Jundishapur
Scientific Medical Journal

Octobr & November 2025. Vol 24. No 4

Research Paper

The Effect of Bilateral Coordination Training on Coordination Skills in 7-To-11-Year-Old Students With Developmental Coordination Disorder

Negar Lari Baghal[1], Motahareh Moslehi[2*], Sara Shamshiri[3]

1.MSc, Department of Sport Sciences, Sho.C., Islamic Azad University, Shoushtar, Iran
2.Assistant Professor, Department of Physical Education and Sport Sciences, Isl.C., Islamic Azad University, Islamshahr, Iran
3.Assistant Professor, Department of Physical Education and Sport Sciences, Dez.C., Islamic Azad University, Dezful, Iran

Use your device to scan and read the article online

Citation Lari Baghal N, Moslehi M, Shamshiri S. [The Effect of Bilateral Coordination Training on Coordination Skills in 7-To-11-Year-Old Students With Developmental Coordination Disorder (Persian)]. Jundishapur Scientific Medical Journal. 2025; 24(4):335-345. 10.32592/jsmj.24.2.114

https://doi.org/10.22118/jsmj.2025.474402.3639

ABSTRACT

Background and Objectives Developmental coordination disorder (DCD) is a neurodevelopmental condition in children. The aim of the present study was to determine the effect of bilateral coordination training on coordination skills in 7-to-11-year-old students with DCD.

Subjects and Methods This quasi-experimental study utilized a pre-test-post-test design with a control group. Thirty children aged 7–11 years with DCD, as defined by Wilson et al. (2000), were selected using a purposive sampling method in Ahvaz city. Following the pre-test, participants were randomly assigned to either the experimental (n=15) or control (n=15) group. The training protocol was implemented in the experimental group over eight weeks with three 30-minute sessions per week. Eye-hand coordination was measured using the Frostig Advanced Visual Perception Test and a two-hand coordination test. Statistical analysis involved dependent t-tests and Analysis of Covariance (ANCOVA), performed using SPSS version 21. The level of significance was set at $P \leq 0.05$.

Results After intervention, a significant improvement was observed in bilateral coordination (P=0.001) and eye-hand coordination (P=0.001) in the experimental group.

Conclusion Based on the findings of the present research, a bilateral coordination training program can be used to improve the coordination skills of children with DCD.

Keywords Developmental coordination disorder, Bilateral coordination training, Bilateral coordination, Hand-eye coordination

Received: 20 August 2024
Accepted: 7 April 2025

**** Corresponding Author:***
Motaharah Moslehi
Address: Department of Physical Education and Sport Sciences, Isl.C., Islamic Azad University, Islamshahr, Iran
Tel: 09165792767
E-Mail: phd.moslehi@gmail.com

Jundishapur
Scientific Medical Journal
Vol 24. No 4, 2025

Extended Abstract

Introduction

Developmental Coordination Disorder (DCD) is a chronic neurodevelopmental disorder that leads to deficits in children's motor skills and coordination, disrupting their daily activities such as writing, tying shoelaces, and using scissors (1). According to the *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-5)*, this disorder is characterized by motor incoordination, such that the child's performance is below the expected level for their age (2). Children with DCD experience difficulties in balance, visuomotor integration, body awareness, spatial perception, and particularly bilateral coordination, which results in clumsiness and frequent falls (3, 4, 5). Bilateral and hand–eye coordination are essential for academic success and participation in daily activities, playing a key role in tasks such as writing, keyboard use, or catching and throwing a ball. Research has shown that the central nervous system controls symmetrical movements more efficiently than asymmetrical ones; therefore, children with DCD exhibit poorer performance in asymmetric bimanual coordination tasks (6, 7). In addition to functional difficulties, this disorder carries physical and social risks, including an increased likelihood of overweight, cardiovascular disease, and reduced social participation (8, 9, 13, 14). Regular and structured physical activity can improve motor development. Global recommendations suggest that children engage in at least 60 minutes of vigorous physical activity daily (10, 11). In line with this, therapeutic exercise programs have been proposed to enhance motor skills in children with DCD (2, 13). Nevertheless, research findings regarding the effectiveness of different motor training programs are inconsistent; some studies emphasize the role of diverse exercises and training conditions in improving motor learning (15, 16), while others do not confirm these results (17). Considering the importance of bilateral and hand–eye coordination skills and the lack of sufficient research in this area, the present study was designed to investigate the effects of bimanual coordination exercises on the motor skills of students with DCD.

Methods

This semi-experimental study employed a pretest–posttest design with a control group to examine the effects of bimanual coordination exercises on motor skills in students with DCD. The study population included children aged 7–11 years residing in Ahvaz. Thirty female students with DCD were selected using purposive sampling and randomly assigned to experimental and control groups (15 participants each). Based on power analysis using G*Power version 3.1.9.4, with $\alpha = 0.05$, $\beta = 0.10$, and effect size = 0.25, the minimum sample size was estimated at 24 participants; however, 30 participants were included in this study (20). Inclusion required a DCD diagnosis based on the Wilson et al. (2000) scale, age 7–11 years, parental and child consent, and the absence of medication use or comorbid disorders. Exclusion criteria were lack of cooperation, the presence of a specific illness, or exposure to stressful events during the intervention. The training protocol was conducted over 8 weeks in 24 sessions (three sessions per week), with each session lasting 30 minutes. The exercises included bimanual coordination tasks on a star-shaped path in two conditions: symmetrical (in-phase) and asymmetrical (out-of-phase). The main goal was to guide a marker along the black path of the star. No feedback was provided during practice, except for reporting time and error count after each attempt. Exercises were conducted according to the standard procedure for this task (22). Research instruments included the advanced Frostig Visual Perception Test to assess hand–eye coordination (23, 24) and a specialized device to assess bimanual coordination, with a reported high reliability (Cronbach's alpha = 0.94) (22, 25). Statistical analysis was conducted using SPSS version 21. The Shapiro–Wilk test and Levene's test were first performed to confirm the assumptions of normality and homogeneity of variance, respectively. Paired t-tests were used for within-group comparisons, and Analysis of Covariance (ANCOVA) was utilized for between-group comparisons. The level of statistical significance was set at $P \leq 0.05$.

Results

The findings indicated that bimanual coordination exercises significantly improved motor skills in students with DCD. Specifically, bimanual coordination in the experimental group improved from 37.46 at pretest to 51.20 at posttest, which was statistically significant ($P = 0.001$). No significant change was observed in the control group ($P = 0.742$). Between-group analysis also revealed a significant difference between the exercise and control groups ($F = 43.04$, $P = 0.001$), with an effect size of 0.61, indicating a strong impact of bimanual coordination exercises. The mean improvement in the experimental group (51.20) compared to the control group (35.33) was 15.78 units. Furthermore, bimanual coordination exercises positively affected hand–eye coordination in children with DCD. In the experimental group, mean hand–eye coordination scores improved from 60.20 at pretest to 26.13 at posttest ($P = 0.001$), whereas no significant change was observed in the control group ($P = 0.842$). Between-group analysis cnfirmed a significant difference ($F = 22.54$, $P = 0.001$), with the experimental

group showing a 5.67-unit improvement compared to the control group.

Conclusion

The results demonstrate that bimanual coordination exercises effectively improved both bilateral and hand–eye coordination in children with DCD. These findings suggest that targeted motor interventions can enhance motor performance by strengthening neuromuscular adaptations and improving visuomotor feedback. Possible mechanisms include activation of the dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) and its connection with the primary motor cortex (M1), which play key roles in processing visuospatial information and guiding precise hand–eye movements. Bimanual exercises enhance interlimb coordination, optimize movement cycle timing, and improve selective attention for complex hand–eye tasks. Additionally, closed-loop visual feedback and practice under asymmetrical bimanual conditions facilitate motor learning and skill consolidation. Despite limitations such as small sample size and restricted age range, these findings indicate that bimanual coordination exercises can serve as a practical and safe approach to improving motor performance, developing foundational skills, and increasing functional independence in children with DCD. These interventions may also strengthen cognitive-spatial function and neuromotor flexibility, promoting academic success and participation in daily activities.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

The present study was conducted in accordance with ethical principles and with the approval of the Ethics Committee of Islamic Azad University, Dezful Branch, under the ethics code IR.IAU.D.REC.1403.100.

Funding

This article has no financial sponsor.

Author's contributions

Motahareh Moslehi conceived and designed the study. Negar Lari-Baghal, Motahareh Moslehi, and Sara Shamshiri contributed to data collection and statistical analyses. Negar Lari-Baghal drafted the initial manuscript, and all other authors contributed to the critical review and scientific revisions. All authors read and approved the final version of the manuscript.

Conflicts of interest

The authors declare that there is no conflict of interest in this study.

Acknowledgements

The authors express their sincere appreciation to all individuals who assisted in various stages of conducting this research.

مجله علمی پزشکی
جنـــدی‌شـــاپور

تأثیر تمرین هماهنگی دوجانبه بر مهارت‌های هماهنگی در دانش‌آموزان ۷ تا ۱۱ ساله با اختلال هماهنگی رشد

نگار لاری بقال[۱]، مطهره مصلحی[۲*]، سارا شمشیری[۳]

۱. کارشناسی ارشد، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران
۲. گروه علوم ورزشی، واحد اسلامشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اسلامشهر، ایران
۳. استادیار، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد دزفول، دانشگاه آزاد اسلامی، دزفول، ایران

Use your device to scan and read the article online

Citation Lari Baghal N, Moslehi M, Shamshiri S. [The Effect of Bilateral Coordination Training on Coordination Skills in 7-To-11-Year-Old Students With Developmental Coordination Disorder (Persian)]. Jundishapur Scientific Medical Journal. 2025; 24(4):335-345. 10.32592/jsmj.24.2.114

http://www.doi.org/10.32592/jsmj.24.2.114

چکیده

زمینه و هدف: اختلال هماهنگی رشدی (DCD) نوعی وضعیت عصبی ـ رشدی در کودکان است. هدف تحقیق حاضر تعیین تأثیر تمرین هماهنگی دوجانبه در مهارت‌های هماهنگی در دانش‌آموزان ۷ تا ۱۱ سال با DCD بود.

روش بررسی: در پژوهش نیمه‌تجربی حاضر، که با طرح پیش‌آزمون ـ پس‌آزمون با گروه کنترل در شهر اهواز انجام شد، از بین کودکان ۷ تا ۱۱ ساله دارای DCD (ویلسون و همکاران، ۲۰۰۰) تعداد سی نفر به‌صورت هدفمند انتخاب شدند و پس از انجام پیش‌آزمون، به‌صورت تصادفی به دو گروه آزمایش و کنترل تقسیم شدند. پروتکل تمرین به‌مدت هشت هفته، سه جلسه در هفته و به‌مدت سی دقیقه در گروه آزمایش اجرا شد. برای سنجش هماهنگی چشم و دست از آزمون پیشرفتهٔ ادراک بینایی فراستیگ و آزمون هماهنگی دودستی استفاده شد. برای تجزیه‌وتحلیل آماری از آزمون‌های تی وابسته و تحلیل کوواریانس استفاده شد. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۲۱ و سطح معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۵$) انجام شد.

یافته‌ها: پس از دورهٔ مداخله، در هماهنگی دودستی ($P=۰/۰۰۱$) و هماهنگی چشم و دست ($P=۰/۰۰۱$) در گروه آزمایش، بهبود معناداری مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: براساس یافته‌های پژوهش حاضر، می‌توان از برنامهٔ تمرین هماهنگی دوجانبه به‌منظور بهبود مهارت‌های هماهنگی کودکان با DCD استفاده کرد.

کلیدواژه‌ها: اختلال هماهنگی رشد، تمرینات هماهنگی دوجانبه، هماهنگی دودستی، هماهنگی چشم و دست

تاریخ دریافت: ۳۰ مرداد ۱۴۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۸ فروردین ۱۴۰۴

* نویسندهٔ مسئول:
مطهره مصلحی
نشانی: گروه علوم ورزشی، واحد اسلامشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اسلامشهر، ایران
تلفن: ۰۹۱۶۵۷۹۲۷۶۷
رایانامه: phd.moslehi@gmail.com

مقدمه

اختلال هماهنگی رشدی (Developmental Coordination Disorder: DCD) نوعی وضعیت عصبی ـ رشدی مزمن است که در مهارت‌های حرکتی و هماهنگی کودکان تأثیر می‌گذارد و عملکرد آن‌ها را در فعالیت‌های روزمره تحت‌تأثیر منفی قرار می‌دهد (۱). اختلالات در عملکردهای بدن مرتبط با DCD، شامل مشکلات تعادل، ادغام بینایی ـ حرکتی (Visual-Motor Integration)، آگاهی بدن، ادراک بصری، چابکی و هماهنگی می‌شود. بنابراین، کودکان مبتلابه DCD ممکن است خام‌حرکت یا بی‌توجه به نظر برسند؛ زیرا اغلب به زمین می‌افتند، اشیا را رها می‌کنند و در کارهای روزمره مانند نوشتن، بستن بند کفش یا استفاده از قیچی مشکل دارند (۱). راهنمای تشخیصی و آماری اختلالات روانی، ویرایش پنجم (Diagnostic and Statistical Manual of Mental: DSM -5)، با توجه به انجمن روان‌پزشکی آمریکا، بیان می‌کند که DCD اختلالی در مهارت‌های حرکتی است که با ناهماهنگی حرکتی مشخص می‌شود، به‌طوری که عملکرد در فعالیت‌های حرکتی مانند راه‌رفتن و نوشتن بسیار کمتر از حد انتظار براساس سن کودک است (۲).

کودکان مبتلابه DCD در هماهنگی حرکات، انجام حرکات سریع و دقت در عملکرد مهارت‌های حرکتی مشکل دارند و در تکالیفی که به یکپارچگی و هماهنگی دوجانبه نیازمندند، عملکرد ضعیف‌تری دارند (۳). یکپارچگی حرکات دوطرفه درجهٔ هماهنگی بین ادراک دیداری و حرکات دست و انگشت هنگام انجام یک تکلیف است. همچنین، توانایی درک برون‌داد بینایی، پردازش اطلاعات و هماهنگ‌کردن پاسخ حرکتی است. این مهارت‌های هماهنگی دوجانبه برای مشارکت در فعالیت‌های مهم و تکمیل آموزش‌های اولیه ضروری‌اند و در موفقیت در مهدکودک و مدرسه تأثیر می‌گذارند. برای مثال، فعالیت‌هایی مانند دست‌نویسی، کار با صفحه‌کلید، پرتاب و گرفتن توپ، همگی به این مهارت‌ها وابسته‌اند (۴، ۵).

تحقیقات مختلف نشان داده‌اند که انجام دو تکلیف متفاوت با دو دست به‌صورت هم‌زمان، باعث تداخل دوجانبه می‌شود، حتی هنگامی که دو دست به‌صورت جداگانه آن تکلیف را به‌راحتی انجام می‌دهند. این نتایج نشان می‌دهد که سیستم عصبی مرکزی حرکات متقارن را به‌راحتی کنترل می‌کند، اما در کنترل حرکات نامتقارن هم‌زمان با محدودیت مواجه است. الگوهای تداخل دوجانبه، که در اجرای تکالیف هماهنگی دودستی نامتقارن اتفاق می‌افتد، تمایل شدید سیستم عصبی مرکزی را در اجرای حرکات متقارن، مشابه یا هم‌جهت نشان می‌دهد (۶).

یکی دیگر از مشکلات مرتبط با DCD اختلال در هماهنگی دست و چشم است. هماهنگی دست و چشم کنترل هماهنگ حرکت دست با حرکت چشم و پردازش ورودی بصری برای کمک به دستیابی، اکتساب و استفاده از حس عمقی دست برای هدایت چشم است. هماهنگی دست و چشم و توانایی‌های بصری ـ فضایی برای رشد کودک ضروری است؛ زیرا نه‌تنها برای استقلال عملی، بلکه برای پیشرفت تحصیلی نیز لازم است (۷).

در واقع DCD شرایطی است که چالش‌هایی در کسب و اجرای مهارت‌های حرکتی ایجاد می‌کند (۸). تعدادی از مداخلات برای بهبود وضعیت بدنی افراد مبتلابه DCD اجرا شده است (۸، ۹). شرکت در فعالیت‌های ورزشی و بدنی مختلف در دوران کودکی و نوجوانی باعث می‌شود آمادگی جسمانی و مهارت‌های حرکتی و رشد بهتر شود. براساس توصیه‌های جهانی برای فعالیت بدنی، کودکان باید فعالیت‌هایی را انجام دهند که عضلات و استخوان‌ها را تقویت می‌کنند و در روز، حداقل شصت دقیقه فعالیت بدنی شدید عمومی داشته باشند (۱۰، ۱۱). فعالیت بدنی منظم ساختاریافته راه امیدوارکننده‌ای برای ارتقای مهارت‌های حرکتی و حمایت از رشد حرکتی در درازمدت است (۱۲). بااین‌حال، کودکان مبتلابه DCD انواع مختلفی از محدودیت‌های حرکتی را نشان می‌دهند که ممکن است عملکردشان را مختل و این افراد را مستعد شاخص‌های سلامتی نامطلوب (مانند اضافه وزن یا چاقی) کند. این افراد، بیشتر در معرض ابتلا به بیماری‌های قلبی‌عروقی قرار دارند. علاوه‌بر این، مشارکت اجتماعی آن‌ها به‌دلیل ارجحیتشان به فعالیت‌های انفرادی کاهش می‌یابد (۱۳). توانایی‌های حرکتی ضعیف و مشکلات عملکرد مبتنی‌بر حرکت کودکان مبتلابه DCD، ویژگی‌های اصلی تعیین‌کننده‌ای است که آن‌ها را از کودکان درحال رشد متمایز می‌کند (۱۴). بنابراین، شرکت در فعالیت‌های حرکتی ـ درمانی به‌منظور رشد مهارت‌های حرکتی، برای کودکان DCD توصیه می‌شود (۲، ۱۳).

بهبود سازگاری‌های عصبی ـ عضلانی و یادگیری حرکتی از اهداف اصلی تمرین در کودکان مبتلابه DCD است. بااین‌حال، نتایج تحقیقات متفاوت است. در همین باره، گزارش شده است که تنوع در شرایط تمرین می‌تواند یادگیری حرکتی و سازگاری در کودکان مبتلابه DCD را افزایش دهد (۱۵، ۱۶). درحالی‌که مطالعات دیگر این یافته‌ها را در این جمعیت تأیید نمی‌کنند (۱۷). علاوه‌بر این، بررسی تأثیر پیچیدگی کار و نوع مهارت در قابلیت انتقال، می‌تواند در عملکرد مهارتی این کودکان در حوزه‌های دیگر تأثیر بگذارد (۱۶). بنابراین، ارتقای مهارت‌های حرکتی در کودکان DCD اهمیت ویژه‌ای دارد (۱۸). راهبردهای مختلفی برای مداخلهٔ حرکتی بر مهارت‌های حرکتی کودکان مبتلابه DCD استفاده شده است (۱۶، ۱۸). هماهنگی دودستی از فعالیت‌هایی اساسی است که به حرکت هم‌زمان دو دست و هماهنگی بین چشم و دست نیاز دارد که در زندگی روزمره و بسیاری از فعالیت‌های ورزشی و مهارتی نقش دارد. انجام مداخلات زودهنگام کودکان مبتلابه DCD سبب می‌شود از بروز بسیاری از مشکلات در آیندهٔ این افراد جلوگیری شود.

گزارش شده است که تمرینات تکلیف عصبی ـ حرکتی می‌تواند برای بهبود مهارت‌های حرکتی در کودکان DCD، روش مداخله‌ای مناسبی باشد (۱۹). بااین‌حال، تحقیقی که به‌طور خاص اثر این سبک تمرینات را

در هماهنگی چشم و دست و همچنین هماهنگی دودستی این کودکان را بررسی کند، یافت نشد، که ضرورت تحقیق حاضر را نشان می‌دهد. بر همین اساس، پژوهش حاضر با هدف تعیین اثر تمرینات هماهنگی دوجانبه در مهارت‌های هماهنگی حرکتی در دانش‌آموزان مبتلابه DCD طراحی شد.

روش بررسی

در پژوهش نیمه‌تجربی حاضر، که با طرح پژوهش پیش‌آزمون ـ پس‌آزمون با گروه کنترل انجام شد، از جامعهٔ آماری، شامل کودکان ۷ تا ۱۱ سالهٔ ساکن شهر اهواز مبتلابه DCD، سی دختر دانش‌آموز به‌صورت نمونه‌گیری هدفمند انتخاب و به‌صورت تصادفی در دو گروه آزمایش و کنترل قرار داده شدند. حداقل اندازهٔ نمونه ۲۴ نفر با محاسبهٔ توان (* G Power نسخه ۳,۱,۹,۴) با استفاده از آلفای ۵ درصد، بتای ۹۰ درصد و اندازهٔ اثر ۰/۲۵ برآورد شد که در تحقیق حاضر، سی نفر (برای هر گروه پانزده نفر) به‌عنوان نمونهٔ پژوهش در نظر گرفته شدند (۲۰).

معیارهای ورود برای شرکت در پژوهش حاضر شامل تشخیص DCD (براساس مقیاس اختلال هماهنگی رشد ویلسون و همکاران، ۲۰۰۰) (۲۱)، قرارداشتن در دامنهٔ سنی ۷ تا ۱۱، اعلام رضایت والدین کودک برای شرکت در جلسات از طریق تکمیل فرم رضایت‌نامه، تمایل و رضایت خود کودک، دریافت‌نکردن روان‌درمانی و دارودرمانی قبل از ورود به پژوهش و نداشتن اختلالات همراه ازجمله افسردگی بود. همچنین ملاک‌های خروج شامل همکاری‌نکردن والدین برای حضور کودک در جلسات درمانی، تمایل‌نداشتن کودک برای ادامهٔ همکاری، ابتلا به بیماری خاص و بارز جسمی در طول دورهٔ مداخله و قرارگرفتن کودک در معرض حوادث استرس‌زا در طول دورهٔ مداخله بود که نتایج را تحت‌تأثیر قرار دهد.

پروتکل تمرینی

پروتکل تمرین در تحقیق حاضر به‌مدت هشت هفته (سه جلسه در هفته و در مجموع ۲۴ جلسه) و هر جلسهٔ تمرین به‌مدت سی دقیقه اجرا شد. برای اجرای تکلیف تمرین، در حین اجرا به آزمودنی هیچ‌گونه دستورالعمل و بازخوردی داده نشد و فقط در پایان هر کوشش، میزان زمان اجرا و تعداد خطاها به آزمودنی گفته شد. اجرای تمرین براساس استاندارد آزمون این تکلیف اجرا شد و بدین شکل بود که افراد در محلی قرار گرفتند که از قبل برای اندازه‌گیری اجرا آماده شده بود. در اجرای تکلیف، حرکت هر دو دست به‌طور هماهنگ یک بار به‌صورت ساعت‌گرد و بلافاصله در جهت عکس (پادساعت‌گرد) روی طرح ستاره انجام شد. حرکت دست‌ها یکی در جهت بالاوپایین‌رفتن نشانگر، که یک حرکت متقارن و از عضلات مشابه از هر دو دست در یک زمان استفاده شد (حالت درون‌مرحله) و دیگری در حرکت چپ و راست رفتن نشانگر، که دست‌ها به‌صورت هم‌زمان به‌سمت چپ یا راست بود (حالت برون‌مرحله). هدف اصلی قرارداشتن نشانگر روی قسمت سیاه و در مسیر ستارهٔ سیاه حرکت‌کردن بود (۲۲).

آزمون پیشرفتهٔ ادراک بینایی فراستیگ

این آزمون برای سنجش هماهنگی چشم و دست است که شامل کتابچهٔ ۳۴ صفحه‌ای آزمون می‌شود. در این آزمون از نُه کارت نمایشی (نمایش یک مثلث، مستطیل، صلیب، ماه، بادبادک، ستاره، بیضی، دایره، مربع)، برگ نمره‌گذاری، چهار عدد مدادرنگی تراشیده در رنگ‌های قرمز، آبی، قهوه‌ای و سبز و یک مداد مشکی تراشیدهٔ بدون پاک‌کن، یک تختهٔ سیاه و گچ، مکانی بزرگ و راحت برای آزمودنی‌ها و برگه‌های پاسخ‌نامه استفاده شد (۲۳). خرده‌آزمون اول این آزمون، که مربوط به هماهنگی چشم و دست است، شانزده گزینه دارد و شامل کشیدن خطوط ممتد مستقیم، منحنی یا زاویه‌دار بین دو حد از پهناهای متفاوت، یا از نقطه‌ای به نقطهٔ دیگر بدون خطوط راهنماست. در اجرای فردی، ۳۰ تا ۴۵ دقیقه و در اجرای گروهی، به کمتر از یک ساعت وقت نیاز است. ضرایب پایایی گزارش‌شده برای آزمون فراستیگ به روش بازآزمایی برای نمرهٔ کل، بین ۰/۶۹ تا ۰/۹۸ و برای خرده‌آزمون‌ها بین ۰/۲۹ (هماهنگی حرکتی چشم) تا ۰/۸۰ (ثبات شکل) و به روش دونیمه‌کردن، برای نمرهٔ کل ۰/۷۸ تا ۰/۸۹ و برای خرده‌آزمون‌ها ۰/۳۵ تا ۰/۹۶ مربوط به خرده‌آزمون شکل و زمینه و مربوط به خرده‌آزمون وضعیت در فضاست (۲۴).

روش اجرای آزمون هماهنگی دودستی

این دستگاه شامل دو دستگیره بود که آزمودنی با استفاده از هر دو دست آن را می‌گرفت و برای اجرای هر کوشش باید دست‌ها به‌طور هماهنگ نشانگر (استیلوس) را روی طرح ستارهٔ سیاه‌رنگ یک بار به‌صورت ساعت‌گرد و با رسیدن به نوک ستاره، بلافاصله در جهت عکس (پادساعت‌گرد) حرکت می‌داد. حرکت نشانگر روی صفحه شامل دو نوع حرکت می‌شد: ۱. در جهت بالا و پایین رفتن استیلوس که حرکتی متقارن است و از عضلات مشابه هر دو دست در یک زمان استفاده می‌شود (حالت درون‌مرحله)؛ ۲. حرکت چپ و راست نشانگر که دست‌ها به‌صورت هم‌زمان به‌سمت چپ و راست می‌روند (حالت برون‌مرحله) که هدف قرارداشتن استیلوس به روی قسمت سیاه و در مسیر ستارهٔ سیاه حرکت‌کردن است (۲۵).

اجرا در تکلیف هماهنگی دو دستی مداوم شـامل پنج کوشـش می‌شود کـه هـر کوشـش شامل حرکت‌دادن نشانگر (استیلوس) به‌صورت پادساعت‌گرد در مسیر خط سیاه و بلافاصـله برگـشت نـشانگـر بـه صـورت ساعت‌گرد بود. ضریب آلفای کرونباخ معادل ۹۴ درصد برای این دستگاه گزارش شده که نشان‌دهندهٔ اعتبار پایایی بالای دستگاه است (۲۲).

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها ابتدا از آزمون‌های شاپیروویلک و لون برای بررسی نرمال‌بودن داده‌ها و تجانس واریانس‌ها استفاده شد. از آزمون‌های تی وابسته و تحلیل کواریانس به‌ترتیب برای بررسی تغییرات درون‌گروهی و بین‌گروهی استفاده شد. تجزیه‌وتحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۲۱ و و سطح معناداری ($P\leq ۰/۰۵$) انجام شد.

یافته‌ها

در جدول ۱ شاخص‌های میانگین و انحراف معیار مربوط به سن، قد و وزن آزمودنی‌ها در گروه‌های مختلف ارائه شده است. همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، بین گروه‌ها در متغیرهای سن، قد و وزن تفاوت معناداری وجود ندارد. بنابراین، گروه‌ها در این سه متغیر همگن بودند.

با توجه به نرمال‌بودن توزیع داده‌ها، تجانس واریانس‌ها و همچنین برابری شیب رگرسیون، برای متغیرهای هماهنگی دودستی و هماهنگی چشم و دست، از آزمون‌های پارامتریک تی وابسته و تحلیل کوارایانس برای بررسی تغییرات درون‌گروهی و بین‌گروهی استفاده شد که خلاصهٔ نتایج در جدول ۲ ارائه شده است.

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، تمرینات هماهنگی دوجانبه در هماهنگی دودستی دانش‌آموزان DCD تأثیر معناداری دارد (P=۰/۰۰۱). نتایج حاکی از این بود که هماهنگی دودستی دانش آموزان DCD براثر تمرینات هماهنگی دوجانبه از پیش‌آزمون (۳۷/۴۶) تا پس-آزمون (۵۱/۲۰) افزایش معناداری یافته است، اما در گروه کنترل، در هماهنگی دودستی دانش‌آموزان DCD تفاوت معناداری یافت نشد (P=۰/۷۴۲). دیگر نتایج در جدول ۲ حاکی از این است که بین گروه‌ها با اندازهٔ اثر ۰/۶۱ در هماهنگی دودستی دانش‌آموزان با اختلال هماهنگی رشدی، تفاوت معناداری وجود دارد (P=۰/۰۰۱، F=۴۳/۰۴). نتایج حاکی از این است که میانگین هماهنگی دودستی گروه تمرینات هماهنگی دوجانبه (۵۱/۲۰) به‌طور معناداری در مقایسه با گروه کنترل (۳۵/۳۳) با اختلاف میانگین ۱۵/۷۸ واحد افزایش یافته است.

همچنین نتایج جدول ۲ نشان داد که تمرینات هماهنگی دوجانبه در هماهنگی چشم و دست دانش‌آموزان DCD تأثیر معناداری دارد (P=۰/۰۰۱). نتایج حاکی از این بود که هماهنگی چشم و دست دانش‌آموزان DCD براثر تمرینات هماهنگی دوجانبه از پیش‌آزمون (۲۰/۶۰) تا پس‌آزمون (۲۶/۱۳) افزایش معناداری یافته است، اما در گروه کنترل در هماهنگی چشم و دست دانش‌آموزان DCD تفاوت معناداری یافت نشد (P=۰/۸۴۲). همچنین، بین گروه‌ها در هماهنگی چشم و دست تفاوت معناداری وجود داشت (P=۰/۰۰۱، F=۲۲/۵۴). نتایج حاکی از این بود که میانگین هماهنگی چشم و دست گروه تمرینات هماهنگی دوجانبه (۲۶/۱۳) در مقایسه با گروه کنترل (۲۰/۴۶)، با اختلاف میانگین ۵/۶۷ واحد، به‌طور معناداری افزایش یافته است.

جدول ۱: میانگین و انحراف معیار مربوط به سن، قد و وزن آزمودنی‌ها (انحراف استاندارد±میانگین)

گروه	تعداد	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)
آزمایش	۱۵	۱۰/۱±۶۶/۲۹	۱۱۵/۹±۴۰/۴۶	۳۳/۳±۳۳/۸۴
کنترل	۱۵	۱۰/۱±۲۶/۰۹	۱۱۵/۷±۳۶/۲۷	۳۴/۴±۷۳/۸۰
آزمون تی مستقل	–	(t=۰/۹۱ ،P=۰/۳۶)	(t=-۰/۱۵ ،P=۰/۸۸)	(t=-۰/۸۸ ،P=۰/۳۶)

جدول ۲: تغییرات درون‌گروهی و بین‌گروهی هماهنگی دودستی و هماهنگی چشم و دست

متغیرها	گروه	پیش‌آزمون (انحراف استاندارد±میانگین)	پس‌آزمون (انحراف استاندارد±میانگین)	تی وابسته		تحلیل کواریانس			
				t	P	F	P	اندازه اثر	توان آزمون
هماهنگی دودستی	آزمایش	۳۷/۵±۴۶/۴۲	۵۱/۶±۲۰/۸۰	-۵/۷۹	۰/۰۰۱ $^{\lambda}$	۴۳/۰۴	۰/۰۰۱*	۰/۶۱۵	۱/۰۰
	کنترل	۳۶/۶±۴۵/۲۲	۳۵/۶±۳۳/۰۱	۰/۳۳	۰/۷۴۲				
هماهنگی چشم و دست	آزمایش	۲۰/۶۰±۲/۶۶	۲۶/۳±۱۳/۱۳	-۵/۹۱	۰/۰۰۱ $^{\lambda}$	۲۲/۵۴	۰/۰۰۱*	۰/۴۵۵	۰/۹۹
	کنترل	۲۰/۳±۷۳/۵۹	۲۰/۳±۴۶/۲۹	۰/۲۰	۰/۸۴۲				

$^{\lambda}$: تفاوت‌های معنادار از پیش‌آزمون به پس‌آزمون؛ *: تفاوت معنادار بین دو گروه.

بحث

هدف این پژوهش تعیین تأثیر تمرینات هماهنگی دوجانبه در هماهنگی دو دست و هماهنگی چشم و دست کودکان با **DCD** بود. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تمرینات هماهنگی دوجانبه موجب بهبود هماهنگی دودستی و هماهنگی چشم و دست دانش‌آموزان **DCD** شد. هانسن و همکاران (۲۰۲۲) نیز در تحقیقشان گزارش دادند که تمرینات هماهنگی می‌تواند با سازگاری‌های عصبی ـ عضلانی و بهبود هماهنگی چشم و دست، اثر مثبتی در بهبود مهارت‌های حرکتی داشته باشد (۲۰). به‌طور کلی، کودکان مبتلابه **DCD** در هماهنگی حرکتی و مهارت‌های بینایی ـ حرکتی از کودکان با رشد معمولی ضعیف‌تر عمل می‌کنند (۱۴). کارآمدی برنامه‌های مداخله‌ای این‌چنینی ممکن است به این دلیل باشد که تمرینات و فعالیت‌های ادراکی ـ حرکتی در سال‌های اولیهٔ زندگی کودک، در یکپارچه‌سازی حسی ـ حرکتی نقش بسیار مهمی ایفا می‌کند و به‌نوبهٔ خود، در شکل‌گیری و تقویت حرکات بنیادی در فرایند رشد و تکامل حرکتی بسیار مؤثر است (۲۶). تسای و همکاران نیز در تحقیقشان گزارش دادند که فعالیت‌های جسمانی‌ای که به کاربرد بینایی و حرکتی نیاز دارند، موجب بهبود عملکرد حرکتی و هماهنگی چشم و دست در کودکان **DCD** می‌شوند. این مطالعه نشان داد که مداخلهٔ ورزشی به‌کارگرفته‌شده در محیط مدرسه می‌تواند برای کنترل مهاری و عملکرد حرکتی در کودکان مبتلابه **DCD** مفید باشد (۲۷).

بسیاری از عملکردهای حرکتی ماهرانه در انسان، به همکاری بین چشم و دو دست نیاز دارند (۲۸). توانایی انجام حرکات دودستی به‌صورت هماهنگ برای فعالیت روزانه ضروری است؛ زیرا بسیاری از کارهای روزمره به حرکت هماهنگ دو دست در زمان و مکان نیاز دارند (۲۹). بعضی اوقات دو دست ضرورتاً کار یکسانی انجام نمی‌دهند و هرکدام حرکات متفاوتی را انجام می‌دهد، به‌طوری که الگوهای این حرکات از نظر فضایی و زمانی با یکدیگر متفاوت‌اند. برای مثال، انجام حرکات در حین رانندگی یا بستن دکمهٔ پیراهن به حرکات دودستی متفاوتی نیاز دارند. به این نوع حرکات دودستی هماهنگی دودستی نامتقارن یا تکالیف دودستی مستقل گفته می‌شود که در آن‌ها، هر دست به‌طور مجزا عمل می‌کند، اما درنهایت هر دو دست به‌دنبال هدف خاصی هستند (۲۸، ۲۹). هماهنگی دودستی موضوع مهم و چالش‌برانگیزی در یادگیری حرکتی است که در انجام تکالیف روزمره و فعالیت‌های تفریحی به آن نیاز است (۲۸). تحقیقات فزاینده‌ای نشان داده‌اند که مجموعهٔ وسیع‌تری از مناطق کلیدی مغز از نظر عملکردی در اجرای هماهنگی دودستی نقش دارند.

یک مطالعهٔ اخیر تصویربرداری درگیری نواحی پیش‌پیشانی مغز، علاوه‌بر **DLPFC**، **M1** را نیز طی یک کار هماهنگی پیچیدهٔ دودستی نشان داد (۲۹). سازگاری‌های عصبی ـ فیزیولوژیکی توسعه و عملکرد عصبی ـ شناختی یا عملکرد بصری ـ فضایی را تسهیل می‌کنند (۳۰) که می‌تواند به توانایی‌های فضایی مربوط باشد. ناحیه‌ای که در مغز با پردازش اطلاعات، توجه، انعطاف‌پذیری شناختی و کنترل، حافظهٔ کاری یا عملکرد بینایی ـ فضایی مرتبط است، قشر پیشانی پشتی جانبی (Dorsolateral Prefrontal Cortex: **DLPFC**) است (۳۱، ۳۲). **DLPFC** با نواحی اصلی حرکت چشمی قشر مغز ارتباط مستقیمی دارد. این نشان می‌دهد **DLPFC** در فرایندهای تصمیم‌گیری حاکم بر رفتار حرکتی چشم نقش عمده‌ای ایفا می‌کند (۳۱).

در مطالعات عملکردی شرکت‌کنندگان سالم، سرعت پردازش سریع‌تر با کاهش اتصال عملکردی جهت‌یافته و کاهش فعال‌سازی **DLPFC** مرتبط است (۳۳). گزارش شده است که پس از مداخلهٔ بازسازی عصبی، ضمن بهبود عملکرد شناختی، جبران نواحی مغز نیز تنظیم و در نتیجه، کاهش فعال‌سازی **DLPFC** مشاهده می‌شود (۳۴). بنابراین یکی از دلایل اثربخشی تمرینات هماهنگی در بهبود وضعیت در فضا و روابط فضایی کودکان در تحقیق حاضر، می‌تواند بهبود عملکرد ناحیهٔ **DLPFC** آزمودنی‌ها باشد و چون این ناحیه با عملکرد بینایی ـ فضایی مرتبط است، در نتیجه به بهبود هماهنگی چشم و دست منجر می‌شود. هماهنگی چشم و دست پیچیده است؛ زیرا شامل هدایت بصری چشم و دست می‌شود، درحالی‌که هم‌زمان از حرکات چشم برای بهینه‌سازی بینایی استفاده می‌شود. ازآنجاکه تنها حرکت دست مستقیماً در دنیای بیرونی تأثیر می‌گذارد، حرکات چشم در این سیستم دخالت دارد. این سیستم دیداری حرکتی چشمی بازخورد بصری حلقهٔ بسته دارد (۳۵). هماهنگی عاملی ضروری برای رسیدن به هدف حرکت است. هماهنگی بین‌اندامی شامل حرکات متوالی و هم‌زمان است که از دو بخش بدن با درجات بالایی از ریتمیک‌بودن استفاده می‌کند و به‌طور دقیق‌تر، می‌توان گفت که هماهنگی بین‌اندامی شامل زمان‌بندی چرخه‌های حرکت اندام‌ها در ارتباط با هم است (۳۶، ۳۷).

حرکات هماهنگ و هدفمند دست‌ها به اطلاعات رسیده از چشم‌ها بستگی دارد و نوع حرکات دست‌ها در رسیدن به هدف اطلاعات، بازخوردی مهمی برای هدایت کردن تکلیف توسط چشم‌ها دارد. با توجه به اینکه مداخلهٔ تمرین حاضر تکلیفی است که به هماهنگی بین حرکات دست‌ها و چشم‌ها نیاز دارد، می‌تواند باعث افزایش توجه انتخابی در هماهنگی چشم و دست در انجام تکلیف شود (۳۸).

تثبیت‌های چشمی که در هماهنگی دست و چشم استفاده می‌شوند، اهمیت ویژه‌ای دارند. چنین هماهنگی‌ای به‌طور گسترده برای حرکات منفرد از یک مکان منبع به یک مکان هدف مطالعه شده است. در مقابل،

تثبیت‌های چندگانه که در آن منابع و اهداف تابعی از یک کارند، به‌صورت پویا توسط آزمودنی مطابق با الزامات کار انتخاب می‌شوند (۳۹). با توجه به اینکه در فعالیت حاضر به تقسیم توجه به یک فعالیت پیچیدهٔ دوگانه در دو دست نیاز بود (۲۲)، به نظر می‌رسد که موجب تقویت هماهنگی در فعالیت دودستی با چشم در کودکان مبتلابه **DCD** شده است.

از محدودیت‌های تحقیق حاضر می‌توان به حجم کم آزمودنی‌ها و استفاده از دامنهٔ سنی محدود به ۷ تا ۱۱ سال و جنسیت دختر اشاره کرد که قابل تعمیم به سنین بیشتر یا کمتر نباشد. پیشنهاد می‌شود تحقیقات گسترده‌تری با آزمودنی‌هایی با سنین متفاوت انجام شود. همچنین، در تحقیق حاضر فقط هماهنگی عملکردی دودستی و چشم و دست بررسی شد و مکانیسم اثر عصبی ـ عملکردی در آن بررسی نشد. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده مکانیسم‌های عصبی ـ عضلانی، ازجمله نواحی مختلف مغز، به‌ویژه قسمت‌های مرتبط با عملکرد حرکتی مانند نواحی پیش‌پیشانی مغز و همچنین فعالیت الکتریکی عضلات نیز بررسی شوند.

نتیجه‌گیری

الگوی توجه دیداری ـ فضایی یک تکلیف خاص به‌صورت هماهنگی دوجانبه، روش تمرینی مناسبی برای بهبود هماهنگی دو دست و همچنین چشم و دست در کودکان مبتلابه DCD است. با توجه به اینکه اختلال هماهنگی در الگوی توجه بینایی و عملکرد دودستی در کودکان مبتلابه DCD وجود دارد، این تمرینات می‌تواند با بهبود سازگاری‌های بینایی ـ عملکردی فضایی، موجب بهبود عملکرد حرکتی در این کودکان شود.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق در پژوهش

مطالعه حاضر مطابق اصول اخلاقی و با دریافت مجوز از کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول، تحت کد اخلاق IR.IAU.D.REC.1403.100 انجام شده است.

حامی مالی

این مقاله دارای حامی مالی نیست.

مشارکت نویسندگان

مطهره مصلحی ایده‌پردازی و طراحی مطالعه را برعهده داشت. نگار لاری‌بقال، مطهره مصلحی و سارا شمشیری در جمع‌آوری داده‌ها و تحلیل آماری مشارکت داشتند. نگار لاری‌بقال نسخه اولیه مقاله را نگارش کرد و سایر نویسندگان در بازنگری انتقادی و اصلاحات علمی همکاری نمودند. تمامی نویسندگان نسخه نهایی مقاله را مطالعه و تأیید کرده‌اند.

تعارض منافع

در این مطالعه هیچ‌گونه تعارض منافعی گزارش نشده است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مراتب سپاس و قدردانی خود را از تمامی افرادی که در مراحل مختلف اجرای این پژوهش همکاری داشته‌اند، ابراز می‌دارند.

References

1. Dionne E, Bolduc MÈ, Majnemer A, Beauchamp MH, Brossard-Racine M. Academic challenges in developmental coordination disorder: a systematic review and meta-analysis. Physical & occupational therapy in pediatrics. 2023 Jan 2;43(1):34-57. [10.1080/01942638.2022.2073801][PMID]
2. Ku B. The effects of motor skill interventions on motor skills in children with developmental disabilities: A literature review. The Asian Journal of Kinesiology. 2020 Oct 31;22(4):11-22.
3. Valverde AA, Araújo CR, Magalhães LD, Cardoso AA. Relationship between visual-motor integration and manual dexterity in children with developmental coordination disorder. Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional. 2020 Sep 4;28:890-9.
4. Huh J, Williams HG, Burke JR. Development of bilateral motor control in children with developmental coordination disorders. Developmental Medicine & Child Neurology. 1998 Jul;40(7):474-84. [10.1111/j.1469-8749.1998.tb15398.x][PMID]
5. Cardoso AA, Magalhaes LD. Bilateral coordination and motor sequencing in Brazilian children: preliminary construct validity and reliability analysis. Occupational therapy international. 2009 Jun;16(2):107-21. [10.1002/oti.273][PMID]
6. Poulsen AA, Ziviani JM, Cuskelly M, Smith R. Boys with developmental coordination disorder: Loneliness and team sports participation. The American Journal of Occupational Therapy. 2007 Jul 1;61(4):451-62. [10.5014/ajot.61.4.451][PMID]
7. Sonar AD, Sawant N, Salunkhe J, Baraskar SS. Design, development, and validation of hand-eye coordination equipment. IETE Journal of Research. 2023 Nov 30;69(11):8373-81.
8. Goulardins JB, Nascimento RO, Casella EB, Silva MA, Piek J, Matos MA, de Oliveira JA. Do children with co-occurring ADHD and DCD differ in motor performance?. Journal of Motor Behavior. 2024 Sep 2;56(5):568-78. [10.1080/00222895.2024.2361103][PMID]
9. Zaragas H, Fragkomichelaki O, Geitona M, Sofologi M, Papantoniou G, Sarris D, Pliogou V, Charmpatsis C, Papadimitropoulou P. The effects of physical activity in children and adolescents with developmental coordination disorder. Neurology international. 2023 Jun 29;15(3):804-20. [10.3390/neurolint15030051][PMID]
10. Neil-Sztramko SE, Caldwell H, Dobbins M. School-based physical activity programs for promoting physical activity and fitness in children and adolescents aged 6 to 18. Cochrane database of systematic reviews. 2021(9).[10.1002/14651858.CD007651.pub3][PMID]
11. Okely AD, Kontsevaya A, Ng J, Abdeta C. 2020 WHO guidelines on physical activity and sedentary behavior. Sports Medicine and Health Science. 2021 Jun 1;3(2):115-8. [10.1016/j.smhs.2021.05.001][PMID]
12. Dapp LC, Gashaj V, Roebers CM. Physical activity and motor skills in children: A differentiated approach. Psychology of Sport and Exercise. 2021 May 1;54:101916.
13. Cavalcante Neto JL, Draghi TT, Santos IW, Brito RD, Silva LS, Lima UD. Physical fitness in children with developmental coordination disorder: a systematic review. Physical & Occupational Therapy In Pediatrics. 2024 Sep 2;44(5):626-55. [10.1080/01942638.2024.2327354][PMID]
14. Cantin N, Ryan J, Polatajko HJ. Impact of task difficulty and motor ability on visual-motor task performance of children with and without developmental coordination disorder. Human movement science. 2014 Apr 1;34:217-32. [10.1016/j.humov.2014.02.006][PMID]
15. Christensen DL. Prevalence and characteristics of autism spectrum disorder among children aged 8 years—autism and developmental disabilities monitoring network, 11 sites, United States, 2012. MMWR. Surveillance summaries. 2016;65. [10.15585/mmwr.ss6503a1][PMID]
16. Farhat F, Ammar A, Mezghani N, Kammoun MM, Trabelsi K, Gharbi A, Sallemi L, Rebai H, Moalla W, Smits-Engelsman B. The effect of task-oriented basketball training on motor skill-related fitness in children with developmental coordination disorder. Sports. 2025 Feb 20;13(3):62. [10.3390/sports13030062][PMID]
17. Bonney E, Jelsma LD, Ferguson GD, Smits-Engelsman BC. Learning better by repetition or variation? Is transfer at odds with task specific training?. PLoS One. 2017 Mar 23;12(3):e0174214. [10.1371/journal.pone.0174214][PMID]
18. de Oliveira IS, da Silva Oliveira D, de Azevedo Guendler J, Rocha BM, Sarinho SW. Effectiveness of motor intervention on children with Developmental Coordination Disorder (DCD): A systematic review. Journal of Physical Education and Sport Management. 2017 Jun 30;8(3):32-40.
19. Niemeijer AS, Smits-Engelsman BC, Schoemaker MM. Neuromotor task training for children with developmental coordination disorder: a controlled trial. Developmental Medicine & Child Neurology. 2007 Jun;49(6):406-11. [10.1111/j.1469-8749.2007.00406.x][PMID]
20. Hansen MB, Petersen K, Østergaard SB, Nielsen TK, Jensen NG, Mrachacz-Kersting N, Oliveira AS. Retention following a short-term cup stacking training: Performance and electrocortical activity. Science & Sports. 2022 Dec 1;37(8):800-e1.
21. Blank R, Barnett AL, Cairney J, Green D, Kirby A, Polatajko H, Rosenblum S, Smits-Engelsman B, Sugden D, Wilson P, Vinçon S. International clinical practice recommendations on the definition, diagnosis, assessment, intervention, and psychosocial aspects of developmental coordination disorder. Developmental Medicine & Child Neurology. 2019 Mar;61(3):242-85. [10.1111/dmcn.14132][PMID]
22. Roohi A, Tahmasebi Boroujeni S, Jaberi Moqadam AA. The Effect of Sport Stacking Intervention on Students Self-Confidence and Bimanual Coordination. Sport Psychology Studies. 2019 Mar 21;8(27):67-80.
23. Basak R, Yaman S. Effect of Frostig Visual Perception Training Program on Visual Perception Skills of First

Graders. International Journal of Education and Literacy Studies. 2023;11(4):190-204.
24. Eivazy S, Karami J, Yazdanbakhsh K. The Effectiveness of HAMRAH Cognitive Rehabilitation Package on Improving Visual Perception in Students with Dysgraphia. Journal of. 2024 Mar 10.
25. Shahbazi M, Bohloul A, Modaberi S. Accreditation the Interpersonal and Intrapersonal Motor Coordination Measuring Instrument. Research in Sport Management & Motor Behavior. 2020;10(19):16-30.
26. Shahbazi M, Bohloul A, Modaberi S. Accreditation the Interpersonal and Intrapersonal Motor Coordination Measuring Instrument. Research in Sport Management & Motor Behavior. 2020;10(19):16-30.
27. Tsai CL. The effectiveness of exercise intervention on inhibitory control in children with developmental coordination disorder: using a visuospatial attention paradigm as a model. Research in developmental disabilities. 2009 Nov 1;30(6):1268-80. [10.1016/j.ridd.2009.05.001][PMID]
28. Khanjari Y, Arabameri E. Investigating the asymmetric bimanual coordination differences in male and female athletes in ball and non-ball sports. Journal of Sport Biomechanics. 2021 Mar 10;6(4):250-63.
29. Vancleef K, Meesen R, Swinnen SP, Fujiyama H. tDCS over left M1 or DLPFC does not improve learning of a bimanual coordination task. Scientific reports. 2016 Oct 25;6(1):35739. [][PMID]
30. Danna J, Lê M, Tallet J, Albaret JM, Chaix Y, Ducrot S, Jover M. Motor adaptation deficits in children with developmental coordination disorder and/or reading disorder. Children. 2024 Apr 19;11(4):491. [10.3390/children11040491][PMID]
31. Pierrot-Deseilligny CH, Müri RM, Nyffeler T, Milea D. The role of the human dorsolateral prefrontal cortex in ocular motor behavior. Annals of the new York Academy of Sciences. 2005 Apr;1039(1):239-51.[10.1196/annals.1325.023][PMID]
32. Vanderhasselt MA, De Raedt R, Baeken C. Dorsolateral prefrontal cortex and Stroop performance: tackling the lateralization. Psychonomic bulletin & review. 2009 Jun;16(3):609-12.[10.3758/PBR.16.3.609][PMID]
33. Motes MA, Yezhuvath US, Aslan S, Spence JS, Rypma B, Chapman SB. Higher-order cognitive training effects on processing speed–related neural activity: a randomized trial. Neurobiology of Aging. 2018 Feb 1;62:72-81.[10.1016/j.neurobiolaging.2017.10.003][PMID]
34. Yang Z, Zhang W, Liu D, Zhang SS, Tang Y, Song J, Long J, Yang J, Jiang H, Li Y, Liu X. Effects of sport stacking on neuropsychological, neurobiological, and brain function performances in patients with mild Alzheimer's disease and mild cognitive impairment: a randomized controlled trial. Frontiers in Aging Neuroscience. 2022 May 12;14:910261.[10.3389/fnagi.2022.910261][PMID]
35. Niechwiej-Szwedo E, Wu S, Nouredanesh M, Tung J, Christian LW. Development of eye-hand coordination in typically developing children and adolescents assessed using a reach-to-grasp sequencing task. Human Movement Science. 2021 Dec 1;80:102868.[10.1016/j.humov.2021.102868][PMID]
36. Watemberg N, Waiserberg N, Zuk L, Lerman-Sagie T. Developmental coordination disorder in children with attention-deficit–hyperactivity disorder and physical therapy intervention. Developmental Medicine & Child Neurology. 2007 Dec;49(12):920-5.[10.1111/j.1469-8749.2007.00920.x][PMID]
37. van der Veer IP, Rameckers EA, Steenbergen B, Bastiaenen CH, Klingels K. How do paediatric physical therapists teach motor skills to children with Developmental Coordination Disorder? An interview study. PloS one. 2024 Feb 1;19(2):e0297119.[10.1371/journal.pone.0297119][PMID]
38. Kovari A, Katona J, Costescu C. Quantitative analysis of relationship between visual attention and eye-hand coordination. Acta Polytech. Hung. 2020 Jan 1;17(2):77-95.
39. Yu C, Smith LB. Hand–eye coordination predicts joint attention. Child development. 2017 Nov;88(6):2060-78.[10.1111/cdev.12730][PMID]

[1] [2]
Authors retain the copyright and full publishing rights.
Published by ahvaz jundishapur university of medical science. This article is an open access article licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).