

یادگیری کنترل حرکتی پیش‌بینانه در کودکان با اختلال هماهنگی رشدی

حسن سپهری بناب^۱، فاطمه سادات حسینی^۲، مالک احمدی^۳

۱. دانشجوی دکتری یادگیری حرکتی، دانشگاه ارومیه*

۲. دانشیار رفتار حرکتی، دانشگاه ارومیه

۳. استادیار رفتار حرکتی، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۳۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۰۴

چکیده

هدف از پژوهش حاضر، بررسی یادگیری کنترل حرکتی پیش‌بینانه در کودکان با اختلال هماهنگی رشدی درمقایسه با کودکان عادی بود. بدین‌منظور، از بین دانش‌آموزان پسر ۱۲-۷ ساله شهر تبریز، ۱۲ کودک با اختلال هماهنگی رشدی با استفاده از آزمون‌های "پرسش‌نامه اختلال هماهنگی رشدی والدین"، "سیاهه مشاهده حرکتی معلمان" و "آزمون برونیگز اوزرتسکی" و نیز ۱۲ کودک عادی هم‌تا از نظر هوشی و سن تقویمی به‌صورت نمونه‌گیری هدفمند انتخاب شدند. از شرکت‌کنندگان خواسته شد هدف متحرکی را در مسیر دایره‌ای بر روی مایتور با استفاده از دسته‌های کنترلی بازی با استفاده از تکلیف پیگردی چرخان ردیابی کنند. کنترل پیش‌بینانه نیز با استفاده از متغیرهایی که نشان‌دهنده رفتار و موفقیت ردیابی دستی بود، اندازه‌گیری گشت. نتایج حاصل از تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر نشان می‌دهد که بین کودکان با اختلال هماهنگی رشدی و عادی در شاخص‌های کنترل پیش‌بینانه شامل: زمان کلی باقی‌ماندن بر هدف ($P=0.049$)، زمان متوالی باقی‌ماندن بر هدف ($P=0.016$)، فاصله از هدف ($P=0.002$) و سرعت حرکت ($P=0.001$) تفاوت معناداری وجود دارد. به‌طورکلی، به‌نظر می‌رسد کودکان با اختلال هماهنگی رشدی احتمالاً نسبت به گروه کنترل در تحکیم و یادگیری کنترل حرکتی پیش‌بینانه و ایجاد مدل درونی کنترل حرکات دارای نقص هستند و از راهبرد کنترلی بازخوردی و گام‌به‌گام استفاده می‌کنند. همچنین، ممکن است یک نقص زیربنایی در مدل‌سازی درونی در کودکان با اختلال هماهنگی رشدی وجود داشته باشد.

واژگان کلیدی: اختلال هماهنگی رشدی، بازخورد پیش‌خواندی، کنترل حرکتی پیش‌بینانه

مقدمه

طبق تعریف انجمن روان‌شناسی آمریکا^۱ (۲۰۱۳)، واژه "اختلال هماهنگی رشدی"^۲ (DCD) ویژگی کودکانی است که بدون هیچ‌گونه آسیب شناختی و عصبی، هماهنگی حرکتی لازم برای اجرای الگوهای حرکتی متناسب با سن و هوش خود را ندارند. این کودکان در بازی و ورزش از همسالان خود ضعیف‌تر هستند که این امر باعث عدم پذیرش از سوی آن‌ها و اجتناب از مشارکت در فعالیت‌های حرکتی و به تبع آن بروز چاقی، افسردگی و گوشه‌گیری، عزت‌نفس پایین، عدم رضایتمندی و قدرت تحمل اندک خواهد شد (۱،۲)؛ به‌همین دلیل، تشخیص زودهنگام مشکلات این کودکان و علل آن در شیوه درمان، برخورد و آموزش آن‌ها مؤثر بوده و از پیامدهای منفی بیشتر نیز پیشگیری خواهد نمود.

در شرایط پویای محیطی، تبحر در رفتار حرکتی با کسب الگوهای حرکتی هماهنگ، روان و مؤثر مشخص می‌شود. یکی از جنبه‌های مهم کنترل حرکتی، توانایی تنظیم یکپارچه حرکات طی اعمال متوالی است که به ظرفیت سیستم حرکتی در یادگیری و کسب پویایی‌های خود و نیز مدل‌سازی رفتار خود در مواجهه با دنیای بیرون بستگی دارد. این فرایندها فرد را به انجام سازگاری و تنظیمات هم‌زمان و فوری (از نظر پارامترهای نیرو و فضای - زمانی) براساس تخمین و برآوردهای قبلی از موقعیت و مکان اندام قادر می‌سازند (۳). کنترل حرکتی مستلزم استفاده از ترکیبی از راهبردهای کنترلی پیش‌خواندی و بازخواندی است که سیستم بازخواندی متکی بر اطلاعات حسی تشخیص خطا و یکپارچگی می‌باشد؛ اما در کنترل حرکتی پیش‌خواندی، توانایی پیش‌بینی نیازهای فضایی - زمانی یک تکلیف حرکتی و پیامدهای حسی عمل موردنظر می‌باشد (۴). مطابق با نظر وون هافوستن^۳ (۱۹۹۳؛ ۲۰۰۷)، یادگیری و رشد مهارت به‌منزله اکتساب کنترل پیش‌بینانه^۴ است. در مواجهه با محیط، اعمال فرد تحت‌تأثیر قرار گرفته و بسیار متغیر می‌گردد و آنچه در لحظه بعدی اتفاق می‌افتد می‌بایست از نظر فضایی و زمانی پیش‌بینی شود. کودکان با یادگیری اصول و قواعد رویه‌ای اجرای تکالیف قادر به پیش‌بینی رخدادهایی بعدی می‌شوند. "ردیابی بصری یا دستی یک جسم در حال حرکت" نمونه‌ای از تکالیفی است که در آن‌ها کارکرد کنترل پیش‌بینانه یا پیش‌خواندی ضروری می‌باشد. نتایج مطالعات مربوط به رشد ردیابی بصری پیش‌بینانه (۵،۶) نشان می‌دهد که از نظر مراحل رشدی، کودکان در یک‌سالگی قادر به ردیابی بصری یک هدف متحرک هستند و با ایجاد یک بازنمایی درونی از حرکت اشیاء، به پیش‌بینی فضایی و زمانی دست می‌زنند؛ اما در عمل دسترسی و چنگ‌زدن به یک جسم متحرک (ردیابی دستی)، فرد باید قادر به پیش‌بینی مکان بعدی حرکت جسم در فضا با

1. American Psychological Association (APA)
2. Developmental Coordination Disorder
3. Von Hofsten
4. Predictive Control

توجه به موقعیت دست خود باشد. ردیابی بصری در اوایل زندگی رشد می‌کند؛ اما ردیابی دستی بعدها رشد نموده و مستلزم ردیابی چشمی - دستی می‌باشد (۶). نقص یا اختلال در محور آهیانه‌ای - مخچه‌ای ممکن است از علل احتمالی و مرتبط با ضعف کنترل حرکتی پیش‌بینانه باشد. این شبکه در ایجاد مدل‌های پیش‌بین و مقایسه موقعیت اندامی پیش‌بینی‌شده با بازخورد حسی واقعی نقش دارد (۷). خطاهای پیش‌بینی به سرعت تشخیص داده شده و به‌عنوان پیام‌های خطا به دو ناحیه مخچه و قشر آهیانه‌ای - خلفی فرستاده می‌شود و به‌عنوان بخشی از فرایند یادگیری حرکتی بر اصلاح پیام‌های خروجی و مدل‌های درونی عمل اثر می‌گذارد. عملکرد کودکان DCD مشابه با افرادی است که در این نواحی دچار آسیب‌دیدگی شده‌اند. قشر ارتباطی آهیانه‌ای در یکپارچگی بینایی - فضایی و قشر مخچه‌ای در پردازش رویدادهای حسی درگیر هستند. برخی از مواقع ممکن است مدل اولیه راه‌اندازی‌شده، کامل نبوده و یا عوامل محیطی تغییراتی را در آن به‌وجود آورده باشد؛ در این حالت، محور آهیانه‌ای - مخچه‌ای برای برآورد پیش‌بینانه و اصلاح آن حرکت قبل از راه‌اندازی آن فعال می‌شود. کنترل پیش‌بینانه به‌شکل یکپارچه و توسط سیستم‌های حسی مختلف با توجه به نوع تکلیف عمل می‌کند؛ مانند کنترل حرکات چشمی، تنظیم قامتی پویا، عمل دسترسی و چنگ‌زدن که در تمامی آن‌ها این مدل درونی پیش‌خوراندی وارد عمل می‌شود. شایان‌ذکر است که همه آن‌ها را می‌توان با تمرین تکراری ترکیب نمود و یاد گرفت (۸). مفهوم مدل درونی، مکانیسم پایه کنترل و یادگیری حرکتی را در چهارچوب علوم عصب محاسباتی توضیح می‌دهد. اهمیت برآورد پیش‌بینانه مسیر و پویایی‌های حرکتی اندام در فهم کنترل حرکتی توسط مطالعات رفتاری بسیاری تأیید شده است (۹). از سوی دیگر، مدل‌های پیش‌بینانه با پیش‌بینی پیامدهای حرکتی در کنترل ارادی و ثبات سیستم حرکتی نقش دارند. هنگامی که یک برنامه حرکتی آغاز می‌شود، قشر حرکتی یک فرمان حرکتی را ایجاد می‌کند که به‌وسیله مسیرهای قشری نخاعی به سمت پایین بدن فرستاده می‌شود. همچنین، یک کپی از برنامه حرکتی (وآبران) به‌شکل موازی به‌عنوان یک پیام عصبی فرعی ایجاد شده و به شبکه‌های عصبی آهیانه‌ای پیشانی و آهیانه‌ای - مخچه‌ای ارسال می‌گردد. این شبکه‌ها مسئول فرایندهایی هستند که به مقایسه پویایی و حرکت پیش‌بینی‌شده عضو با بازخورد حسی واقعی می‌پردازند. خطاهای پیش‌بینی به‌عنوان سیگنال درون‌داد جهت تصحیح طرح عمل موجود از طریق تأخیری که بسیار سریع‌تر از کنترل بازخوردی است، استفاده می‌شود (۹). این فرایند کنترلی و تصحیح خطا منجر به ایجاد سیگنال‌های می‌گردد که طرح‌ریزی پیش‌بینانه را در طول کوشش‌ها و تمرین‌های تکراری و یا تجارب یادگیری تنظیم می‌کند. در تکلیف پیگردی می‌توان توانایی ردیابی دقیق و کارآمد یک محرک را اندازه‌گیری کرد. همچنین، توانایی تنظیم مدل‌های پیش‌بین در طول زمان در پاسخ به هدف متحرک، قابلیت پیش‌بینی و طرح‌ریزی پیشین حرکت برای پیش‌بینی مسیر هدفی که با سرعت

مشخصی حرکت می‌کند را موردسنجش قرار می‌دهد (۱۲-۱۰). در مطالعاتی که به بررسی رشد ردیابی دستی پرداخته‌اند، هم از تکلیف پیگردی چرخان (۱۳) و هم از تکلیف پیگردی با حرکت هدف در خط مستقیم و در صفحه افقی استفاده شده است (۱۴). باید توجه داشت که اجرای موفق در تکلیف پیگردی چرخان مستلزم پیش‌بینی گام‌های حرکتی هدف و حرکات دست می‌باشد.

کودکان DCD قادر به توسعه سطح مهارت خود متناسب با تجارب یادگیری و انتظارات سنی خود نیستند؛ لذا، به انواعی از مشکلات در مهارت‌های ظریف، درشت، تعادل و یا ترکیبی از مهارت‌ها دچار می‌شوند که با اعمال روزمره زندگی و پیشرفت تحصیلی آن‌ها تداخل دارد (۱). چندین فرضیه احتمالی در مورد کاهش سرعت پردازشی، مشکلات کنش‌های اجرایی^۱، ضعف یکپارچگی حسی و ضعف در جفت‌شدن ادراک - عمل در رابطه با کودکان DCD در مطالعات مطرح گردیده است که در دو مطالعه مروری انجام‌شده به‌وسیله ویلسون^۲ (۲۰۱۳) و آدامز^۳ (۲۰۱۴)، تمامی این ویژگی‌ها موردبررسی قرار گرفته‌اند. یکی از فرضیه‌های احتمالی ضعف توانایی‌های حرکتی در کودکان DCD، نقص در توانایی استفاده از مدل‌های درونی کنترل حرکتی است؛ زیرا، کارکرد نابه‌هنجار آن قابلیت یادگیری کودکان DCD را تضعیف می‌کند (۲،۸). کودکان DCD با وجود نداشتن هرگونه مشکلات مرتبط با سلامتی، اختلال رشدی و هوشی، توانایی کمتری در مهارت‌های حرکتی متناسب با سن خود دارند. مطالعات طولی نشان داده‌اند که نقص حرکتی کودکان که احتمالاً ریشه در کنترل حرکتی پیش‌بینانه دارد، موجب تداوم مشکلات عاطفی، اجتماعی و تحصیلی - یادگیری حتی تا دوره بزرگسالی می‌شود (۸).

کنترل پیش‌بینانه یا مدل درونی در افراد DCD در برخی از مطالعات بررسی شده است (۴،۹،۱۰). دی اولیوریرا و ون^۴ (۲۰۱۰) با مطالعه مدل کنترل درونی با استفاده از تکلیف پیگردی مجازی دریافتند که افراد با اختلال DCD، زمان حرکتی بیشتر، تغییرپذیری بالاتر و توانایی استفاده از اطلاعات قبلی را نداشتند (۱۰). کاشیواگی و همکاران^۵ (۲۰۰۹) نیز با دنبال کردن یک هدف در مسیر افقی با دسته‌های کنترلی، به دقت پایین و بد کارکردی ناحیه آهیانه‌ای دست یافتند (۱۱). همچنین، آدامز و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای مروری در ارتباط با مدل درونی کودکان DCD به نقص کنترل پیش‌بینانه متوسط در بین اندام‌های مجری مختلف در کودکان DCD دست یافتند و آن را با پیچیدگی محدودکننده تکلیفی مرتبط دانستند (۸). زویکر و همکاران^۶ (۲۰۱۰) نیز با استفاده از تکلیف ردیابی در کودکان ۱۰ ساله، تفاوتی را بین گروه DCD و عادی مشاهده نکردند و تنها به تفاوت در نواحی

-
1. Executive Function
 2. Wilson
 3. Adams
 4. De Oliveira, Wann
 5. Kashiwagi
 6. Zwicker

فعال مغزی اشاره نمودند (۱۲). علاوه بر این، آدامز و همکاران (۲۰۱۶) به مطالعه سه جنبه کنترل پیش‌بینانه به‌طور هم‌زمان در کودکان DCD پرداختند و در برخی از مؤلفه‌های مربوط به کنترل پیش‌بینانه، تفاوت معناداری را مشاهده نکردند؛ اما تفاوت دو گروه در مؤلفه‌های طرح‌ریزی عمل و تصویرسازی حرکتی را معنادار دانستند (۹). از سوی دیگر، در مطالعه مروری آدامز و همکاران (۲۰۱۴) به آسیب تصویرسازی حرکتی کودکان DCD اشاره شده است. مطابق با نتایج این پژوهش در چرخش ذهنی، گروه DCD دارای عملکرد با دقت پایینی بودند و با دشواری زاویه چرخش، ضعف مبادله سرعت - دقت در کودکان با اختلال هماهنگی رشدی ایجاد شده بود (۱۵). مطالعات در زمینه اثر راحتی نقطه پایان عمل در کودکان DCD نتایج متضادی را نشان می‌دهد. در این ارتباط، ون سوتن^۱ و همکاران (۲۰۱۰) عنوان نمودند که کودکان DCD دارای سوگیری به سمت انتخاب ساده‌ترین حالت اولیه هستند که این امر نشان‌دهنده کاهش طرح‌ریزی پیش‌بین می‌باشد (۱۶). اسمایس و مایسون^۲ (۱۹۹۷) و نوتن^۳ و همکاران (۲۰۱۴) نیز گزارش کردند که در حالت چنگ‌زدن، تفاوتی بین کودکان عادی و DCD وجود ندارد (۱۷، ۱۸). نتایج مطالعات گوناگون بیانگر آن است که توانایی تصویرسازی حرکتی به‌شکل معناداری توانایی استفاده هم‌زمان از اصلاحات در افراد بزرگسال و کودکان DCD را پیش‌بینی می‌کند و پیش‌بینی مکان اندام منجر به یکپارچگی سریع پیام‌های آوران و آبران شده و سرعت پاسخ‌دهی ادراکی - حرکتی را بهبود می‌بخشد (۱۹). در زمینه دنبال کردن حرکت یک هدف، که در حرکات واقعی ممکن است به طریقی اختلال ایجاد شده باشد و یا زمانی که به‌وسیله بینایی تغییری در محیط تشخیص داده شود سیستم عصبی باید تغییرات سریعی را در جهت حرکت هدف انجام دهد. اصلاح هم‌زمان و آنلاین بدین‌شکل، به توانایی فرد در مقایسه پیامدهای حسی پیش‌بینی‌شده یک عمل پس‌آیند^۴ (براساس مدل درونی پیش‌بین) با بازخورد حسی واقعی بستگی دارد (۲۰). عملکرد این حلقه‌های بازخوردی درونی در کودکان DCD با استفاده از تکالیفی با الگوی نشانه‌گیری دومرحله‌ای بررسی شده است. کودکان DCD با داشتن زمان حرکتی بیشتر در پاسخ به نوسانات هدف و پاسخ کند در تغییرات مسیر و اصلاح آن، دارای افت و توانایی کمی در تصحیح حرکات در حال اجرا می‌باشند (۲۱، ۲۲). این نتایج نشان می‌دهد که تغییرات بینایی با کندی تشخیص داده می‌شوند و یا این‌که حلقه‌های بازخوردی درونی دارای سطوح بالایی از نوفه عصبی هستند (۲۳).

با توجه به نتایج مختلف مطالعات خارجی انجام‌شده در زمینه‌های متعدد استفاده از مدل درونی کنترل حرکتی در کودکان DCD و این‌که همه آن‌ها به‌صورت مقایسه‌ای انجام گرفته‌اند؛ اما در ارتباط با

-
1. Van Swieten
 2. Smyth, Mason
 3. Noten
 4. Prospective

یادگیری و اثر تمرین و آموزش بر کنترل حرکتی پیش‌بینانه پژوهشی صورت نگرفته است، هدف اصلی پژوهش حاضر بررسی کنترل حرکتی پیش‌بینانه و یادگیری آن در تکالیف ردیابی دستی بین کودکان DCD و عادی می‌باشد. در این پژوهش عملکرد ردیابی دستی با اجرای تکلیف پیگردی به شیوه‌ای جدید همراه با زمان متوالی باقی‌ماندن بر هدف و دنبال کردن پیوسته آن که شاخصی از مدل کنترل پیش‌بینانه است (۲۴،۸) ارزیابی می‌شود تا از این طریق توانایی یادگیری، تشخیص و اصلاح نوسانات لحظه‌ای و آنی بررسی گردد. به‌منظور تعیین این که شرکت‌کنندگان از بازخورد پیش‌بینانه یا گام‌به‌گام استفاده کرده‌اند یا خیر، بیشترین مدت‌زمان متوالی باقی‌ماندن بر روی هدف در طول هر کوشش مشخص خواهد شد؛ در این صورت، دریافت می‌شود که آیا راهبرد ردیابی کودکان مرحله‌ای است که در آن قطعه کوتاهی از مسیر حرکت، طرح‌ریزی و اجرا می‌شود و یا با استفاده از راهبرد کنترل پیش‌خواندی، بخش بیشتری از مسیر حرکت پیش‌بینی، طرح‌ریزی و اجرا شده و حرکت روان‌تر خواهد شد (۶،۲۴). نتایج حاصل به توسعه دانش، آگاهی و درک و فهم مکانیسم‌های اساسی کنترل حرکتی و مشکلات حرکتی در کودکان DCD کمک خواهد کرد.

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع مطالعات نیمه‌تجربی است. جامعه آماری پژوهش را تمامی دانش‌آموزان (با دامنه سنی هفت تا ۱۲ سال) مشغول به تحصیل در مقطع ابتدایی مدارس دولتی نواحی سه و چهار شهر تبریز در سال تحصیلی ۹۵-۹۴ به تعداد ۲۴۵۹۷ نفر تشکیل دادند. انتخاب نمونه با توجه به هدف پژوهش به صورت هدفمند در دو گروه کودکان با اختلال هماهنگی رشدی و عادی^۱ (DCD و TD) به تعداد ۱۲ نفر (با دامنه سنی هفت تا ۱۲ سال) در هر گروه صورت گرفت. معیار انتخاب کودکان DCD، معرفی اولیه کودکان دارای مشکلات حرکتی مطابق با علائم راهنمایی تشخیصی و آماری اختلالات روانی به وسیله معلمان و سپس، با استفاده از پرسش‌نامه "اختلال هماهنگی رشدی برای والدین"^۲ DCDQ (نسخه هفت) ویلسون و همکاران (۲۰۰۰) بود. کودکانی که نمره لازم را از پرسش‌نامه DCD-Q7 فرم والدین کسب می‌کردند، با استفاده از پرسش‌نامه PMOQ-T^۳ که توسط معلم تکمیل می‌گشت، ارزیابی می‌شدند و در نهایت، کودکانی که در این مرحله نمره لازم را به دست می‌آوردند، توسط پژوهشگر با استفاده از "آزمون تبحر حرکتی برونیکز اوزرتسکی"^۴ و "آزمون هوش و کسلر کودکان"^۴ مورد ارزیابی قرار می‌گرفتند. جهت انجام پژوهش، شرکت‌کنندگان با بهره هوشی بالاتر از

-
1. Typically Developing
 2. Developmental Coordination Disorder Questioner
 3. Persian Motor Observation Questionnaire for Teachers
 4. Wechsler Intelligence Scale for Children

۷۵ و امتیاز آزمون تبحر حرکتی برونیکز اوزرتسکی زیر صدک ۱۵ با معیار DCD انتخاب شدند (۱،۲۵-۳۰). شایان‌ذکر است که تمامی شرکت‌کنندگان پسر بوده و فاقد هرگونه ناتوانی یادگیری، روانی و عصب‌شناختی قبلی بودند. کودکانی که دارای شرایطی بودند که ممکن بود عملکرد حرکتی آن‌ها را تحت تأثیر قرار دهد (مانند ADHD و LD^۱ که با مراجعه به پرونده دانش‌آموزان مشخص می‌شد) از مطالعه کنار گذاشته شدند. کودکان عادی نیز همسن و همجنس با کودکان DCD از همان مدارس انتخاب شدند. تمامی شرکت‌کنندگان فاقد آشنایی قبلی با تکلیف موردنظر در پژوهش بودند و دست برتر آن‌ها که از طریق "آزمون دست‌برتری ادینبورگ"^۲ تعیین شد (۳۱)، دست راست بود. در ادامه، شرکت‌کنندگان از نظر سن و هوش بهر در دو گروه همسان شدند؛ به‌نحوی که پس از انتخاب کودکان DCD، کودکان عادی با دامنه سنی و هوش بهر مشابه انتخاب شدند. اجرا نیز به صورت تک‌دستی و با دست برتر انجام گرفت. ذکر این نکته ضرورت دارد که پرسش‌نامه‌ها و آزمون‌های مورد استفاده، شرح پروتکل پژوهش و فرم رضایتمندی والدین از قبل به تأیید کمیته پژوهشی اداره آموزش و پرورش نواحی موردنظر رسید.

ابزارهایی که برای جمع‌آوری اطلاعات در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت عبارت بود از: پرسش‌نامه اختلال هماهنگی رشدی نسخه ۷ (DCDQ-7)، لیست مشاهده رفتار حرکتی برای معلمان (PMOQT)، آزمون هوش و کسلر فرم کوتاه، فرم کوتاه آزمون تبحر حرکتی برونیکز اوزرتسکی^۳ (۱۹۷۸)، نسخه نرم‌افزاری تکلیف پیگردی چرخان.

سیاهه اختلال هماهنگی رشدی، مقیاسی برای آگاهی والدین از کنترل حرکتی، مهارت‌های حرکتی درشت و ظریف و هماهنگی عمومی سنین (پنج تا ۱۵ سال) است که شامل ۱۵ سؤال با نمره‌دهی پنج امتیازی لیکرت می‌باشد. دامنه امتیاز کل آن نیز از ۱۵ تا ۷۵ است. با توجه به جدول ارزیابی DCD-Q7، کودکان ۵-۷/۱۱ سال با امتیاز ۱۵-۴۶، کودکان ۸-۹/۱۱ سال با امتیاز ۱۵-۵۵ و کودکان ۱۰-۱۵ سال با امتیاز ۱۵-۵۷ با عنوان مبتلا یا مستعد ابتلا به DCD معرفی می‌شوند. ضرایب پایایی این سیاهه با روش همسانی درونی معادل (۰/۸۳)، بازآزمایی آن برابر با (۰/۷۳) و آلفای کرونباخ آن معادل (۰/۸۵) می‌باشد. روایی هم‌زمان آن در ارتباط با دو خرده‌مقیاس جابه‌جایی و کنترل شی در آزمون رشد حرکتی درشت دو نیز به ترتیب معادل (۰/۶۵) و (۰/۶) گزارش شده است (۳۲، ۱).

علاوه بر این، سیاهه مشاهده رفتار حرکتی معلمان شامل ۱۸ گویه در مورد حرکات درشت و ظریف کودکان ۵-۱۱ ساله با مقیاس چهار امتیازی لیکرت و با دامنه امتیازات ۱۸-۷۲ می‌باشد. بر مبنای

-
1. Learning Disabilities and Attention-Deficit Hyperactivity Disorder
 2. Edinburgh Inventory
 3. Short Form of Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency (Bruininks, 1978)

این سیاهه، جمع نمرات حاصل از ارزیابی آموزگاران صدک‌بندی شده و کودکانی که نمره کل ارزیابی آن‌ها در صدک‌های ۱۰۰-۱۶ قرار می‌گیرد، سالم شناخته می‌شوند. رتبه درصدی ۱۵ و کمتر نیز نشان‌دهنده در معرض خطر ابتلا یا مشکوک بودن است. باید عنوان نمود در هنجاریابی که بر روی ۵۰۵ نفر از دانش‌آموزان پسر دبستانی و آموزگاران آن‌ها انجام گرفت، پایایی این سیاهه معادل (۰/۹۱) گزارش شد (۳۰).

آزمون هوش و کسلر کودکان (فرم کوتاه) در سال (۱۹۶۹) توسط وکسلر به منظور سنجش هوش کودکان تهیه شده است و دارای شش مقیاس کلامی (اطلاعات عمومی، حافظه عددی، گنجینه لغات، حساب، درک مطلب و شباهت‌ها) و شش مقیاس عملی (تکمیل تصاویر، تنظیم تصاویر، الحاق قطعات، طراحی با مکعب‌ها، رمزگردانی و مازها) می‌باشد. بهترین فرم کوتاه طبق هنجاریابی مقیاس هوش و کسلر کودکان در شهر شیراز توسط شهیم (۱۳۷۳)، متشکل از چهار خرده‌آزمون لغات، اطلاعات، طراحی مکعب‌ها و تنظیم تصاویر می‌باشد که هم‌بستگی آن با کل مقیاس در آزمون وکسلر کودکان معادل (۰/۹۱) است. در این پژوهش به منظور غربال شرکت‌کنندگان به لحاظ هوش‌بهر از فرم کوتاه آزمون هوش تجدیدنظرشده و کسلر کودکان (فرم چهارتایی) استفاده گردید و افرادی که نمره هوش‌بهر آن‌ها کمتر از ۷۵ بود از طرح خارج شدند (۳۳).

ابزار دیگر مورد استفاده در پژوهش، آزمون تبحر حرکتی برونیکز اوزرتسکی بود که عملکرد حرکتی کودکان ۴/۵ تا ۱۴/۵ سال را ارزیابی می‌کند و شامل هشت خرده‌آزمون (در ۴۶ بخش جداگانه) می‌باشد. فرم کوتاه آزمون نیز مشتمل بر هشت خرده‌آزمون و ۱۴ بخش جداگانه است. این آزمون به پژوهشگران کمک می‌کند تا کودکان به‌هنجار را از کودکان با اختلال حرکتی شناسایی کنند. برونینکس (۱۹۷۸) این آزمون را بر روی نمونه‌ای شامل ۷۵۶ کودک که براساس سن، جنس، نژاد، حجم جامعه و منطقه جغرافیایی مطابق با سرشماری سال (۱۹۷۰) انتخاب شده بودند، استاندارد کرد. ضریب پایایی بازآزمایی این آزمون در فرم طولانی معادل (۰/۸۷) بوده و در فرم کوتاه برابر با (۰/۸۶) گزارش شده است (۲۵-۲۸).

ازسوی دیگر، تکلیف ردیابی چرخان با هدف ردیابی دستی - بصری انجام می‌شود که در این پژوهش از نسخه نرم‌افزاری PBEL^۱ (ویرایش ۱۴) جهت سنجش کنترل حرکتی پیش‌بینانه مطابق با مطالعات قبلی (۹) استفاده گردید. براساس نتایج پژوهش پایپر^۲ و همکاران (۲۰۱۵) روایی و پایایی این تکلیف برای مطالعات بالینی مناسب ارزیابی شده است؛ به طوری که هم‌بستگی آزمون - بازآزمون آن معادل (۰/۸۶) بوده و بر مبنای مقیاس کوهن برابر با (۰/۸۹) به دست آمده است (۳۴).

1. Psychology Experiment Building Language

2. Piper

پس از انتخاب گروه‌ها، طبق پروتکل پژوهش در یک اتاق خالی در مدرسه مختصری از اهداف تکلیف برای شرکت‌کنندگان شرح داده شد (دست برتر آن‌ها قبلاً توسط پژوهشگر تعیین شده بود). از شرکت‌کنندگان خواسته شد در یک صندلی با ارتفاع مناسب بنشینند. سپس، دسته کنترل بازی با صفحه مانیتور (صفحه مانیتور ۸×۱۳ اینچ؛ رزولوشن ۸۰۰×۱۲۸۰ پیکسل) درمقابل شرکت‌کنندگان قرار گرفت و آن‌ها یک کوشش تمرینی را اجرا نمودند. در تکلیف حاضر، هدف شتاب‌دار نبود و در مسیر دایره‌ای حرکت می‌کرد و با یادگیری و توسعه مدل کنترل پیش‌خواندی و به‌روزرسانی مداوم و پیوسته آن، راهبرد ردیابی یک جسم در مسیر حرکت بررسی می‌شد. شرکت‌کنندگان با استفاده از دسته بازی کنترل از راه دور (Xbox 360)، حرکت نشانگر ماوس را کنترل می‌کردند (۳۵). برای کنترل نشانگر، یک کلید حرکت در ابعاد X و Y نشانگر ماوس را کنترل نموده و حرکت می‌داد و اطلاعات حاصل از حرکت نشانگر، انحراف از مسیر حرکت و خود هدف در هر لحظه ثبت می‌شد و در مراحل بعدی استفاده می‌گشت. شرکت‌کنندگان عمل ردیابی هدف (دایره‌ای قرمز رنگ به شعاع ۲۵ پیکسل) را با علامت شروع، آغاز کرده و جهت انگیزش بیشتر به آن‌ها گفته می‌شد که سعی کنند تا پایان مسیر (دایره‌ای به شعاع ۲۵۳ پیکسل درجهت ساعت‌گرد)، هدف را توسط نشانگر به‌عنوان یک سفینه فضایی تسخیر کنند. شایان ذکر است که مسیر دایره‌ای برای حرکت هدف قابل مشاهده نبود. هر دو گروه پس از شرکت در جلسه پیش‌آزمون به تمرین تکلیف موردنظر در شش بلوک ۱۰ کوششی در یک روز پرداختند و پس از تمرین، در دوره یادداری آنی (۱۰ دقیقه) شرکت نمودند و در ادامه، پس از ۲۴ ساعت تأخیر و استراحت به‌منظور اندازه‌گیری تحکیم و یادگیری، آزمون دیگری با یک بلوک پنج کوششی به‌عمل آمد. باید عنوان نمود که در تمامی کوشش‌ها، مسیر دایره‌ای یک دور با سرعت تعیین شده (۰/۰۶ هرتز) به مدت ۱۷ ثانیه و با دست برتر افراد اجرا گردید و بین هر کوشش تمرینی ۱۰ ثانیه استراحت در نظر گرفته شد و هر بلوک حدوداً سه دقیقه به‌طول می‌انجامید.

یادگیری عمل ردیابی در سه مرحله انجام می‌شود: ۱. یادگیری باقی‌ماندن بر هدف؛ ۲. پیش‌بینی مسیر و جهت حرکت هدف؛ ۳. یادگیری اتکای کمتر بر بازخورد هم‌زمان بصری و در نتیجه، کاهش تعداد حرکات جزئی و خرده‌حرکات که هرکدام از این مؤلفه‌ها به‌وسیله زمان کلی باقی‌ماندن بر هدف (TOT^۱)، زمان متوالی باقی‌ماندن بر هدف (CTT^۲) و فاصله از هدف (DT^۳) مشخص می‌شدند. برنامه موردنظر متغیرهای وابسته شامل زمان کلی باقی‌ماندن بر هدف (هزارم ثانیه) را به‌طور مستقیم ثبت می‌کرد و مابقی اطلاعات مربوط به CTT (هزارم ثانیه)، DT (پیکسل) و V^۴ (سرعت حرکت نشانگر؛

-
1. Total Time on Target
 2. Consecutive Time on Target
 3. Distance from Target
 4. Velocity

پیکسل در هزارم ثانیه) با استفاده از برنامه^۱ محاسبه می‌شد و در هر دوره، نتایج مربوط به هر کوشش ثبت می‌گردید. در مرحله یادداری که در دو نوبت ۱۰ دقیقه (فوری) و ۲۴ ساعت (آزمون تحکیم) پس از مرحله تمرین مشابه با مرحله پیش‌آزمون به عمل آمد، از آزمون تی مستقل برای بررسی تفاوت در ویژگی‌ها سن، بهره هوشی و امتیازات آزمون BOMPT، DCDQ و PMOQ-T استفاده شد. همچنین، از آزمون شاپیرو - ویلکس برای تعیین طبیعی بودن توزیع داده‌ها بهره گرفته شد و تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر برای آزمون فرضیه‌های پژوهش در مراحل اکتساب و یادداری مورد استفاده قرار گرفت و طی آن پیش‌فرض‌های این آزمون (طبیعی بودن توزیع خطاها با استفاده از آزمون شاپیرو - ویلکس؛ ثابت بودن واریانس خطاها با استفاده از آزمون لون؛ ناخودهم‌بسته بودن خطاها با آزمون رانز؛ همسانی ماتریکس کوواریانس از طریق آزمون باکس) بررسی گردید و مورد تأیید قرار گرفت ($P > 0.05$). برای مقایسه میزان یادگیری در جلسات پیش‌آزمون، آزمون یادداری ۱۰ دقیقه و ۲۴ ساعت از تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر استفاده شد. شایان ذکر است که سطح معناداری فرضیه‌ها با استفاده از آلفای (۰/۰۵) آزمون شد و تمام محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار اس.پی.اس.اس (نسخه ۲۰) و برنامه^۱ مطلب انجام گرفت.

نتایج

نتایج آزمون تی مستقل نشان می‌دهد که در بین دو گروه از نظر سنی و بهره هوشی تفاوت معناداری وجود ندارد؛ اما به لحاظ امتیاز استاندارد و رتبه صدکی آزمون برونیکز اوزرتسکی و امتیاز پرسش‌نامه‌های DCDQ و PMOQ-T بین دو گروه تفاوت معناداری مشاهده می‌شود ($P < 0.05$). شاخص‌های تعیین‌کننده موفقیت ردیابی شامل: زمان کلی باقی‌ماندن بر روی هدف، فاصله از هدف، زمان متوالی باقی‌ماندن بر هدف و سرعت حرکت نشانگر بود؛ زیرا، ردیابی موفق مستلزم این است که فرد زمان بیشتری را بر روی هدف بماند، باقی‌ماندن بر هدف به صورت متوالی باشد و فاصله کمی با آن داشته باشد. علاوه بر این، متغیر سرعت ردیابی نشان‌دهنده کاهش یا افزایش حرکات جزئی و روان‌تر شدن حرکت است.

جهت بررسی تحکیم و یادگیری کنترل حرکتی پیش‌بینانه با استفاده از شاخص‌های اندازه‌گیری در بین دو گروه از تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر با عامل بین‌موردی (گروه) و درون‌موردی (زمان) در سه دوره پیش‌آزمون، آزمون یادداری فوری و یادداری تأخیری استفاده شد. نتایج مطابق با جدول و شکل ۱ یک نشان می‌دهد که در شاخص زمان کلی باقی‌ماندن بر هدف، اثرات اصلی گروه، زمان و اثر تعاملی تفاوت معناداری دارند. علاوه بر این، با استفاده از تحلیل واریانس یک‌راهه مشخص شد که

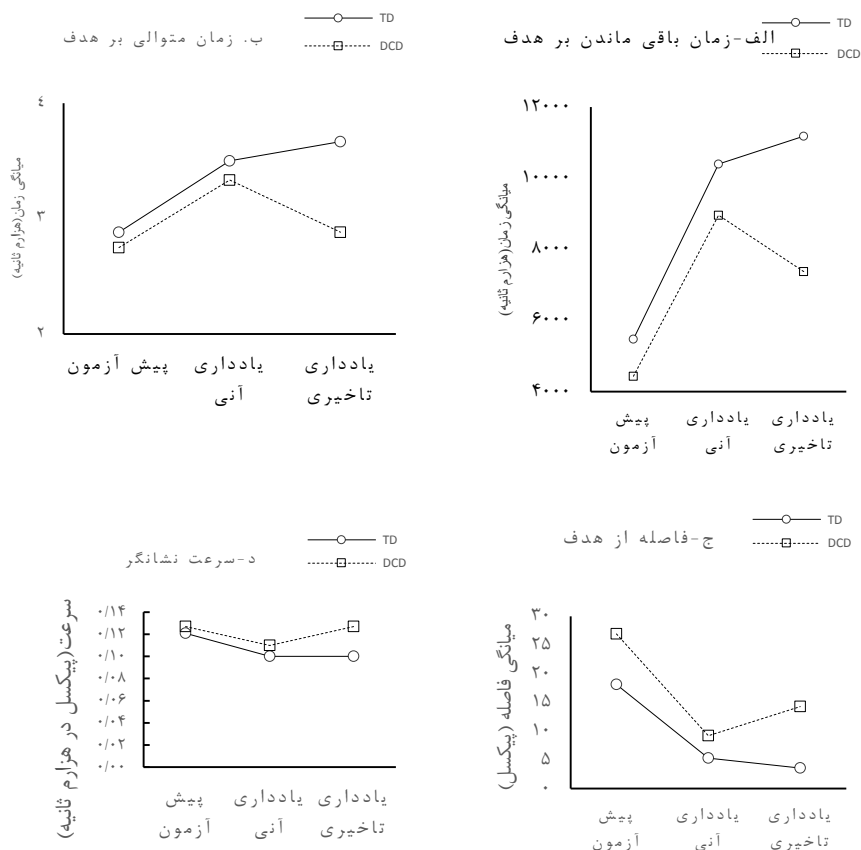
1. Matlab

دو گروه تنها در مرحله یادداری تأخیری تفاوت معناداری با یکدیگر داشته‌اند (($F(1,22)=7.09; P=0.3014$) (شکل ۱ - الف). از سوی دیگر، تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر یک‌راهه داخل گروه‌ها نشان داد که در گروه DCD بین سه دوره تفاوت معناداری وجود داشته است ($F(2,10) = 10.7; P = 0.003; \eta^2 = 0.68$). آزمون تعقیبی بونفرونی نیز بیانگر آن بود که بین دوره‌های پیش‌آزمون و یادداری آنی تفاوت معناداری وجود دارد ($P=0.004$)؛ اما بین دوره‌های پیش‌آزمون با یادداری تأخیری ($P=0.18$) و یادداری آنی با یادداری تأخیری ($P=0.57$) تفاوت معناداری مشاهده نمی‌شود. همچنین، تفاوت بین سه دوره در گروه عادی معنادار بود ($F(2,10) = 157.5; P < 0.001; \eta^2 = 0.96$) و آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که این تفاوت معنادار می‌باشد ($P<0.05$). در شاخص زمان متوالی باقی‌ماندن بر هدف نیز اثرات اصلی و تعاملی معنادار بودند. از سوی دیگر، با استفاده از تحلیل واریانس یک‌راهه مشخص شد که تنها در جلسه یادداری تأخیری تفاوت بین دو گروه معنادار بوده است ($F(1,22)=20.08; P<0.001$) (شکل ۱ ب و جدول ۱ یک). تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر یک‌راهه درون‌گروهی نیز نشان داد که در گروه DCD بین سه دوره تفاوت معناداری وجود ندارد ($F(2,10) = 3.18; P = 0.08; \eta^2 = 0.38$)؛ اما در کودکان عادی بین سه دوره تفاوت معناداری مشاهده می‌شود ($F(2,10) = 150.5; P < 0.001; \eta^2 = 0.96$). علاوه بر این، آزمون بونفرونی در گروه عادی حاکی از آن بود که بین پیش‌آزمون و یادداری فوری ($P=0.001$)، پیش‌آزمون و یادداری تأخیری ($P<0.001$) و دو جلسه یادداری فوری و تأخیری ($P=0.027$) تفاوت معناداری وجود دارد. در شاخص فاصله از هدف نیز هر سه اثر گروه، زمان و تعاملی معنادار بود. با توجه به معناداری اثر تعاملی و در جستجوی اثرات اصلی ساده، آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه نشان داد که دو گروه تنها در جلسه یادداری تأخیری (۲۴ ساعت) تفاوت معناداری با یکدیگر داشته‌اند ($F(1,22)=19.52; P<0.001$). همچنین، با استفاده از تحلیل واریانس یک‌راهه با اندازه‌گیری مکرر مشاهده شد که در گروه DCD بین سه دوره تفاوت معناداری وجود دارد ($F(2,10) = 11.45; P = 0.003; \eta^2 = 0.69$). علاوه بر این، آزمون تعقیبی بونفرونی بیانگر آن بود که محل تفاوت مربوط به جلسه پیش‌آزمون با یادداری ۱۰ دقیقه ($P=0.01$) و جلسه یادداری ۱۰ دقیقه با یادداری تأخیری ($P=0.016$) می‌باشد. در گروه TD نیز با وجود تفاوت معنادار بین سه دوره آزمون ($F(2,10) = 18.01; P < 0.001; \eta^2 = 0.78$)، بین جلسه پیش‌آزمون با جلسه یادداری آنی ($P=0.001$) و تأخیری ($P<0.001$) تفاوت معنادار بود؛ اما بین دو جلسه یادداری ($P=0.059$) تفاوت معناداری وجود نداشت (شکل شماره یک - ج). شایان‌ذکر است که در شاخص سرعت، اثرات اصلی گروه و زمان و اثر تعاملی معنادار بودند. تحلیل واریانس یک‌راهه بین گروه‌ها در هر دوره نیز حاکی از آن بود که تنها در دوره یادداری تأخیری تفاوت بین دو گروه معنادار می‌باشد ($F(1,22) =$

($P < 0.001$; 29.9). علاوه بر این، تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر یک‌راهه در داخل هر گروه نشان داد که در گروه DCD تفاوت بین سه دوره معنادار می‌باشد ($\eta^2 = 0.68$). آزمون تعقیبی بونفرونی نیز بیانگر آن بود که تفاوت بین مرحله پیش‌آزمون و دوره‌های یادداری معنادار نمی‌باشد ($P > 0.05$)؛ اما بین دو دوره یادداری، تفاوت معنادار است ($P = 0.007$). در گروه کودکان عادی نیز تفاوت بین سه دوره معنادار بود ($\eta^2 = 0.59$; $P = 0.01$; $F(2,10) = 7.43$) و این تفاوت به جلسه یادداری فوری با یادداری تأخیری ($P = 0.007$) مربوط می‌شد (شکل ۱ یک - د، جدول ۱ یک).

جدول ۱- نتایج حاصل از تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر متغیرهای وابسته بین دو گروه در سه مرحله پیش‌آزمون، یادداری فوری و یادداری تأخیری

منبع تغییرات متغیر وابسته	ویلیکس لامبا	درجات آزادی	مقدار F	سطح معناداری	اندازه اثر
زمان باقی‌ماندن بر هدف (هزارم ثانیه)	گروه	۱ و ۲۲	۴/۴۳	۰/۰۴۶*	۰/۱۶
	جلسه	۲ و ۲۱	۳۳/۶	۰/۰۰۱*	۰/۷۶
	تعامل	۲ و ۲۱	۲/۵۲	۰/۰۴۹*	۰/۲۴
زمان متوالی بر هدف (هزارم ثانیه)	گروه	۱ و ۲۲	۷/۹	۰/۰۱*	۰/۲۶
	جلسه	۲ و ۲۱	۱۲/۳۳	۰/۰۰۱*	۰/۵۴
	تعامل	۲ و ۲۱	۵/۰۵	۰/۰۱۶*	۰/۳۲
فاصله از هدف (پیکسل)	گروه	۱ و ۲۲	۱۰/۹۸	۰/۰۰۳*	۰/۳۳
	جلسه	۲ و ۲۱	۱۷/۲۷	۰/۰۰۱*	۰/۶۲
	تعامل	۲ و ۲۱	۸/۹۰	۰/۰۰۲*	۰/۴۵
سرعت (پیکسل / هزارم ثانیه)	گروه	۱ و ۲۲	۷/۱۸	۰/۰۱۴*	۰/۲۴
	جلسه	۲ و ۲۱	۸/۹	۰/۰۰۲*	۰/۴۶
	تعامل	۲ و ۲۱	۱۰/۹	۰/۰۰۱*	۰/۵۱



شکل ۱- نمودار عملکرد گروه‌های با اختلال هماهنگی رشدی (DCD) و عادی (TD) در شاخص‌های مربوط به یادگیری کنترل پیش‌بینانه

بر مبنای نتایج، در تمامی شاخص‌های (TOT)، (CTT)، (DT) و (V) تفاوت دو گروه مربوط به مرحله تحکیم می‌باشد و کودکان DCD نسبت به کودکان عادی با وجود پیشرفت عملکرد اجرایی، قادر به تحکیم و یادداری قابلیت کسب‌شده نبودند.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از پژوهش حاضر، مطالعه یادگیری کنترل حرکتی پیش‌بینانه در کودکان DCD و توانایی اصلاح حرکت با استفاده از مدل پیش‌بینانه مطابق با حرکت هدف در تکلیف ردیابی دستی بود. بدین منظور، یادگیری و بهبود فرایندهای کنترل حرکتی پیش‌بینانه از طریق تمرین با دقت بیشتر (نگهداری ماوس

بر روی هدف)، کنترل سرعت نشانگر، زمان متوالی باقی ماندن بر هدف، زمان کلی باقی ماندن بر هدف و فاصله از هدف در بین دو گروه بررسی گردید. با توجه به نتایج استنباط می شود که در تمامی شاخص های انتخابی با وجود اثر تمرین بر بهبود و پیشرفت کنترل حرکتی پیش بینانه، کودکان DCD در یادداری و تحکیم بازنمایی های درونی کسب شده ضعیف هستند و بین دو گروه تفاوت معناداری وجود دارد. در شاخص زمان کلی ماندن بر روی هدف نیز کودکان DCD قادر به حفظ یادداری نبودند (شکل ۱ - الف). از سوی دیگر، در شاخص زمان متوالی باقی ماندن بر هدف، کودکان DCD هیچ گونه پیشرفتی در اثر تمرین نداشتند؛ اما کودکان عادی قادر به بهبود زمان متوالی باقی ماندن بر هدف و کسب کنترل پیش بینانه بودند (شکل ۱ - ب). در شاخص فاصله از هدف نیز کودکان عادی با استفاده از تمرین فاصله خود را از هدف کاهش دادند؛ اما کودکان DCD با وجود اثر تمرین بر پیشرفت اجرا، قادر به حفظ و تحکیم این یادداری نبودند (شکل ۱ - ج). همچنین در شاخص سرعت حرکت، کودکان DCD به وسیله تمرین قادر به کنترل سرعت نشانگر نشدند؛ اما کودکان عادی این مهارت را کسب نمودند (شکل ۱ - د). به طور کلی، با توجه به نتایج استنباط می شود که راهبرد استفاده از بازخورد پیش بینانه با این مدت زمان تمرین در کودکان DCD به خوبی کسب نشده است و کودکان DCD نسبت به کودکان عادی در یادگیری و کسب مدل درونی کنترل حرکتی ضعیف تر بوده اند و ممکن است نیاز به زمان تمرین بیشتری برای رسیدن به سطح کودکان عادی داشته باشند. در شکل ۲ دو نمونه ای از اجرای تکلیفی یک کودک DCD و عادی در دوره یادداری نشان داده شده است که مطابق با آن کودکان DCD نسبت به کودکان عادی دارای تغییرپذیری بیشتری بوده اند. نمودارهای (دو - الف) شکل ۲، جابه جایی مکانی نشانگر و هدف در محور X و Y را نشان می دهد که حاکی از ضعف عملکرد ردیابی هدف به وسیله کودکان DCD است. فاصله از هدف در بخش عمده طول مسیر در کودکان DCD نسبت به کودکان عادی دارای تغییرپذیری بالایی است (شکل ۲ نمودار دو - ب). در نمودار سوم (دو - ج) می توان مشاهده کرد که حداکثر سرعت نشانگر و نوسانات آن در گروه DCD بیشتر است. کنترل حرکتی پیش بینانه و مدل سازی درونی با استفاده از تکالیف بسیاری مطالعه شده است که در برخی از آنها از یک تکلیف و در برخی از چند تکلیف به طور هم زمان استفاده شده است. در ادامه، به ترتیب همخوانی و ناهمخوانی نتایج پژوهش حاضر با یافته های پژوهش هایی که با استفاده از تکالیف ردیابی، کنترل هم زمان، طرح یابی عمل و تصویرسازی عمل صورت گرفته اند، بیان می شود.

در ارتباط با تکالیف پیگردی، یافته های پژوهش حاضر با نتایج پژوهش کاشیواگی و همکاران (۲۰۰۹)، زویکر و همکاران (۲۰۱۰)، دی الیورا و ون (۲۰۱۰) و فرگوسن^۱ و همکاران (۲۰۱۵) همخوان می باشد (۱۲-۱۰، ۴). کاشیواگی و همکاران (۲۰۰۹) در پژوهش خود به دقت کم ردیابی یک هدف متحرک با

1. Ferguson

استفاده از دسته‌های کنترلی و نیز از طریق تصویربرداری fMRI به تفاوت در فعال‌سازی مناطق مغزی در کودکان DCD اشاره کرده‌اند؛ چنانچه فعال‌سازی کمتری در مناطق قشری آهیانه‌ای خلفی چپ و پشت‌شیار مرکزی چپ مشاهده شده است. بدکارکردی این مناطق به ضعف در مهارت‌های حرکتی کودکان DCD نسبت داده می‌شود. ناحیه آهیانه‌ای - خلفی چپ در استفاده از یک ابزار یا تکالیف حرکتی به شکل جهتی فعال‌سازی می‌شود و کودکان DCD با بدکارکردی این مناطق دچار نقص‌های بنیایی - حرکتی و هماهنگی چشم - دست خواهند شد (۱۱). زویکرو همکاران (۲۰۱۰) نیز در پژوهشی به ضعف کودکان DCD در یادگیری مهارت‌های جدید و تغییرپذیری بالای عملکرد آن‌ها اشاره نمودند (۱۲). همچنین، دی‌الیورا و ون (۲۰۱۰) در پژوهش خود تفاوت در ویژگی‌های زمان خیره‌شدن در صورت مشاهده‌شدن و محوشدن محرک در کودکان DCD و نیز ضعف کنترل پیش‌بینانه در کارکرد خیره‌شدن در کودکان DCD را عنوان نمودند (۱۰). ازسوی دیگر، فرگوسن و همکاران (۲۰۱۵) به ضعف دقت و مهارت در ردیابی هدف متحرک و تغییرپذیری بالای سرعتی و مکانی کودکان DCD نسبت به کودکان عادی در تکلیف پیگردی اشاره کرده‌اند (۴). شایان‌ذکر است که نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های هاید و ویلسون (۲۰۱۳) و بخشی از مطالعه فلوِسچِر و همکاران (۲۰۱۵) (در تکلیف کنترل هم‌زمان)، بخشی از نتایج پژوهش آدامز و همکاران (۲۰۱۶) و فلوِسچِر و همکاران (۲۰۱۵) (در تکلیف تصویرسازی حرکتی) و پژوهش ون‌سوتن و همکاران (۲۰۱۰) و بخشی از نتایج پژوهش آدامز و همکاران (۲۰۱۶) (در تکلیف طرح‌ریزی عمل) همسو می‌باشد (۹،۱۶،۲۱،۳۶).

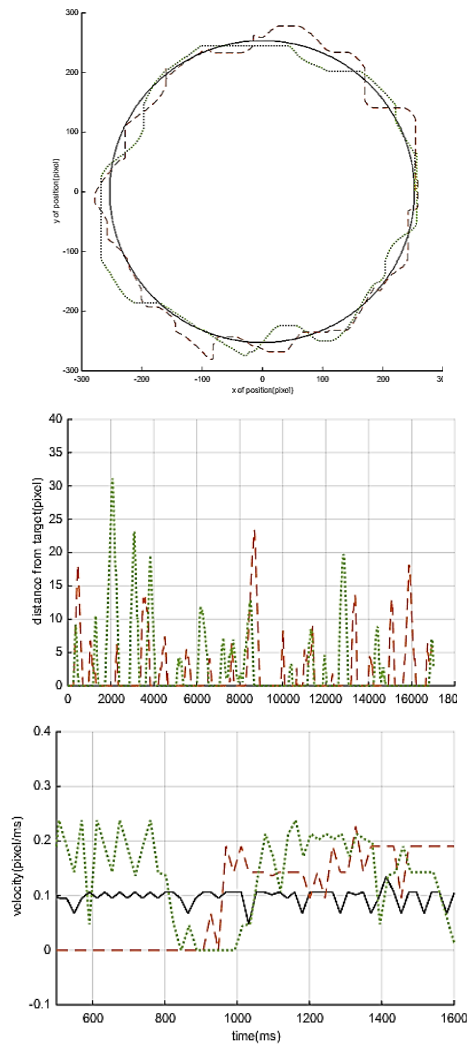
در توجیه این نتایج می‌توان گفت که کودکان DCD در مسیر حرکت خود تغییرات بیشتری را انجام می‌دهند و عقب‌ماندن از هدف و انجام حرکت تندی برای گرفتن هدف، منجر به متوسط سرعت بالای کودکان DCD نسبت به کودکان عادی شده است. بیشتربودن فاصله از هدف می‌تواند به وجود نوفه در سیستم حسی - حرکتی کودکان DCD و ضعف توانایی تنظیم نیروی عضلانی به‌طور دقیق در اندام فوقانی (دست) مربوط باشد که منجر به افزایش تغییرپذیری در حرکات اصلاحی می‌شود؛ این مهم در مطالعات مربوط به افراد با اختلال DCD گزارش شده است (۲،۲۳،۳۷،۳۸).

برمبنای نتایج، با وجود فراهم‌بودن اطلاعات بنیایی، کودکان DCD دارای تغییرپذیری بالایی بودند که این امر نشان‌دهنده ناتوانی آن‌ها در تنظیم دقیق نیروی تولیدی عضلات ظریف دست می‌باشد که منجر به جلوافتادن یا عقب‌ماندن از هدف می‌گردد. بنابر یافته‌های فرگوسن و همکاران (۲۰۱۵)، این ضعف در توانایی تنظیم نیروی تولیدی متناسب می‌تواند ناشی از نقص در کنترل ظریف و دقیق فعال‌سازی عضلات موافق و مخالف در کودکان DCD باشد (۴). درحقیقت، سرعت حرکتی بالا نشانه‌ای از راهبرد حرکتی جبرانی برای کسب کنترل بیشتر و کاهش خطا در کودکان DCD است. در این راستا، مطالعات قبلی اشاره کرده‌اند که کودکان DCD با استفاده از این راهبرد حرکتی دشوار، افزایش سطوح نوفه را تعدیل می‌کنند (۳۸،۳۹). تغییرپذیری حرکتی مطابق با مبانی نظری سیستم‌های پردازش

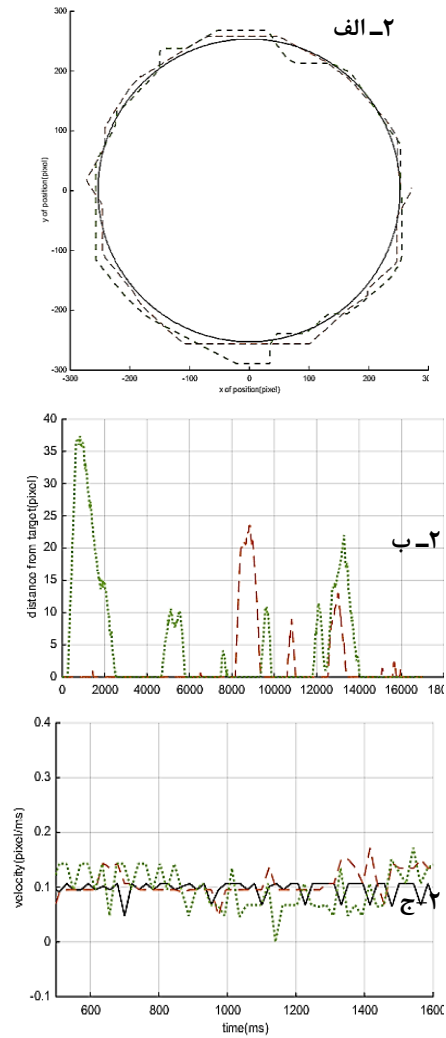
اطلاعات به‌عنوان منبعی از خطا بوده و باید میزان آن کاسته شود. توانایی پیش‌بینی حرکت هدف تاحدودی به اطلاعات ذخیره‌شده قبلی از حرکت اشیا بستگی دارد؛ بنابراین اولین گام، ساخت یک بازنمایی درونی دقیق از مکان و حرکت هدف متحرک است که جهت ردیابی موفق یک هدف متحرک استفاده می‌شود. گام بعدی مربوط به توانایی به‌روزرسانی این مدل ساخته‌شده می‌باشد (یعنی شناخت مسیر حرکت) که فرد را قادر به ردیابی روان هدف متحرک حتی در غیاب اطلاعات بینایی می‌سازد. هاید و همکاران (۲۰۱۳) ضعف مدل‌های درونی مشاهده‌شده در کودکان DCD را به نابالیدگی رشد عصبی مرتبط دانسته‌اند؛ به‌ویژه در نواحی مربوط به پردازش و ذخیره بازنمایی‌های عمل مانند مخچه و قشر آهیانه‌ای - خلفی (۴۰). پژوهش حاضر نیز نشان داد که علی‌رغم تمرین، کودکان DCD توانایی کمی در ساخت و به‌روزرسانی مدل‌های درونی داشته‌اند و قادر به یادگیری پیش‌بینانه موفق مسیر حرکت هدف نبوده‌اند. همچنین، ممکن است آن‌ها در مقایسه با کودکان عادی به زمان و تمرین بیشتری جهت ساخت بازنمایی‌های مناسب نیاز داشته باشند. ازسوی دیگر، شواهدی از نقص در ردیابی حرکات چشمی به‌وسیله ويلموت و همکاران^۱ (۲۰۰۶) نشان داد که کودکان DCD ۷-۸ سال نسبت به کودکان عادی و بزرگسالان زمان بیشتری را صرف تثبیت می‌کنند. آن‌ها این نتیجه را حاکی از کاهش اتکای کودکان DCD به راهبردهای کنترل پیش‌خوانندی دانسته‌اند (۴۱). علاوه‌براین، لانگاس و همکاران^۲ (۱۹۹۸) در پژوهش خود گزارش کردند که در کودکان DCD، در بیشتر مواقع چشم‌ها جلوتر از هدف بوده و آن‌ها از راهبرد پیش‌خوانندی به‌شکل ضعیف و نامناسبی استفاده می‌کنند (۴). نتایج پژوهش حاضر نیز این مورد که توانایی برنامه‌ریزی حرکات براساس کنترل پیش‌بینانه ضعیف است را تأیید می‌کند. آزمون‌های مربوط به تطابق بینایی - حرکتی نشان داده‌اند که کودکان DCD به‌ندرت قادر به تنظیم حرکات خود با محدودکننده‌های تکلیفی مختلف هستند که این نقص خود را به‌صورت افزایش تغییرپذیری، دقت کم و زمان حرکتی بیشتر نشان می‌دهد. در این زمینه، کاینبرگ و همکاران^۳ (۲۰۰۹) عنوان کرده‌اند که راهبردهای حرکتی جهشی که در کودکان DCD مشاهده می‌شود، یک شیوه کنترل است که بیشتر در کودکان زیر هشت سال مشاهده می‌شود و کنترل حرکات پیش‌بینانه در طول زمان رشد می‌کند، تحت‌تأثیر تجارب و بالیدگی قرار می‌گیرد و این حرکات چشمی پیش‌بینانه، بسیار زودتر از ردیابی دستی رشد می‌کند (۴).

-
1. Wilmot
 2. Langaas
 3. Caeyenberghs

گروه یادداری DCD



گروه عادی یادداری ۲۴



شکل ۲- اجرای یک کودک عادی و DCD در مرحله یادداری ۲۴ ساعت
 شکل ۲- الف (جابه‌جایی مکانی نشانگر و هدف)؛ شکل ۲- ب (فاصله از هدف)؛ نمودارهای ۲- ج (سرعت نشانگر)

مطالعات حاکی از آن هستند که هر دو قشر آهیانه‌ای و مخچه‌ای برای پیش‌بینی پیامدهای حسی - حرکتی و ارزیابی و اصلاح با یکدیگر تعامل دارند. در این ارتباط، مطالعات FMRI نشان می‌دهد که

این مناطق در کودکان DCD فعال‌سازی کمتری دارند و مخچه با ایجاد مدل‌های درونی برای اصلاح آنلاین عمل ردیابی اهمیت دارد (۸). یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج مطالعات پلامپ^۲ و همکاران (۲۰۰۸) (۹)، دی‌الیورا^۳ و همکاران (۲۰۱۴) (۴۲) و بخشی از مطالعه آدامز و همکاران (۲۰۱۶) (۹) در تکلیف کنترل هم‌زمان مغایر است. در توضیح تفاوت نتایج می‌توان گفت که عامل پیچیدگی تکلیفی می‌تواند در این مورد مؤثر باشد؛ زیرا، پلامپ و همکاران (۲۰۰۸) و آدامز و همکاران (۲۰۱۶) در تکلیف کنترل هم‌زمان از یک تکلیف ردیابی دومرحله‌ای در صفحه افقی استفاده کرده‌اند که نسبت به تکلیف پیگردی مداوم در پژوهش حاضر از پیچیدگی فضایی کمتری برخوردار بوده است؛ حال آن‌که کودکان DCD در انجام تکلیف پیچیده با دشواری مواجه هستند (۹،۴۳). از سوی دیگر، یافته‌های مطالعاتی نشان می‌دهند که تفاوت گروهی می‌تواند ناشی از وجود اختلال‌های همبود مانند ADHD و LD باشد؛ زیرا، کودکان DCD تفاوتی در کنترل هم‌زمان با کودکان عادی ندارند (۱۲). آدامز و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهش خود به غربالگری کودکان برای اختلال‌های همبود مانند ADHD پرداختند (۹)؛ اما به تفاوتی دست نیافتند. لازم‌به‌ذکر است که در پژوهش حاضر تنها به آنچه که در پرونده تحصیلی کودکان ثبت شده بود، اکتفا شده است و وجود این اختلال‌ها ممکن است نتایج را تحت‌تأثیر قرار دهد. پلامپ و همکاران (۲۰۰۸) نیز در پژوهش خود از روش‌شناسی متفاوتی استفاده کرده بودند؛ به‌نحوی که تکلیف موردنظر برای دو گروه یکسان نبوده و برای گروه DCD ساده شده بود که این امر می‌تواند منجر به عدم تفاوت گروهی گردد (۹). همچنین، دی‌الیورا (۲۰۱۰) در پژوهش خود از شرکت‌کنندگان بزرگ‌سالی استفاده کرده بود که در دوره کودکی مبتلا به DCD بوده‌اند (۴۲). با توجه به این که قابلیت کنترل هم‌زمان در افراد بزرگسال به‌طور کامل رشد یافته است، مقایسه نتایج آن‌ها و نتیجه‌گیری مبنی بر عدم تفاوت گروهی دشوار می‌باشد.

از سوی دیگر، نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های نوتن و همکاران (۲۰۱۴) در تکلیف تصویرسازی حرکتی ناهمخوان است (۱۸). در تکلیف تصویرسازی حرکتی که فرد درباره جهت‌یابی و نوع محرک قضاوت می‌کند، به توانایی بازنمایی درونی مختصات عمل موردانتظار و پیش‌رو نیاز می‌باشد (مدل‌سازی درونی). در این زمینه، نوتن و همکاران (۲۰۱۴) تفاوت بین کودکان DCD و عادی را تنها در بخشی از تکلیف که دارای دشواری تکلیفی بود (زاویه چرخش تکلیف چرخش ذهنی) مشاهده کردند؛ بنابراین، استنباط می‌شود که نقص مشاهده‌شده با محدودکننده‌های تکلیفی (پیچیدگی تکلیف) مرتبط می‌باشد (۱۸،۸). همچنین در تکلیف مربوط به تصویرسازی حرکتی، وجود اختلال ADHD اثر

-
1. Functional Magnetic Resonance Imaging
 2. Plumb
 3. De Oliveira

نامناسبی بر نتایج نداشته است (۸)؛ لذا، به نظر می‌رسد که نوع تکلیف در ایجاد تفاوت بین‌گروهی مؤثر باشد.

در نهایت، باید عنوان نمود که نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های اسمایس و همکاران (۱۹۹۷) در تکلیف طرح‌ریزی عمل مغایرت دارد (۱۷). به نظر می‌رسد که این تفاوت مربوط به شیوه غربالگری اسمایس و همکاران (۱۹۹۷) باشد؛ زیرا، آن‌ها تنها از یک معیار تشخیصی DCD استفاده کرده بودند؛ لذا، احتمال وجود مشکل در شناسایی کودکان وجود دارد؛ اما نقطه قوت پژوهش حاضر در نظر گرفتن تمامی معیارهای DSM-۷ برای شناسایی کودکان DCD بود. یکی از جنبه‌های مهم کنترل و برنامه‌ریزی حرکتی، توانایی در نظر گرفتن راحتی نقطه پایان عمل می‌باشد که فرد آن را پیش‌بینی می‌کند؛ اما کودکان DCD راحتی نقطه آغاز عمل را انتخاب می‌کنند و در کنترل پیش‌بینانه، همسان با نتایج پژوهش حاضر دارای ضعف می‌باشند.

به‌طور خلاصه، در مقایسه نتایج حاصل با یافته‌های مطالعات پیشین، چندین عامل روش‌شناسی و غیره ممکن است تفاوت در نتایج را توضیح دهد. شیوه انتخاب کودکان DCD در شدت اختلال در افراد نمونه و تفاوت گروهی مؤثر است و حتی تفاوت‌های ظریف در پیچیدگی تکلیفی بین مطالعات می‌تواند الگوی نقص مشاهده‌شده را تحت‌تأثیر قرار دهد. به نظر می‌رسد که ضعف کنترل پیش‌بینانه برای محدودکننده‌های تکلیفی پیچیده، بیشتر مشاهده می‌شود.

کنترل پیش‌بینانه یا پیش‌خواندی (پیش‌نگرانه) در زندگی روزمره و به‌ویژه در اعمال پویا اهمیت دارد و پژوهشگران یادگیری عمل را نشانه‌ای از اکتساب کنترل پیش‌بینانه معرفی کرده‌اند. افراد مجبور به انجام پیش‌بینی‌هایی در مورد رویدادهای اطراف خود و انجام برخی سازگاری‌های حرکتی مطابق با آن هستند. کودکان DCD دارای دقت و تبحر حرکتی کمتری در ردیابی یک هدف متحرک و تغییرپذیری بالای مکانی و سرعت در تکلیف پیگردی دستی نسبت به کودکان عادی بودند. تصور بر این است که عملکرد در تکلیف ردیابی دستی در پژوهش حاضر با عملکرد فعالیت‌های حرکتی زندگی روزمره مرتبط باشد که در این راستا، پیش‌بینی حرکت شی و حرکت فرد نسبت به آن ضروری است. یکی از محدودیت‌های پژوهش حاضر ناتوانی آن بر کنترل دقیق اختلال‌های همبود مانند ADHD و LD بود که ممکن است نتایج را تحت‌تأثیر قرار داده باشد. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی، وجود این اختلالات با دقت بیشتری بررسی شود و نیز پژوهشی جهت مشخص کردن این‌که آیا تفاوت بین‌گروهی مربوط به کنترل حرکات ظریف دست‌ها می‌باشد و یا تفاوت در راهبردهای کنترلی صورت گیرد. همچنین، پیشنهاد می‌شود با دست‌کاری محدودکننده‌های تکلیفی و پیچیدگی تکلیف، یادگیری کنترل پیش‌بینانه در کودکان DCD مطالعه شود.

نتایج حاصل نشان دادند که در یادگیری تکلیف موردنظر، اثر تمرین بر یادگیری آنها با حفظ تفاوت دو گروه در میزان یادگیری متفاوت بود و تفاوت دو گروه مربوط به مرحله یادداری تأخیری ۲۴ ساعت بود که کودکان DCD در تحکیم و یادداری دچار مشکل شده و از میزان یادگیری آنها کاسته شد.

پیام مقاله: یافته‌های این مطالعه نشان داد که کودکان DCD در یادگیری کنترل حرکتی پیش‌بینانه و تحکیم مدل‌سازی درونی با مشکل مواجه هستند.

منابع

1. Salehi H, Bakhshayesh R, Movahedi A, Ghasemi V. Psychometric properties of a Persian Version of the Developmental Coordination Disorder Questionnaire in boys aged 6-11 year-old. *Psychology of Exceptional Individuals*. 2016; 1(4): 135-61. (In Persian).
2. Wilson P H, Riddock S, Smits-Engelsman B, Polatajko H, Blank R. Understanding performance deficits in developmental coordination disorder: A meta-analysis of recent research. *Developmental Medicine & Child Neurology*. 2013; 55(3): 217-28.
3. Shadmehr R, Smith M A, Krakauer J W. Error correction, sensory prediction, and adaptation in motor control. *Annual Review of Neuroscience*. 2010; 33: 89-108.
4. Ferguson G D, Duysens J, Smits-Engelsman B C. Children with developmental coordination disorder are deficient in a visuo-manual tracking task requiring predictive control. *Neuroscience*. 2015; 286: 13-26.
5. Von Hofsten C, Rosander K. Development of smooth pursuit tracking in young infants. *Vision Research*. 1997; 37(13): 1799-810.
6. Van Roon D, Caeyenberghs K, Swinnen S P, Smits-Engelsman B. Development of feedforward control in a dynamic manual tracking task. *Child Development*. 2008; 79(4): 852-65.
7. Desmurget M, Grafton S. Feedback or feedforward control: End of a dichotomy. *Taking action: Cognitive neuroscience perspectives on intentional acts*. 2003:289-338.
8. Adams I L, Lust J M, Wilson P H, Steenbergen B. Compromised motor control in children with DCD: A deficit in the internal model? A systematic review. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 2014; 47: 225-44.
9. Adams I L, Lust J M, Wilson P H, Steenbergen B. Testing predictive control of movement in children with developmental coordination disorder using converging operations. *British Journal of Psychology*. 2016;108(1):73-90.
10. de Oliveira R F, Wann J P. Integration of dynamic information for visuomotor control in young adults with developmental coordination disorder. *Exp Brain Res*. 2010; 205(3): 387-94.

11. Kashiwagi M, Iwaki S, Narumi Y, Tamai H, Suzuki S. Parietal dysfunction in developmental coordination disorder: A functional MRI study. *Neuroreport*. 2009; 20(15): 1319-24.
12. Zwicker J G, Missiuna C, Harris S R, Boyd L A. Brain activation of children with developmental coordination disorder is different than peers. *Pediatrics*. 2010; 126(3): 678-86.
13. Dunham P, Allan R, Winter R. Tracking ability of elementary school-age children. *Perceptual and Motor Skills*. 1985;60(3):771-4.
14. Zanone P. Tracking with and without target in 6-to 15-year-old boys. *Journal of Motor Behavior*. 1990; 22(2): 225-49.
15. Williams J, Omizzolo C, Galea M P, Vance A. Motor imagery skills of children with attention deficit hyperactivity disorder and developmental coordination disorder. *Human Movement Science*. 2013; 32(1): 121-35.
16. van Swieten L M, van Bergen E, Williams J H, Wilson A D, Plumb M S, Kent S W, et al. A test of motor (not executive) planning in developmental coordination disorder and autism. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 2010; 36(2): 493.
17. Smyth M M, Mason U C. Planning and execution of action in children with and without developmental coordination disorder. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. 1997; 38(8): 1023-37.
18. Noten M, Wilson P, Ruddock S, Steenbergen B. Mild impairments of motor imagery skills in children with DCD. *Research in Developmental Disabilities*. 2014; 35(5): 1152-9.
19. Johnson-Frey, S.H., 2003. Cortical representations of human tool use. In: Johnson-Frey, S.H. (Ed.), *Taking Action: Cognitive Neuroscience Perspectives on Intentional Acts*. MIT Press, Cambridge, MA, pp. 185–217.
20. Izawa J, Shadmehr R. Learning from sensory and reward prediction errors during motor adaptation. *PLoS Comput Biol*. 2011; 7(3): 1002012.
21. Fuelscher I, Williams J, Enticott P G, Hyde C. Reduced motor imagery efficiency is associated with online control difficulties in children with probable developmental coordination disorder. *Research in Developmental Disabilities*. 2015; 45: 239-52.
22. Hyde C, Wilmut K, Fuelscher I, Williams J. Does implicit motor imagery ability predict reaching correction efficiency? A test of recent models of human motor control. *Journal of Motor Behavior*. 2013; 45(3): 259-69.
23. Smits-Engelsman B C, Wilson P H. Noise, variability, and motor performance in developmental coordination disorder. *Developmental Medicine and Child Neurology*. 2013; 55 Suppl 4: 69-72.
24. Sparaci L, Formica D, Lasorsa F R, Mazzone L, Valeri G, Vicari S. Untrivial pursuit: Measuring motor procedures learning in children with Autism. *Autism Research*. 2015;8(4):398-411.
25. Spironello C, Hay J, Missiuna C, Faught B, Cairney J. Concurrent and construct validation of the short form of the Bruininks-Oseretsky Test of motor proficiency and

- the Movement-ABC when administered under field conditions: Implications for screening. *Child: Care, Health and Development*. 2010; 36(4): 499-507.
26. Smits-Engelsman B, Schoemaker M, Delabastita T, Hoskens J, Geuze R. Diagnostic criteria for DCD: Past and future. *Human Movement Science*. 2015;42(August 2015):293-306.
 27. Cools W, De Martelaer K, Samaey C, Andries C. Movement skill assessment of typically developing preschool children: A review of seven movement skill assessment tools. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2009; 8(2): 154-68.
 28. Cairney J, Hay J, Veldhuizen S, Missiuna C, Fought B. Comparing probable case identification of developmental coordination disorder using the short form of the Bruininks-Oseretsky Test of motor proficiency and the Movement ABC. *Child: Care, Health and Development*. 2009; 35(3): 402-8.
 29. Badami R, Nezakatalhossaini M, Rajab f, Jafari M. Validity and reliability of Movement Assessment Battery for Children (M-ABC) in 6-year-old children of Isfahan city. *Journal of Motor Learning and Movement*. 2015; 7(1): 105-22. (In Persian).
 30. Salehi H, Zarezadeh M, Salek B. Validity and reliability of the Persian Version of Motor Observation Questionnaire for teachers (PMOQ-T). *Iranian Journal of Psychiatry and Clinical Psychology*. 2013; 18(3): 211-9. (In Persian).
 31. Barghi Irani Z, Alipoor A. Interaction of cognitive styles with handedness in PNU students: Implications for the design of teaching method in distance education system. *Social Cognition*. 2015; 3(special): 126-40. (In Persian).
 32. Zarezade M, Sahebozamani M, Farahmand S. Prevalence of developmental coordination disorder in female 9 to 11 years of Fars Province (Khorrambid city). *Journal of Exceptional Education*. 2016; 9(137): 27-33. (In Persian).
 33. Asghar Razavieh S S. A short form of the Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence for use in Iran. *Psychological Reports*. 1992; 71(3): 863-6. (In Persian).
 34. Moshirian Farahi S M, Zarif Gobar Yazdi H, Amin Yazdi S A. Investigate visual-spatial attention and visual-manual dexterity skills in children with learning disorders and compare with normal children. *Journal of Cognitive Psychology*. 2016; 4(3): 21-30. (In Persian).
 35. Jarus T, Ghanouni P, Abel RL, Fomenoff SL, Lundberg J, Davidson S, etal. Effect of internal versus external focus of attention on implicit motor learning in children with developmental coordination disorder. *Research in Developmental Disabilities*. 2015; 37: 119-26.
 36. Hyde C E, Wilson P H. Impaired online control in children with developmental coordination disorder reflects developmental immaturity. *Developmental Neuropsychology*. 2013; 38(2): 81-97.
 37. Biancotto M, Skabar A, Bulgheroni M, Carrozzi M, Zoia S. Neuromotor deficits in developmental coordination disorder: Evidence from a reach-to-grasp task. *Research in Developmental Disabilities*. 2011; 32(4): 1293-300.

38. Smits-Engelsman B C, Niemeijer A S, van Galen G P. Fine motor deficiencies in children diagnosed as DCD based on poor grapho-motor ability. *Human Movement Science*. 2001; 20(1): 161-82.
39. Smits-Engelsman B C, Westenberg Y, Duysens J. Children with developmental coordination disorder are equally able to generate force but show more variability than typically developing children. *Human Movement Science*. 2008; 27(2): 296-309.
40. Zwicker J G, Missiuna C, Harris S R, Boyd L A. Developmental coordination disorder: A pilot diffusion tensor imaging study. *Pediatric Neurology*. 2012; 46(3): 162-7.
41. Wilmut K, Wann J P, Brown J H. Problems in the coupling of eye and hand in the sequential movements of children with developmental coordination disorder. *Child: Care, Health and Development*. 2006; 32(6): 665-78.
42. de Oliveira R F, Wann J P. Integration of dynamic information for visuomotor control in young adults with developmental coordination disorder. *Experimental Brain Research*. 2010; 205(3): 387-94.
43. Plumb M S, Wilson A D, Mulroue A, Brockman A, Williams J H, Mon-Williams M. Online corrections in children with and without DCD. *Human Movement Science*. 2008; 27(5): 695-704.

استناد به مقاله

سپهری‌بناب حسن، سادات‌حسینی فاطمه، احمدی مالک. یادگیری کنترل حرکتی پیش‌بینانه در کودکان با اختلال هماهنگی رشدی. رفتار حرکتی. پاییز ۱۳۹۶؛ ۹(۲۹): ۸۵-۱۰۸. شناسه دیجیتال: 10.22089/MBJ.2017.3483.1423

Sepehri Bonab. H, Sadat Hoseini. F, Ahmadi. M. Learning of Predictive Motor Control in Children with Developmental Coordination Disorder. *Motor Behavior*. Fall 2017; 9 (29): 85-108. (In Persian). Doi: 10.22089/MBJ.2017.3483.1423

Learning of Predictive Motor Control in Children with Developmental Coordination Disorder

H. Sepehri bonab¹, F. Sadat Hoseini², M. Ahmadi³

1. PhD Student of Motor Learning, University of Urmia*
2. Associate Professor of Motor Behavior, University of Urmia
3. Assistant Professor of Motor Behaviour, Young Researchers and Elite Club, Urmia Branch, Islamic Azad University

Received: 2016/12/24

Accepted: 2017/05/21

Abstract

The aim of this study was to examine learning of predictive motor control in children with developmental coordination disorder (DCD). The sampling design was purposive and from (aged 7-12 years) male students of Tabriz, 12 children with DCD by using DCDQ, PMOQ-T, and BOTMP tests, and 12 typically developing (TD) children (age and IQ matched) were selected. Participants were required to track a target moving along a circular path on a rotatory pursuit task by using game controllers. Predictive control was assessed by Variables which reflecting tracking success and behavior with the manual tracking. Results of repeated measure of analysis showed that there was a significant difference between DCD and TD children on measures of predictive control; total time on target ($P=0.049$), consecutive time on target ($P=0.016$), distance from the target ($P=0.002$) and velocity of the cursor ($P=0.001$). Collectively, probably DCD children had deficits in consolidation and learning of predictive motor control, they may be used feedback-based step-and-hold strategy, and an underlying deficit in the internal modeling was concluded in DCD children.

Keywords: DCD, Feed Forward Control, Motor Pursuit Tracking, Predictive Motor Control

* Corresponding Author

Email: hsepehrbonab@yahoo.com