات متنوع تعادلی- حرکتی نظیر راه رفتن روی زمین، عبور از سطح شیب دار، پله نوردی، چنباتمه (Squat)، عبور از موانع و مسیر مارپیچ، برداشتن جسم از روی زمین و ... فراهم می گردید. نکته ی مهمی که باید بر آن تأکید کرد آن است که، محافظت سامانه از کودک در برابر افتادن، موجب بالارفتن اعتماد به نفس کودک و نیز از بین بردن ترس از وزن اندازی در او می شد. همچنین سامانه ی مذکور، امکان چرخش، دور زدن، به عقب راه رفتن و سایر نیازهای حرکتی را برای بیمار فراهم می کرد. در پایان هر تمرین، نرم افزار و صفحه ی نمایشگر سامانه، اطلاعات تمرین کودک از قبیل زمان انجام تمرین، فاصله ی طی شده توسط بیمار، تعداد گام های صحیح هر پای بیمار و تعداد و حداکثر زاویه ی انحراف بیمار در چهار جهت جلو، عقب، چپ و راست را نمایش می داد.

۲ الی ۳ جلسه برای هر بیمار جهت آشنایی با سامانه هوشمند تعلیق وزن دینامیک و تمرینات توسط درمانگر انجام می شد تا کودک آمادگی لازم را برای انجام تمرینات جلسات اصلی را داشته باشد. سپس تمرینات اصلی که برای هر فرد ۲۰ جلسه در نظر گرفته شده بود، به طور معمول سه روز در هفته و روزانه حدود ۲۰ دقیقه ی مفید به همراه استراحت های کوتاه بین تمرینات آغاز می شد.

ده جلسه‌ی ابتدایی، با تمرینات عمومی ذکر شده انجام می گرفت، که شامل سه تمرین راه رفتن به مدت ۱۰ دقیقه، بالا و پایین رفتن از ۴ پله به مدت ۵ دقیقه و بالا و پایین رفتن بر روی سطح شیب دار به مدت ۵ دقیقه بود و مجموع هر جلسه تمرینی با سامانه ۲۰ دقیقه‌ی مفید بود

تصویر ۱: نمایی از سامانه هوشمند تعلیق وزن دینامیک

تصویر ۲: تمرین‌های عمومی (الف: راه‌رفتن، ب: بالا و پایین رفتن از ۴ پله، ج: بالا و پایین رفتن بر روی سطح شیب‌دار)

تصویر (۲).

در ده جلسه‌ی دوم درمان، تمرینات جدیدی با عنوان تمرینات پیشرفته برای هر بیمار در نظر گرفته می شد (تصویر ۳). تمرینات پیشرفته، براساس توانایی های حرکتی مورد نیاز انسان در زندگی روزمره طراحی شده بود تا کودک علاوه بر پیشرفت سریع تر و بهتر در حرکت، تنوع تمرینات درمانی و توانایی های مورد نیاز خود را در عین مفرح بودن و سرگرمی دریافت کند. برای تمرینات پیشرفته نیز یک الی دو جلسه آشنایی برای کودک توسط درمانگر درنظر گرفته می شد. تمرینات پیشرفته شامل موارد ذیل بوده‌است (۲۵-۲۹):

۱. راه‌رفتن عادی (Gait)

۲. راه رفتن با مانع (Gait with Obstacles)

۳. برداشتن جسم از روی زمین در طی مسیر (Gait with Retrieving Object from Floor)

۴. راه رفتن با نردبان (Gait with Ladder)

۵. طی‌کردن مسیر مارپیچ (Gait in a Maze)

۶. پرتاب و دریافت توپ (Throwing and Catching a Ball)

۷. بالا و پایین رفتن بر روی سطح شیب دار (Going Up and Down the Ramp)

۸. بالا و پایین رفتن از ۴ پله (Going Up and Down 4 Steps)

هر جلسه‌ی درمانی با تمرین های پیشرفته حدود ۲۰ دقیقه بوده است. برای شروع راه رفتن، بیمار می بایست از روی صندلی بلند می شد که خود یک تمرین کاربردی برای توان‌یابان حرکتی محسوب می شود. تمرینات پیشرفته به شرح زیر انجام گرفته است:

راه‌رفتن با مانع: در این تمرین، بیمار حین طی‌کردن مسیر معین سامانه هوشمند تعلیق وزن دینامیک، از روی سه مانع که ارتفاع مانع سوم دوبرابر دو مانع اول بوده است، عبور می کرد.

برداشتن جسم از روی زمین در طی مسیر: در این تمرین، بیمار راه رفتن عادی را انجام می داد و زمانی که به میانه ی مسیر می رسید، جسم قرار داده شده روی زمین را برمی داشت و به مسیر خود ادامه می‌داد.

راه رفتن با نردبان: نردبان در مسیر قرار داده می شد و بیمار جهت اصلاح گام و بهبود تعادل و تمرکز در راه رفتن،

تصویر ۳: تمرینات پیشرفته (الف: برداشتن جسم از روی زمین در طی مسیر، ب: راه‌رفتن با نردبان، ج: پرتاب و دریافت توپ، د: طی کردن مسیر مارپیچ، ه: راه‌رفتن با مانع)

می بایست در فواصل بین پله ها گام می‌گذاشت.

طی کردن مسیر مارپیچ: یک مسیر S شکل با بلوک فراهم می شد و بیمار در حین طی مسیر، گام های خود را در کنار این بلوک ها قرار می داد، به طوری که آن ها را لمس نکند یا ضربه ای به آن ها وارد ننماید.

پرتاب و دریافت توپ: بیمار در ابتدای مسیر می ایستاد و از انتهای مسیر برای او توپ پرتاب می شد تا در زوایای مختلف توپ را دریافت و سپس پرتاب کند.

به منظور تجزیه و تحلیل داده های آماری پژوهش حاضر، کلیه‌ی اطلاعات با استفاده از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۲۵ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و به دلیل توزیع غیر نرمال داده ها از آزمون رتبه علامت دار ویلکاکسون استفاده شد و آزمون Marginal Homogeneity جهت بررسی اثر بخشی روش درمانی پیش از شروع تمرینات، پس از پایان تمرین های عمومی و پس از پایان تمرین های پیشرفته (سطح معناداری ۰/۱) مورد استفاده قرار گرفت.

یافته ها

جدول ۲، نتایج مقیاس تعادلی برگ را برای تمامی شرکت کنندگان این مطالعه نشان می دهد. به کمک آزمون رتبه علامت دار ویلکاکسون، بررسی اینکه آیا میانه اختلاف نتایج تست برگ در دفعه اول و دوم (انجام تمرینات عمومی)، در دفعه اول و سوم (انجام تمامی تمرینات) و در دفعه دوم و سوم (انجام تمرینات پیشرفته) اختلاف معناداری با مقدار صفر دارد، انجام گرفته است. با توجه به مقدار سطح معناداری این آزمون ها، (جدول ۲)، میانگین اختلاف بین تمامی دفعات انجام تست برگ، به طور معناداری مخالف صفر است. در واقع، اختلاف معنادار بین دفعه اول و سوم انجام تست، اثربخشی دوره درمانی با سامانه هوشمند تعلیق وزن دینامیک در بهبود مهارت های تعادلی تمامی شرکت-کنندگان را نشان می دهد. همچنین اختلاف معنادار میان دفعه اول و دوم انجام تست، نشان دهنده بهبود کیفیت تعادل پس از انجام تمرینات عمومی برای هر یازده بیمار است. تفاوت معنادار میان دفعه دوم و سوم انجام تست برگ نیز گواه این موضوع است که تمرین های پیشرفته در تثبیت وضعیت شکل گرفته و همین طور بهبود کیفیت تعادلی تمامی شرکت کنندگان موثر بوده‌است.

همچنین جدول ۳، نتایج سطح حمایت در تست های عملکردی TUDS، TUG و 5×SS را برای تمامی شرکت کنندگان این مطالعه نشان می دهد. به کمک نتایج تست های عملکردی TUDS، TUG و 5×SS می توان پیرامون تغییرات وضعیت حرکتی شرکت کنندگان صحبت کرد. براساس نتایج آزمون Marginal Homogeneity، اختلاف معنادار تغییر سطح حمایت میان دفعه اول و دوم انجام تست برای TUG (p=۰/۱۵۷) وجود ندارد ولی در تست های TUDS (p=۰/۰۴۶) و 5×SS (p =۰/۰۵۹) اختلاف معنادار تغییر سطح حمایت را برای هر یازده شرکت کننده نشان می‌دهد و حاکی از بهبود کیفیت

جدول ۱: مقایسه نتایج آزمون برگ پیش از شروع تمرینات، پس از ده جلسه و پس از پایان دوره

ارزیابی ها	میانگین ± انحراف معیار	گستره (کمینه-بیشینه)	p-مقدار
آزمون اول-آزمون دوم	۸/۶۳۶ ± ۷/۴۲	۱۳/۶۲۱ - ۳/۶۵۲	۰/۰۰۳
آزمون اول-آزمون سوم	۱۲/۳۶۲ ± ۷/۴۶	۱۷/۳۷۵ -۷/۳۵۲	۰/۰۰۳
آزمون دوم-آزمون سوم	۳/۷۲۷ ± ۴/۶۵	۶/۸۵۱ -۰/۶۰۴	۰/۰۲۸

* p-مقدار (p=۰/۰۱) در نظر گرفته شد.

جدول ۲: مقایسه تست های عملکردی پیش از شروع تمرینات، پس از ده جلسه و پس از پایان دوره

	تست TUDS		تست TUG		تست 5×SS	
ارزیابی ها	**میانگین ± انحراف معیار**	**p-مقدار**	**میانگین ± انحراف معیار**	**p-مقدار**	**میانگین ± انحراف معیار**	**p-مقدار**
آزمون اول- آزمون دوم	۵ ± ۱	۰/۰۴۶	۲ ± ۱/۴۱۴	۰/۱۵۷	۵/۵ ± ۱/۳۲۳	۰/۰۵۹
آزمون اول- آزمون سوم	۷/۵ ± ۱/۱۱۸	۰/۰۲۵	۴/۵ ± ۱/۵	۰/۰۹۶	۶/۵ ± ۱/۸۰۳	۰/۰۵۲
آزمون دوم- آزمون سوم	۲/۵ ±۰/۵	۰/۳۱۷	۲/۵ ± ۰/۵	۰/۳۱۷	۴ ± ۰/۷۰۷	۰/۱۵۷

* p-مقدار (p=۰/۰۱) در نظر گرفته شد، تست پنج بار نشستن و بلند شدن (Five Sit-to-Stand Test: 5×SS)، تست بلند شدن از حالت نشسته راه رفتن و برگشتن (Timed Up and Go Test: TUG)، تست بالا و پایین رفتن از پله ها (Timed Up and Down Stairs: TUDS)

حرکتی شرکت کنندگان است. از طرفی مقادیر سطح معنی داری میان دفعه دوم و سوم انجام تست برای TUG (p=۰/۳۱۷)، TUDS (p=۰/۳۱۷) و 5×SS (p=۰/۱۵۷) نشان دهنده تثبیت کیفیت حرکتی و مقداری بهبود در معیارهای حرکتی شرکت کنندگان است. همچنین آزمون Marginal Homogeneity، اختلاف معنادار تغییر سطح حمایت برای تست TUDS (p=۰/۰۲۵) و 5×SS (p=۰/۰۵۹) را پس از پایان بیست جلسه برنامه توانبخشی با سامانه هوشمند تعلیق وزن دینامیک نشان می دهد. نتایج مطالعه حاضر، بهبود کیفیت و تثبیت وضعیت تعادلی- حرکتی تمامی شرکت کنندگان در دوره درمانی با سامانه هوشمند تعلیق وزن دینامیک را نشان می‌دهد (جدول ۳).

بحث و نتیجه‌گیری

تمرینات عادی و پیشرفته ای که در طول دوره ی توانبخشی با سامانه هوشمند تعلیق وزن دینامیک برای ۱۱ کودک با انواع بیماری های دستگاه عصبی صورت پذیرفت، موجب بهبود حرکت و راه رفتن ایشان و افزایش اعتماد به نفس برای حرکت مستقل (با توجه به نتایج تست های ایستادن بدون کمک و حمایت و نیز جا به جایی در مقیاس تعادلی برگ) در این بیماران گردید. این بهبودی علاوه بر حرکات بزرگ، در حرکات ظریف اندام‌تحتانی و هماهنگی آن ها با دیگر بخش های بدن (با توجه به بهبودی در نتایج تست های برداشتن شیء از روی زمین و نیز چرخش برای دیدن پشت سر در مقیاس تعادلی برگ) نیز، مشاهده شده-است. تمرینات عادی جلسات ابتدایی باعث پیشرفت در راه-رفتن و حرکت اکثر بیماران (بر اساس پیشرفت نتایج تست جا به جایی در مقیاس تعادلی برگ) شد و این پیشرفت چه به صورت افزایش استقلال حرکتی، چه به صورت امکان انجام (با توجه به نتایج تست های برخاستن از روی صندلی، جا به جایی و انواع ایستادن ها در مقیاس تعادلی برگ برخی از شرکت‌کنندگان) یا بهتر انجام‌دادن یک توانایی (مطابق با بهبودی نتایج تست های برداشتن شیء از روی زمین و نیز چرخش برای دیدن پشت سر در مقیاس تعادلی برگ تعدادی از شرکت‌کنندگان) نمایان شده است. این دوره، تمرینات کلی و بزرگ را شامل می شد و هدف اصلی، کسب توانایی حداقلی راه رفتن بهتر یا مستقل تر و با تعادل بیشتر و نیز از بین بردن ترس کودک بیمار از راه رفتن بوده است.

تمرین راه رفتن عادی بر پایه ی افزایش اعتماد به نفس کودک و از بین بردن ترس وی صورت گرفته است. هم-چنین ساده ترین تمرین کاربردی برای این کودکان محسوب می شد. تمرینات بالا و پایین رفتن از سطح شیب-دار و پله ها علاوه بر این‌که نیازهای روزمره ی افراد هستند،

در بهبود تعادل نیز مؤثر واقع شدند. تمرینات پیشرفته نیز این روند بهبود را ادامه دار نموده و در بعضی موارد (مانند شرکت‌کننده ی شماره ی ۱ با توجه به نتایج مقیاس تعادلی برگ)، پیشرفت چشمگیرتری را ایجاد کرده است. در تمرینات اولیه که کودک راه رفتن عادی را انجام می داد، تمرین راه رفتن با مانع، به دلیل ملزم‌کردن بیمار برای خم-کردن مفاصل اندام تحتانی، در بیمارانی که اسپاستی‌سیته و سفتی اندام های تحتانی را داشته اند، مفید واقع شده بود و از میزان سفتی آنان کاسته شده بود که در تست های بلند شدن و نشستن بر روی صندلی این کاهش سفتی نمایان بود (با توجه به بهبودی در نتایج تست برخاستن از روی صندلی مقیاس تعادلی برگ برخی شرکت‌کنندگان). این تمرین، برای افزایش طول گام و سطح اتکای وسیع تر (Base of Support) مؤثر واقع شده (با توجه به تست ایستادن با یک گام جلوتر در مقیاس تعادلی برگ)، هماهنگی تنه و اندام های تحتانی در حین حرکت را به-دنبال داشته (۲۵) (که لازمه‌ی حرکت مستقل با توجه به تست TUG و نیز تست جا به جایی مقیاس تعادلی برگ می باشد) و در این پژوهش نتیجه ی مثبتی را در بیماران، به‌خصوص بیماران فلج مغزی اسپاستیک برجای گذاشته-است. تمرین برداشتن جسم از روی زمین در طی مسیر که بیمار برای انجام این تمرین به ثبات اندام های تحتانی و ستون فقرات و نیز قدرت کافی عضلات این نواحی نیاز دارد باعث افزایش قدرت ایزومتریک (Isometric Strength) گروه های عضلانی و بهبود انجام وظایف عملکردی (Functional Performance) شده است (۲۶) و این نتیجه در بهبود تست مشابه آن در مقیاس تعادلی برگ قابل مشاهده بوده است. این تمرین، برای بیمارانی که ضعف، در اندام های تحتانی آنان غالب بود، بسیار مفید بوده است.

تمرین راه رفتن با نردبان به دلیل نیاز به هماهنگی عضلات اندام تحتانی و تنه برای ایجاد ثبات در حین انجام تمرین، موجب بهبود عملکرد این عضلات و نیز بهبود تعادل شده که بیماران دچار اختلال تعادل را بیش از دیگران تحت تأثیر قرار داده است (با توجه به بهبودی در نتایج انواع تست های ایستادن در مقیاس تعادلی برگ برخی شرکت-کنندگان). در این تمرین، بیمار وزن خود را به نوبت بر روی اندام های تحتانی می اندازد که این خود موجب تقویت عضلات آن ها می گردد. این تمرین، کاربرد زیادی در بهبود گام برداشتن، ثبات، هماهنگی، جا به جایی یکسان تنه، ضعف عضلات وضعیتی و... داشته است (۲۷) و موجب بهبود در نتایج تست TUG و راه رفتن مستقل و نیز مقیاس تعادلی برگ شده است. در تمرین طی‌کردن مسیر مارپیچ، محدودیت سیستم کنترل حرکتی انتخابی اندام های تحتانی که در بیماران فلج مغزی با درگیری دو طرفه مانند دایپلژی اسپاستیک (Spastic Diplegia) بسیار مشهود است، کمتر شده و در نتیجه، توانایی انجام وظایف کاربردی ایشان (مشابه تست های مقیاس تعادلی برگ) افزایش یافته است (۲۸). گام برداشتن در این مسیر، بیمار را ملزم به راه رفتن گردو بشکن (Tandem Gait) یا نزدیک به آن می کرد و در بهبود تعادل و تمرکز در گیت کمک‌کننده بود، نتایج تست بهبود ایستادن با یک گام جلوتر (Standing Unsupported with One Foot in Front) در مقیاس تعادلی برگ را این موضوع را نشان می دهد.

تمرین پرتاب و دریافت توپ، باعث افزایش درجه‌ی آزادی حرکت مفاصل مختلف و بهبود هماهنگی شده است (۲۹). این تمرین، ثبات اندام های تحتانی و نیز بهبود کنترل جا به جایی وزن بدن را نیز در پی داشته است که به طور کلی نتایج تست های مقیاس تعادلی برگ را تحت تأثیر قرار داده است. تمرین بالا و پایین رفتن از پله و سطح شیب دار، از تمرینات کاربردی در زندگی روزانه ی افراد محسوب می شود و به کارگیری آن ها در برنامه ی توانبخشی با سامانه، علاوه بر مشاهده ی پیشرفت حرکتی در بیماران، باعث بهبود شرایط زندگی آنان نیز شده است (مشاهده‌ی بهبودی در نتایج تست گام گذاشتن متناوب بر روی پله در مقیاس تعادلی برگ). تمرینات انتخاب شده در این پژوهش، به نحوی بودند که تمامی بیماران وارد مطالعه شده -با هر گونه بیماری و اختلال حرکتی- را در بر بگیرند و برای همه‌ی آن ها ثمربخش واقع شوند.

نتایج مشاهده شده و تحلیل های صورت گرفته، دال بر اثربخشی تمرینات انجام گرفته به کمک سامانه هوشمند تعلیق وزن دینامیک برای هر ۱۱ بیمار شرکت کننده است. بیمارانی که مشکل ادراکی-شناختی نداشته و شناخت مناسبی از بیماری و وضعیت خود داشتند، همکاری و انگیزه‌ی بیشتری برای بهبود حرکت خود نشان دادند که موجب پیشرفت چشمگیرتر آنان نسبت به سایرین شد. بیماران با مشکلات بینایی، شنوایی، ادراکی-شناختی و ارتباطی و نیز بیمارانی که بعضی از داروها مانند داروهای

ضدافسردگی را مصرف می‌کردند، به دلیل همکاری کمتر، بهبود کمتری حاصل کردند. بیمارانی که اندام های تحتانی آن ها در وضعیت اسپاستیک قرار داشت، از بیماران با ضعف این اندام ها، بسیار بیشتر نتیجه گرفتند و بهبودی قابل توجه ای را نشان دادند. این برنامه ی توانبخشی با سامانه هوشمند تعلیق وزن دینامیک، علاوه بر افزایش اعتماد به نفس در کودکان تحت درمان برای وزن اندازی بر روی اندام های تحتانی و تسریع حرکات مستقل و بدون کمک دیگران، تاثیر بسیار زیادی در اصلاح الگوهای غیرطبیعی حرکتی مانند راه رفتن قیچی وار دارد. انتخاب تمرینات کاربردی در زندگی برای استفاده از سامانه هوشمند تعلیق وزن دینامیک موجب شد تا کودکان آگاهی بیشتری از نیازهای حرکتی خود کسب کرده و برای دست یابی به این توانایی ها تلاش کنند.

در بیمار شماره ی یک، پیشرفت حرکتی پس از جلسات تمرینات پیشرفته بسیار چشمگیرتر ظاهر شد. این فرد به-دلیل توانایی حرکتی خوبی که پس از ده جلسه ی ابتدایی کسب کرده بود و نیز توانایی ادراک و شناخت و انگیزه‌ی زیادی که داشت با انجام تمرینات پیشرفته، به عنوان نتیجه ی نهایی، توانایی حرکت مستقل و بدون واکر و نیز برخی توانایی های حرکتی دیگر را نسبت به قبل از درمان با سامانه حاصل نمود. بیمار شماره ی دو، با وجود این که دچار فلج مغزی اسپاستیک بود و زمینه ی پیشرفت را دارا بود، به دلیل همکاری کمتر ناشی از مسائل شناختی و ارتباطی و نیز سطح توانایی نسبتا خوبی که داشت، میزان پیشرفت پس از تمرینات نسبت به دیگران کمتر بود. بیمار شماره‌ی سه با وجود یکسان بودن نوع بیماری با بیماران شماره‌ی شش و نه، سیر پیشرفت حرکتی او پس از دوره-ی تمرینات پیشرفته حفظ نشد که دلیل آن را می توان در تغییرات انگیزه و ارتباط فرد به دلیل اختلال ایجاد شده در مصرف داروی اعصاب مشاهده کرد که مشکلات شناختی هم مزید بر علت شده بود. بیماران شماره‌ی شش و نه این روند بهبود را حفظ کرده و کاهش میزان اسپاستی‌سیته ی اندام های تحتانی ایشان پس از جلسات عمومی توانبخشی، زمینه ی انجام تمرینات پیشرفته را فراهم نموده بود. بیمار شماره‌ی چهار با سندرم دندی‌واکر (Dandy walker syndrome) که با وجود استقلال حرکتی، مشکل عدم هماهنگی عضلات و اختلال تعادل داشت، سیر بهبودی با نسبت کمتر در پایان جلسات عمومی را نمایش داد و تمرینات پیشرفته باعث حفظ تغییرات مثبت شد. در بیمار شماره ی پنج که اختلال حرکتی داشت، به دلیل مشکلات شناختی تمرینات پیشرفته را دریافت نکرد و تمرینات عادی به تنهایی روند پیشرفت حرکتی او را تأمین نمود. بیمار شماره ی هفت که دچار تأخیر رشد حرکتی بوده است، علاوه بر مشکلات راه رفتن، در حرکات ظریف و کارهای روزانه نیز دچار اختلال بوده است که با تمرینات پیشرفته تا حدی این ضعف ها نیز جبران شد. بیمار شماره ی هشت که دچار اختلال ادراکی-شناختی نسبتا بیشتری بود، با انجام تمرینات پیشرفته توانست روند بهبود حرکتی پس از تمرینات عادی را حفظ نماید. بیمار شماره ی ده که دچار میکروسفالی (Microcephaly) بوده است، با توجه به اختلالات حرکتی و نیز هماهنگی و تعادل، در پایان جلسه دهم پیشرفت قابل ملاحظه ای را در نتایج تست‌ها نشان داد و با تمرینات پیشرفته، با وجود اختلال ادراکی-شناختی، این روند حفظ و حتی بهتر شد. بیمار شماره ی یازده که ضعف مشکل غالب او بود و نیز اختلال بینایی داشت، به دلیل انگیزه‌ی بالای فرد و ادراک و هوش مناسبی که دارا بود، پیشرفت حرکتی او به خصوص پس از تمرینات پیشرفته که تقویت بیشتری را در گروه های عضلانی ایجاد می کند، قابل مشاهده بوده است. نظرسنجی از والدین بیمار در پروسه ی درمان با سامانه هوشمند تعلیق وزن دینامیک، رضایت ایشان را از تأثیر مثبت تمرینات با این دستگاه و بهبود حرکتی فرزندشان نشان داده است.

در مجموع، پژوهش حاضر، اثر بخشی برنامه ی توانبخشی با سامانه هوشمند تعلیق وزن دینامیک را در بهبود کیفیت تعادلی و حرکتی کودکان شرکت کننده نشان داد. به سایر پژوهشگران محترم پیشنهاد می شود تا درباره ی تأثیر توانبخشی با سامانه هوشمند تعلیق وزن دینامیک بر کاهش آسیب های اسکلتی-عضلانی مرتبط با کار در فیزیوتراپیست ها و کاردرمانگران مطالعه و تحقیق به عمل آورند.

سپاسگزاری

تیم پژوهشی بر خود لازم می داند که از تمامی شرکت کنندگان در این مطالعه، مرکز توانبخشی الوند مشهد و به-خصوص مدیریت این مجموعه سرکار خانم نرگس کاریزنویی و شرکت دانش‌بنیان پیام‌آوران هنر و فناوری شرق بابت در اختیار قرار دادن سامانه هوشمند تعلیق وزن دینامیک و نیز جناب آقای دکتر سلمان نظری مقدم بابت

همراهی و همکاری در این پروژه قدردانی کند. این پژوهش، زیر نظر کمیته اخلاق دانشگاه فردوسی مشهد، با کد IR.UM.REC.1400.099 انجام گرفته است.

منابع

1. Eng JJ, Tang PF. Gait training strategies to optimize walking ability in people with stroke: a synthesis of the evidence. Expert review of neurotherapeutics 2007; 7(10): 1417-1436.
2. Siderowf A, McDermott M, Kieburtz K, Blindauer K, et al. Parkinson Study Group. Test–retest reliability of the unified Parkinson's disease rating scale in patients with early Parkinson's disease: results from a multicenter clinical trial. Movement disorders 2002; 17(4): 758-763.
3. Hobart JC, Lamping DL, Freeman JA, Langdon DW, et al. Evidence-based measurement: which disability scale for neurologic rehabilitation?. Neurology 2001; 57(4): 639-644.
4. Hobart J, Freeman J, Lamping D, Fitzpatrick R, Thompson A. The SF-36 in multiple sclerosis: why basic assumptions must be tested. Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry 2001; 71(3): 363-370.
5. Nelke KH, Pawlak W, Gerber H. Dandy-Walker syndrome with severe velopharyngeal dysfunction: a contraindication for Le Fort I surgery?. Journal of Craniofacial Surgery 2015; 26(1): e42-44.
6. Levitt S, Addison A. Outline of treatment approaches. In: Treatment of cerebral palsy and motor delay. John Wiley & Sons; 2018: 71-92.
7. Darragh AR, Huddleston W, King P. Work-related musculoskeletal injuries and disorders among occupational and physical therapists. American Journal of Occupational Therapy 2009; 63(3): 351-362.
8. Cromie JE, Robertson VJ, Best MO. Work-related musculoskeletal disorders in physical therapists: prevalence, severity, risks, and responses. Physical therapy 2000; 80(4): 336-351.
9. Nordin NA, Leonard JH, Thye NC. Work-related injuries among physiotherapists in public hospitals: a Southeast Asian picture. Clinics 2011; 66: 373-378.
10. Sharan D, Ajeesh PS. Injury prevention in physiotherapists-a scientific review. Work 2012; 41(Supplement 1): 1855-1859.
11. Valentín-Gudiol M, Mattern-Baxter K, Girabent-Farrés M, Bagur-Calafat C, et al. Treadmill interventions in children under six years of age at risk of neuromotor delay. Cochrane Database of Systematic Reviews 2017; 7(7): CD009242.
12. Glowinski S, Blazejewski A. SPIDER as A Rehabilitation Tool for Patients with Neurological Disabilities: The Preliminary Research. Journal of personalized medicine 2020; 10(2): 33-43.
13. Selfslagh A, Shokur S, Campos DS, Donati AR, et al. Non-invasive, brain-controlled functional electrical stimulation for locomotion rehabilitation in individuals with paraplegia. Scientific reports 2019; 9(1): 1-7.
14. Hidler JM, Brown DA. Robotic devices for overground gait and balance training. In: Neurorehabilitation Technology. Springer 2012; 2(1): 397-409.
15. Morris C, Bartlett D. Gross motor function classification system: impact and utility. Developmental medicine and child neurology 2004; 46(1): 60-65.
16. Hosseini SM, Fatorehchy S, Hosseini SA, Haghgoo HA, Hosseinzadeh S. Designing a Gait Enhancer and Determining its Effect on Standing Ability and Gait Speed of Children with Cerebral Palsy Spastic Diplegia. Archives of Rehabilitation 2020; 21(4): 436-453.
17. Martin L, Baker R, Harvey A. A systematic review of common physiotherapy interventions in school-aged children with cerebral palsy. Physical & occupational therapy in pediatrics 2010; 30(4): 294-312.

18. Clutterbuck G, Auld M, Johnston L. Active exercise interventions improve gross motor function of ambulant/semi-ambulant children with cerebral palsy: a systematic review. Disability and rehabilitation 2019; 41(10): 1131-1151.

19. Toovey R, Bernie C, Harvey AR, McGinley JL, Spittle AJ. Task-specific gross motor skills training for ambulant school-aged children with cerebral palsy: a systematic review. BMJ paediatrics open 2017; 1(1): 15-93.

20. Valentin-Gudiol M, Mattern-Baxter K, Girabent-Farrés M, Bagur-Calafat C, et al. Treadmill interventions with partial body weight support in children under six years of age at risk of neuromotor delay. Cochrane Database of Systematic Reviews 2011; 12: CD009242

21. Wang TH, Liao HF, Peng YC. Reliability and validity of the five-repetition sit-to-stand test for children with cerebral palsy. Clinical rehabilitation 2012; 26(7): 664-671.

22. Verbecque E, Vereeck L, Boudewyns A, Van de Heyning P, Hallemans A. A modified version of the Timed Up and Go Test for children who are preschoolers. Pediatric Physical Therapy 2016; 28(4): 409-415.

23. Zaino CA, Marchese VG, Westcott SL. Timed up and down stairs test: preliminary reliability and validity of a new measure of functional mobility. Pediatric Physical Therapy 2004; 16(2): 90-98.

24. Franjoine MR, Gunther JS, Taylor MJ. Pediatric balance scale: a modified version of the berg balance scale for the school-age child with mild to moderate motor impairment. Pediatric physical therapy 2003; 15(2): 114-128.

25. Malone A, Kiernan D, French H, Saunders V, O'brien T. Obstacle crossing during gait in children with cerebral palsy: cross-sectional study with kinematic analysis of dynamic balance and trunk control. Physical therapy 2016; 96(8): 1208-1215.

26. Blundell SW, Shepherd RB, Dean CM, Adams RD, Cahill BM. Functional strength training in cerebral palsy: a pilot study of a group circuit training class for children aged 4–8 years. Clinical rehabilitation. 2003; 17(1): 48-57.

27. Stevens Shortland AP. Selective motor control correlates with gait abnormality in children with cerebral palsy. Gait & posture 2017; 52: 107-109.

28. Utley A, Steenbergen B, Astill SL. Ball catching in children with developmental coordination disorder: control of degrees of freedomJL. Homemade Foot Placement Ladder. Physical therapy. 1976; 56(3): 309-317.

29. Chruscikowski E, Fry NR, Noble JJ, Gough M, Developmental Medicine & Child Neurology 2007; 49(1): 34-38.

پیوست ۱

جدول ۴: اطلاعات سطح حمایت در سه تست عملکردی در سه مرتبه آزموده شدن شرکت‌کنندگان

شماره شرکت کننده	سطح حمایت تست پنج بار نشستن و بلندشدن بر روی صندلی			سطح حمایت تست بلندشدن از حالت نشسته راه‌رفتن و برگشتن			سطح حمایت تست بالا و پایین‌رفتن از پله‌ها		
	اولین تست	دومین تست	سومین تست	اولین تست	دومین تست	سومین تست	اولین تست	دومین تست	سومین تست
۱	۱	۲	۳	۲	۲	۳	۲	۲	۲
۲	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۲	۲	۳
۳	۰	۱	۲	۰	۲	۲	۰	۱	۱
۴	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۲	۳	۳
۵	۲	۲	۲	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۶	۲	۳	۳	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۷	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۸	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۲	۲	۲
۹	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱
۱۰	۰	۲	۲	۰	۲	۲	۱	۲	۲
۱۱	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۲	۲	۲

جدول ۵: داده های مربوط به ۳ آزمون مقیاس تعادلی برگ ۱۱ شرکت کننده

شرکت‌کننده	اولین تست	دومین تست	سومین تست
۱	۳۰	۳۵	۴۷
۲	۴۳	۴۵	۴۵
۳	۴	۲۶	۲۲
۴	۵۱	۵۳	۵۳
۵	۶	۱۵	۲۲
۶	۲۸	۴۱	۴۵
۷	۲۳	۳۱	۳۹
۸	۴۸	۵۲	۵۳
۹	۱۴	۲۰	۲۷
۱۰	۱۰	۳۲	۳۴
۱۱	۴۲	۴۴	۴۹