

**Sensory Organization of Postural Balance in a Child with Joubert Syndrome: A Case Report**Mohassel Azadi D<sup>1</sup>, Hojati Abed E<sup>2</sup>, Karamali Esmaili S<sup>3</sup>**Abstract**

**Purpose:** Joubert syndrome with hypotonia and ataxia due to the defect in cerebellar vermis causes severe balance and coordination problems and this may prevent therapists to achieve functional goals. Therefore, one of the important purposes in rehabilitation is improving postural balance in these children. In this study, the effect of multi-sensory intervention on a child with Joubert's syndrome was investigated.

**Case report:** Subject was a 6-year-old girl with Joubert syndrome. The program for strengthening the sensory organization of balance using tilt-board was run in 16 30-40-minutes sessions. The outcome was measured by Pediatric Balance Scale (PBS) and Clinical Test of Sensory Interaction for Balance (CTSIB) at first, fourth, eighth, twelfth, and sixteenth sessions. Based on the assessments, the balance time of standing changed from 5.6 seconds to more than 5 minutes, 3.5 to about 12 seconds, 0 to 12 seconds, and 0 to about 5 seconds on the firm surface/opened-eyes, firm surface/closed-eye, foam surface/opened-eye, and foam surface/closed-eyes, respectively. The PBS score increased from 50% to 84% of the total score that shows 34% improvement in dynamic balance.

**Conclusion:** Sensory organization intervention for balance can play an effective role to improve postural balance in children with neurological deficits. Maintaining posture on the unstable surface/closed-eyes that there is no visual input and perturbed somatosensory input is the most difficult condition to process sensory information for postural balance. To enhance balance in children with Joubert syndrome, because of visual deficits, it is necessary to intervene in the visual system with greater accuracy and finer grading to facilitate the ability of the nervous system to process visual inputs.

**Keywords:** Postural balance, Sensory organization, Joubert syndrome, Sensation

Received: 2019.11.30 Accepted: 2020.04.09

**سازماندهی حسی تعادل پوسچرال در کودک مبتلا به سندرم ژوبرت: یک گزارش موردی**

دانیال محصل آزادی<sup>۱</sup>، الهه حجتی عابد<sup>۲</sup>، سمانه کرمعلی اسماعیلی<sup>۳</sup>

**هدف:** در سندرم ژوبرت به دلیل نقص Vermis مخچه، علائمی مانند پایین بودن تون عضلانی و ناهماهنگی در حرکات عضلات باعث مشکل تعادلی شدید می شوند و این می تواند مانع دستیابی به سایر اهداف عملکردی باشد؛ از این رو یکی از اهداف مهم توانبخشی در این افراد، بهبود تعادل است. در این مطالعه، تأثیر مداخله چندحسی تعادل در یک کودک مبتلا به سندرم ژوبرت بررسی گردید.

**گزارش مورد:** نمونه مورد بررسی یک دختر ۶ ساله مبتلا به سندرم ژوبرت است. در این مطالعه، برنامه تقویت سازماندهی حسی تعادل با تیلت برد الکتریکی در قالب ۱۶ جلسه ۳۰-۴۰ دقیقه ای اجرا شد. ارزیابی در جلسات اول، چهارم، هشتم، دوازدهم و شانزدهم از طریق «مقیاس تعادل کودکان» (Pediatric Balance Scale; PBS) و «آزمون بالینی تعامل حسی برای تعادل» (Clinical Test of Sensory Interaction for Balance; CTSIB) انجام شد. بر اساس این ارزیابی ها، زمان حفظ تعادل ایستاده روی سطح سفت/چشم باز، سطح سفت/چشم بسته، سطح فوم/چشم باز و سطح فوم/چشم بسته، به ترتیب از ۵/۶ ثانیه به بیش از ۵

دقیقه، از ۳/۵ به ۱۲ ثانیه، از ۰ به ۱۲ ثانیه و از ۰ به ۵ ثانیه رسید. همچنین نمره PBS از ۵۰ درصد نمره کل آزمون به ۸۴ درصد آن رسید.

**نتیجه‌گیری:** برنامه درمانی سازماندهی حسی تعادل می‌تواند نقش مؤثری در بهبود تعادل پوسچرال کودک با نقص نورولوژیک داشته باشد. حفظ پوسچر بر روی سطح بی‌ثبات/چشم بسته که درون‌داد بینایی وجود نداشته و درون‌داد سوماتوسنسوری مخدوش است، سخت‌ترین حالت برای پردازش اطلاعات حسی در تعادل پوسچرال کودک است. در کودکان با سندرم ژوبرت، به علت نقایص بینایی لازم است در طراحی مداخله حس بینایی برای تقویت تعادل، دقت بیشتر و درجه بندی ظریف تری اعمال گردد تا توانایی پردازش درون‌دادهای بینایی توسط سیستم عصبی تسهیل گردد.

**کلمات کلیدی:** تعادل پوسچرال، سازماندهی حسی، سندرم ژوبرت، حس

**نویسنده مسئول:** سمانه کرمعلی اسماعیلی، [Esmaeili.s@iums.ac.ir](mailto:Esmaeili.s@iums.ac.ir)، ORCID: 0000-0002-0162-3424

آدرس: تهران، بلوار میرداماد، میدان مادر، خیابان شهید شاه نظری، کوچه مددکاران، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، گروه آموزشی کاردرمانی

۱- کارشناس کاردرمانی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

۲- دانشجوی دکتری تخصصی کاردرمانی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

۳- استادیار گروه کاردرمانی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

## مقدمه

تعادل، لازمه کنترل حرکتی کارآمد در محیط است و وجود نقایص در این زمینه می‌تواند منجر به کم‌توانی و وابستگی کودک در انجام کارهای روزمره و در نهایت محدود شدن مشارکت او در موقعیت‌های مختلف زندگی روزمره مانند بازی‌های حرکتی، فعالیت‌های مراقبت از خود و رفت و آمد به مدرسه یا مهد کودک شود (۴). به توانایی حفظ تعادل در عملکردهای روزمره، «تعادل پوسچرال» (Postural Balance) گفته می‌شود. بخشی از اجزای درگیر در تعادل پوسچرال شامل اجزای حرکتی مانند سیستم اسکلتی-عضلانی و بخشی دیگر اجزای حسی می‌باشند. در مطالعات تجربی، بیشتر به اجزای حرکتی تعادل پوسچرال توجه شده است (۵، ۶)؛ در حالی که اگر پردازش حسی به درستی صورت نگیرد، مغز نمی‌تواند برون‌داد حرکتی مناسبی را صادر نماید. مغز انسان برای ایجاد تعادل پوسچرال در حین انجام فعالیت‌های روزمره از درون‌دادهای سه حس بینایی، وستیبولار (Vestibular) و سوماتوسنسوری (Somatosensory) استفاده می‌کند تا وضعیت بدن را تشخیص داده و در مقابل عوامل بر هم‌زننده‌ی تعادل به کنترل مناسب پوسچر یا وضعیت بدنی (Posture) بپردازد. درون‌دادهای بینایی حاصل از اطلاعات موجود در زمینه بینایی فرد است (۷)؛ درون‌دادهای وستیبولار حاصل تأثیر جاذبه بر روی

سندرم ژوبرت (Joubert Syndrome) یک اختلال ژنتیکی در نتیجه نقص ساختاری در ساقه مغز و عدم وجود یا رشد ناکامل کرمینه (Agenesis or Hypoplasia of Vermis) مخچه است که از طریق کروموزوم غیرجنسی مغلوب به ارث می‌رسد، آمار دقیق از شیوع این سندرم در دست نیست، اما تا سال ۲۰۱۰ شیوع یک در هر ۸۰،۰۰۰ تا ۱۰۰،۰۰۰ تولد زنده گزارش شده است (۱). در این بیماری، ناهنجاری‌هایی در راه‌های متقاطع مغزی، مسیرهای قشری-نخاعی و پایک‌های فوقانی مخچه دیده می‌شود. این مسیرها در هماهنگی عضلات، هماهنگی حرکتی و تعادل و در نهایت کنترل ارادی حرکات بدن نقش دارند (۲). از این رو، اختلال عملکرد حرکتی، Ataxia و شلی عضلات تابلوی بالینی اصلی در این سندرم هستند که به همراه کم‌توانی ذهنی و علائمی ظاهری مانند افتادگی پلک، انحراف چشم، گوش‌های پایین‌تر از چشم یا فاصله بیشتر از حد چشم‌ها از هم دیده می‌شود (۱).

محدودیت در انجام فعالیت‌های حرکتی در بین مشکلاتی که افراد مبتلا به سندرم ژوبرت از ابعاد مختلف شناختی، رفتاری و انطباقی دارند، مشکلی است که بیشتر از سایر موارد، زندگی آن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این محدودیت ناشی از نقص در تعادل، هماهنگی و کنترل حرکتی می‌باشد (۳).

(۱۸، ۱۴)، و یا ورزش تکواندو (۱۹) استفاده شده است. همان گونه که مشخص است، روش‌های نام برده شده نیاز به ابزارهای خاص و آموزش دارند و انجام آن‌ها برای درمانگران به راحتی امکان پذیر نیست. از سوی دیگر، این روش‌ها امکان پرداختن جداگانه به سه حس وستیبولار، بینایی و سوماتوسنسوری را فراهم نمی‌کنند و درجه بندی دقیق تحرکات برای این حواس امکان پذیر نیست. بر این اساس وسایل آشنا از نظر کاربرد در توانبخشی می‌توانند انتخاب کاربردی تری برای تقویت تعادل باشند. از آنجا که طراحی پروتکل برای تحرکات تعادلی اهمیت ویژه‌ای دارد (۲۰)، هدف از انجام پژوهش حاضر این بود که یک برنامه درمانی به عنوان برنامه سازماندهی حسی برای سه حس بینایی، وستیبولار و سوماتوسنسوری طراحی شده و تأثیر آن بر تعادل پوسچرال و تعادل عملکردی یک کودک مبتلا به سندرم ژوبرت بررسی گردد.

#### گزارش مورد

کودک، یک دختر ۶ ساله مبتلا به سندرم ژوبرت بود که از طریق آزمایش ژنتیک، مبتلا به این سندرم تشخیص داده شده بود و در MRI، بخشی از ورمیس مخچه وجود نداشت. او پدر و مادری سالم و یک برادر ۸ ساله سالم داشت؛ مشکل رفتاری نداشت؛ توانایی گفتار البته با سرعت کمتر از حالت عادی را داشت؛ کم‌توانی ذهنی در سطح خفیف (آموزش پذیر) داشت؛ مهارت‌های اولیه بازی سمبولیک مانند نسبت دادن ایده‌های سمبولیک به اشیاء و تصور اشیاء یا افراد غیر واقعی را داشت و به شنیدن قصه علاقه داشت. از نظر «سیستم طبقه‌بندی عملکرد حرکتی درشت» (Gross Motor Function Classification System; GMFCS) در سطح سه قرار داشت؛ به طوری که در حد ۴-۵ ثانیه مستقل با سطح اتکاء زیاد (پاهای باز) می‌ایستاد و با گرفتن دست با سطح اتکاء زیاد راه می‌رفت یا با گرفتن دست و دو پا در هر پله، از پله بالا و پایین می‌رفت؛ Ataxia داشت؛ حرکت کودک تحت تأثیر رفلکس‌های اولیه نبود؛ و سابقه تشنج نداشت. کودک به مدت یک سال به کاردرمانی مراجعه می‌کرد و اهداف بهبود مهارت‌های حرکتی، شناختی، ادراکی و استقلال در فعالیت‌های روزمره زندگی در او پیگیری می‌شد. از نظر

گیرنده‌های وستیبولار در گوش داخلی است که در نتیجه ارتفاع گرفتن سر نسبت به زمین و حرکت سر در فضا تحریک می‌شود؛ و درون داده‌های سوماتوسنسوری، حاصل از اطلاعاتی مانند لمس، فشار، حرکت و وضعیت بدنی فرد از تماس با سطح اتکاء می‌باشد. براینده تنظیم و پردازش همزمان این درون‌داده‌های حسی یا به عبارت دیگر «سازماندهی حسی» (Sensory organization) بین سیستم‌های بینایی، وستیبولار و سوماتوسنسوری به تعادل پوسچرال کمک می‌کند که به این فرایند کنترل پوسچر (Postural Control) گفته می‌شود. وجود نقص در پردازش هر یک از این سیستم-های حسی باید توسط دو سیستم دیگر جبران شود تا فرد بتواند عملکرد مناسب را داشته باشد (۷). به عنوان مثال در آسیب لایبرنت و نقص در درون‌داده‌های سیستم وستیبولار، درون-داده‌های بینایی و سوماتوسنسوری اطلاعات لازم برای تعادل پوسچرال را فراهم می‌کنند؛ یا در افراد نابینا، درون‌داده‌های وستیبولار و سوماتوسنسوری نقش اصلی را در تعادل پوسچرال ایفا می‌کنند (۷). تحقیقات نشان داده است که سازماندهی حسی تعادل پوسچرال، در اختلالات نورولوژیک مختلف کودکان از انواع خفیف مانند اختلال هماهنگی رشدی گرفته تا در انواع شدید مانند فلج مغزی و سندرم‌های ژنتیکی دچار مشکل است (۱۰-۸، ۴).

کودکان با سندرم ژوبرت علی‌رغم مشکل شدید تعادل، نسبت به اختلالات نورولوژیک دیگر مانند فلج مغزی از مشکلات اسکلتی عضلانی کمتری رنج می‌برند و به نظر می‌رسد که می‌توان نقص در پردازش حواس درگیر در حفظ تعادل پوسچرال را عامل مهم در اختلال تعادل آن‌ها دانست؛ با این حال مطالعه‌ای که بر روی سازماندهی حسی تعادل پوسچرال آن‌ها کار شده باشد، یافت نشد. مرور مطالعات انجام شده بر روی تعادل پوسچرال در سایر اختلالات نیز نشان می‌دهد که بیشتر، اجزای حرکتی و ادراکی در مداخلات مدنظر بوده است (۱۴-۱۱). معدود تحقیقات انجام شده برای ارزیابی یا تقویت سازماندهی حسی تعادل پوسچرال در کودکان، از روش‌هایی استفاده کرده‌اند که دستیابی و استفاده از آن‌ها ممکن است برای درمانگران آسان نباشد. برای مثال از روش‌هایی مانند واقعیت مجازی (۱۶، ۱۵)، هیپوترپی (اسب درمانی) (۱۷)، بیوفیدبک و الکترومیوگرافی

ابزار دیگر mCTSIB است. نسخه اولیه این آزمون به نام CTSIB یک نسخه بالینی از آزمون سازماندهی حسی (Sensory Organization Test; SOT) است. در بررسی نسخه کودکان CTSIB به این نتیجه رسیدند که حفظ پوزیشن پنجه به پاشنه ی این آزمون برای کودکان سالم ۴-۵ ساله سخت است و به همین دلیل روش خوبی برای بررسی کودکان نیست (۲۲). به همین علت در پژوهش حاضر از آنجا که تعادل کودک مورد بررسی بسیار ضعیف بود و به نظر می رسید که تا انتهای درمان هم نتواند در پوزیشن پنجه به پاشنه بایستد، از نسخه اصلاح شده این آزمون، یعنی mCTSIB استفاده شد. این نسخه شامل ایستادن با پاهای جفت و بازوها در کنار بدن در چهار موقعیت چشمان باز و بسته روی سطح سفت، و چشمان باز و بسته روی فوم ویسکوالاستیک (Viscoelastic) با تراکم متوسط است. در واقع، کیفیت سطح اتکاء به علت ایجاد درون دادهای سوماتوسنسوری، می تواند بر روی حفظ تعادل تأثیر بگذارد. حداقل سه و حداکثر پنج آزمایش ۳۰ ثانیه ای از هر موقعیت انجام می شود. اگر کودک قدم بردارد، به جلو خم شود و یا بیفتد، زمان متوقف می شود و در نهایت میانگین زمان محاسبه می شود (۲۳، ۲۴). mCTSIB با ضریب همبستگی بین آزمونگر ۰/۸۸ و ضریب همبستگی درون طبقه ای ۰/۸۲- (۲۵). این آزمون نیز همانند PBS قبل از جلسه اول، و بعد از جلسات چهارم، هشتم، دوازدهم و شانزدهم درمان اجرا شد. برای مداخله، از تیلت برد به عنوان یکی از ابزارهای آشنا برای متخصصین توانبخشی برای هدف تحریک تعادل پوسچرال استفاده شد. در این مطالعه از نوع الکتریکی آن استفاده شد (شکل ۱) که از نظر مشخصات ظاهری شامل یک صفحه دایره ای شکل به قطر ۶۰ سانتی متر، دو میله حمایت کننده برای گرفتن با دست و کمک به تعادل با قابلیت تغییر ارتفاع، و همچنین ریموت کنترل است که حرکات تیلت جلو-عقب، تیلت چپ- راست، بالا- پایین، چرخشی (با شیب و بدون شیب) و همچنین ترکیبی از این حرکات را با سرعت و زوایای متفاوت فراهم می سازد. این وسیله با کابل به برق ۲۲۰ ولت شهر متصل می شود و به درمانگر این امکان را می دهد که به صورت مدیریت شده (از نظر سرعت و جهت

خانواده، تغییرات در تعادل کودک به اندازه پیشرفت در مهارت های ادراکی و شناختی نبود و عدم توانایی ایستادن و راه رفتن مستقل، مهم ترین مشکل از نظر آن ها بیان شد. لذا از آنجا که شکایت اصلی خانواده وضعیت تعادلی کودک بود و اخیراً تمایلی نداشتند که کاردرمانگر به سایر اهداف درمانی مانند اهداف شناختی و حسی-حرکتی بپردازد، همچنین امکان مراجعه بیش از دو جلسه در هفته را نداشتند، از ایشان دعوت شد که با قطع موقت جلسات کاردرمانی و عدم دریافت هیچگونه درمان حرکتی، دو جلسه درمانی که تاکنون داشتند را در پژوهش حاضر شرکت کنند تا به طور تخصصی تر فقط به تعادل کودک پرداخته شود.

ابزارهای مورد استفاده برای ارزیابی پیامدهای مطالعه شامل مقیاس تعادلی کودکان ( Pediatric Balance Scale; PBS Modified Clinical Test of Sensory Interaction ) و آزمون بالینی اصلاح شده تعامل حسی برای تعادل (for Balance; mCTSIB) بود که در ادامه توضیح مختصری در مورد هر یک داده می شود.

PBS یک ارزیابی تغییر یافته از «مقیاس تعادلی برگ» (Berg Balance Scale) است که با داشتن ۱۴ آیتم به ارزیابی تعدادی از مهارت های عملکردی لازم برای استقلال، امنیت در خانه، مدرسه و اجتماع در کودکان می پردازد؛ از جمله این مهارت ها می توان از تعادل در نشستن، تعادل در ایستادن، نشسته به ایستاده، ایستاده به نشسته، جابه جایی، قدم برداشتن، گرفتن از جلو، برداشتن از زمین، چرخیدن، گذاشتن و برداشتن پا روی یک سطح مرتفع نام برد. هر آیتم یک لیکرت ۵ درجه ای دارد که می تواند در کمتر از ۲۰ دقیقه اجرا و امتیازدهی شود. نمره بالاتر به معنای تعادل بهتر است. این آزمون با ضریب همبستگی درون طبقه ای ۰/۹۹، ضریب کاپا ۰/۸۷-۱، ضریب همبستگی بازآزمون ۰/۸۹-۱ و بین آزمونگر ۰/۹۹ دارای روایی و پایایی خوبی در کودکان با مشکلات حرکتی خفیف تا متوسط در سنین مدرسه است (۲۱). این آزمون قبل از شروع درمان انجام شد. بعد از گذشت چهار جلسه درمانی که تغییرات واضح در تعادل کودک ایجاد شد، ارزیابی دوم انجام گرفت و ارزیابی های بعدی نیز با همین نسبت، هر چهار جلسه یکبار (بعد از جلسات چهارم، هشتم، دوازدهم و شانزدهم) تکرار شد.



شکل ۱: تیلت برد الکتریکی از راست به چپ همراه با کفی فومی و کلاهک استوانه‌ای  
طلقی/ همراه با کوسن پرباد / همراه با دو میله کمکی

می شد.

شانزده جلسه درمانی به صورت هفته ای دو جلسه ۴۵-۳۰ دقیقه ای (میانگین ۳۸ دقیقه) برگزار شد. تمرکز درمان بر تحریکات وستیبولار، سوماتوسنسوری و بینایی بود. تمرینات از نظر سطح دشواری حفظ تعادل برای کودک، در طی جلسات از راحت ترین سطح به دشوارترین سطح درجه بندی و پیش می رفت. از آنجا که کل زمان مداخله بر روی تیلت برد الکتریکی سپری می شد و ممکن بود برای کودک خسته کننده باشد، همچنین به انتقال وزن اکتیو کودک برای جابجایی مرکز ثقل نیاز بود، بخشی از درمان در قالب فعالیت ها، اعمالی حرکتی و بازی گرایانه (Playfulness) طراحی شد؛ لذا اصول تئوری های حرکتی مانند کارکردی و هدفمند بودن فعالیت ها (Functional Activity)، درگیر کردن مشارکت فعال کودک، دادن بازخورد مناسب، تکرار و تشویق برای ایجاد انگیزه (۲۷) در کودک نیز بکار گرفته شد تا به بهترین شکل همکاری کودک جلب شود. این فعالیت ها عبارت بودند از: دراز کردن دست ها به طرفین و عبور دست از خط وسط بدن برای گرفتن شیء هدف؛ پرتاب و دریافت توپ بزرگ با دو دست با فردی که در فاصله ۱-۲ متری ایستاده است؛ گرفتن و انداختن اسباب بازی/توپ های کوچک در سبد با دراز کردن یک دست؛ ضربه زدن با دست به توپ/اسباب بازی آویزان در بالای سر یا جلوی بدن؛ چرخش تنه به طرفین و گرفتن شیء پشت سر؛ تشخیص اشیاء لمس

حرکت) تحریکات تعادلی لازم را ایجاد کند. در پژوهش حاضر به همراه این ابزار، برخی وسایل مانند کفی فومی و کفی سخت، کوسن بادی، سطل و توپ بزرگ و کوچک، چشم‌بند، کلاهک استوانه‌ای طلقی، عروسک‌های حیوانی کوچک و ... استفاده شد.

در مرحله‌ی اجرا، ابتدا یک برنامه اولیه مداخله بر اساس اصول رویکردهای پردازش (Sensory Processing) و یکپارچگی حسی (Sensory Integration) پیش‌نویس شد (۲۶). این برنامه مورد تأیید سه فرد خبره در زمینه توانبخشی کودکان قرار گرفت و پس از انجام، اصلاحات لازم و تأیید نهایی از سوی آنها آماده استفاده شد. این افراد شامل یک کارشناس، یک کارشناس ارشد و یک دکترای کاردرمانی با به ترتیب پنج، سیزده و پانزده سال تجربه کار بالینی و پژوهش در توانبخشی کودکان بودند. رضایت‌نامه کتبی به امضای والدین نمونه مبتلا به سندرم ژوبرت رسید. PBS و mCTSIB از کودک گرفته شد و سپس مداخله از طریق تیلت‌برد الکتریکی طبق برنامه درمانی اولیه که برای هر جلسه از پیش تعیین شده بود شروع شد. بر اساس توانایی، پاسخ و همکاری کودک به برنامه‌ی هر جلسه، ممکن بود تغییرات و تطابقاتی نیز در برنامه از قبل تعیین شده اتفاق بیفتد. پس از هر چهار جلسه درمان، بار دیگر دو آزمون تعادلی در روزی جدا از جلسه درمانی از کودک گرفته می شد. این ارزیابی ها توسط دو آزمونگر نمره‌دهی شده و توافق بین نظرات آنها ثبت



سطح اتکاء زیاد است به وضعیت ایستاده که ارتفاع سر زیاد و سطح اتکاء کم است رسید؛ ۲) نوع حرکت از خطی به سمت چرخشی، حرکات تیلتی (شیب دار به جلو، عقب و طرفین) و سپس ترکیب همه انواع حرکات پیش رفت؛ ۳) سرعت حرکت از کم و یکنواخت به سمت زیاد و غیریکنواخت پیش رفت؛ ۴) فعالیت ها ابتدا بدون جابجایی مرکز ثقل و سپس با جابجایی مرکز ثقل انجام شد.

• تغییرات مربوط به سیستم سوماتوسنسوری: ۱) کیفیت سطح اتکاء از سطح سخت به سمت سطوح بی ثبات با احساس لمسی متفاوت شامل سطح فوم و کوسن بادی با میزان باد کم و سپس زیاد پیش رفت؛ ۲) فعالیت ها ابتدا با بکارگیری عضلات و مفاصل کمتر (فقط اندام فوقانی) و سپس با بکارگیری عضلات و مفاصل بیشتر (تنه و اندام تحتانی) انجام گرفت.

• تغییرات مربوط به سیستم بینایی: ۱) از حذف متناوب کوتاه مدت (۳-۲ ثانیه ای) نور اتاق به سمت حذف طولانی تر (۱۰ ثانیه ای) نور پیش رفت؛ ۲) حذف نور اتاق ابتدا با اعلام به کودک (پیشخوراند) (Feedforward) و سپس بدون اعلام اتفاق افتاد؛ ۳) حذف نور ابتدا در حالت پوزیشن ثابت و سپس در حال انجام فعالیت بود؛ ۴) از کلاهک طلقی مخدوشگر بینایی (دست ساز محقق؛ شکل ۳) که دارای خطوطی بر روی آن بود ابتدا در پوزیشن ثابت و بعد در حال انجام فعالیت استفاده شد. لازم به ذکر است که تغییرات سیستم بینایی با توجه به توانایی تعادل پوسچرال کودک از جلسه نهم امکان پذیر شد؛ در حالی که تغییرات وستیبولار و سوماتوسنسوری از جلسه اول، البته بسیار تدریجی، در جریان بود. به علت زیاد بودن جزئیات مداخله، از آوردن برنامه کل جلسات درمانی در اینجا صرف نظر می گردد و برای نمونه جلسات دوم و دوازدهم در جدول ۱ نشان داده می شود. تجزیه و تحلیل اطلاعات با استفاده از نرم افزار Excel در قالب نمودارهای ستونی و Trend line ارائه شده است.

#### یافته‌ها

در نمودارهای ۱، ۲ و ۳ ملاحظه می شود که میانگین زمان حفظ تعادل کودک در CTSIB با چشم باز بر روی سطوح سفت و فوم و همین طور با چشم بسته روی سطح سفت به

شده با چشم بسته؛ بلند کردن لحظه ای پا از روی تیلت برد به علت آمدن حیوان کوچک اسباب بازی به سمت پا؛ ضربه زدن با پا به به توپ/اسباب بازی آویزان در فاصله ۱۰ سانتی متری روی پا؛ نشستن از حالت ایستاده، برداشتن شیء از روی تیلت برد و ایستادن مجدد.

سطح دشواری هر تمرین در هر لحظه طوری تعیین می شد که کودک با کمی زحمت قادر به انجام آن باشد و در صورت نیاز، حداقل کمک از سوی والدین و گاهی به علت حمایت روانی از کودک انجام می شد. گرفتن میله های حمایت کننده تیلت برد به عنوان کمک نیز می توانست ملاکی برای درجه بندی میزان سختی تمرینات تعادلی باشد (۲۸) که بر این اساس انجام تمرین با گرفتن یک میله، دو میله یا بدون گرفتن میله های تیلت برد در نظر گرفته شد. بین فعالیت ها حدود یک دقیقه و در اواسط هر جلسه حدود ۵ دقیقه به کودک استراحت داده می شد.

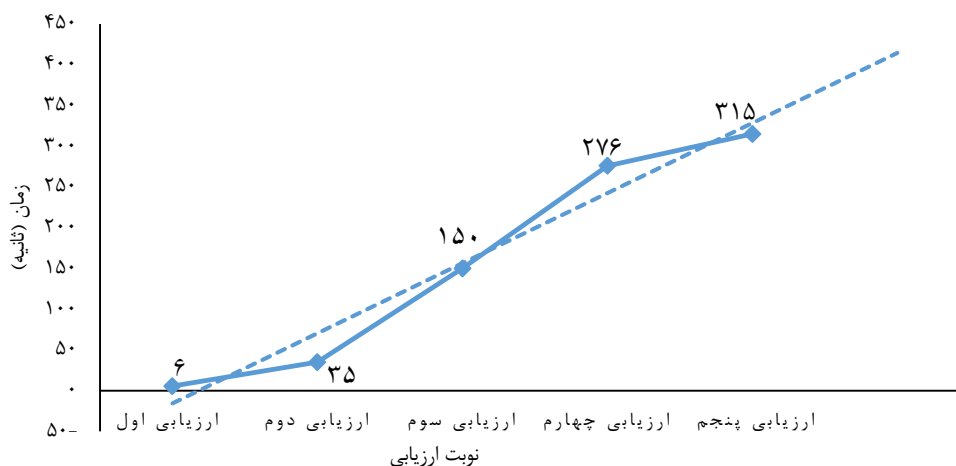
برای درجه بندی سطوح دشواری تمرین ها، متغیرهای دخیل در تحریک سه حس بینایی، سوماتوسنسوری و وستیبولار لحاظ شدند. این متغیرها بر اساس رویکردهای حسی شامل نوع و میزان تحریک وستیبولار، پوزیشن کودک با هدف کاهش سطح اتکا و افزایش ارتفاع سر از زمین، حرکت سر در فضا، ثبات یا تحرک تنه و اندام ها، درگیر کردن سیستم بینایی، تحریک سوماتوسنسوری سطح اتکاء، میزان حمایت، اندازه سطح اتکاء با توجه به پوزیشن، انجام فعالیت روی تیلت برد برای زیر قشری (Subcortical) شدن حفظ پوسچر، انتقال وزن و تحریک حس عمقی مفاصل و عضلات (۲۶) بودند؛ به طوری که با پیشبرد جلسات، چالش های حفظ تعادل پوسچرال بیشتر می شد. جزئیات این درجه بندی، بر اساس

فعالیت های نهایی که در هر جلسه انجام گرفت، در قسمت بحث مقاله جمع بندی شده و در نمودار ۶ آورده شده است. به طور خلاصه بر اساس این نمودار می توان گفت فرایند افزایش تدریجی شدت تحریکات حسی بر روی تیلت برد به تفکیک حواس وستیبولار، سوماتوسنسوری و بینایی به نحو زیر بود:

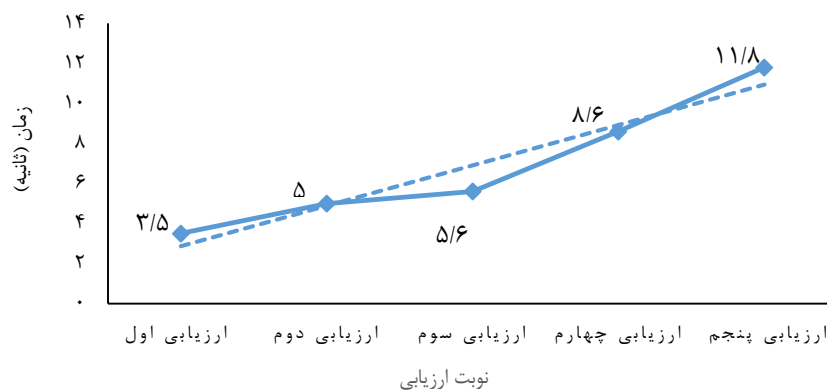
• تغییرات مربوط به سیستم وستیبولار: ۱) پوزیشن فرد از نشسته با پاهای دراز شده که ارتفاع سر تا زمین کم و وسعت

جدول ۱: نمونه جلسات برنامه درمانی سازماندهی حسی تعادل

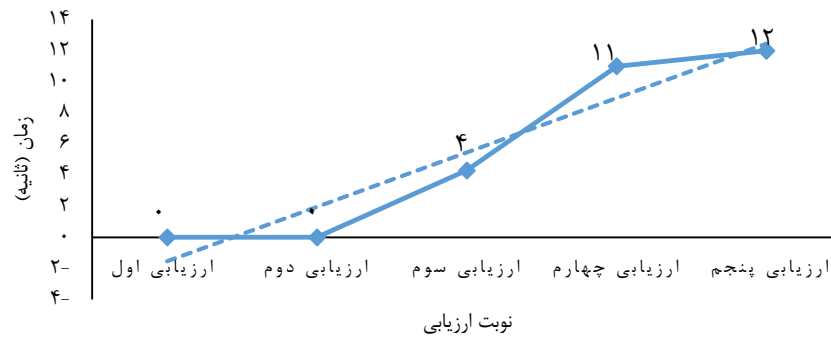
جلسه	برنامه درمانی
۲	- نشسته با پاهای نیمه دراز، سطح فوم، حرکت خطی به سمت چرخشی، سرعت کم به زیاد: پرتاب و دریافت توپ بزرگ با دو دست با فرد مقابل که در فاصله ۱ متری ایستاده است و سپس انجام این فعالیت به طوری که هنگام پرتاب و دریافت حداقل ۱۰ سانتیمتر دست خود را دراز کند.
۱۲	- ایستاده، پای غیرغالب روی کوسن کم باد و سپس پر باد، بدون حرکت: حذف متناوب ۸-۵ ثانیه‌ای نور. - ایستاده، انواع حرکات، سرعت کم به سمت زیاد، گرفتن دو میله، حذف متناوب ۸-۵ ثانیه‌ای نور همراه با کلاهک استوانه‌ای طلقی. - ایستاده، پای غیرغالب روی کوسن پر باد، بدون حرکت، حذف متناوب ۵-۳ ثانیه‌ای نور پرتاب و دریافت توپ بزرگ با دو دست با فرد مقابل که در فاصله ۲ متری ایستاده است به طوری که دست خود را حداقل ۲۰ سانتیمتر دراز کند.



نمودار ۱: تغییرات میانگین زمان حفظ تعادل کودک در وضعیت چشم باز و سطح سفت



نمودار ۲: تغییرات میانگین زمان حفظ تعادل کودک در وضعیت چشم بسته و سطح سفت



نمودار ۳: تغییرات میانگین زمان حفظ تعادل کودک در وضعیت چشم باز و سطح فوم



نمودار ۶: فرایند افزایش تدریجی محرکات حسی دخیل در کنترل تعادل پوسچرال بر اساس درجه‌بندی متغیرهای مربوطه

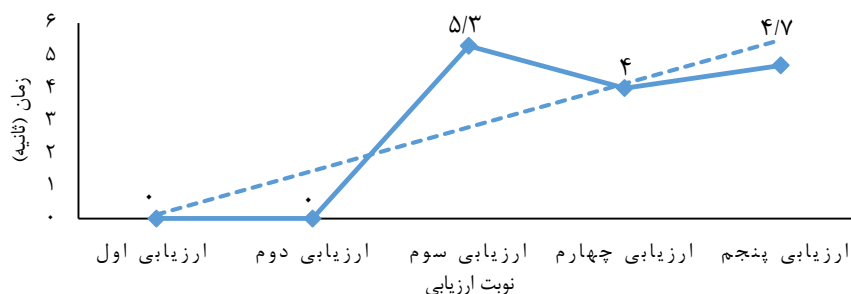
### بحث و نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر، برای بهبود تعادل یک کودک با تشخیص سندرم ژوبرت، برنامه مداخله برای سازماندهی حسی کنترل تعادل طراحی و اجرا شد. بر اساس نتایج به دست آمده، این مداخله باعث بهبود حفظ پوسچر و تعادل عملکردی کودک در طی ۱۶ جلسه درمانی شد.

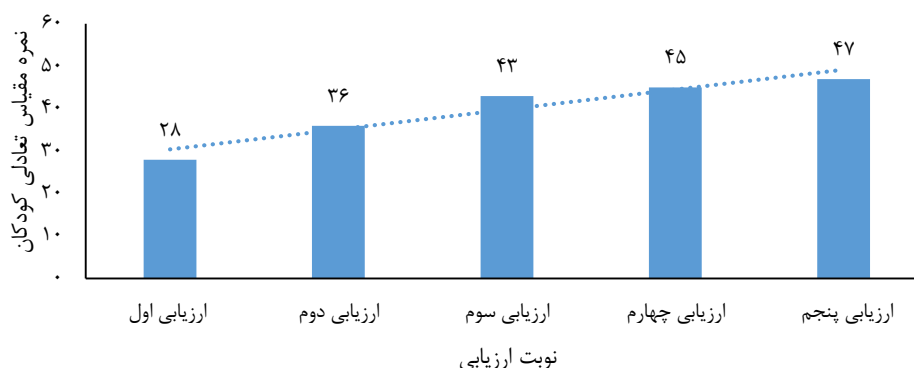
قبل از شروع درمان، در کارهای روزمره کودک نهایت ۴-۵ ثانیه مستقل با پاهای باز می‌ایستاد و یا با گرفتن دستش راه می‌رفت. در ابتدا این کودک فقط در پوزیشن نشسته می‌توانست بر روی تیلت‌برد قرار بگیرد و حتی در حین حرکت تیلت‌برد با گرفتن دو میله‌ی آن در حالت نشسته

مرور در طی جلسات درمانی افزایش یافته است. با توجه به نمودار ۴، در مورد حفظ تعادل با چشم بسته روی سطح فوم، در سه ارزیابی اول میانگین زمان حفظ تعادل بیشتر شده، اما این میانگین در ارزیابی چهارم کاهش یافته است. بر اساس نتایج PBS در طی پنج مرحله ارزیابی که در نمودار ۵ نمایش داده شده است، توانایی نمونه مورد بررسی در حفظ تعادل در مهارت‌های مورد بررسی افزایش یافته است. نمرات PBS در ارزیابی‌های اول، دوم، سوم، چهارم و پنجم به ترتیب ۵۰، ۶۴/۳، ۷۶/۷، ۸۰/۳ و ۸۳/۹ در صد نمره کل این آزمون بود؛ به عبارت دیگر این توانایی از ۵۰ درصد نمره کل این آزمون، به حدود ۸۴ درصد آن رسیده است.





نمودار ۴: تغییرات میانگین زمان حفظ تعادل کودک در وضعیت چشم بسته و سطح فوم همان طور که مجموع نمرات



نمودار ۵: تغییرات مجموع نمرات در مقیاس تعادلی کودکان

می باشد. آن ها نشان دادند که تداخل در زمینه بینایی باعث ایجاد مشکل در کنترل تعادل می گردد؛ چرا که تداخل در زمینه بینایی نمونه های آن ها در محیط مجازی باعث دشوارتر شدن حفظ تعادل و ایجاد چالش برای سیستم عصبی در زمینه سازماندهی درون دادهای حسی شد (۲۸). در ارزیابی پنجم (بعد از جلسه ۱۶ درمان) که تداخلات بینایی بیشتری توسط کودک تجربه شد، این سازماندهی بیشتر شده و زمان حفظ پوسچر بالا رفته است.

به نظر می رسد استفاده از برخی فعالیت های حرکتی در حین تحریکات حسی به عنوان چالش و تمرین تعادل پویا، نقش مهمی در بهبود تعادل پوسچرال کودک داشته است. مطالعاتی مانند Streepey و Angulo-Kinzler (۲۹) و Swan و همکاران (۳۰) نیز نشان دادند که هر قدر نیازهای فعالیت مانند دراز کردن دست و انجام فعالیت در جهات مختلف بدن بیشتر باشد، یا همزمان یک کار شناختی انجام گیرد، فرد در کنترل تعادل با چالش بیشتری مواجه

احساس ترس داشت. در پایان اجرای برنامه درمانی، کودک به تنهایی در حالت ایستاده روی تیلت برد در حال حرکت، همزمان قادر به انجام فعالیت نیز بود. نمرات کسب شده در PBS با توجه به نمودارهای ۱، ۲ و ۳، سیر صعودی بهبود تعادل عملکردی کودک را نشان می دهند. تنها در نمودار ۴، میانگین زمان حفظ تعادل در CTSIB در وضعیت چشم بسته و سطح فوم در ارزیابی چهارم نسبت به ارزیابی سوم، حدود ۱/۳ ثانیه کاهش نشان می دهد. در فاصله ارزیابی های سوم تا چهارم، جلسات ۹ تا ۱۲ درمان اتفاق افتاده اند که در آنها تداخل حسی در بینایی کودک شروع شده است. ظاهراً چهار جلسه ابتدایی تداخل حس بینایی باعث شده است که سیستم عصبی کودک نتواند در حد مناسب، اطلاعات چندحسی را سازماندهی کند و زمان حفظ پوسچر با چشم بسته روی سطح فوم که البته سخت ترین موقعیت در CTSIB است، کمی پایین آمده است. نتیجهی مطالعه Santos و Philips (۲۸) تأییدی بر این استدلال

یک اتومبیل تصور می شد که کودک نقش راننده ی آن را ایفا می کرد؛ در زمان لزوم حفظ پوزیشن، برای کودک قصه گفته می شد؛ هر توپ کوچک به عنوان خوراکی هایی تصور می شد که کودک از درمانگر (به عنوان فروشنده) می خرید، به صورت نمادین آن را می خورد و پاکت آن را در سطل آشغال می انداخت. مطالعاتی مانند Okimoto و همکاران (۳۴) و Ríos-Rincón و همکاران (۳۵)، نیز بر ضرورت انجام مداخلات درمانی به شکل بازی در کودکان به خصوص کودکان با ناتوانی تأکید کرده اند.

خلاصه‌ای از درجه بندی متغیرهای دخیل در سازماندهی حسی تعادل پوسچرال که در ابتدا از منابع استخراج شده بودند (۲۶) و در مداخله بکار گرفته شد را می توان در قالب طرحی در نمودار ۶ نشان داد. افزایش تدریجی نیاز به حفظ تعادل پوسچرال و توالی جزئیاتی که در این نمودار ذکر شده است، حاصل جمع بندی تجربه محققین از ۱۶ جلسه درمانی مطالعه حاضر بر روی نمونه مبتلا به سندرم ژوبرت می باشد که در این بحث نیز از سوی مطالعات مختلف تأیید شد (۳۲-۲۸).

محدودیتی که در این پژوهش وجود داشت این بود که بر اساس برنامه درمانی طراحی شده، در جلسه هشتم باید چشم های کودک با چشم بند بسته می شد و در جلسات بعد، کلاهک مخدوشگر بینایی که شبیه کره بود و در ناحیه گردن بسته می شد بر روی سرش قرار می گرفت. به علت عدم همکاری کودک این امکان میسر نشد و از هر چیزی که با صورت و گردنش تماس داشت، بیزار بود. از این رو تصمیم گرفته شد در ادامه جلسات با خاموش و روشن کردن نور اتاق، و طراحی و استفاده از استوانه ی طلقی رنگی که با صورت تماس نداشت، مداخله بر روی سیستم بینایی شروع شود.

به عنوان نتیجه گیری کلی می توان گفت که نقایص تعادلی یکی از شکایات های اصلی در مورد کودکان با سندرم ژوبرت می باشد که لازم است در توانبخشی به طور ویژه به آن پرداخته شود. محرکات حسی دخیل در کنترل پوسچر و تعادل شامل وستیبولار، بینایی و سوماتوسنسوری را می توان با وسایلی ساده مانند تیلت برد درجه بندی کرد تا به تدریج کنترل تعادل بهتر گردد؛ و از آنجا که کودکان با ناتوانی برای کنترل پوسچر خود، بیش از حد به بینایی وابسته هستند (۳۶)

می شود (۲۹، ۳۰). تغییرات مثبت کودک در PBS که در واقع تعادل پویا را ارزیابی می کند، می تواند نتیجه انجام این فعالیت ها باشد؛ چرا که در حین انجام فعالیت ها، انتقال وزن فعال و زیرقشری کردن حفظ تعادل پوسچرال اتفاق می افتاد. عامل دیگری که می توانست نقش مهمی در بهبود تعادل پوسچرال کودک داشته باشد، ایجاد چالش هایی در پردازش بینایی بود. این تبیین با نگاهی به مطالعات پیشین قابل بحث است. Szczęsna و همکاران (۳۱) و Santoso و Philips (۲۸) ثابت کردند که تداخل در درون دادهای بینایی، کنترل پوسچر را مختل می کند؛ به این معنی که در پردازش حسی لازم برای کنترل پوسچر مشکل ایجاد کرده و این پردازش برای سیستم عصبی سخت تر می گردد. در مطالعه ی حاضر، کلاهک استوانه‌ای طلقی چنین نقشی داشت و چالش خوبی برای تمرین سیستم عصبی کودک در تقویت سازماندهی درون دادهای بینایی مخدوش شده در تعامل با درون دادهای وستیبولار و سوماتوسنسوری بوده است. بر اساس یافته های Schumckler و Tang (۳۲) حفظ تعادل با چشم بسته سخت تر از چشم باز است و به گفته Massion و Woollacott (۷)، با بستن چشم و حذف بینایی، بار پردازش حسی برای کنترل پوسچر بر روی دو سیستم وستیبولار و سوماتوسنسوری قرار می گیرد. بنابراین، در زمان هایی از جلسات این مطالعه که نور اتاق حذف می شد، درون داد بینایی وجود نداشت تا به کنترل پوسچر کمک کند و انجام تمرینات در این شرایط باعث استفاده بیشتر از دو حس وستیبولار و سوماتوسنسوری و تقویت آن ها می شد.

یکی از مسائلی که در انجام این مداخله وجود داشت این بود که حضور کودک بر روی تیلت برد الکتریکی در کل زمان جلسه درمان سخت و خسته کننده بود و همکاری او را پایین می آورد. از این رو دو راه حل در پیش گرفته شد. یکی این بود که درجه سختی تمرین ها به حدی باشد که کودک با حداقل تلاش موفق به انجام آن ها شود (Just Right Challenge). Christie (۳۳) نیز بیان می کند که طرح ریزی تمرینات به این صورت باعث می شود کودک ضمن احساس موفقیت و اعتماد به نفس، حداکثر تلاش خود را بکار گیرد. راه حل دوم این بود که تمرینات به شکل بازی‌گرا (Playful) انجام شود؛ برای مثال، گاهی تیلت برد به عنوان

## منابع

1. Brancati F, Dallapiccola B, Valente EM. Joubert Syndrome and related disorders. *Orphanet J Rare Dis* 2010; 5(20): 1-10.
2. Yachnis AT, Rorke LB. Neuropathology of Joubert syndrome. *J child neurol*. 1999; 14(10): 655-9.
3. Bulgheroni S, D'arrigo S, Signorini S, Briguglio M, et al. Cognitive, adaptive, and behavioral features in Joubert syndrome. *Am J Med Genet A* 2016; 170(12): 3115-3124.
4. Fong SS, Lee VY, Pang MY. Sensory organization of balance control in children with developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2011; 32(6): 2376-2382.
5. Daneshmandi H, Barati A, Ahmadi R. The effect of core stabilization training program on the balance of mentally retarded educable students. *J Rehabil*. 2013; 14(3): 16-24. [Persian]
6. Sharif-Moradi K, Farah-Pour N. Comparison of the balance performance of the children with spastic cerebral palsy before and after exercise therapy program. *J Rehab*. 2006; 7(1): 22-28. [Persian]
7. Massion J, Woollacott MH. Posture and equilibrium. In: Bronstein AD, Brandt T, Woollacott MH, editors. *Clinical Disorders of Balance, Posture and Gait*. second ed. USA: Oxford University Press Inc.; 2004: 1-19.
8. Cherg R-J, Su F-C, Chen J-JJ, Kuan T-S. Performance of Static Standing Balance in Children With Spastic Diplegic Cerebral Palsy Under Altered Sensory Environments. *Am J Phys Med Rehab* 1999; 78(4): 336-343.
9. Jirikowic TL, McCoy SW, Lubetzky-Vilnai A, Price R, et al. Sensory control of balance: a comparison of children with fetal alcohol spectrum disorders to children with typical development. *J Popul Ther Clin Pharmacol* 2013; 20(3): e212-e228.

و حس وستیبولار دیرتر از حواس بینایی و سوماتوسنسوری تکامل پیدا می کند (۳۷)، این وسیله می تواند انتخاب مناسبی برای مداخله بر روی سیستم وستیبولار باشد؛ ضمن اینکه با استفاده از برنامه‌ای مشابه با برنامه درمانی مطالعه حاضر می توان بر روی دو حس دیگر و متغیرهای مختلف درگیر در تعادل نیز کار کرد. بکارگیری برنامه درمانی استفاده شده در پژوهش حاضر برای بهبود سازماندهی حسی تعادل در کودکان با سندرم ژوبرت یا اختلالات حرکتی مشابه می تواند کمک کننده باشد.

## سپاسگزاری

بدین وسیله از کودک مبتلا به سندرم ژوبرت و والدین ایشان که با همکاری تمام و کمال خود انجام این پژوهش را میسر ساختند، قدردانی می‌گردد. این مطالعه در قالب طرح تحقیقاتی مصوب با حمایت مالی دانشگاه علوم پزشکی ایران با شماره ۳۳۷۴۶-۳۳۷۴۶-۹۷-۰۲-۳۲ انجام گرفت و کد اخلاق به شماره IR.IUMS.REC.1397.169 از این دانشگاه کسب شد.

10. Deconinck FJ, De Clercq D, Van Coster R, Oostra A, et al. Sensory contributions to balance in boys with developmental coordination disorder. *Adapt Phys Activ Q* 2008; 25(1): 17-35.
11. Gupta S, Rao Bk, Kumaran S. Effect of strength and balance training in children with Down's syndrome: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2011; 25(5): 425-432.
12. Ledebt A, Becher J, Kapper J, Rozendaal RM, et al. Balance training with visual feedback in children with hemiplegic cerebral palsy: effect on stance and gait. *Motor Control* 2005; 9(4): 459-468.
13. Shumway-Cook A, Hutchinson S, Kartin D, Price R, Woollacott M. Effect of balance training on recovery of stability in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2003; 45(9): 591-602.
14. Fong SS, Guo X, Cheng YT, Liu KP, et al. A novel balance training program for children with developmental coordination disorder: a randomized controlled trial. *Medicine* 2016; 95(16): 1-11.
15. Lee H-Y, Cherng R-J, Lin C-H. Development of a virtual reality environment for somatosensory and perceptual stimulation in the balance assessment of children. *Comp Biol Med* 2004; 34(8): 719-733.
16. McCoy SW, Jirikowic T, Price R, Ciol MA, et al. Virtual sensorimotor balance training for children with fetal alcohol spectrum disorders: feasibility study. *Phys* 2015; 95(11): 1569-1581.
17. Silkwood-Sherer DJ, Killian CB, Long TM, Martin KS. Hippotherapy—an intervention to habilitate balance deficits in children with movement disorders: a clinical trial. *Phys* 2012; 92(5): 707-717.
18. Fong SS, Guo X, Liu KP, Ki W, et al. Task-specific balance training improves the sensory organisation of balance control in children with developmental coordination disorder: a randomised controlled trial. *Sci rep* 2016; 6: 201-208.
19. Fong SS, Tsang WW, Ng GY. Taekwondo training improves sensory organization and balance control in children with developmental coordination disorder: randomized controlled trial. *Res Dev Disabil* 2012; 33(1): 85-95.
20. Ghoochani BZ, Hosseini S, Derakhshanrad S, Sherafat S, et al. [Vestibular Stimulation: Intervention Protocols, Efficacy and Therapeutic Application in Children Rehabilitation (a Narrative Study)]. *Journal of Paramedical Sciences and Rehabilitation* 2017; 6(4): 87-100. [Persian]
21. 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. *Pediatr Phys Ther* 2003; 15(2): 114-128.
22. Richardson PK, Atwater SW, Crowe TK, Deitz, JC . Performance of preschoolers on the pediatric clinical test of sensory interaction for balance. *Am J Occup Ther* 1992; 46(9): 793-800.
23. Crowe TK, Deitz JC, Richardson PK, Atwater SW. Interrater reliability of the pediatric clinical test of sensory interaction for balance. *Phys Occup Ther Pedi* 1991; 10(4): 1-27.
24. Lotfi Y, Javanbakht M, Sayaf M, Bakhshi E. Modified clinical test of sensory interaction on balance test use for assessing effectiveness of Epley maneuver in benign paroxysmal positional vertigo patients rehabilitation. *Auditory and Vestibular Research.* 2017; 27(1): 12-18.
25. Horn LB, Rice T, Stoskus JL, Lambert KH, et al. Measurement characteristics and clinical utility of the clinical test of sensory interaction on balance (CTSIB) and modified CTSIB in individuals with vestibular dysfunction. *Archives of physical medicine and rehabilitation.* 2015; 96(9): 1747-1748.
26. Rolley SS, Jacobs SE. Sensory Integration. In: Crepeau EB, Cohen ES, Schell ABA, eds. *Willard and Spackman's Occupational Therapy.* 11th ed. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins; 2009: 792-817.
27. Cano-De-La-Cuerda R, Molero-Sánchez A, Carratalá-Tejada M, Alguacil-Diego IM, Molina-Rueda F, Miangolarra-Page JC, Torricelli D. Theories and

- control models and motor learning: clinical applications in neurorehabilitation. *Neurología (English Edition)* 2015; 30(1): 32-41.
28. Santoso M, Phillips D. A Study on Visual Perturbations Effect on Balance in a VR Environment. Cases on Immersive Virtual Reality Techniques: IGI Global (chaptrr 4). In: Yang KCC, Cases on immersive virtual reality techniques. The University of Texas at El Paso, USA; 2019: 67-88.
29. Streepey JW, Angulo-Kinzler RM. The role of task difficulty in the control of dynamic balance in children and adults. *Hum Mov Sci* 2002; 21(4): 423-438.
30. Swan L, Otani H, Loubert PV. Reducing postural sway by manipulating the difficulty levels of a cognitive task and a balance task. *Gait Posture* 2007; 26(3): 470-474.
31. Szczęsna A, Pawlyta M, Błaszczyszyn M, Strzelczyk A. Virtual reality application to study the visual influences on human balance. In: International Conference on Man-Machine Interactions 2017 Oct 3 (pp. 102-112). Springer, Cham.
32. Schmuckler MA, Tang A. Multisensory factors in postural control: Varieties of visual and haptic effects. *Gait & posture*. 2019 Jun 1;71:87-91.
33. Christie A. A meaningful occupation: The just right challenge. *Aust Occup Ther J* 1999; 46(2): 52-68.
34. Okimoto AM, Bundy A, Hanzlik J. Playfulness in children with and without disability: Measurement and intervention. *Am J Occup Ther* 2000; 54(1): 73-82.
35. Ríos-Rincón AM, Adams K, Magill-Evans J, Cook A. Playfulness in children with limited motor abilities when using a robot. *Physical & occupational therapy in pediatrics* 2016; 36(3): 232-246.
36. Westcott SL, Burtner P. Postural control in children: implications for pediatric practice. *Phys occupa ther pedi* 2004; 24(1-2): 5-55.
37. Cherng RJ, Chen JJ, Su FC. Vestibular system in performance of standing balance of children and young adults under altered sensory conditions. *Percept mot skills* 2001; 92(3\_suppl): 1167-1179.