

# Study of Compensatory Postural Control Strategies in Children with Down Syndrome in Different Sensory Conditions

Parhizkar Kohneh Oghaz J<sup>1</sup>, \*Movahedi AR<sup>2</sup>, Daneshvar A<sup>3</sup>, Ghasemi A<sup>4</sup>

## Author Address

1. PhD Student in Motor Development, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran;
2. Professor of Motor Behavior Group, University of Isfahan, Isfahan, Iran;
3. Associate Professor of Motor Behavior Group, Alzahra University, Tehran, Iran;
4. Assistant Professor of Motor Behavior Group, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

\*Corresponding Author Email: [armovahedi@yahoo.com](mailto:armovahedi@yahoo.com)

Received: 2019 July 12; Accepted: 2019 December 25

## Abstract

**Background & Objectives:** One of the major early symptoms seen in almost all children with Down syndrome is learning disabilities and developmental delays. Postural control studies using force plates in people with Down syndrome have revealed more information about the differences between these children and normal peers. Given the differences in children with Down syndrome in balance and their delays in developing balance-related skills, they seem to use different compensatory strategies to maintain their balance. Therefore, the present study aimed to determine compensatory postural control strategies in children with Down Syndrome in different sensory situations.

**Methods:** The present study was a causal-comparative study. This study investigated compensatory postural control strategies of children with Down syndrome in different sensory conditions. The sample size for the present study was determined by G\*Power software to be 16, which was reduced to 14 due to the absence of 2 subjects. Therefore, the sample size in this study was 14 children with Down syndrome aged 6 to 11 years. They were under the supervision of Ahmadabad Ghaem Rehabilitation Center in Eslamshahr City, Iran, in the academic year 2018–2019. Also, 13 healthy children of the same age from primary schools in Eslamshahr City were included as the control group. The inclusion criteria were children with Down syndrome, with normal vision, no history of fractures and deformities in the lower extremities, and non-athletes. The range of IQs acceptable for children with Down syndrome was 60 to 85. Any participant who was unable to continue the study was excluded from the study. The sensory organization test assesses the performance of the proprioceptive and vestibular visual senses in postural control. The test has 6 different sensory states. According to the defined protocol, each test is performed 3 times. The average indicates the postural control strategy (0 to 100), with 0 representing the hip and 1 for the ankle strategies. The force plate is fixed in the first three positions and moves in the anterior and posterior directions in the other three states. People with bare feet stood on the machine, each attempt lasting 20 seconds with equal rest intervals of 5 minutes between the three defined attempts on the device. Descriptive statistics indices, including frequency, mean, standard deviation, and inferential statistics, including multivariate analysis of variance (MANOVA) and Tukey's post hoc test, were calculated using SPSS 25 at a significant level of 0.05.

**Results:** The results showed no significant difference between the two groups in the first situation, where all the sensory information was available ( $p=0.543$ ). Both groups used the ankle strategy. In the second condition, with the deletion of the visual sensory input, and the third condition, with eyes open but the visual environment moving to result in false visual arrays, a significant difference was observed between the two groups ( $p=0.001$ ). The normal group used the ankle strategy, and the Down syndrome group used the hip strategy. In the fourth situation, where the force plate was mobile and resulted in the manipulation of proprioception information, there was a significant difference between the two groups in the stance control compensatory strategy ( $p=0.001$ ), and both groups used the hip strategy. There was no significant difference between the two groups in the fifth condition when eyes closed, and the mobile force plate eliminated the proprioceptive but kept the vestibular information ( $p=0.606$ ). In the sixth situation, where proprioceptive information was removed, and the person was given inappropriate visual information to evaluate vestibular information, there was no significant difference between the two groups ( $p=0.671$ ). In this situation, both groups used the step strategy.

**Conclusion:** Based on the findings of this research, when removing a sensory system, especially the sense of vision, children with Down syndrome adopt more cautious strategies compared to healthy children.

**Keywords:** Children with Down syndrome, Compensatory postural control strategy, Balance, Different sensory conditions.

## بررسی راهبردهای جبرانی کنترل قامت در کودکان با سندرم داون در شرایط مختلف حسی

جواد پرهیزکار کهنه اوغزا<sup>۱</sup>، \*احمدرضا موحدی<sup>۲</sup>، افخم دانشور<sup>۳</sup>، عبدالله قاسمی<sup>۴</sup>

توضیحات نویسندگان

۱. دانشجوی دکتری رشد حرکتی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران؛

۲. استاد گروه رفتار حرکتی دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران؛

۳. دانشیار گروه رفتار حرکتی دانشگاه الزهراء، تهران، ایران؛

۴. استادیار گروه رفتار حرکتی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

\*رامانامه نویسنده مسئول: [armovahedi@yahoo.com](mailto:armovahedi@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۲۱ تیر ۱۳۹۸؛ تاریخ پذیرش: ۴ دی ۱۳۹۸

## چکیده

**زمینه و هدف:** با توجه به تفاوت‌های کودکان با سندرم داون در فعالیت‌های تعادلی و تأخیر آن‌ها در توسعه مهارت‌های تعادلی و دیگر مهارت‌های وابسته به تعادل، به نظر می‌رسد آن‌ها از راهبردهای جبرانی متفاوتی برای حفظ تعادل خود استفاده می‌کنند؛ از این رو هدف از مطالعه حاضر بررسی راهبردهای جبرانی کنترل قامت در کودکان با سندرم داون بود. **روش بررسی:** تحقیق حاضر از نوع علی-مقایسه‌ای بود. حجم نمونه را ۱۴ کودک با سندرم داون با دامنه سنی ۱۱ تا ۱۶ سال تشکیل دادند که تحت پوشش مرکز توان بخشی قائم بخش احمدآباد شهرستان اسلامشهر در سال ۹۸-۱۳۹۷ بودند و همچنین با ۱۴ کودک سالم از لحاظ سنی همسان‌سازی شدند که به صورت هدف‌مند و در دسترس در این تحقیق شرکت کردند. راهبردهای جبرانی کودکان با سندرم داون با استفاده از دستگاه پوسچروگرافی پویای کامپیوتری و در شش شرایط مختلف حسی ارزیابی شد. داده‌ها با استفاده از آزمون تحلیل واریانس چندمتغیره (مانوا) و آزمون تعقیبی توکی در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۵ در سطح معناداری ۰/۰۵ تحلیل شد.

**یافته‌ها:** حذف اطلاعات سیستم بینایی و متحرک‌بودن محیط بینایی به طوری که منجر به ارائه آرایه‌های نادرست بینایی شود، منجر به تفاوت معناداری بین دو گروه در اتخاذ راهبرد جبرانی کنترل قامت شد ( $p=0/001$ )؛ به صورتی که گروه عادی از راهبرد میج و گروه سندرم داون از راهبرد لگن بهره برد؛ همچنین در وضعیت متحرک‌بودن سکوی نیرو که منجر به دستکاری اطلاعات حس عمقی شد، گروه کودکان با سندرم داون از راهبرد لگن استفاده کرد؛ ولی کودکان با سندرم داون اقدام به گام برداشتن کردند ( $p=0/001$ ).

**نتیجه‌گیری:** بر اساس یافته‌های این پژوهش، هنگام حذف یک سیستم حسی به ویژه حس بینایی، کودکان با سندرم داون در مقایسه با کودکان سالم راهبردهای محتاطانه‌تری را اتخاذ می‌کنند.

**کلیدواژه‌ها:** کودکان با سندرم داون، راهبرد جبرانی کنترل قامت، تعادل، شرایط مختلف حسی.

در سه دهه اخیر در مطالعات بسیاری عملکرد افراد با سندرم داون<sup>۱</sup> در تکالیف حرکتی مختلف به‌ویژه تعادل بررسی شده است. سندرم داون بیماری ژنتیکی است که به دلیل حضور تمام یا بخشی از یک کروموزم اضافی در جفت کروموزم ۲۱ به وجود می‌آید (۱). این بیماری دارای علائم مختلف از جمله ناهنجاری‌های عمده یا خفیف در ساختار یا عملکرد ارگان‌ها است. از علائم عمده و زودرس که تقریباً در همه بیماران مشاهده می‌شود، وجود مشکلات یادگیری و نیز محدودیت تأخیر رشد و نمو است (۲).

تحقیقات اولیه در زمینه تعادل افراد با سندرم داون توسط شاموی-کوک و ولاکوت انجام پذیرفت که در آن فعالیت الکترومایوگرافیک پاسخ‌های قامتی کودکان با سندرم داون بررسی شد. نتایج نشان داد، تأخیر در واکنش‌های قامتی این افراد، از مکانیزم‌های بیشتر کنترل قامت ناشی می‌شود نه از شلی لیگامنت‌های آن‌ها (۳). هالی نشان داد، بازتاب‌های تعادلی کودکان با سندرم داون با نمرات آن‌ها در خرده‌مقیاس‌های آزمون حرکتی بیلی همبستگی مثبت و زیادی دارد که مشابه با کودکان گروه کنترل است. با این حال عملکرد دو گروه با توجه به گروه‌های سنی نشان‌دهنده تأخیر در خورتوجه کودکان با سندرم داون در کسب بارزهای رشدی بود (۴).

مطالعه کنترل قامت افراد با سندرم داون با استفاده از صفحه‌های نیرو جزئیات بیشتری را راجع به تفاوت‌های این افراد با افراد عادی مشخص کرده است. کابو و الریخ عنوان کردند، کودکان با سندرم داون در مقایسه با گروه کنترل نوسان بیشتری در جهت میانی جانبی مرکز فشار خود دارند؛ آن‌ها این تفاوت را ناشی از این دانستند که کودکان با سندرم داون برای حفظ تعادل نیاز به سطح اتکای بیشتری دارند؛ از این رو دارای نوسان بیشتری در جهت میانی جانبی هستند (۵). اولریخ و همکاران مشاهده کردند، کودکان با سندرم داون هنگام راه رفتن سختی بیشتری در عضلات پایین‌تنه خود دارند؛ آن‌ها اظهار داشتند که این شلی لیگامنت‌ها و تونسیته عضلانی کمتر است؛ در حالی که در کودکان عادی اولویت صرفه متابولیک است (۶). ریگولدی و همکاران در تحقیقی کنترل قامت کودکان، نوجوانان و بزرگسالان با سندرم داون را بررسی کردند. آن‌ها دریافتند که اختلاف در عملکرد تعادلی در کودکی با تأخیر و نقص همراه است. در نوجوانی فاصله بین گروه کنترل و گروه سندرم بیشتر می‌شود و در بزرگسالی پررنگ‌تر می‌شود؛ به‌ویژه هنگامی که کنترل قامت با چشمان بسته ارزیابی شود (۷). سیمولین و همکاران با مقایسه داده‌های فورس پلیت حاصل از کودکان با سندرم داون و کودکان با سندرم پرادر-ویلی دریافتند، متوسط جابه‌جایی مرکز فشار پاهای دو گروه مشابه است؛ با این حال طول مسیر نوسان در کودکان با سندرم داون بیشتر از کودکان با سندرم پرادر-ویلی است؛ از این رو پیشنهاد کردند که مقایسه داده‌های فورس پلیت کودکان با سندرم داون باید در بازه‌های زمانی مشخص انجام گیرد تا تفاوت‌های لحظه‌به‌لحظه

جابه‌جایی مرکز فشار ابهامات ناشی از مقدار میانگین کل زمان را از بین ببرد. همچنین آن‌ها مشاهده کردند، افراد با سندرم داون در مقایسه با افراد با سندرم پرادر-ویلی سختی بیشتری در عضلات تنه خود دارند. آن‌ها درباره این تفاوت عنوان کردند که این سختی عضلات تنه اگرچه در توسعه مهارت راه رفتن عاملی بازدارنده است، در کنترل قامت عاملی جبرانی برای ضعف هماهنگی عصبی عضلانی است (۸).

کنترل قامت که برای اکتساب و کنترل عملکردهای حرکتی مهم است، برپایه یکپارچگی اطلاعات وستیبولار، بینایی، حس عمقی و لمسی و بازنمود درونی موقعیت بدن در فضا صورت می‌گیرد؛ حتی در حین ایستادن بدون حرکت نیز برای پاسخ به اطلاعات حسی رسیده از سیستم‌های بینایی، وستیبولار و حسی-پیکری تنظیمات پیوسته‌ای به عضلات و مفاصل ارسال می‌شود؛ با این حال میزان مشارکت این سیستم‌ها در کنترل پوسچر، تابع شرایط محیطی است که فرد در آن قرار دارد (۱).

باتوجه به اینکه کودکان با سندرم داون در سیستم‌های درگیر در کنترل قامت دچار اختلال هستند (۹) و از طرفی راهبردهای جبرانی کنترل قامت آن‌ها کمتر مطالعه شده است، هدف از مطالعه حاضر بررسی راهبردهای جبرانی کودکان با سندرم داون در شرایط مختلف حسی بود تا با شناسایی راهبردهای جبرانی کنترل قامت این افراد و تغییرات آن در شرایط مختلف حسی، زمینه برای توسعه مداخلات بهینه در جهت بهبود وضعیت تعادلی این افراد فراهم شود.

## ۲ روش بررسی

تحقیق حاضر از نوع علی-مقایسه‌ای بود. حجم نمونه برای تحقیق حاضر به وسیله نرم‌افزار جی‌پاور<sup>۲</sup>، ۱۶ نفر تعیین شد که به علت حضورنداشتن ۲ نفر از آزمودنی‌ها به ۱۴ نفر تقلیل یافت؛ از این رو حجم نمونه را در این تحقیق ۱۴ کودک با سندرم داون با دامنه سنی ۱۱ تا ۱۶ سال در سال تحصیلی ۹۸-۱۳۹۷ تشکیل دادند که تحت پوشش مرکز توان‌بخشی قائم بخش احمدآباد شهرستان اسلامشهر بودند و همچنین ۱۴ کودک سالم با شرایط سنی همسان از مدارس ابتدایی شهرستان اسلامشهر بودند که به صورت هدف‌مند و دردسترس و با اخذ رضایت والدین در این تحقیق شرکت کردند. معیارهای ورود کودکان با سندرم داون به پژوهش عبارت بود از: تمامی شرکت‌کنندگان دارای دید طبیعی، بدون سابقه شکستگی و دفورمیتی در اندام تحتانی و غیرورزشکار بودند. دامنه بهره هوشی مورد قبول برای کودکان با سندرم ۶۰ تا ۸۵ بود که با استفاده از نرم‌افزار بهره هوشی ریون کودکان ساخت شرکت تحقیقات علوم رفتاری سینا<sup>۳</sup> ارزیابی شد. هرکدام از شرکت‌کنندگان که به هر دلیلی قادر به ادامه همکاری با پژوهش نبودند، از پژوهش خارج شدند. دستگاه پوسچروگرافی پویای کامپیوتری<sup>۴</sup> مدل Equiest (دستگاه ۳۵۶EQO) ساخت شرکت آمریکایی NeuroCom، از دستگاه‌های بسیار پیشرفته ارزیابی‌کننده متغیرهای کینتیکی است که برای دستکاری دستگاه‌های حسی مؤثر در کنترل قامت به کار می‌رود. این دستگاه دارای تسمه‌های مخصوصی است که به سینه و لگن فرد

1. Down syndrome

2. G\*Power

3. <https://www.sinapsycho.com/>

متصل می‌شوند و برای جلوگیری از هرگونه آسیب احتمالی استفاده می‌شوند. این دستگاه دارای دو صفحه نیروی متحرک (۴۶ × ۲۳ سانتی‌متر) و ۸ کانال حسی برای بررسی متغیرهای کینتیکی کنترل قامت است. لازم به ذکر است دستگاه استفاده‌شده در تحقیق حاضر متعلق به مرکز توان‌بخشی هلال احمر تهران بود و تمامی اندازه‌گیری‌ها با حضور کارشناس مجرب این مرکز انجام گرفت.

دستگاه پوسچروگرافی پویای کامپیوتری در سال ۱۹۸۰ توسط ناشر ابداع شد. پوسچروگرافی پویای کامپیوتری به‌عنوان روش سنجش کنترل قامت محبوبیت زیادی به‌دست آورده است. این دستگاه، تکنیک ارزیابی منحصربه‌فرد و بی‌نظیری است که داده‌ها را به‌صورت کمی فراهم می‌کند و تا حد زیادی بین اختلالات سازگاری مرکزی، حرکتی و حسی، تمایز ایجاد می‌کند. استفاده از دستگاه پوسچروگرافی پویای کامپیوتری تنها روش معتبر تشخیصی کنترل است که سهم هرکدام از ورودی‌های دستگاه دهلیزی، بینایی، حسی پیکری و مکانیزم‌های یکپارچه‌سازی مرکزی و خروجی دستگاه عصبی عضلانی را برای کنترل تعادل و قامت مشخص می‌کند. پوسچروگرافی پویای کامپیوتری برای تجزیه و تحلیل مکانیزم‌های نوسان مرتبط با سن، ابزار مناسبی به‌نظر می‌رسد (۱۰).

تکلیف مدنظر در این آزمون سازماندهی حسی<sup>۱</sup> بود؛ چراکه علاوه بر سادگی و سهولت در اجرا اجازه کنترل درون‌دادهای حسی درگیر در کنترل قامت را نیز داد و مطالعه راهبردهای جبرانی کنترل قامت را میسر ساخت؛ به این صورت که از افراد خواسته شد در پاسخ به جابه‌جایی‌های ناگهانی و تغییرات درون‌دادهای بینایی تا حد ممکن

بی‌حرکت بایستند. از نیروهای عمودی و قدامی-خلفی (A-P) برای محاسبه مکان افقی مرکز فشار، گشتاورهای عضلات فلکسور و اکستنسور مچ پا و نیروهای برشی اعمال‌شده از هر پا استفاده شد. جابه‌جایی خطی مرکز فشار پا و نوسانات زاویه‌ای مرکز جرم بدن تخمین زده شد و با توجه به قد افراد و محور مچ پا مقیاس‌بندی شد. اطلاعات سن و قد شرکت‌کنندگان از قبل وارد دستگاه شد. لازم به ذکر است به‌منظور حفظ ایمنی، شرکت‌کنندگان جلیقه‌ای را که تسمه‌های محافظ دستگاه به آن متصل بود، به تن کردند. دستگاه در هنگام از دست‌دادن تعادل شرکت‌کننده بلافاصله از حرکت باز ایستاد تا از آسیب‌های احتمالی پیشگیری شود (۱۱).

آزمون سازماندهی حسی، عملکرد هریک از دستگاه‌های حس عمقی، دهلیزی و بینایی را در کنترل قامت ارزیابی کرد؛ همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، این آزمون دارای ۶ وضعیت مختلف حسی است. طبق پروتکل تعریف‌شده، هر آزمودنی در هریک از شرایط حسی سه کوشش انجام داد و میانگین حاصل از این سه کوشش به‌عنوان شاخص راهبرد کنترل قامت (صفر تا ۱۰) استفاده شد؛ بدین‌صورت که عدد صفر نشان‌دهنده راهبرد لگن مطلق و عدد یک نشان‌دهنده راهبرد مچ مطلق بود. سکوها نیرو در سه وضعیت اول ثابت بودند و در سه وضعیت دیگر در جهت‌های قدامی و خلفی حرکت کردند. افراد با پای برهنه روی دستگاه قرار گرفتند و هر کوشش را که ۲۰ ثانیه به طول انجامید، با فواصل استراحتی یکسان (۵ دقیقه) بین سه کوشش تعریف‌شده روی دستگاه انجام دادند (۱۱).

جدول ۱. وضعیت‌های مختلف آزمون سازماندهی حسی

اطلاعات بینایی	آرایه‌های بینایی نادرست	سطح اتکای متحرک
✓	x	x
x	x	x
✓	✓	x
✓	x	✓
x	x	✓
✓	✓	✓

### ۳ یافته‌ها

نتایج آزمون شاپیرو-ویلک نشان داد، توزیع داده‌ها نرمال بود ( $p > 0/05$ )؛ همچنین نتایج آزمون لون حاکی از تجانس واریانس دو گروه بود ( $p > 0/05$ ). در ادامه اطلاعات دموگرافیک شرکت‌کنندگان از قبیل سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی با یکدیگر مقایسه شد تا از همسان‌سازی گروه‌های آزمون در این متغیرها اطمینان حاصل شود؛ همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود نتایج آزمون تی مستقل نشان داد که در متغیرهای سن ( $p = 0/773$ )، قد ( $p = 0/685$ )، وزن ( $p = 0/613$ ) و شاخص توده بدنی ( $p = 0/774$ ) بین دو گروه تفاوت معناداری وجود نداشت.

برای توصیف و طبقه‌بندی ویژگی‌های فردی شرکت‌کنندگان و متغیرهای تحقیق از شاخص‌های آمار توصیفی از جمله فراوانی، میانگین و انحراف معیار استفاده شد. در قسمت آمار استنباطی ابتدا آزمون شاپیروویلک به‌منظور بررسی توزیع طبیعی داده‌ها به‌کار رفت. همچنین با استفاده از آزمون لون، تجانس واریانس‌ها بررسی شد. با استفاده از آزمون تی مستقل به مقایسه ویژگی‌های فردی شرکت‌کنندگان پرداخته شد تا از توزیع تصادفی شرکت‌کنندگان اطمینان حاصل شود. در بخش استنباطی از آزمون تحلیل واریانس چندمتغیره (مانوا) و آزمون تعقیبی توکی به‌منظور مقایسه راهبردهای جبرانی کنترل قامت کودکان با سندرم داون و گروه افراد سالم استفاده شد. تمامی عملیات آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۵ در سطح معناداری ۰/۰۵ انجام پذیرفت.

<sup>۱</sup>. Sensory Organization Test

جدول ۲. اطلاعات دموگرافیک افراد شرکت‌کننده در مطالعه در دو گروه عادی و سندرم داون

ویژگی	کودکان عادی (n=۱۴)		کودکان سندرم داون (n=۱۴)		مقدار احتمال
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	
سن (سال)	۱۳/۰۷	۱/۲	۱۲/۹۳	۱/۲	۰/۷۷۳
قد (cm)	۱۳۹/۸۹	۳/۳	۱۴۱/۱	۳/۲	۰/۶۸۵
وزن (kg)	۳۸/۰۷	۳/۸	۴۰/۱۶	۲/۴	۰/۶۱۳
شاخص توده بدنی (kg/m <sup>2</sup> )	۱۹/۶۸	۲/۱	۲۰/۲۰	۱/۹	۰/۷۷۴

همچنین به منظور مقایسه راهبرد جبرانی کنترل قامت در شش حالت مختلف حسی در دو گروه مطالعه شده، از آزمون تحلیل واریانس و ۴ مشاهده می‌شود. چندمتغیره و آزمون تعقیبی توکی استفاده شد که نتایج آن در جداول ۳

جدول ۳. نتایج آزمون تحلیل واریانس چندمتغیره برای مقایسه دو گروه در متغیرهای بررسی شده

نام آزمون	ارزش	مقدار F	فرضیه df	خطای df	مقدار احتمال
اثر پیلایی	۰/۹۹۰	۴۴۴/۶	۶	۲۱	۰/۰۰۱
لامبدای ویلکز	۰/۰۱۰	۴۴۴/۶	۶	۲۱	۰/۰۰۱
اثر هتلینگ	۹۸/۸۱	۴۴۴/۶	۶	۲۱	۰/۰۰۱
بزرگ‌ترین ریشه روی	۹۸/۸۱	۴۴۴/۶	۶	۲۱	۰/۰۰۱

جدول ۴. نتایج آزمون تعقیبی توکی درباره مقایسه راهبرد جبرانی کنترل قامت در شش حالت مختلف حسی در دو گروه افراد سندرم داون و عادی

مقدار احتمال	کودکان سندرم داون (n=۱۴)	کودکان عادی (n=۱۴)	میانگین	حالت
۰/۵۴۳	۸۹/۴۹ ± ۰/۸۷	۸۸/۵۴ ± ۰/۸۴	اختلاف	حالت اول
۰/۰۰۱	۳۲/۲۵ ± ۰/۷۱	۸۴/۸۴ ± ۰/۶۹	اختلاف	حالت دوم
۰/۰۰۱	۳۶ ± ۰/۹	۸۲/۳۶ ± ۱/۱	اختلاف	حالت سوم
۰/۰۰۱	۲۱/۰۷ ± ۰/۵۴	۳۵/۸۳ ± ۰/۵۲	اختلاف	حالت چهارم
۰/۶۰۶	۸/۲۸ ± ۰/۷۳	۱۰/۰۶ ± ۰/۷۰	اختلاف	حالت پنجم
۰/۶۷۱	۷/۵۶ ± ۰/۷۲	۹/۰۶ ± ۰/۶۹	اختلاف	حالت ششم

نیرو و متحرک بودند و منجر به دستکاری اطلاعات حس عمقی شد، گروه کودکان با سندرم داون از راهبرد لگن استفاده کرد؛ ولی کودکان با سندرم داون اقدام به گام برداشتن کردند ( $p=۰/۰۰۱$ ). در وضعیت پنجم که چشم‌ها بسته بود و سکوها نیروی متحرک نیز باعث حذف اطلاعات حس عمقی شد و اطلاعات دستگاه دهلیزی ارزیابی شد، بین دو گروه تفاوت معناداری وجود نداشت ( $p=۰/۶۰۶$ ). در این وضعیت هر دو گروه از راهبرد گام برداشتن استفاده کردند. در وضعیت ششم که اطلاعات حس عمقی حذف شد و به فرد آرایه‌های نامناسب بینایی داده شد تا اطلاعات دستگاه دهلیزی ارزیابی شود، بین دو گروه در اتخاذ راهبرد جبرانی کنترل قامت تفاوت معناداری مشاهده نشد ( $p=۰/۶۷۱$ ). در این وضعیت هر دو گروه از راهبرد گام برداشتن

همان‌طور که در جدول ۳ ملاحظه می‌شود، نتایج کلی آزمون تحلیل واریانس چندمتغیره نشان داد که بین دو گروه در شش وضعیت کنترل قامت تفاوت معناداری وجود داشت ( $p=۰/۰۰۱$ ). براساس نتایج جدول ۴، در وضعیت اول که تمام اطلاعات حسی درگیر در کنترل قامت در دسترس فرد بود، بین دو گروه تفاوت معناداری مشاهده نشد ( $p=۰/۵۴۳$ ) و هر دو گروه از راهبرد میج استفاده کردند. در وضعیت دوم، اطلاعات سیستم بینایی حذف شد و در وضعیت سوم چشم‌ها باز بود، اما محیط بینایی متحرک بود؛ به طوری که منجر به ارائه آرایه‌های نادرست بینایی شد. تفاوت معناداری بین دو گروه در وضعیت‌های دوم و سوم به دست آمد ( $p=۰/۰۰۱$ ) و گروه عادی از راهبرد میج و گروه سندرم داون از راهبرد لگن بهره برد. در وضعیت چهارم که سکوها

استفاده کردند.

#### ۴ بحث

هدف مطالعه حاضر، بررسی تفاوت‌های موجود در راهبردهای جبرانی کنترل قامت کودکان با سندرم داون در شرایط مختلف حسی بود. به این منظور راهبردهای جبرانی ۱۴ کودک با سندرم داون و ۱۴ کودک سالم که از لحاظ قد، سن، وزن و شاخص توده بدنی همسان‌سازی شدند، با استفاده از دستگاه پوسچروگرافی کامپیوتری در شش حالت مختلف حسی ارزیابی شد؛ به‌طورکلی نتایج نشان داد، در شرایط حسی عادی و شرایط حسی بسیار دشوار تفاوت معناداری بین کودکان با سندرم داون و کودکان عادی وجود ندارد؛ ولی در شرایطی که یکی از درون‌دادهای حسی حذف شود، کودکان با سندرم داون عملکرد ضعیف‌تری در مقایسه با کودکان سالم دارند. این یافته‌ها با نتایج تحقیقات مشابهی که تعادل افراد با سندرم داون را در شرایط حذف یکی از درون‌داد حسی بررسی کرده‌اند، همسوست. ناتوانی‌های حرکتی در افراد با سندرم داون از لحاظ نوروپاتولوژیک از مدت‌ها قبل شناخته شده است (۹)؛ اما اختلال مخچه، تأخیر در سنگ بناهای ادراکی و حرکتی و نقص سیستم وستیبولار جزو فاکتورهای تشدیدکننده نقص حرکتی در این افراد است (۱۰). ضعف در کنترل پوسچر افراد با سندرم داون به دلیل خصوصیات عضلانی-اسکلتی ناشی از شلی لیگامنت‌ها و تونیسیته کم عضلات است (۱۲). افراد با سندرم داون به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم از راهبردهای جبرانی نامعقولی برای غلبه بر کنترل پوسچر ضعیف خود استفاده می‌کنند؛ به‌عنوان مثال زمان عکس‌العمل زیاد، هم‌انقباضی عضلات موافق و مخالف و نوسان بیش‌ازاندازه مفاصل در هنگام ایستادن (۱۳).

نتایج تحقیق حاضر صرفاً بیانگر عملکرد بهتر یا بدتر هریک از گروه‌ها نیست؛ بلکه بیانگر راهبرد به‌کارگرفته‌شده در حالت‌های مختلف حسی است. روش به‌کاررفته در مطالعه حاضر این فرصت را ایجاد کرد تا نقش هریک از درون‌دادهای حسی دخیل در کنترل پوسچر ارزیابی شود و عملکرد کودکان با سندرم داون در هریک از شرایط مختلف حسی با گروه کنترل مقایسه شود. در وضعیت ۱ تمام اطلاعات حسی درگیر در کنترل قامت در دسترس فرد بود و هر دو گروه کودکان با سندرم داون و کنترل از راهبرد جبرانی میج پا استفاده کردند که با نتایج تحقیقات مشابهی مانند گازمن-موناو و همکاران (۱۳) همسان است. به‌نظر می‌رسد وقتی تمام اطلاعات حسی لازم در کنترل قامت در اختیار کودکان با سندرم داون باشد، عملکرد آن‌ها با گروه کودکان سالم تفاوتی ندارد و برای حفظ تعادل از راهبرد میج استفاده می‌کنند. دلیل عملکرد مشابه دو گروه در این حالت می‌تواند این باشد که در سنین کودکی تفاوت چندانی در سیستم‌های حسی و حرکتی درگیر در کنترل پوسچر وجود ندارد و بیشتر این سیستم‌های حسی و حرکتی در سنین ۱۴ تا ۱۵ سالگی به بلوغ می‌رسند؛ از طرف دیگر فاصله عملکرد حرکتی کودکان با سندرم داون با کودکان عادی به‌واسطه رشد کندتر سیستم‌های حسی و حرکتی با افزایش سن و نزدیک شدن به نوجوانی بیشتر نمایان می‌شود (۱۴).

در وضعیت دوم، شرکت‌کننده با چشم‌بند مورد آزمون قرار گرفت؛ به‌عبارتی اطلاعات سیستم بینایی حذف شد و مشاهده شد که گروه

سندرم داون از راهبرد لگن استفاده کرده‌اند. این نتایج نشان‌دهنده اتکای بیشتر کودکان با سندرم داون به حس بینایی برای کنترل پوسچر است که با تحقیق ریگولدی و همکاران همسوست و نشان می‌دهد حذف اطلاعات بینایی منجر به اتخاذ راهبرد محتاطانه لگن برای حفظ تعادل در این کودکان می‌شود (۷). در وضعیت سوم، چشم‌ها باز، اما محیط بینایی متحرک بود؛ طوری‌که منجر به ارائه آرایه‌های نادرست بینایی شود. در این حالت گروه کودکان سالم ترکیبی از راهبردهای میج و لگن را اتخاذ کرد و گروه سندرم داون از راهبرد لگن استفاده کرد. این نتایج با پژوهش شمس و همکاران (۱۵) همسوست؛ با این تفاوت که آزمودنی‌ها در مطالعه آن‌ها کودکان سالم بودند. این نتایج نیز بر اهمیت سیستم بینایی در کنترل پوسچر تأکید می‌کند. در وضعیت چهارم که سکوی نیرو متحرک بودند و اطلاعات حس عمقی دستکاری شد، گروه کودکان با سندرم داون اقدام به گام‌برداری کرد؛ درحالی‌که کودکان سالم از راهبرد لگن استفاده کردند. این یافته‌ها با نتایج مطالعه گازمن-موناو و همکاران که تعادل پویای کودکان با سندرم داون را بررسی کرد (۱۳)، همسوست. باید در نظر داشت استفاده از صفحه‌های متحرک برای به‌چالش کشیدن کنترل قامت در کودکان با سندرم داون نشان‌دهنده تأخیری معنادار در واکنش به حرکات صفحه نیرو است که به‌نظر می‌رسد از سطوح بیشتر سیستم کنترل قامت ناشی می‌شود و ربطی به شلی لیگامنت‌ها و تونیسیته کم عضلانی ندارد (۱۱).

در وضعیت پنجم، چشم‌ها بسته بود و سکوی نیروی متحرک نیز باعث حذف اطلاعات حس عمقی شد و کارایی اطلاعات دستگاه دهلیزی ارزیابی شد. در وضعیت ششم، اطلاعات حس عمقی حذف شد و به فرد آرایه‌های نامناسب بینایی داده شد. در هر دو حالت پنجم و ششم هر دو گروه کودکان با سندرم داون و کنترل از راهبرد گام‌برداری استفاده کردند و گاهی زمین خوردند و تفاوت معناداری بین عملکرد دو گروه مشاهده نشد؛ همان‌طور که قبلاً اشاره شد، در سنین کودکی تفاوت چندانی در سیستم‌های حسی و حرکتی درگیر در کنترل پوسچر وجود ندارد و بیشتر این سیستم‌های حسی و حرکتی در سنین ۱۴ تا ۱۵ سالگی به بلوغ می‌رسند؛ از طرف دیگر فاصله عملکرد حرکتی کودکان با سندرم داون با کودکان عادی به‌واسطه رشد کندتر سیستم‌های حسی و حرکتی با افزایش سن و نزدیک شدن به نوجوانی بیشتر نمایان می‌شود (۱۴). همچنین این نتایج در پیروی از ادبیات تحقیقی گذشته نشان‌دهنده نقش مهم درون‌دادهای بینایی در کنترل قامت است.

طبق نظریه سیستم‌های پویا، کنترل قامت حاصل تعامل پیچیده سیستم‌های مختلف به‌ویژه سیستم‌های عضلانی، اسکلتی و عصبی است که به‌طورکلی به‌عنوان سیستم کنترل قامت شناخته می‌شوند (۱۳). ایستادن در حالت قائم یکی از حرکات بنیادی در انسان محسوب می‌شود و به‌طور ذاتی بی‌ثبات است (۱۶)؛ بنابراین، سیستم کنترل پوسچر باید به‌صورت مداوم برای حفظ ثبات بدن فعال باشد؛ از این رو اطلاعات سیستم‌های حسی در ساقه مغز و مخچه و سپس کورتکس مغز برای تصحیح و حفظ ثبات قامت، جمع‌آوری و پردازش می‌شود (۱۷). نتایج تحقیق حاضر نشان داد، کودکان با سندرم داون در مقایسه

نشان‌دهنده وابستگی بیشتر کودکان با سندرم داون به حس بینایی برای کنترل قامت است و همچنین نشان‌دهنده نابالیدگی عملکردی سیستم‌های حسی درگیر در کنترل قامت در دو گروه است.

## ۶ بیانیه‌ها

### تأییدیه اخلاقی و رضایت‌نامه از شرکت‌کنندگان

به منظور رعایت اصول اخلاقی پژوهش، بعد از تشریح کامل هدف پژوهش و اطمینان‌دهی درمورد محرمانه ماندن اطلاعات شرکت‌کنندگان، رضایت کتبی والدین افراد شرکت‌کننده در پژوهش دریافت شد.

### رضایت برای انتشار

این امر غیرقابل اجراست.

### دردسترس بودن داده‌ها و مواد

داده‌های این پژوهش از طریق ارتباط با رایانامه نویسنده مقاله به نشانی [armovahedi@yahoo.com](mailto:armovahedi@yahoo.com) در دسترس است.

### تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که تضاد منافع ندارند.

### منابع مالی

اعتبار برای انجام این پژوهش از منابع شخصی تأمین شده است.

### مشارکت نویسندگان

نویسنده اول مسئول اجرا، پاسخ‌گویی به سؤالات و اصلاحات پژوهش بود. نویسنده دوم ایده‌پردازی اصلی پژوهش و طراحی پروتکل پژوهش را انجام داد. نویسنده سوم تجزیه و تحلیل آماری و کمک به فرایند اجرا را بر عهده داشت. نویسنده چهارم نگارش فنی و ویراستاری علمی مقاله را انجام داد.

با کودکان سالم برای حفظ قامت و وابستگی بیشتری به حس بینایی دارند. اگرچه حذف سیستم بینایی در کودکان سالم نیز کنترل قامت را با چالش روبه‌رو کرد، واکنش‌های جبرانی کودکان با سندرم داون در مواجهه با حذف بینایی و آرایه‌های اشتباه بینایی شدیدتر بود. همچنین برهم‌زدن سیستم حس عمقی و وستیبولار در هر دو گروه باعث استفاده از راهبرد گام‌برداشتن و حتی زمین‌خوردن‌ها شد. نتایج تحقیق حاضر با نظریه سیستم‌های پویا همسوست و بر نقش سیستم‌های حسی در کنترل قامت تأکید دارد. به نظر می‌رسد از آنجاکه سیستم‌های حسی درگیر در فرایند کنترل قامت در دوران کودکی به لحاظ عملکردی به بلوغ نرسیده‌اند (۱۷)، بین کودکان با سندرم داون و کودکان سالم در مواجهه با شرایط دشوار حسی مثل حذف بینایی و حس عمقی تفاوت فاحشی وجود ندارد.

پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده تفاوت‌های مرتبط با سن در راهبردهای جبرانی کنترل قامت افراد با سندرم داون بررسی شود. همچنین به مربیان و کاردرمان‌ها توصیه می‌شود از روش‌های درمانی برای توسعه عملکرد سیستم حس عمقی و سیستم وستیبولار در کودکان با سندرم داون استفاده کنند تا وابستگی این افراد را به سیستم بینایی برای کنترل قامت کاهش دهند و از این طریق کنترل قامت این کودکان را بهبود بخشند.

## ۵ نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد، هنگام حذف یک سیستم حسی به‌ویژه حس بینایی، کودکان با سندرم داون در مقایسه با کودکان سالم راهبردهای محتاطانه‌تری را اتخاذ می‌کنند؛ با این حال در شرایط دشوارتر حسی که حس بینایی مختل می‌شود و نیز در سیستم حس عمقی تفاوت چشمگیری بین دو گروه وجود ندارد، این نتایج

## References

1. Lin H-C, Wang Y-P. Strength and agility training in adolescents with Down syndrome: a randomized controlled trial. *Res Dev Disabil*. 2012;33(6):2236–44. doi: [10.1016/j.ridd.2012.06.017](https://doi.org/10.1016/j.ridd.2012.06.017)
2. Cabeza-Ruiz R, García-Massó X, Centeno-Prada RA, Beas-Jiménez JD, Colado JC, González L-M. Time and frequency analysis of the static balance in young adults with Down syndrome. *Gait Posture*. 2011;33(1):23–8. doi: [10.1016/j.gaitpost.2010.09.014](https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.09.014)
3. Shumway-Cook A, Woollacott MH. Dynamics of postural control in the child with Down syndrome. *Phys Ther*. 1985;65(9):1315–22. doi: [10.1093/ptj/65.9.1315](https://doi.org/10.1093/ptj/65.9.1315)
4. Haley SM. Postural reactions in infants with Down syndrome. Relationship to motor milestone development and age. *Phys Ther*. 1986;66(1):17–22. doi: [10.1093/ptj/66.1.17](https://doi.org/10.1093/ptj/66.1.17)
5. Kubo M, Ulrich BD. Early stage of walking: development of control in mediolateral and anteroposterior directions. *J Mot Behav*. 2006;38(3):229–37. doi: [10.3200/jmbr.38.3.229-237](https://doi.org/10.3200/jmbr.38.3.229-237)
6. Ulrich BD, Haehl V, Buzzi UH, Kubo M, Holt KG. Modeling dynamic resource utilization in populations with unique constraints: preadolescents with and without Down syndrome. *Hum Mov Sci*. 2004;23(2):133–56. doi: [10.1016/j.humov.2004.06.002](https://doi.org/10.1016/j.humov.2004.06.002)
7. Rigoldi C, Galli M, Mainardi L, Albertini G. Evaluation of posture signal using entropy analysis and fractal dimension in adults with Down syndrome. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*. 2014;17(5):474–9. doi: [10.1080/10255842.2012.692781](https://doi.org/10.1080/10255842.2012.692781)
8. Cimolin V, Galli M, Grugni G, Vismara L, Precilios H, Albertini G, et al. Postural strategies in Prader-Willi and Down syndrome patients. *Res Dev Disabil*. 2011;32(2):669–73. doi: [10.1016/j.ridd.2010.11.017](https://doi.org/10.1016/j.ridd.2010.11.017)
9. Gupta S, Rao BK, S D K. Effect of strength and balance training in children with Down's syndrome: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil*. 2011;25(5):425–32. doi: [10.1177/0269215510382929](https://doi.org/10.1177/0269215510382929)
10. Nashner LM. Analysis of stance posture in humans. In: Towe AL, Luschei ES, editors. *Motor coordination*. Boston, MA: Springer US; 1981. pp: 527–65. doi: [10.1007/978-1-4684-3884-0\\_10](https://doi.org/10.1007/978-1-4684-3884-0_10)

11. Figura F, Cama G, Capranica L, Guidetti L, Pulejo C. Assessment of static balance in children. *J Sports Med Phys Fitness*. 1991;31(2):235–42.
12. Baston C, Mancini M, Schoneburg B, Horak F, Rocchi L. Postural strategies assessed with inertial sensors in healthy and parkinsonian subjects. *Gait Posture*. 2014;40(1):70–5. doi: [10.1016/j.gaitpost.2014.02.012](https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.02.012)
13. Guzman-Muñoz EE, Gutierrez-Navarro LB, Miranda-Diaz SE. Postural control in children, adolescents and adults with Down syndrome. *International Medical Review on Down Syndrome*. 2017;21(1):12–6. doi: [10.1016/j.sdeng.2016.09.003](https://doi.org/10.1016/j.sdeng.2016.09.003)
14. Hirabayashi S, Iwasaki Y. Developmental perspective of sensory organization on postural control. *Brain Dev*. 1995;17(2):111–3. doi: [10.1016/0387-7604\(95\)00009-z](https://doi.org/10.1016/0387-7604(95)00009-z)
15. Shams A, Aslankhani MA, Abdoli B, Ashayeri H, Zadeh MN. The effect of visual, proprioception and vestibular systems manipulation on postural control in boys with 4-16 years-old. *J Shahrekord Uni Med Sci*. 2014;16(3):22–32. [Persian]
16. Garcia C, Barela JA, Viana AR, Barela AMF. Influence of gymnastics training on the development of postural control. *Neurosci Lett*. 2011;492(1):29–32. doi: [10.1016/j.neulet.2011.01.047](https://doi.org/10.1016/j.neulet.2011.01.047)
17. Deliagina TG, Zelenin PV, Beloozerova IN, Orlovsky GN. Nervous mechanisms controlling body posture. *Physiol Behav*. 2007;92(1–2):148–54. doi: [10.1016/j.physbeh.2007.05.023](https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2007.05.023)