

Effects of Leap Motion Controller on Improving Hand Function in Children with Bilateral Spastic Cerebral Palsy

Sajjad Sabbaghi Siuki¹,
Saeid Fatorehchy²,
Enayatollah Bakhshi³,
Ali Morady⁴

¹ MSc Student in Occupational Therapy, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences, Tehran, Iran

² Assistant Professor, Department of Occupational Therapy, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences, Tehran, Iran

³ Professor, Department of Basic Sciences, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences, Tehran, Iran

⁴ Associate Professor, Department of Orthopedics, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran

(Received February 5, 2022 ; Accepted September 5, 2022)

Abstract

Background and purpose: Cerebral palsy (CP) is a term used to classify children with non-progressive lesions in the developing brain. Bilateral spastic is the most common type of cerebral palsy. Reduced ability to manipulate objects is one of limiting factors in daily activities of these children and its improvements is one of the most important therapeutic goals. The aim of this study was to investigate the effects of leap motion controller (LMC) on strength and hand skill in children with bilateral spastic CP.

Materials and methods: With a single-group interventional design, the effects of LMC on the skill and strength of the upper extremities were investigated in 10 children with cerebral palsy. The study consisted of three phases; I: four-week common occupational therapy sessions (45 min), II: 12-week intervention using LMC for 20 minutes, and III: follow up which was similar to phase I. Hand skills and strength were evaluated using visual analysis of graphs. Kendall's coefficient was applied and non-overlapping indicators were used to study hand skills.

Results: Significant improvements were seen in manual strength and function of all children except two ($P < 0.05$). Visual analysis of the graphs showed positive changes in type of strength gain in most of the children.

Conclusion: LMC can be used as a useful method in rehabilitation of upper extremity along with other treatments.

Keywords: cerebral palsy, leap motion controller, bilateral spastic, manual function, hand strength

J Mazandaran Univ Med Sci 2022; 32 (213): 166-172 (Persian).

Corresponding Author: Sajjad Sabbaghi Siuki- University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences, Tehran, Iran.
(E-mail: sajadsss1375@gmail.com)

بررسی تاثیر استفاده از جستجوگر حرکت بر بهبود عملکرد دست در کودکان فلج مغزی اسپاستیک دوطرفه

سجاد صباغی سیوکی¹

سعید فطوره چی²

عنایت الله بخشی³

علی مرادی⁴

چکیده

سابقه و هدف: فلج مغزی اصطلاحی برای طبقه‌بندی کودکان با ضایعات غیرپیشرونده در مغز در حال رشد است. فلج مغزی اسپاستیک، شایع‌ترین نوع می‌باشد. در این کودکان، توانایی محدود در دستکاری اجسام یکی از عوامل محدودیت در فعالیت‌های روزمره است که می‌تواند از مهم‌ترین اهداف درمانی باشد. هدف مطالعه حاضر بررسی تاثیر دستگاه جستجوگر حرکت (Leap motion) بر قدرت و مهارت دستی کودکان فلج مغزی اسپاستیک دوطرفه بود.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه مداخله‌ای و از نوع تک‌گروهی، تاثیر (LM) Leap motion بر مهارت و قدرت اندام فوقانی تعداد 10 کودک فلج مغزی نوع دوطرفه اسپاستیک بررسی شد. مطالعه شامل سه مرحله بود: مرحله پایه به مدت 4 هفته شامل مداخلات رایج کاردرمانی در قالب جلسات 45 دقیقه‌ای، مرحله مداخله به مدت 12 هفته که بخشی از جلسات کاردرمانی (20 دقیقه) به تمرینات LM اختصاص یافت و مرحله پیگیری نیز به مدت 4 هفته مشابه مرحله پایه بود. اطلاعات جمع‌آوری شده توسط تحلیل چشمی نمودار در مورد هر کودک در زمینه مهارت دستی و قدرت، بررسی شد. از ضریب کندال و شاخص‌های غیرهمپوشانی برای بررسی تغییرات مهارت دستی استفاده شد.

یافته‌ها: یافته‌ها حاکی از بهبود در قدرت و مهارت اندام فوقانی کودکان بود. برای اندازه‌گیری اثر مداخله بر کیفیت مهارت اندام فوقانی، ضریب کندال محاسبه شد که در سه کودک معنی‌دار بود. سطح معنی‌داری در کودکان شماره 5 و 10 کم‌تر از 0/05 به دست آمد. در مورد انواع قدرت گرفتن طبق تحلیل چشمی نمودارها در بیش‌تر کودکان تغییرات مثبت مشاهده شد. **استنتاج:** LMC می‌تواند به عنوان توانبخشی اندام فوقانی استفاده شود و به عنوان روشی سودمند به همراه سایر درمان‌های توانبخشی توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: فلج مغزی، Leap motion، اسپاستیک دوطرفه، عملکرد دستی، قدرت دست

مقدمه

فلج مغزی (Cerebral palsy) اصطلاحی برای طبقه‌بندی کودکان با ضایعات غیرپیشرونده در مغز در حال رشد است که به دنبال آن مشکلات حرکتی پدیدار می‌گردد (1). شایع‌ترین نوع فلج مغزی، اسپاستیک است که به دو دسته یک طرفه (Unilateral) و دوطرفه (Bilateral) (2) شیع آن تقریباً 2/9 در هزار تولد زنده است (2).

E-mail: sajadsss1375@gmail.com

مؤلف مسئول: سجاد صباغی سیوکی - تهران: دانشگاه علوم توانبخشی و سلامت اجتماعی

1. دانشجوی کارشناسی ارشد کاردرمانی، دانشگاه علوم توانبخشی و سلامت اجتماعی، تهران، ایران

2. استادیار، گروه کاردرمانی، دانشگاه علوم توانبخشی و سلامت اجتماعی، تهران، ایران

3. استاد، گروه علوم پایه، دانشگاه علوم توانبخشی و سلامت اجتماعی، تهران، ایران

4. دانشیار، گروه ارتوپدی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: 1400/11/16 تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: 1401/2/26 تاریخ تصویب: 1401/6/14

تقسیم می‌شود (4,3). در این کودکان، توانایی محدود در دستکاری اجسام به‌عنوان قوی‌ترین پیش‌بینی‌کننده محدودیت در فعالیت‌های روزمره گزارش می‌شود (5). بنابراین بهبود توانایی‌های دستی از مهم‌ترین اهداف درمانی است. آموزش مهارت‌های دست با استفاده از بازی‌های مجازی و دستگاه جستجوگر حرکت (Leap motion controller: LMC) برای کودک، فیدبک بینایی فراهم کرده و مداخله‌ای ایمن و سرگرم‌کننده با امکان تکرار بالا، برای بهبود مشارکت در درمان می‌باشد. در سال 2019 نتایج یک مطالعه کارآزمایی بالینی که روی اندام فوقانی کودکان با استفاده از محیط مجازی و LMC صورت گرفت، نشانگر بهبود قدرت و هماهنگی در افراد تحت مداخله بود که می‌تواند به عنوان یک درمان مکمل در نظر گرفته شود. در این مطالعه فقط از دستگاه داینامومتر برای اندازه‌گیری قدرت استفاده شده بود که قادر به اندازه‌گیری دقیق قدرت انگشتان نیست و باید دقیق‌تر مورد بررسی قرار گیرد (6). همچنین حرکات شانه، آرنج و مچ و حرکات مستقل انگشتان به صورت جداگانه و تأثیر آن‌ها بر واکنش‌های حفاظتی و وزن‌اندازی‌ها در جهات مختلف در مطالعات قبلی مورد توجه قرار نگرفته است و مختص کودکان اسپاستیک نبوده است، لذا هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر دستگاه جستجوگر حرکت (Leap motion) بر قدرت و مهارت دستی کودکان فلج مغزی اسپاستیک دو طرفه بود.

مواد و روش‌ها

با توجه به همه‌گیری ویروس کرونا و کاهش تعداد نمونه‌ها این پژوهش به صورت مداخله‌ای و از نوع تک گروهی بود. جامعه آماری هدف، کودکان مبتلا به فلج مغزی دو طرفه اسپاستیک 5 تا 8 ساله شهر تهران بودند (6). از 20 نفر نمونه در دسترس، 10 نفر (3 دختر و 7 پسر) براساس معیارهای ورود از کلینیک‌های شهر تهران و دانشگاه علوم توانبخشی و سلامت اجتماعی در سال 1400 انتخاب شدند. معیارهای ورود به مطالعه شامل

تشخیص فلج مغزی دو طرفه اسپاستیک، سن 5 تا 8 سال، توانایی فهم و پیروی از دستورات کلامی ساده، سطح یک تا سه از سیستم طبقه‌بندی توانایی دستی (The Manual Ability Classification System) و سیستم طبقه‌بندی حرکات درشت (Gross Motor Function Classification System)، تون اسپاستیک درجه 2 یا کم‌تر (مقیاس اصلاح شده آشورث: Modified Ashworth scale) در گروه عضلات فلکسور مفاصل مچ و آرنج، عدم سابقه تزریق بوتاکس، جراحی، شکستگی و مشارکت در تحقیقات با استفاده از LMC در 6 ماه گذشته بود. وجود بدشکلی بارز در اندام فوقانی و ناتوانی بینایی و شنیداری شدید بر اساس معاینه بالینی از ملاک‌های عدم ورود به مطالعه بود. پس از انتخاب نمونه‌ها، آزمون کیفیت مهارت اندام فوقانی، اندازه‌گیری قدرت گرفتن (Grip) توسط داینامومتر و قدرت لترال پینچ و پالمار پینچ توسط پینچ گیج (Pinch gauge) انجام شد. پس از ارزیابی اولیه، هر کودک وارد یک پروسه سه مرحله‌ای شد. در مرحله پایه به مدت 4 هفته (8 جلسه)، مداخلات رایج کاردرمانی در قالب جلسات 45 دقیقه‌ای انجام شد (7). در مرحله مداخله به مدت 12 هفته و هر هفته دو جلسه (24 جلسه)، 20 دقیقه از جلسات به تمرینات مربوط به LMC اختصاص یافت. در مرحله پیگیری به مدت 4 هفته (8 جلسه)، روند مداخلات کاردرمانی مشابه مرحله پایه انجام شد. ارزیابی‌های مورد نظر در ابتدا و هر 4 هفته یک بار صورت گرفت (6 ارزیابی) و نمودار تغییرات متغیرها در هر فرد به ثبت رسید. تمرینات LMC شامل انجام انواع دست ورزی مثل گرفتن استوانه‌ای (Cylandrycal Grasp)، کروی (Spherical Grasp)، قلابی (Hook Grasp) و انجام لترال پینچ (Lateral Pinch) و پالمار پینچ (Palmar Pinch) و انجام بازی‌های نرم‌افزار LM بود. نرم‌افزار مورد استفاده در بررسی داده‌های این مطالعه SPSS 22 بود. اصول اخلاقی در این مطالعه رعایت شد. روش پژوهش و اقدامات برای خانواده کودکان تشریح شد، هم‌چنین

رضایت‌نامه کتبی و آگاهانه از والدین کودک اخذ گردید. شرکت کنندگان اجازه داشتند هر زمان که مایل بودند از پژوهش خارج شوند. همه شرکت کنندگان در جریان روند پژوهش بودند و اطلاعات آن‌ها محرمانه نگه داشته شد. این پژوهش دارای کد اخلاق به شماره IR.USWR.REC.1400.063 از کمیته اخلاق دانشگاه علوم توانبخشی و سلامت اجتماعی است.

یافته‌ها و بحث

برای بررسی تاثیر LMC بر مهارت اندام فوقانی کودکان از تحلیل چشمی نمودار و شاخص‌های

غیرهمپوشانی و برای اندازه‌گیری اثر مداخله بر کیفیت مهارت اندام فوقانی ضریب کندال محاسبه شد که در مورد کودکان شماره 3، 5 و 10 مقدار احتمال معادل 0/023 و معنی‌دار بود. در کودکان دیگر این شاخص معنی‌دار نبود. در مطالعات تک گروهی اندازه‌گیری‌های مکرر در هر سه مرحله مطالعه برای هر فرد صورت می‌گیرد و تغییرات هر فرد بین سه مرحله مداخله، پیگیری و پایه، مقایسه می‌گردد و آزمون‌های خاص آماری شامل محاسبه شاخص‌های غیرهمپوشانی انجام می‌شود. در واقع برای هر فرد اندازه‌گیری‌های مکرر صورت می‌گیرد. نتایج حاصل از دفعات ارزیابی در جدول شماره 1 ملاحظه می‌شود.

جدول شماره 1: نتایج حاصل از تمامی ارزیابی‌ها شامل قدرت گرفتن، لترال پینچ، پالمار پینچ و آزمون کیفیت مهارت دستی. هر متغیر 6 بار، در ابتدای ماه اول (ابتدای فاز پایه)، دوم (ابتدای فاز مداخله)، سوم، چهارم، پنجم (ابتدای فاز پیگیری) و انتهای ماه ششم ارزیابی شد

شماره کودک	ارزیابی 1 ابتدای ماه اول (ابتدای فاز پایه)	ارزیابی 2 ابتدای ماه دوم (ابتدای فاز مداخله)	ارزیابی 3 ابتدای ماه سوم	ارزیابی 4 ابتدای ماه چهارم	ارزیابی 5 ابتدای ماه پنجم (ابتدای فاز پیگیری)	ارزیابی 6 انتهای ماه ششم
قدرت گرفتن						
1	6/5	6/5	7	9/5	9/6	8/1
2	7/5	7/5	7/5	8/5	9	8/5
3	2	2	2	2/5	4	3/5
4	7/1	7	7	10/5	11/5	10/5
5	7	7	7	8	9/1	8/5
6	6/5	6/5	7	9/5	10	9
7	3	3	3/1	3/5	4/2	3/9
8	3/1	3/1	3/5	3/5	3/8	3/5
9	6/5	6/5	6/5	6/5	6/5	6
10	4	4	4/5	8	8/5	7/5
قدرت لترال پینچ						
1	0/5	0/5	0/5	2/5	2/5	1/9
2	0/9	0/8	1	2/6	2/5	2/1
3	0/1	0/1	0/1	1	1/5	1/1
4	1/6	1/6	1/5	1/9	3	2/5
5	1/9	1/9	2	2/1	3/5	3
6	1/8	1/8	2	3	3/2	3
7	0/2	0/2	1/1	1	1/1	1
8	1/5	1/5	1/5	2/1	2	1/9
9	1/9	1/9	2	2	2/1	1/9
10	0/5	0/5	0/5	1/5	2/1	1/9
قدرت پالمار پینچ						
1	0/9	1	0/9	1	2/1	1/9
2	0/5	0/5	0/3	1	1/5	1/1
3	0/1	0/1	0/2	0/5	0/9	0/5
4	1	1	0/9	1/1	2/5	2/2
5	0/5	0/5	0/8	0/8	1/5	1/1
6	0/1	0/1	0/2	0/8	1/5	1/1
7	0/2	0/2	0/5	0/6	0/9	0/6
8	0/1	0/1	0/1	0/2	0/5	0/2
9	0/9	0/9	1	1	1	1
10	0/1	0/1	0/1	0/9	1	0/9
آزمون کیفیت مهارت دستی						
1	96/83	96/83	100	100	100	100
2	85/8	85/8	85/8	91/91	92/74	91/07
3	82/68	82/68	83/24	88/62	89/45	88/62
4	100	100	100	100	100	100
5	76/4	76/4	83/68	91/56	93/05	93/05
6	100	100	100	100	100	100
7	93/68	93/68	93/68	99/16	99/16	99/16
8	61/85	61/85	62/51	61/85	61/85	61/85
9	100	100	100	100	100	100
10	81/02	81/02	89/86	91/35	91/35	91/35

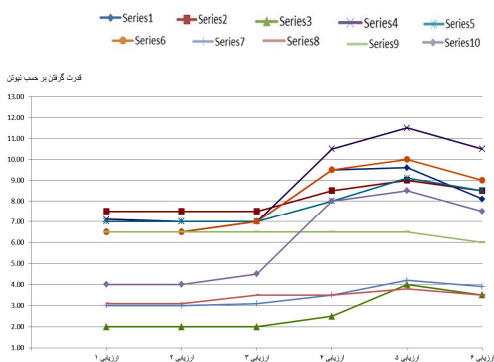
آزمون کیفیت مهارت اندام فوقانی

به تنهایی یک شاخص نیست ولی همزمان با درصد تمام داده‌های غیرهمپوشانی محاسبه می‌شود.

برای بررسی قدرت دست و انگشتان از ابزار داینامومتر و پینچ گیج استفاده شد. طبق تحلیل چشمی نمودار شماره 2 در کودکان شماره 4، 6 و 10 بیش‌ترین میزان بهبودی در قدرت گرفتن مشاهده می‌شود. در کودک شماره 4 تغییر قابل ملاحظه‌ای در شیب نمودار مشاهده نمی‌شود که علت آن سطح بالای عملکرد دستی ($MACS=1$) است.

جدول شماره 2: شاخص‌های غیرهمپوشانی آزمون کیفیت مهارت اندام فوقانی. 6 ارزیابی در ابتدای ماه اول (ابتدای فاز پایه)، دوم (ابتدای فاز مداخله)، سوم، چهارم، پنجم (ابتدای فاز پیگیری) و انتهای ماه ششم انجام شد. (Avs.B+TrendB-Trend A)

شاخص های آماری	اندازه اثر	خطای معیار اندازه اثر	آماره آزمون	سطح معنی داری
کودک شماره 2	0/837	0/431	1/941	0/052
کودک شماره 3	0/837	0/431	1/941	0/052
کودک شماره 5	0/949	0/417	2/27	0/023
کودک شماره 10	0/894	0/428	2/09	0/037

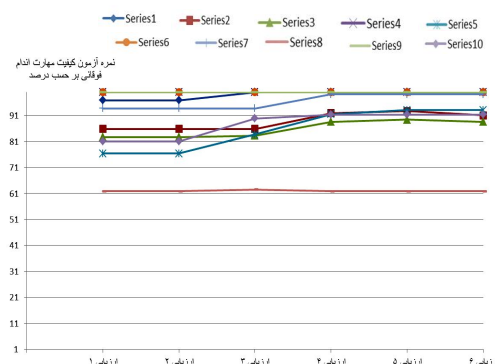


نمودار شماره 2: نمرات قدرت گرفتن. 6 ارزیابی در ابتدای ماه اول (ابتدای فاز پایه)، دوم (ابتدای فاز مداخله)، سوم، چهارم، پنجم (ابتدای فاز پیگیری) و انتهای ماه ششم انجام شد.

جدول شماره 3: توزیع نمره شاخص‌های غیر همپوشانی. در این جدول هر ردیف افقی نشان دهنده یک شاخص غیرهمپوشانی است و هر ردیف عمودی نشان دهنده یک کودک است. 6 ارزیابی در ابتدای ماه اول (ابتدای فاز پایه)، دوم (ابتدای فاز مداخله)، سوم، چهارم، پنجم (ابتدای فاز پیگیری) و انتهای ماه ششم انجام شد. میانگین درصد داده‌های غیرهمپوشانی 10 کودک شرکت کننده، 42/5 درصد بود

شماره	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
درصد داده های غیر همپوشانی (درصد)	75	50	75	0	75	0	50	25	0	75
درصد نقاط بالا تر از فاز پایه (درصد)	75	50	75	0	75	0	50	25	0	75
درصد نقاط بالاتر نقطه رگرسیون (درصد)	75	50	75	0	75	0	50	25	0	75
زوج های غیر همپوشانی	88	75	88	50	88	50	75	62	50	88
رتبه بندی مجدد	75	50	75	0	75	0	50	25	0	75

همان‌طور که از تحلیل چشمی نمودار شماره 1 مشخص است در اکثر کودکان شیب بیش‌تری در فاز مداخله دیده می‌شود که حاکی از تاثیرگذاری روند مداخله بر مهارت اندام فوقانی می‌باشد. بیش‌ترین میزان بهبودی در کودک شماره 10 مشاهده شد.



نمودار شماره 1: آزمون کیفیت مهارت اندام فوقانی. 6 ارزیابی در ابتدای ماه اول (ابتدای فاز پایه)، دوم (ابتدای فاز مداخله)، سوم، چهارم، پنجم (ابتدای فاز پیگیری) و انتهای ماه ششم انجام شد.

طبق جدول شماره 2، P-value در کودکان شماره 5 و 10 کم‌تر از 0/05 به دست آمد و در کودکان شماره 2 و 3 این عدد در حدود 0/05 بود. برای مقایسه دقیق‌تر فازها به صورت زوجی، شاخص‌های غیرهمپوشانی محاسبه شد که در جدول شماره 3 گزارش شد.

67 درصد = درصد تمام داده‌های غیر همپوشانی
 $\Phi^2 = 0.024$; $\Phi = 0.154$

Φ و Φ^2 معادل r و r^2 برای داده‌های طبقه‌بندی شده هستند که از یک جدول متقاطع 2×2 به دست می‌آید. Φ

این یافته‌ها همسو با نتایج مطالعه Gieser SN ، Gamboa E ، Cortés-Pérez I ، Escobar I بود که به بررسی تاثیر تمرینات LMC بر توانبخشی اندام فوقانی در کودکان پرداختند (8-11). هم چنین Avcil و Wu YT ، Tarakci E ، Yildirim همسو با این مطالعه داشتند (6، 8-14).

نتایج مطالعه حاضر، فرضیه محقق که موثر بودن LMC بر مهارت و قدرت اندام فوقانی بود را تایید نمود و لذا به طور کلی LMC می تواند به عنوان یک روش توانبخشی اندام فوقانی استفاده گردد و استفاده از آن به عنوان یک روش سودمند به همراه سایر درمان های توانبخشی توصیه می گردد.

پیشنهاد می شود تاثیر این مداخله بر فعالیت های روزمره یا دست نویسی کودکان فلج مغزی در قالب کارآزمایی بالینی به منظور اطمینان از تاثیر گذاری این روش بررسی گردد.

1 محدودیت در دسترسی به کودکان در نتیجه پاندمی کرونا و نداشتن گروه کنترل که ناگزیر شدیم مطالعه را به صورت تک گروه انجام دهیم.

2 عدم تداوم جلسات درمانی توسط برخی مراجعین به دلیل اوج گیری بیماری کرونا و الزام به انجام مداخله روی نمونه های دیگر.

حامی مالی

این تحقیق حامی مالی نداشت.

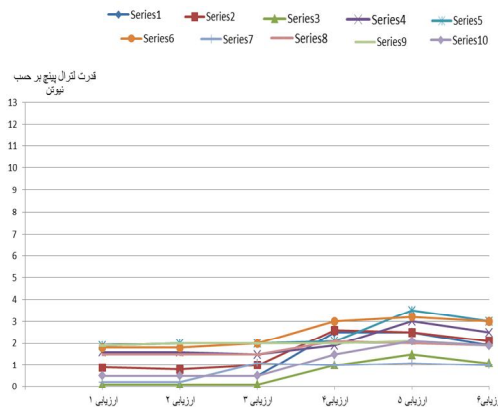
مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در اجرا و نگارش همه بخش های پژوهش مشارکت داشتند. این مقاله برگرفته از پایان نامه ارشد در دانشگاه علوم توانبخشی و سلامت اجتماعی است.

تعارض منافع

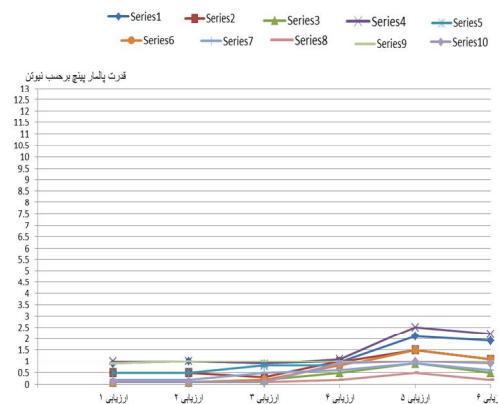
بنابر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

تحلیل چشمی نمودار شماره 3 حاکی از تاثیر گذاری روند مداخله بر قدرت لترال پینچ می باشد. بیش ترین میزان بهبودی در کودکان شماره 1 و 10 و کم ترین مقدار در کودک شماره 8 مشاهده می شود.



نمودار شماره 3: نمرات قدرت لترال پینچ. شش ارزیابی در ابتدای ماه اول (ابتدای فاز پایه)، دوم (ابتدای فاز مداخله)، سوم، چهارم، پنجم (ابتدای فاز پیگیری) و انتهای ماه ششم انجام شد

تحلیل چشمی نمودار شماره 4 حاکی از تاثیر گذاری روند مداخله بر قدرت پالمار پینچ می باشد. در کودکان شماره 4 بیش ترین میزان بهبودی مشاهده می شود.



نمودار شماره 4: نمرات قدرت پالمار پینچ. 6 ارزیابی در ابتدای ماه اول (ابتدای فاز پایه)، دوم (ابتدای فاز مداخله)، سوم، چهارم، پنجم (ابتدای فاز پیگیری) و انتهای ماه ششم انجام شد

References

1. Dodd KJ, Taylor NF, Damiano DL. A systematic review of the effectiveness of strength-training programs for people with cerebral palsy. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2002; 83(8): 1157-1164.
2. Chauhan A, Singh M, Jaiswal N, Agarwal A, Sahu JK, Singh M. Prevalence of Cerebral Palsy in Indian Children: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Indian J Pediatr* 2019; 86(12): 1124-1130.
3. Himmelmann K, Beckung E, Hagberg G, Uvebrant P. Bilateral spastic cerebral palsy—prevalence through four decades, motor function and growth. *Eur J Paediatr Neurolo* 2007; 11(4): 215-222.
4. Christine C, Dolk H, Platt MJ, Colver A, Prasauskiene A, Krageloh-Mann I, et al. Recommendations from the SCPE collaborative group for defining and classifying cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol Suppl* 2007; 109: 35-38.
5. Klevberg GL, Ostensjo S, Krumlinde-Sundholm L, Elkjaer S, Jahnsen RB. Hand Function in a Population-Based Sample of Young Children with Unilateral or Bilateral Cerebral Palsy. *Phys Occup Ther Pediatr* 2017; 37(5): 528-540.
6. Tarakci E, Arman N, Tarakci D, Kasapcopur O. Leap Motion Controller-based training for upper extremity rehabilitation in children and adolescents with physical disabilities: A randomized controlled trial. *J Hand Ther* 2019; 33(2): 220-228.
7. Shakiba E, Fatorehchy S, Pishyareh E, Vahedi M, Hosseini SM. Effect of Using Wii Balance Board on Functional Balance of Children With Ataxic Cerebral Palsy. *Archives of Rehabilitation* 2021; 22(3): 394-407 (Persian).
8. Cortés-Pérez I, Zagalaz-Anula N, Montoro-Cárdenas D, Lomas-Vega R, Obrero-Gaitán E, Osuna-Pérez MC. Leap Motion Controller Video Game-Based Therapy for Upper Extremity Motor Recovery in Patients with Central Nervous System Diseases. A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sensors* 2021; 21(6): 2065.
9. Gamboa E, Serrato A, Castro J, Toro D, Trujillo M. Advantages and Limitations of Leap Motion from a Developers', Physical Therapists', and Patients' Perspective. *Methods Inf Med* 2020; 59(02/03): 110-116.
10. Gieser SN, Boisselle A, Makedon F, editors. Real-time static gesture recognition for upper extremity rehabilitation using the leap motion. *International conference on digital human modeling and applications in health, safety, ergonomics and risk management*; 2015: Springer.
11. Escobar I, Acurio A, Pruna E, Mena L, Pilatásig M, Bucheli J, et al. Fine motor rehabilitation of children using the leap motion device- Preliminary usability tests. *Advances in Intelligent Systems and Computing* 2018. p. 1030-1039.
12. Avcil E, Tarakci D, Arman N, Tarakci E. Upper extremity rehabilitation using video games in cerebral palsy: a randomized clinical trial. *Acta Neurol Belg* 2021; 121(4): 1053-1060.
13. Yildirim Y, Budak M, Tarakci D, Algun ZC. The Effect of Video-Based Games on Hand Functions and Cognitive Functions in Cerebral Palsy. *Games Health J* 2021; 10(3): 180-189.
14. Wu YT, Chen KH, Ban SL, Tung KY, Chen LR. Evaluation of leap motion control for hand rehabilitation in burn patients: An experience in the dust explosion disaster in Formosa Fun Coast. *Burns* 2019; 45(1): 157-164.