Journal of Arak University of Medical Sciences

February & March 2022, Vol 24, Issue 6

Research Paper

Dynamic Evaluation of Motor Coordination and Variability in Children with and without Developmental Coordination Disorder

Banafsheh Ghaheri[1], *Shahzad Tahmasebi Boroujeni[2], Mehdi Shahbazi[2], Ahmad Reza Arshi[3]

1. Department of Motor Control and Learning, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran.
2. Department of Motor Behavior and Sport Psychology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran.
3. Department of Biomechanics, School of Medical Engineering, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation: Ghaheri B, Tahmasebi Boroujeni SH, Shahbazi M, Arshi AR. [Dynamic Evaluation of Motor Coordination and Variability in Children With Developmental Coordination Disorder (Persian)]. Journal of Arak University of Medical Sciences(JAMS). 2021; 24(6).804-819. https://doi.org/10.32598/JAMS.24.6.6188.2

https://doi.org/10.32598/JAMS.24.6.6188.2

CC BY NC

Article Info:

Received: 20 Apr 2021

Accepted: 13 Nov 2021

Available Online: 01 Feb 2022

Key words:
Coordination, Variability, Children, Developmental Coordination Disorder

ABSTRACT

Background and Aim Evaluating variability can help to investigate the process underlying motor coordination problems. The current study aims to measure motor coordination and its variability in children with and without Developmental Coordination Disorder (DCD). Moreover, the symmetry of motor coordination variability in these children and the relationship between motor competence and variability are evaluated.

Methods & Materials Participants were 15 children with DCD and 20 non-DCD children aged 7-10 years. They were assessed using Movement Assessment Battery for Children-2 (MABC-2) and performed a contralateral hand-foot coordination task. Using motion capture system, motor coordination and variability were recorded and calculated using the continuous relative phase and its standard deviation, respectively.

Ethical Considerations The study with an ethical code (IR.UT.SPORT.REC.1396030) obtained from the Ethics Committee of the Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran.

Results Children with DCD showed significantly higher coordination variability, while there was no significant difference between the groups in performing the coordination task. Moreover, the variability of motor coordination was found asymmetrical in children with DCD. Finally, more variability was shown to be associated with lower score of motor competence in MABC-2.

Conclusion There is a need for employing assessments for underlying process of movement coordination such as variability, which can help provide more comprehensive understanding of motor patterns of children with DCD and the strategies that they adopt to perform a movement.

Extended Abstract

1. Introduction

Developmental coordination disorder (DCD) is a neurodevelopmental disorder characterized by impaired ability to acquire and execute coordinated motor skills which interferes with the daily activities and academic performance [1]. While lack of motor coordination skills and clumsiness are widely studied among children with DCD, the knowledge of mechanisms underlying this disorder is still limited. Commonly used screening methods are result-oriented which solely measure the outcome of the move-

* *Corresponding Author:*
Shahzad Tahmasebi Boroujeni, PhD.
Address: Department of Motor Behavior and Sport Psychology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran.
Tel: +98 (21) 61118846
E-mail: shahzadtahmaseb@ut.ac.ir

ment. Process-oriented methods can provide information regarding the strategies used to perform a movement and help design effective interventions.

Evaluating motor variability is an important method to know the underlying process of coordination, and can be used for understanding the central mechanisms of the motor system [12]. Few studies have examined motor variability in children with DCD. This study aims to evaluate the motor variability of children with DCD using a dynamic approach based on a contralateral hand-foot coordination task. Moreover, the symmetry of the coordination pattern was examined in two groups of DCD and non-DCD children.

2. Materials & Methods

Using the Movement Assessment Battery for Children-Second Edition (MABC-2), 15 children with DCD and 20 children without DCD aged 7-10 years were assessed. To assess their coordination and variability, they were asked to perform a contralateral hand-foot marching task (e.g., coordination between right hand and left foot) in the sagittal plane (in-phase coordination). Three trials of 30 seconds were performed and participants were asked to carry out the task at a preferred frequency.

Movements were recorded and analyzed using VICON motion capture system; the continuous relative phase (CRP) and standard deviation of CRP were calculated to measure coordination and variability, respectively. According to the defined task, the CRP close to zero represents greater coordination ability (Figure 1).

3. Results

Figure 2 illustrates the mean of CRP and variability of the CRP in DCD and Non-DCD groups. Children with DCD showed significantly higher variability (P=0.028). However, the CRP was not significantly different between the groups (P=0.739).

Moreover, the results revealed a significant difference between the variability of right hand-left foot and left hand-right foot coordination in children with DCD (Z= -2.10, P=0.036) (Table 1). Finally, we found a significant negative correlation between participants' coordination variability and their motor competence score in MABC-2; variability could explain 32% of the variance in the motor competence.

4. Discussion & Conclusion

Children with DCD showed more variability in coordinating their contralateral hands and foots, and their coordination had asymmetry. Moreover, children with more coordination variability had lower level of motor competence in MABC-2. Increased variability has been observed in patients with DCD under different tasks [17-20] and several explanations have been provided. For instance, it is suggested that the increased variability in these children is due to a significant noise in their neuro-motor system [21]. However, in the current study no difference

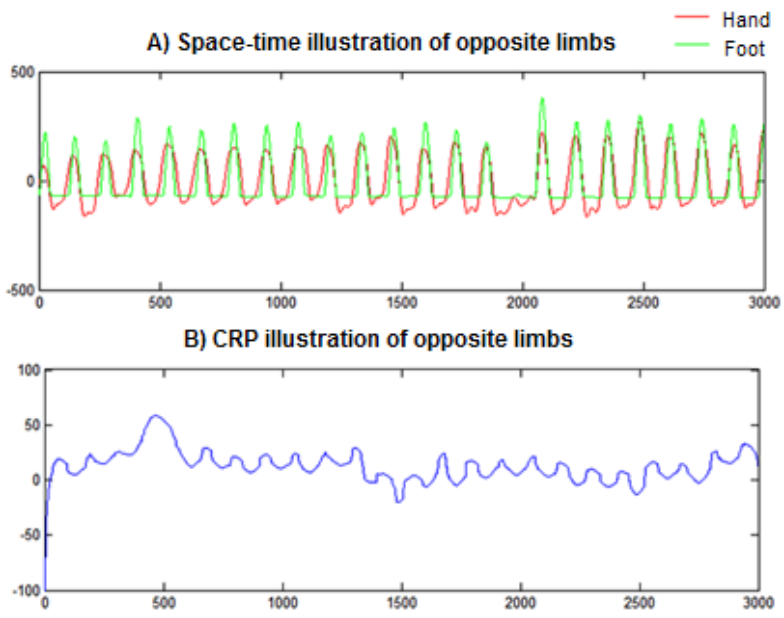


Figure 1. Space-time (A) and CRP (B) of contralateral hands and foots

Table 1. Results of multiple regression analysis (Dependent variable: MABC-2 score)

Variables	B	Beta	t	95% CI	P
Age	6.37	0.22	1.33	(-3.42, 16.15)	0.194
Body mass index	-1.89	-0.26	-1.65	(-4.32, 0.46)	0.110
Preferred frequency	0.32	0.12	0.69	(-0.064, 1.07)	0.498
CRP	0.22	0.09	0.52	(-0.064, 1.07)	0.609
Variability	-1.89	-0.44	-2.53	(-3.42, -0.36)	0.017*

*P<0.05

Journal of
Arak University of Medical Sciences

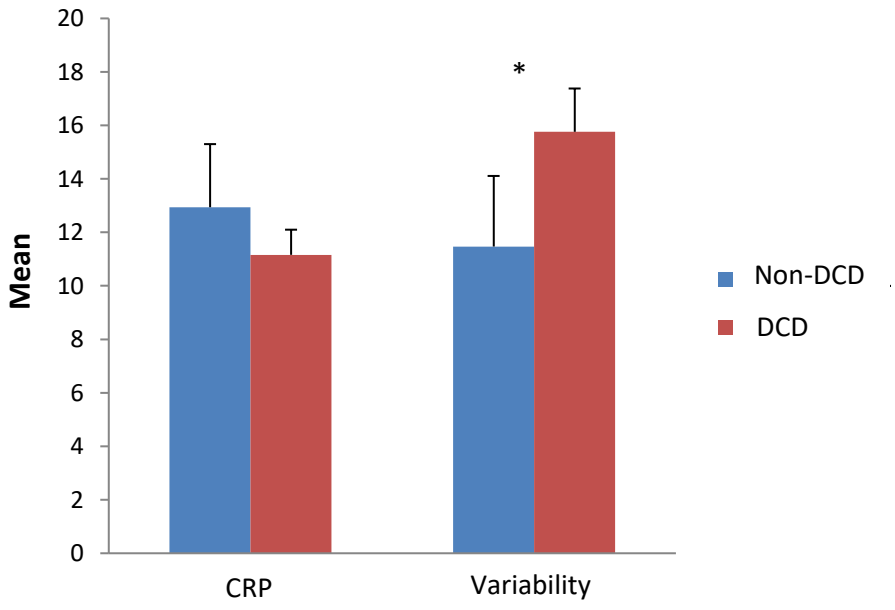


Figure 2. Comparing the CRP and variability of the CRP in tow study groups

Journal of
Arak University of Medical Sciences

*P<0.05

was found between the performance of children with and without DCD in the marching task. According to the dynamic systems theory, the increased variability can be a compensatory strategy for children with DCD to explore the solution for executing the task properly [26]. This can explain the higher variability in children with DCD, although they were not significantly different with non-DCD children in performing the task.

The asymmetry of the variability in children with DCD is associated with their deficit in integrating the sensory information such as proprioceptive feedback [20]. However, the research in this area is still sparse, and more studies are needed to explore the underlying mechanisms. The negative correlation between the coordination variability and motor competence in children highlights the importance of process-oriented measures and dynamic approach for comprehensive understanding of the motor difficulties in children with DCD.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

The current study was approved by the Ethics Committee of the Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran (Code: IR.UT.SPORT.REC.1396030).

Funding

This study was extracted from the PhD. Dissertation of the first author at the Department of Motor Behavior, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran.

Authors' contributions

All authors met the standard criteria for writing based on the recommendations of the International Committee of Publishers of Medical Journals (ICMJE).

Conflicts of interest

The authors declared no conflicts of interest.

Acknowledgements

The authors would like to thank all parents and children who participated in this study for their cooperation.

This Page Intentionally Left Blank

مقاله پژوهشی

ارزیابی دینامیک هماهنگی حرکتی و تغییرپذیری در کودکان با اختلال هماهنگی رشدی

بنفشه قاهری[1]، *شهزاد طهماسبی بروجنی[2]، مهدی شهبازی[2]، احمدرضا عرشی[3]

۱. گروه یادگیری و کنترل حرکتی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۲. گروه رفتار حرکتی و روان‌شناسی ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۳. گروه آموزشی بیومکانیک، دانشکده مهندسی پزشکی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله:
تاریخ دریافت: ۳۱ فروردین ۱۴۰۰
تاریخ پذیرش: ۲۲ آبان ۱۴۰۰
تاریخ انتشار: ۱۲ بهمن ۱۴۰۰

چکیده

زمینه و هدف : ارزیابی تغییرپذیری از جمله راهکارهایی است که می‌تواند به بررسی فرایندهای منجر به مشکلات هماهنگی حرکتی کمک کند. هدف از پژوهش حاضر ارزیابی هماهنگی حرکتی و تغییرپذیری آن در کودکان با اختلال هماهنگی رشدی بود. همچنین تقارن تغییرپذیری هماهنگی در این کودکان و رابطه بین مهارت‌های حرکتی با میزان تغییرپذیری مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها پس از ارزیابی مهارت‌های حرکتی کودکان ۱۰-۷ سال با استفاده از مجموعه آزمون ارزیابی حرکت کودکان، ۱۵ کودک دارای اختلال هماهنگی رشدی و ۲۰ کودک بدون اختلال هماهنگی رشدی، یک تکلیف هماهنگی دست و پای مخالف را اجرا کردند. حرکات با استفاده از سیستم آنالیز حرکت ثبت و ارزیابی هماهنگی حرکتی و تغییرپذیری به ترتیب با محاسبه فاز نسبی پیوسته و انحراف معیار آن صورت گرفت.

ملاحظات اخلاقی مطالعه حاضر با کد IR.UT.SPORT.REC.1396030 در کمیته اخلاق پژوهش دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تهران تصویب شده است.

یافته‌ها کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی به‌طور معنادار تغییرپذیری بیشتری نشان دادند. این تفاوت در اجرای تکلیف هماهنگی مشاهده نشد. در تغییرپذیری هماهنگی حرکتی کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی، عدم تقارن مشاهده شد. درنهایت، تغییرپذیری بیشتر با نمره کمتر در مهارت‌های حرکتی شرکت‌کنندگان همراه بود.

نتیجه‌گیری پژوهش حاضر لزوم به‌کارگیری اندازه‌گیری‌های مرتبط با فرایندهای زیربنایی هماهنگی حرکت از جمله تغییرپذیری را نشان می‌دهد که شناخت جامع‌تری از الگوهای حرکتی کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی و استراتژی‌های مورد استفاده آن‌ها در تولید و اجرای حرکت به وجود می‌آورد.

کلیدواژه‌ها:

هماهنگی، تغییرپذیری، کودکان، اختلال هماهنگی رشدی

مقدمه

اختلال هماهنگی رشدی[1] با نقص در اکتساب و اجرای مهارت‌های هماهنگی حرکتی شناخته می‌شود و به‌صورت خام‌حرکتی[2] و کُندی یا بی‌دقتی در اجرای مهارت‌های حرکتی بروز پیدا می‌کند، به‌طوری که در فعالیت‌های روزمره و عملکرد تحصیلی کودک اختلال ایجاد می‌کند [۱]. مطالعات طولی و متعددی نشان می‌دهند نقص در هماهنگی حرکتی، کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی و با اختلالات مشابه را در خطر مشکلات ثانویه از جمله مشکلات روانی‌اجتماعی، کناره‌گیری از شرکت در فعالیت‌های جسمانی و در نتیجه کاهش فرصت رشد مهارت‌های حرکتی و آمادگی جسمانی و چاقی قرار می‌دهد [۲-۷]. اختلال هماهنگی رشدی بیش از ۶ درصد کودکان را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد [۸] که این میزان در پسران و دختران ایرانی به ترتیب ۳/۵۳ و ۱/۸۵ درصد گزارش شده است [۹]. شواهد مختلف نشان می‌دهند مشکلات هماهنگی این کودکان می‌تواند تا بزرگسالی ادامه یابد [۱۰].

تاکنون ویژگی‌های مرتبط با هماهنگی حرکتی ضعیف‌تر و خام‌حرکتی در کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی تا حدود زیادی قابل‌توضیح و مشخص شده است. با این حال، اطلاعات در زمینه مکانیسم‌های زیربنایی و دلایل آن همچنان محدود است. شیوه‌های مختلفی در غربالگری و ارزیابی رشد حرکتی

1. Developmental coordination disorder(DCD)
2. Clumsiness

* نویسنده مسئول:
دکتر شهزاد طهماسبی بروجنی
نشانی: تهران، دانشگاه تهران، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، گروه رفتار حرکتی و روانشناسی ورزشی.
تلفن: ۶۱۱۱۸۸۴۶ (۲۱) ۹۸+
پست الکترونیکی: shahzadtahmaseb@ut.ac.ir

کودکان وجود دارد که بسیاری از آن‌ها به بررسی خروجی تکلیف حرکتی (مانند مدت زمان و تعداد تکرار) می‌پردازند. این ارزیابی‌ها که اغلب نتیجه‌محور است، دانش کمی درباره چگونگی اجرای تکلیف در اختیار پژوهشگران و مربیان قرار می‌دهند. از سوی دیگر، روش‌های ارزیابی مهارت حرکتی فرایندمحور چگونگی و استراتژی مورد استفاده برای اجرای حرکت را مورد آنالیز قرار می‌دهند و آگاهی از فرایندهای تولید و اجرای حرکت، شناسایی مکانیسم‌های زیربنایی حرکت را برای رشد و بهبود مهارت‌های حرکتی ممکن می‌سازند [۱۱].

ارزیابی تغییرپذیری[3] روشی مهم در شناخت فرایندهای زیربنایی هماهنگی به حساب می‌آید. امروزه پژوهش‌ها در حیطه کنترل حرکتی، تغییرپذیری را به‌عنوان دریچه‌ای به شناخت سازوکارهای مرکزی و مهم سیستم حرکتی در نظر می‌گیرند [۱۲]. اهمیت مکانیسم‌های حرکتی نظیر تغییرپذیری تا جایی پیش رفته است که پژوهش‌های اخیر استفاده از چنین ارزیابی‌هایی را در تکالیفی نظیر راه رفتن به‌عنوان مارکرهای تشخیصی در کودکان با اختلالات رشدی پیشنهاد می‌کنند [۱۴، ۱۳]. از این رو، مطالعات اخیر از رویکردهای مختلف به ارزیابی و مقایسه تغییرپذیری در کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی پرداخته‌اند. پژوهش‌های اولیه حاکی از تغییرپذیری بیشتر این کودکان در زمان‌بندی حرکات بود [۱۶، ۱۵].

در مطالعات بعدی تکالیف حرکتی مختلف نظیر حرکات ریتمیک[4]، تولید نیرو و راه رفتن نیز گزارش شد [۲۰-۱۷]. بر اساس نظریه نویز عصبی-حرکتی[5]، سیگنال عصبی-حرکتی آلوده به نویزهایی می‌شود که در درون و بیرون سیستم عصبی قرار دارند [۲۱]. براین اساس، تغییرپذیری بیشتر در کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی ناشی از نویز موجود در سطوح بالاتر سیستم عصبی‌حرکتی آن‌ها عنوان شده است که به‌صورت تغییرپذیری بیشتر در سیستم یک عضو بروز پیدا می‌کند [۲۲]. مطالعات جدیدتر مطرح می‌کنند مشکلات هماهنگی حرکتی در این کودکان به‌طور دقیق‌تر با بررسی چگونگی سازمان یافتن فضایی-زمانی الگوهای حرکت امکان‌پذیر است و بررسی فرایندهای کنترل حرکتی در این سطح نیاز به رویکردهای دیگر نظیر دیدگاه سیستم‌های پویا دارد. این دیدگاه به‌طور جزیی‌تر بر جنبه فضایی-زمانی حرکات از طریق توضیح تکامل الگوهای حرکتی در طول زمان تمرکز می‌کند [۲۳]. به‌طور مثال پژوهش‌های اولیه با این رویکرد نشان دادند پایداری کمتر هماهنگی در کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی ناشی از نقص در دینامیک کنترل حرکتی و جفت‌شدن ضعیف‌تر واحدهای ریتمیک درگیر در اجرای حرکت است [۲۲]. پژوهش‌های اخیر با رویکرد سیستم‌های پویا این فرضیه را پررنگ کرد که تغییرپذیریِ بیشتر در کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی ممکن است تنها، بازتاب‌کننده نویز نباشد [۲۶-۲۴]. درجاتی از تغییرپذیری به‌طور طبیعی در زمان تلاش کودکان برای اجرای یک تکلیف جدید اتفاق می‌افتد که ناشی از اکتشاف فضای عمل و نوعی استراتژی برای بهینه‌سازی کنترل و یادگیری حرکت حین کوشش‌های تکراری است [۲۷]. درواقع، در مطالعات اخیر تغییرپذیری به‌عنوان یک استراتژی جست‌وجوگرانه برای پیدا کردن راه حل تکلیف شناخته شده است، به‌طوری که افراد با جستجو و اکتشاف در فضاهای حرکت ممکن و از طریق اطلاعاتی که از تعامل تکلیف و محیط آن‌ها را هدایت می‌کند، به راه‌حل تکلیف دست می‌یابند [۱۴]. اگرچه برخی تغییرپذیری را بازتابی از نویز موجود در سیستم عصبی‌حرکتی و نوعی الگوی یادگیری غیرطبیعی عنوان می‌کنند [۲۱]، برخی شواهد هم نشان می‌دهد احتمالاً بخش اعظم تغییرپذیری در کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی تنها نشان‌دهنده نویز نیست و لزوماً به اجرای حرکتی ضعیف در آن‌ها منجر نمی‌شود [۲۸]. در مطالعه گولنیا و همکاران با استفاده از روش منیفُلد کنترل‌نشده[6] دو نوع تغییرپذیری در حرکات دسترسی هدف‌دار در کودکان ۶ تا ۱۱ سال با و بدون اختلال هماهنگی رشدی شناسایی شد. یک نوع تغییرپذیری که تأثیری بر موقعیت مکانی انگشت اشاره نداشت[7] و نوعی دیگر از تغییرپذیری که بر موقعیت مکانی انگشت اشاره اثرگذار[8] بود. به عبارت دیگر، Vucm یا تغییرپذیری که همراه با تأثیر بر موقعیت مکانی انگشت اشاره نیست، تغییرپذیری زوایای آن دسته از مفاصلی است که در طول کوشش‌های تکراری، واریانس و تغییرات آن‌ها تأثیری بر موقعیت فضایی انگشت اشاره ندارد و Vort یا تغییرپذیری که همراه با تأثیر بر موقعیت مکانی انگشت اشاره است، به تغییرات مجموعه زوایای مفاصلی برمی‌گردد که به انحراف و تغییر مکانی انگشت اشاره منجر می‌شود. نتایج پژوهش گولنیا و همکاران نشان داد کودکانی که تغییرپذیری همراه با تأثیر بر موقعیت مکانی انگشت اشاره ندارند، دارای اختلال هماهنگی رشدی بیشتری نسبت به گروه کودکان بدون اختلال هماهنگی رشدی هستند، در حالی که دو گروه در میزان تغییرپذیری همراه با تأثیر بر موقعیت مکانی انگشت اشاره، مشابه یکدیگر بودند. آن‌ها نتیجه گرفتند الگوهای هماهنگی در کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی دارای تغییرپذیری بیشتر است، اما این تغییرپذیریِ بیشتر، عملکرد آن‌ها را در اجرای تکلیف حرکتی تحت‌تأثیر قرار نمی‌دهد [۲۸]. هنوز مشخص نیست تغییرپذیری در کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی ناشی از چه مکانیسم و سازوکاری است. اغلب پژوهش‌ها در این زمینه بر تغییرپذیری اجرا (بین‌کوششی) تمرکز کرده‌اند و دانش محدودی در زمینه تغییرپذیری الگوهای هماهنگی در این

3. Variability
4. Rhythmic
5. Neuromotor noise theory

6. Uncontrolled manifold (UCM)
7. VUncontrolled manifold (Vucm)
8. VOrthogonal (Vort)

گروه وجود دارد [۲۸]. این در حالی است که اختلال هماهنگی رشدی یک اختلال هماهنگی است و ارزیابی تغییرپذیری در تکالیفی که نیاز به هماهنگ کردن اندام مختلف برای رسیدن به هدف تکلیف دارد، می‌تواند چشم‌انداز بهتری در مورد ماهیت تغییرپذیری آن‌ها به دست دهد.

از سوی دیگر، تقارن از ویژگی‌های سیستم‌های حرکتی بدون اختلال در نظر گرفته می‌شود که کارآمدی و بهینه بودن الگوهای حرکتی نظیر راه رفتن وابسته به آن است [۲۹، ۳۰]. عدم‌تقارن در پارامترهایی چون طول گام و مدت‌زمان چرخه گام‌برداری در اندام راست و چپ کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی نیز گزارش شده است [۳۱]، به‌طوری که ممکن است این کودکان انرژی بیشتری نسبت به کودکان بدون اختلال هماهنگی رشدی در تولید الگوهای راه رفتن مصرف کنند. همچنین برخی پژوهش‌ها تغییرپذیری افزایش‌یافته در راه رفتن کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی را ناشی از این عدم تقارن عنوان کردند [۳۱]. با توجه به بحث‌های تئوریکی موجود مبنی بر اختلال کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی در فرایندهای کنترل دینامیکی (نسبت و میزان جفت‌شدگی اجزای سیستم حرکتی) و نیز با توجه به اینکه هسته اصلی اختلال در هماهنگی رشدی، اختلال در هماهنگی است، نیاز به اندازه‌گیری‌هایی وجود دارد که پارامترهای مرتبط با دینامیک حرکت (نظیر فاز نسبی) را مورد هدف قرار دهند. بر این اساس، پژوهش حاضر قصد دارد با استفاده از سیستم آنالیز حرکت و از طریق پارامترهای فضایی-زمانی به اندازه‌گیری دینامیک هماهنگی و تغییرپذیری در کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی و در یک تکلیف هماهنگی دست و پای مخالف بپردازد. تقارن یا عدم تقارن تغییرپذیری در الگوی هماهنگی طرفین در گروه کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی و بدون اختلال هماهنگی رشدی بررسی خواهد شد. درنهایت، در پژوهش حاضر رابطه بین میزان مهارت‌های حرکتی و تغییرپذیری در شرکت‌کنندگان مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع شبه‌تجربی و با هدف مقایسه تغییرپذیری هماهنگی حرکتی کودکان با و بدون اختلال هماهنگی رشدی انجام شد. جامعه آماری مطالعه شامل دانش‌آموزان پسر ۷ تا ۱۰ سال شهر تهران بود. تعداد نمونه در هر گروه با استفاده از نرم‌افزار G*Power با اندازه اثر ۰/۹۵، توان آماری ۰/۸۰ و آلفای ۰/۰۵، ۱۵ نفر برآورد شد. با استفاده از مجموعه آزمون ارزیابی حرکت کودکان، ویرایش دوم[9] تعداد ۱۵ کودک با اختلال و ۲۰ کودک بدون اختلال هماهنگی رشدی به صورت در دسترس انتخاب شدند. بر اساس آزمون ارزیابی حرکت، کودکان با نمره درصدی پایین‌تر از ۱۵ به‌عنوان کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی درنظر گرفته می‌شوند [۳۲]. مجموعه آزمون ارزیابی حرکت در قالب هشت تکلیف برای سه رده سنی ۶-۳، ۱۰-۷ و ۱۶-۱۱ سال طراحی شده است که در پژوهش حاضر با توجه به رده سنی شرکت‌کنندگان از خرده‌مقیاس‌های مرتبط با رده سنی ۷ تا ۱۰ سال استفاده شد. مهارت‌های مورد ارزیابی عبارتند از چالاکی دست‌ها شامل سه تکلیف نقاشی، جای‌گذاری مهره‌ها و نخ کردن، هدف‌گیری و دریافت شامل دو تکلیف دریافت توپ و پرتاب کیسه لوبیا به سمت تشک و مهارت‌های تعادلی شامل سه تکلیف تعادل روی تخته تعادل (تعادل ایستا)، قدم برداشتن با الگوی پاشنه- پنجه و لی‌لی کردن (تعادل پویا) است. مدت زمان اجرای آزمون با توجه به سن کودک، میزان دشواری اجرای مهارت‌هایی که تجربه می‌کند و همچنین تجربه آزمونگر از ۲۰ الی ۴۰ دقیقه متغیر است. همچنین هریک از خرده‌مقیاس‌ها در قالب دو کوشش توسط کودک اجرا می‌شوند و بهترین اجرای کودک در هر یک از تکالیف (به‌صورت امتیاز یا زمان اجرای تکلیف) نسبت به سن او متناسب‌سازی و نمرات خام تبدیل به نمرات استاندارد و نمرات درصدی می‌شود. آزمون ارزیابی حرکت در مطالعات مختلف اعتبارسنجی و روایی و پایایی آن به ترتیب بین ۰/۹۳-۰/۷۳ و ۰/۸۰-۰/۶۸ گزارش شده است [۳۲، ۳۳]. همچنین این آزمون در کودکان ۷ تا ۱۰ سال شهر تهران با ضریب همبستگی[10] ۰/۹۸۵ و ضریب آلفای کرونباخ[11] ۰/۸۴۳ مورد تأیید قرار گرفته است [۳۴]. پیش از شروع ارزیابی‌ها قد، وزن و مشخصات فردی آزمودنی‌ها ثبت شد. معیارهای ورود به مطالعه شامل عدم داشتن اختلال ارتوپدی و ناهنجاری‌های جسمانی که با عملکرد حرکتی کودک منافات داشته باشد، عدم مصرف هر گونه داروی تأثیرگذار بر شاخص‌های اندازه‌گیری شده، عدم وجود اختلالات تشنجی شدید و حضور داوطلبانه برای شرکت در پژوهش بود. طی یک جلسه حضوری اهداف و مراحل پژوهش به خانواده‌های کودکان توضیح و ضمن اطمینان دادن از حفظ اطلاعات شخصی، فرم رضایت آگاهانه در اختیار آن‌ها قرار داده شد. از میان ۵۴ کودکی که توسط آزمون ارزیابی حرکت ارزیابی و طبقه‌بندی شدند، تعداد ۳۵ کودک (۲۰ کودک با و ۱۵ کودک بدون اختلال هماهنگی رشدی) داوطلب شرکت در ادامه پژوهش برای آنالیز حرکت شدند.

برای ارزیابی هماهنگی و تغییرپذیری از یک تکلیف هماهنگی حرکتی دست و پا[12] استفاده شد. در این تکلیف از آزمودنی‌ها خواسته شد که با فرکانس ترجیحی خود دست و پای مخالف را به‌طور هم‌زمان در صفحه سهمی یا ساجیتال[13] حرکت دهند، به‌طوری که دست و پای مخالف در تمامی مدت زمان اجرای

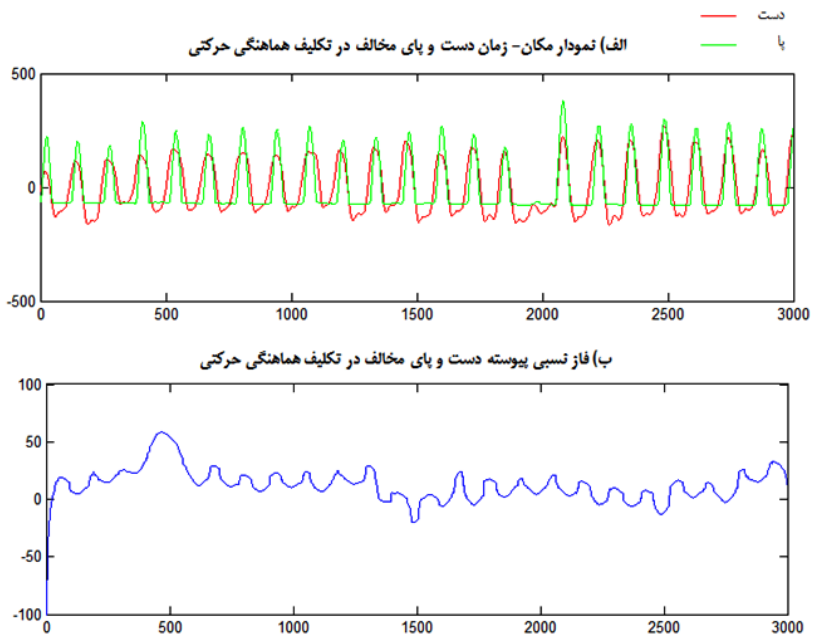
9. Movement Assessment Battery for Children (MABC-2)

10. Correlation coefficient
11. Cronbach's alpha
12. Marching
13. Sagittal plane

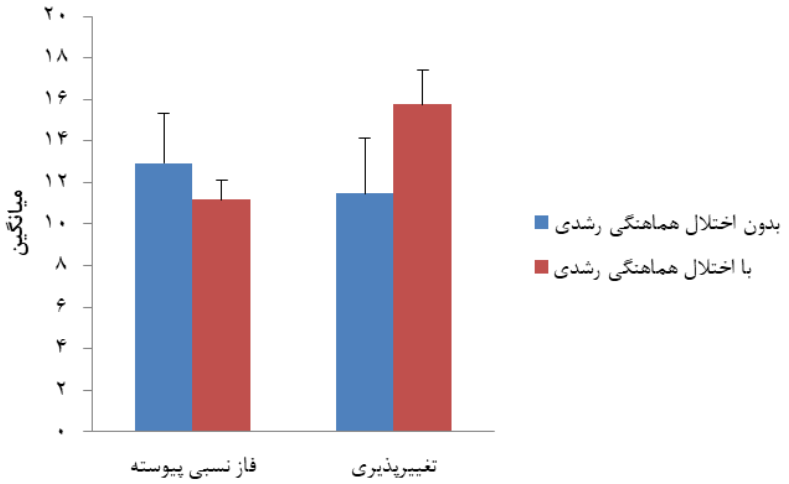
تکلیف در حالت درون‌مرحله[14] هماهنگ شوند. پیش از شروع ارزیابی، تکلیف هماهنگی به‌طور عملی توسط آزمونگر اجرا و توضیح داده شد و با اطمینان از آمادگی کودکان، تکلیف مورد نظر در سه کوشش۳۰ ثانیه‌ای توسط آن‌ها اجرا شد. کوشش‌ها با تأکید بر هم‌زمانی بالا و پایین رفتن دست و پای مخالف به‌طوری که زاویه آرنج و زانو در حدود ۹۰ درجه قرار داشته باشند، انجام شد. برای ثابت نگه داشتن شرایط بینایی و توجه آزمودنی‌ها از آن‌ها خواسته و تأکید شد که در طول اجرای تکلیف نگاه خود را روی ضربدری که بر دیوار روبه‌روی آن‌ها قرار داشت، متمرکز کنند. برای ثبت کینماتیک[15] حرکات از دستگاه آنالیز حرکت وایکان[16] با شش دوربین ۲۴۰ هرتز مدل بونیتا[17] که بر روی پایه‌های دوربین ثابت شدند و نیز نشانگرهای بازتاب‌دهنده نور (به قطر ۱۴ میلی‌متر) در نواحی مچ دست‌ها و قوزک خارجی پاها استفاده شد. ثبت داده‌ها با فرکانس ۱۰۰ هرتز صورت گرفت و لیبیل‌گذاری[18] توسط نسخه ۲-۸ نرم‌افزار Nexus انجام شد. برای محاسبه هماهنگی و تغییرپذیری به ترتیب از شاخص‌های فاز نسبی پیوسته[19] و انحراف معیار فاز نسبی پیوسته استفاده شد. در این روش موقعیت مکانی مفاصل مورد نظر به‌صورت دو سیگنال در واحد زمان ارزیابی و فاز نسبی الگوهای بین دو سیگنال در هر لحظه از زمان محاسبه می‌شود. برای دستیابی نهایی به میزان هماهنگی در الگوی مورد نظر، میانگین فازهای نسبی در مدت زمان اجرای تکلیف محاسبه می‌شود که مقداری بین صفر و ۱۸۰ خواهد بود [۳۵]. فاز نسبی به‌عنوان روشی مفید در تشخیص و ارزیابی دینامیک هماهنگی اختلالات حرکتی نظیر اختلال هماهنگی رشدی پیشنهاد شده است [۲۳]. با توجه به هدف تکلیف در پژوهش حاضر، هرچه شاخص فاز نسبی پیوسته دست و پای مخالف به صفر نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده هماهنگی بیشتر فرد و هرچه انحراف معیار فاز نسبی پیوسته کوچک‌تر باشد، نشان‌دهنده تغییرپذیری کمتر است (تصویر شماره ۱).

برای بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو ویلک[20] و برای تعیین همگنی واریانس‌ها از آزمون لوین[21] استفاده شد. برای مقایسه ویژگی‌های جمعیت‌شناختی، هماهنگی و تغییرپذیری دو گروه با و بدون اختلال هماهنگی رشدی و بر اساس توزیع داده‌ها، آزمون تی مستقل[22] و من ویتنی یو[23] و برای مقایسه تغییرپذیری هماهنگی دو طرف بدن آزمون ویلکاکسون[24] به کار برده شد. در نهایت، با استفاده از تحلیل رگرسیون خطی چندگانه[25] رابطه بین تغییرپذیری و نمره کل مهارت‌های هماهنگی حرکتی آزمودنی‌ها در آزمون ارزیابی حرکت مورد ارزیابی قرار گرفت. محاسبه فاز نسبی پیوسته و تغییرپذیری با استفاده از نرم‌افزار MATLAB نسخه ۲۰۱۴ و تجزیه‌وتحلیل

14. In-phase
15. Kinematic
16. Vicon, Oxford, UK
17. Bonita
18. Labelizing
19. Continuous Relative Phase (CRP)
20. Shapiro-Wilk
21. Levene's test
22. T-test Independent samples
23. Mann-Whitney U
24. Wilcoxon signed-rank test
25. Multiple regression



تصویر ۱. نمودار الف) موقعیت ب) فاز نسبی پیوسته دست و پای مخالف یک آزمودنی در طول زمان



تصویر ۲. مقایسه فاز نسبی پیوسته و تغییرپذیری در گروه‌های با اختلال هماهنگی رشدی و بدون اختلال هماهنگی رشدی، *معناداری در سطح P<۰/۰۵

آماری داده‌ها از طریق نسخه ۲۰ نرم‌افزار SPSS انجام شد. سطح معناداری در تمام تحلیل‌ها P<۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

بر اساس نتایج آزمون شاپیرو ویلک، متغیرهای قد و وزن دارای توزیع نرمال و دیگر متغیرهای از توزیع غیرنرمال برخوردار بودند. جدول شماره ۱، ویژگی‌های جمعیت‌شناختی و مقایسه آن‌ها در شرکت‌کنندگان را نشان می‌دهد که بر اساس آن دو گروه تفاوت معناداری با یکدیگر نداشتند.

تصویر شماره ۲، میانگین فاز نسبی پیوسته و تغییرپذیری را در دو گروه نشان می‌دهد. بر اساس نتایج آزمون من‌ویتنی یو، کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی (Mdn=۱۵/۹۰) به‌طور معناداری تغییرپذیری بیشتری در هماهنگی دست و پای مخالف نسبت به کودکان بدون اختلال هماهنگی رشدی (Mdn=۱۰/۴۳) نشان دادند (P=۰/۰۲۸، U=۸۴). در حالی که فاز نسبی پیوسته تفاوت معناداری را در بین دو گروه نشان نداد (P=۰/۷۳۹، U=۱۴۰).

همچنین، نتایج آزمون ویلکاکسون نشان داد در کودکان اختلال هماهنگی رشدی، تغییرپذیری در هماهنگی دست راست پای چپ (Mdn=۱۴/۷۴) و دست چپ پای راست (Mdn=۱۴/۶۸) به‌طور معناداری متفاوت است (P=۰/۰۳۶، Z=-۲/۱۰)، در حالی که این تفاوت در گروه کودکان بدون اختلال هماهنگی رشدی مشاهده نشد (P=۱/۰۰، Z<۰/۰۰۱).

در نهایت، نتایج رگرسیون خطی چندگانه نشان داد بین تغییرپذیری هماهنگی و نمره شرکت‌کنندگان در آزمون ارزیابی حرکت رابطه منفی و معناداری وجود دارد (r=۰/۵۶۴، P=۰/۰۴۰، F(۵، ۲۹)=۲/۷۱)، به‌طوری که به ازای هر واحد افزایش در تغییرپذیری هماهنگی دست و پای مخالف، ۱/۸۹ واحد از نمره مهارت‌های حرکتی کاسته می‌شود (جدول شماره ۲). همچنین تغییرپذیری ۳۲ درصد از واریانس نمره مهارت‌های حرکتی در آزمون ارزیابی حرکت را تبیین کرد.

بحث

بر اساس نتایج پژوهش حاضر، کودکان با اختلال هماهنگی رشدی در تکلیف هماهنگی دست و پا تغییرپذیری بیشتری نسبت به گروه بدون اختلال هماهنگی رشدی داشتند. اگرچه بین دو گروه تفاوتی در اجرای تکلیف هماهنگی مشاهده نشد. نتایج نشان داد در تغییرپذیری هماهنگی حرکتی طرف راست و چپ کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی، عدم تقارن وجود دارد. در نهایت، نتایج پژوهش حاضر نشان داد کودکان با تغییرپذیری بیشتر، سطح مهارت حرکتی پایین‌تری در آزمون ارزیابی حرکت دارند، به طوری که تغییرپذیری تا ۳۲ درصد از تغییرات سطح مهارت‌های حرکتی در آن‌ها را تبیین کرد.

بالاتر بودن میزان تغییرپذیری در کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی نسبت به کودکان بدون اختلال هماهنگی رشدی در مطالعات گذشته و در تکالیف حرکتی مختلف نظیر راه رفتن، هماهنگی چندعضوی، تکلیف دسترسی هدف‌دار و تکلیف تولید نیرو نیز مشاهده شده است [۲۸، ۲۰-۱۷]. نتایج مشابه در کودکان با اختلالات طیف اوتیسم[26] که از نظر پروفایل حرکتی شباهت عمده‌ای با کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی دارند، به دست آمده است [۱۴]. پیشنهاد می‌شود در فرایند رشد مهارت‌های حرکتی نظیر راه رفتن از تغییرپذیری به‌عنوان نشانگرهایی در تشخیص این اختلالات استفاده شود [۳۶]. توضیحات مختلفی برای تغییرپذیری افزایش‌یافته در کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی عنوان شده است که از

26. Autism Spectrum Disorder (ASD)

جدول ۱. مشخصات جمعیت‌شناختی شرکت‌کنندگان

مشخصات جمعیت‌شناختی	میانگین±انحراف معیار		P
	کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی	کودکان بدون اختلال هماهنگی رشدی	
سن (سال)	۸/۵۳±۰/۷۹	۸/۹۵±۰/۸۱	۰/۰۸۶
قد (متر)	۱/۳۱±۰/۰۹	۱/۳۶±۰/۰۹	۰/۰۸۵
وزن (کیلوگرم)	۳۳/۰۷±۹/۱۷	۳۳/۵۰±۹/۵۵	۰/۸۹۳
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر مترمربع)	۱۸/۹۴±۳/۵۳	۱۷/۶۷±۳/۱۲	۰/۲۶۸

نتایج رگرسیون خطی چندگانه بین متغیرهای پیش‌بین و متغیر ملاک در گروه کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی

	B	Beta	t	95% CI	P
سن	۶/۳۷	۰/۲۲	۱/۳۳	(-۳/۴۲، ۱۶/۱۵)	۰/۱۹۴
شاخص توده بدنی	-۱/۸۹	-۰/۲۶	-۱/۶۵	(-۴/۲۳، ۰/۴۶)	۰/۱۱۰
فرکانس ترجیحی	۰/۳۲	۰/۱۲	۰/۶۹	(-۰/۶۴، ۱/۰۷)	۰/۴۹۸
فاز نسبی پیوسته	۰/۲۲	۰/۰۹	۰/۵۲	(-۰/۶۴، ۱/۰۷)	۰/۶۰۹
تغییرپذیری	-۱/۸۹	-۰/۴۴	-۲/۵۳	(-۳/۴۲، -۰/۳۶)	۰/۰۱۷*

*معناداری در سطح P<۰/۰۵

آن جمله می‌توان به جفت‌شدگیِ ضعیف‌تر نوسانگرهایی اشاره کرد که به‌عنوان واحدهای ریتمیک درگیر در اجرای تکلیف عمل می‌کنند [۲۳]. از سوی دیگر، بر اساس نظریه عصبی‌حرکتی نویز، تغییرپذیری بیشتر در این کودکان ناشی از نویز قابل‌ملاحظه در سیستم عصبی‌حرکتی آن‌ها و عدم توانایی در کنترل آن بیان شده است [۲۱]. بر اساس نتایج پژوهش حاضر بین کودکان با و بدون اختلال هماهنگی رشدی، تفاوتی در اجرای تکلیف هماهنگی دست و پا مشاهده نشد که این امر شبهاتی را در نقش و تفسیر تغییرپذیری در این گروه و نیاز به استفاده از رویکردهای دیگر را به‌ویژه در تکالیف هماهنگی به وجود می‌آورد.

بر اساس رویکرد سیستمی، انسان برای اجرای موفق تکلیف با بهره‌گیری از تغییرپذیری سیستم حرکتی، از استراتژی‌های تنظیمی متفاوتی در مقابله با محدودیت‌های حرکتی استفاده می‌کند [۲۶]. به عبارت دیگر، تغییرپذیری حرکتی نقشی کاربردی در راه‌اندازی رفتارهای تطبیقی در سیستم‌های حرکت دارد، به طوری که اجازه می‌دهد سیستم اعصاب مرکزی از طریق دسترسی به فراوانی درجات آزادیِ سیستم حرکتی ابعاد زیادی را به کار گیرد [۳۷]. بر اساس این رویکرد، تغییرپذیری بیشتر در کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی می‌تواند حاصل از فرایند اکتشاف باشد. اکتشافی که برای پیدا کردن راه‌حل‌های اجرای تکلیف صورت می‌گیرد و می‌تواند دلیل بر افزایش تغییرپذیری باشد [۳۸، ۵]. با توجه به عملکرد مشابه کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی و بدون اختلال هماهنگی رشدی در اجرای تکلیف در پژوهش حاضر و هم‌راستا با مطالعات گذشته [۲۸، ۱۸، ۱۷]، به نظر می‌رسد تغییرپذیری افزایش‌یافته در کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی ناشی از نیاز بیشتر آن‌ها به اکتشاف و یک استراتژی جبرانی برای اجرای هر چه بهتر تکلیف هماهنگی دست و پای مخالف باشد. از سوی دیگر، رویکرد علوم اعصاب محاسباتی نیز عنوان می‌کند تکالیف حرکتی‌ای که زودتر رشد می‌یابند و در نتیجه کودک تجربه بیشتری در اجرای آن‌ها دارد، مانند تکلیف مارشِ زدن در مطالعه حاضر (الگویی مشابه با راه رفتن)، شامل حرکاتی می‌باشند که به خوبی تمرین شده‌اند و تقریباً به‌طور قطعی دارای مدل درونی هستند. وجود یک مدل درونی مطمئن سبب می‌شود که تفاوتی میان عملکرد کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی و بدون اختلال هماهنگی رشدی در اجرای تکلیف هماهنگی دست و پا مشاهده نشود [۱۷]. این امر نشان می‌دهد علاوه بر ارزیابی‌های فضایی-زمانی، اندازه‌گیری و در نظر گرفتن تغییرپذیری به‌ویژه در حرکات ریتمیک هماهنگی برای شناخت الگوها و استراتژی‌های حرکتی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۳۹]. در اغلب پژوهش‌ها نشان داده شده است اجرای فرد با توجه به نوع و دشواری تکلیف تعدیل می‌شود. به طور مشابه، در کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی شواهدی مبنی بر به‌کارگیری استراتژی‌ها و اعمال جبرانی تحت شرایط

و تکالیف خاص گزارش شده است که آن‌ها را قادر به استفاده از راه‌حل‌هایی می‌سازد که برای رسیدن به هدف تکلیف مورد نظر کافی هستند [۸]. بر این اساس ممکن است تغییرپذیری بیشتر در کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی در تکلیف مورد استفاده در پژوهش حاضر به نوعی اکتشاف و یک استراتژی جبرانی بوده است که با استفاده از آن عملکرد خود را در اجرای تکلیف بهبود داده و مشابه با کودکان بدون اختلال هماهنگی رشدی عمل کردند. از آنجایی که تکلیف هماهنگی دست و پای مخالف در پژوهش حاضر با فرکانس ترجیحی شرکت‌کنندگان و با الگویی مشابه با راه رفتن صورت گرفته بود، به نظر می‌رسد سطح دشواری تکلیف برای کودکان بدون اختلال هماهنگی رشدی به اندازه‌ای نبوده است که نیاز آن‌ها به اکتشاف و به دنبال آن افزایش تغییرپذیری را به همراه داشته باشد. اگرچه ارزیابی این موضوع در دیگر تکالیف هماهنگی و با سطوح دشواری مختلف به تأیید و بررسی صحت آن کمک خواهد کرد. همچنین در توضیح تغییرپذیری بیشتر کودکان با اختلال هماهنگی رشدی در مقابل عملکرد مشابه آن‌ها با کودکان بدون اختلال، گولنیا و همکاران با محاسبه انواع تغییرپذیری به این نتیجه رسیدند که احتمالاً بخشی از تغییرپذیری که در کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی بیشتر از کودکان بدون اختلال هماهنگی رشدی است، مربوط به تغییرپذیری همراه با تأثیر بر موقعیت مکانی انگشت اشاره است که تأثیری بر اجرای حرکت ندارد [۲۸]. با این حال، محاسبه انواع تغییرپذیری خارج از محدوده پژوهش حاضر بود و برای شناخت جامع‌تر از نقش تغییرپذیری در عملکرد حرکتی و به‌ویژه هماهنگی این کودکان نیاز به پژوهش‌های بیشتر و به کارگیری تکالیف حرکتی با ماهیت و سطح دشواری مختلف است.

در پژوهش حاضر، بین میزان تغییرپذیری هماهنگی دست راست پای چپ و دست چپ پای راست آزمودنی‌ها در گروه دارای اختلال هماهنگی رشدی، تفاوت و عدم‌تقارن مشاهده شد. این نتیجه هم‌راستا با مطالعات صورت‌گرفته در زمینه الگوی راه رفتن این کودکان [۳۱، ۱۹] و نیز مؤید این فرض است که سیستم‌های دارای اختلال یا آسیب‌دیده نسبت به سیستم‌های سالم تقارن کمتری نشان می‌دهند [۴۰]. به‌عنوان مثال، به‌طور معمول الگوهای حرکت مشابه در پای راست و چپ برای گام‌برداری بهینه‌تر ترجیح داده می‌شوند. تشخیص عدم‌تقارن الگوهای حرکتی از این نظر اهمیت دارد که می‌تواند ویژگی انواع خاصی از اختلالات حرکتی مانند اختلال هماهنگی رشدی و کمک‌کننده به تشخیص و مداخلات مؤثرتر در این اختلالات در نظر گرفته شود [۱۹]. برخی پژوهش‌ها پیشنهاد می‌کنند تغییرپذیری افزایش‌یافته در الگوهای فضایی‌زمانی راه رفتن در افراد دارای اختلال هماهنگی رشدی شامل طول و زمان گام‌ها با میزان عدم‌تقارن در این گروه ارتباط دارد [۳۱]، عدم‌تقارنی که در تغییرپذیری الگوهای هماهنگی دست و پای مخالف در پژوهش حاضر نیز مشاهده شد. این عدم‌تقارن در اندام مخالف و درنتیجه خام‌حرکتی کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی در حرکات ریتمیک نظیر راه رفتن ناشی از مشکل آن‌ها در یکپارچه‌سازی اطلاعات حسی از جمله بازخورد حس عمقی است [۲۰]. البته نیاز است در پژوهش‌های آینده به‌طور ویژه به بررسی و روشن شدن این ارتباط پرداخته شود.

مطابق مطالعه حاضر، سطح مهارت‌های حرکتی کودکان بر اساس نمرات آزمون ارزیابی حرکتی با ثبات الگوی هماهنگی در تکلیف مارشینگ ارتباط دارد، به‌طوری که ثبات بیشتر (تغییرپذیری کمتر) در هماهنگی با مهارت حرکتی بالاتر همراه است. مشابه چنین شواهدی در کودکان دارای اختلالات طیف اوتیسم گزارش شده است [۳۹] و در کنار یکدیگر این فرضیه را پر رنگ می‌کنند که عدم ثبات در الگوهای هماهنگی مانند راه رفتن و مارشینگ می‌تواند بخشی از یک اختلال گسترده‌تر در حرکت باشد که از مهارت‌های ظریف و درشت اندازه‌گیری‌شده به وسیله آزمون ارزیابی حرکتی تا برنامه‌ریزی و اجرای سکانس‌های حرکتی نظیر راه رفتن را دربر می‌گیرد [۴۱].

از جمله محدودیت‌های پژوهش حاضر می‌توان به عدم کنترل شرایط تغذیه و خواب آزمودنی‌ها اشاره کرد. با وجود تشویق و اهدای جوایز به شرکت‌کنندگان، به طور دقیق مشخص نیست که سطح انگیزه کودکان در اجرا و درک تکالیف در دو گروه دارای اختلال هماهنگی رشدی و بدون اختلال هماهنگی رشدی با یکدیگر یکسان باشد.

نتیجه‌گیری

با وجود عملکرد مشابه کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی با کودکان بدون اختلال هماهنگی رشدی در اجرای تکلیف هماهنگی دست و پای مخالف، تغییرپذیری بیشتر و عدم‌تقارن تغییرپذیری در کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی اهمیت به کارگیری اندازه‌گیری‌های مرتبط با فرایندهای زیربنایی حرکت از جمله تغییرپذیری را نشان می‌دهد که می‌تواند مقیاس دقیق‌تر و تفکیک‌کننده‌تری نسبت به ارزیابی‌های صرفاً محصول‌محور باشد. همچنین ارتباط تغییرپذیری هماهنگی با سطح مهارت‌های حرکتی اهمیت این نوع ارزیابی را به‌ویژه در کودکان تأیید کرد.

با توجه به نتایج پژوهش حاضر پیشنهاد می‌شود در کنار آزمون‌های استاندارد ارزیابی حرکتی، از ابزارهای آنالیز حرکت و روش‌های ارزیابی عینی[27] استفاده شود تا بتوان به مقیاس جامع‌تر و دقیق‌تری از ابعاد مختلف پروفایل حرکتی کودکان با اختلال هماهنگی رشدی دست یافت. نتایج پژوهش حاضر لزوم سنجش متغیرهای مرتبط با مکانیسم حرکت نظیر تغییرپذیری را نشان می‌دهد که در ارزیابی‌هایی که صرفاً به اندازه‌گیری اجرا و عملکرد کودکان می‌پردازند، قابل‌تشخیص و مشاهده نیست. پیشنهاد

27. Objective

می‌شود در مطالعات آینده به منظور شفافیت بیشتر در زمینه نقش تغییرپذیری در هماهنگی حرکتی کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی از تکالیف حرکتی با سطوح دشواری و تحت قیود محیطی مختلف استفاده شود. درنهایت، برای روشن‌تر شدن نقش تغییرپذیری در مهارت‌های حرکتی، پیشنهاد می‌شود رابطه بین مهارت‌های حرکتی و تغییرپذیری به‌طور ویژه در کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی مورد بررسی قرار گیرد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

پژوهش حاضر در کمیته اخلاق دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تهران مورد تأیید قرار گرفت و دارای کد اخلاق به شماره IR.UT.SPORT.REC.1396030است.

حامی مالی

پژوهش حاضر برگرفته از رساله دکتری نویسنده اول با شماره ۹٦٤۲۱ در رشته کنترل حرکتی دانشکده تربیت‌بدنی و علوم‌ورزشی دانشگاه تهران است. بنابر اظهار نویسندگان مقاله، حمایت مالی از پژوهش وجود نداشته است.

مشارکت‌نویسندگان

تمامی نویسندگان به یک اندازه در نگارش مقاله مشارکت داشته‌اند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

References

[1] American Psychiatric Association. Diagnostic and statistical manual of mental disorders (DSM-5). 5th ed. Washington, DC: American Psychiatric Publishing; 2013. https://books.google.com/books/about/Diagnostic_and_Statistical_Manual_of_Men.html?id=-JivBAAAQBAJ

[2] Draghi TTG, Cavalcante Neto JL, Rohr LA, Jelsma LD, Tudella E. Symptoms of anxiety and depression in children with developmental coordination disorder: A systematic review. J Pediatr (Rio J). 2020; 96(1):8-19. [DOI:10.1016/j.jped.2019.03.002] [PMID]

[3] Liberman L, Ratzon N, Bart O. The profile of performance skills and emotional factors in the context of participation among young children with Developmental Coordination Disorder. Res Dev Disabil. 2013; 34(1):87-94. [DOI:10.1016/j.ridd.2012.07.019] [PMID]

[4] Ghaheri B, Sheikh M, Memari AH, Hemayattalab R. [Investigating level of daily physical activity in children with high functioning autism and its relation with age and autism severity (Persian)]. Arak Med Univ J. 2013; 16 (8):70-81. https://www.sid.ir/en/Journal/ViewPaper.aspx?ID=425779

[5] Katartzi ES, Vlachopoulos SP. Motivating children with developmental coordination disorder in school physical education: The self-determination theory approach. Res Dev Disabil. 2011; 32(6):2674-82. [DOI:10.1016/j.ridd.2011.06.005] [PMID]

[6] Smith M, Ward E, Williams CM, Banwell HA. Differences in walking and running gait in children with and without developmental coordination disorder: A systematic review and meta-analysis. Gait Posture. 2021; 83:177-84. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2020.10.013] [PMID]

[7] Hendrix C, Prins M, Dekkers H. Developmental coordination disorder and overweight and obesity in children: A systematic review. Obes Rev. 2014; 15(5):408-23. [DOI:10.1111/obr.12137] [PMID]

[8] Blank R, Barnett AL, Cairney J, Green D, Kirby A, Polatajko H, et al. International clinical practice recommendations on the definition, diagnosis, assessment, intervention, and psychosocial aspects of developmental coordination disorder. Dev Med Child Neurol. 2019; 61(3):242-85. [DOI:10.1111/dmcn.14132] [PMID] [PMCID]

[9] Baghernia R, Asle Mohammadizadeh M. [Prevalence of developmental coordination disorder in iranian 3-to-11-year-old children (Persian)]. J Res Rehabil Sci. 2014; 9(6):1077-99. http://jrrs.mui.ac.ir/article_16774.html

[10] Kirby A, Sugden D, Beveridge S, Edwards L. Developmental coordination disorder (DCD) in adolescents and adults in further and higher education. J Res Spec Educ Needs. 2008; 8(3):120-31. [DOI:10.1111/j.1471-3802.2008.00111.x]

[11] Bardid F, Vannozzi G, Logan SW, Hardy LL, Barnett LM. A hitch-hiker's guide to assessing young people's motor competence: Deciding what method to use. J Sci Med Sport. 2019; 22(3):311-8. [DOI:10.1016/j.jsams.2018.08.007] [PMID]

[12] Adolph KE, Cole WG, Vereijken B. Intraindividual variability in the development of motor skills in childhood. In: Diehl M, Hooker K, Sliwinski MJ, editors. Handbook of intraindividual variability across the life span.1th ed. England: Routledge; 2014. https://www.routledge.com/Handbook-of-Intraindividual-Variability-Across-the-Life-Span/Diehl-Hooker-Sliwinski/p/book/9781138799851

[13] Pacheco MM, Lafe CW, Newell KM. Search strategies in practice: Testing the effect of inherent variability on search patterns. Ecol Psychol. 2020; 32(2-3):115-38. [DOI:10.1080/10407413.2020.1781536]

[14] Jequier Gygax M, Maillard AM, Favre J. Could gait biomechanics become a marker of atypical neuronal circuitry in human development?-The example of autism spectrum disorder. Front Bioeng Biotechnol. 2021; 9:624522. [DOI:10.3389/fbioe.2021.624522] [PMID] [PMCID]

[15] Geuze R, Kalverboer A. Inconsistency and adaptation in timing of clumsy children. J Hum Mov Stud. 1987; 13(8):421-32. https://research.rug.nl/en/publications/inconsistency-and-adaptation-in-timing-of-clumsy-children

[16] Williams HG, Woollacott MH, Ivry R. Timing and motor control in clumsy children. J Mot Behav. 1992; 24(2):165-72. [DOI:10.1080/00222895.1992.9941612] [PMID]

[17] Mackenzie SJ, Getchell N, Deutsch K, Wilms-Floet A, Clark JE, Whitall J. Multi-limb coordination and rhythmic variability under varying sensory availability conditions in children with DCD. Hum Mov Sci. 2008; 27(2):256-69. [DOI:10.1016/j.humov.2008.02.010] [PMID] [PMCID]

[18] Smits-Engelsman BC, Westenberg Y, Duysens J. Children with developmental coordination disorder are equally able to generate force but show more variability than typically developing children. Hum Mov Sci. 2008; 27(2):296-309. [DOI:10.1016/j.humov.2008.02.005] [PMID]

[19] Rosengren KS, Deconinck FJ, DiBerardino 3rd LA, Polk JD, Spencer-Smith J, De Clercq D, et al. Differences in gait complexity and variability between children with and without developmental coordination disorder. Gait Posture. 2009; 29(2):225-9. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2008.08.005] [PMID]

[20] Wilmut K, Du W, Barnett A. Gait patterns in children with developmental coordination disorder. Exp Brain Res. 2016; 234(6):1747-55. [DOI:10.1007/s00221-016-4592-x] [PMID]

[21] Smits-Engelsman BC, Wilson PH. Noise, variability, and motor performance in developmental coordination disorder. Dev Med Child Neurol. 2013; 55(S 4):69-72. [DOI:10.1111/dmcn.12311] [PMID]

[22] Bo J, Bastian AJ, Kagerer FA, Contreras-Vidal JL, Clark JE. Temporal variability in continuous versus discontinuous drawing for children with Developmental Coordination Disorder. Neurosci Lett. 2008; 431(3):215-20. [DOI:10.1016/j.neulet.2007.11.040] [PMID] [PMCID]

[23] Volman MJ, Geuze RH. Relative phase stability of bimanual and visuomanual rhythmic coordination patterns in children with a developmental coordination disorder. Hum Mov Sci. 1998; 17(4-5):541-72. [DOI:10.1016/S0167-9457(98)00013-X]

[24] Wade MG, Kazeck M. Developmental coordination disorder and its cause: The road less travelled. Hum Mov Sci. 2018; 57:489-500. [DOI:10.1016/j.humov.2016.08.004] [PMID]

[25] Herzfeld DJ, Shadmehr R. Motor variability is not noise, but grist for the learning mill. Nat Neurosci. 2014; 17(2):149-50. [DOI:10.1038/nn.3633] [PMID]

[26] Caballero C, Davids K, Heller B, Wheat J, Moreno FJ. Movement variability emerges in gait as adaptation to task constraints in dynamic environments. Gait Posture. 2019; 70:1-5. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2019.02.002] [PMID]

[27] Hadders-Algra M. Variation and variability: Key words in human motor development. Phys Ther. 2010; 90(12):1823-37. [DOI:10.2522/ptj.20100006] [PMID]

[28] Golenia L, Bongers RM, van Hoorn JF, Otten E, Mouton LJ, Schoemaker MM. Variability in coordination patterns in children with developmental coordination disorder (DCD). Hum Mov Sci. 2018; 60:202-13. [DOI:10.1016/j.humov.2018.06.009] [PMID]

[29] Draper ER. A treadmill-based system for measuring symmetry of gait. Med Eng Phys. 2000; 22(3):215-22. [DOI:10.1016/S1350-4533(00)00026-6]

[30] Goble D, Marino G, Potvin J. The influence of horizontal velocity on interlimb symmetry in normal walking. Hum Mov Sci. 2003; 22(3):271-83. [DOI:10.1016/S0167-9457(03)00047-2]

[31] Wilmut K, Gentle J, Barnett A. Gait symmetry in individuals with and without Developmental Coordination Disorder. Res Dev Disabil. 2017; 60:107-14. [DOI:10.1016/j.ridd.2016.11.016] [PMID]

[32] Henderson S, Sugden D, Barnett A. Movement Assessment Battery for Children-2: MABC-2). 2th ed. London, UK: Pearson Assessment; 2007. [DOI:10.1037/t55281-000]

[33] Blank R, Smits-Engelsman B, Polatajko H, Wilson P. European Academy for Childhood Disability (EACD): Recommendations on the definition, diagnosis and intervention of developmental coordination disorder (long version). Dev Med Child Neurol. 2012; 54(1):54-93. [DOI:10.1111/j.1469-8749.2011.04171.x] [PMID]

[34] Akbaripour R, Daneshfar A, Shojaei M. [Reliability of the Movement Assessment Battery for Children-(MABC-2) in children aged 7-10 years in Tehran (Persian)]. Sci J Rehabil Med. 2018; 7(4):90-6. [DOI:10.22037/JRM.2018.111121.1776]

[35] Gueugnon M, Salesse RN, Coste A, Zhao Z, Bardy BG, Marin L. Postural coordination during socio-motor improvisation. Front Psychol. 2016; 7:1168. [DOI:10.3389/fpsyg.2016.01168] [PMID] [PMCID]

[36] Gabis LV, Shefer S, Portnoy S. Variability of coordination in typically developing children versus children with Autism spectrum disorder with and without rhythmic signal. Sensors. 2020; 20(10):2769. [DOI:10.3390/s20102769] [PMID] [PMCID]

[37] Davids K, Glazier P, Araújo D, Bartlett R. Movement systems as dynamical systems: The functional role of variability and its implications for sports medicine. Sports Med. 2003; 33(4):245-60. [DOI:10.2165/00007256-200333040-00001] [PMID]

[38] Lee MH, Farshchiansadegh A, Ranganathan R. Children show limited movement repertoire when learning a novel motor skill. Dev Sci. 2018; 21(4):e12614. [DOI:10.1111/desc.12614] [PMCID]

[39] Manicolo O, Brotzmann M, Hagmann-von Arx P, Grob A, Weber P. Gait in children with infantile/atypical autism: Age-dependent decrease in gait variability and associations with motor skills. Eur J Paediatr Neurol. 2019; 23(1):117-25. [DOI:10.1016/j.ejpn.2018.09.011] [PMID]

[40] Larkin D, Hoare D. Out of step: Coordinating kids' movement. Ferryhill: Active Life Foundation; 1991. [Link]

[41] Minshew NJ, Sung K, Jones BL, Furman JM. Underdevelopment of the postural control system in autism. Neurology. 2004; 63(11):2056-61. [DOI:10.1212/01.WNL.0000145771.98657.62] [PMID]

This Page Intentionally Left Blank