

Research Paper

The Effect of Virtual Reality Training on Motor Imagery Capability of Children with Developmental Coordination Disorder**S. EbrahimiSani¹, M. Sohrabi², H. R. Taheri², M.T. Aghdasi³,
Sh. Amiri⁴**

1. Ph.D in Motor Development, Ferdowsi University of Mashhad
2. Professor in Motor Behavior, Ferdowsi University of Mashhad, Iran (Corresponding Author)
3. Professor in Motor Behavior, University of Tabriz, Iran
4. Research Center of Psychiatry and Behavioral Sciences, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

Received: 2019/10/11**Accepted: 2020/03/27**

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effect of virtual reality training program on motor imagery ability in children with developmental coordination disorder (DCD). The sampling design was purposive based on which 40 female children with DCD (aged 7-10 years) from students of Tabriz, by using DCDQ, PMOQ-T, and BOTMP tests were identified and were randomly assigned into two groups of experimental and control. The virtual reality training program consisted of a selection of Xbox 360 Kinect games that were performed for 8 weeks (2 sessions per week and each session lasting 30 minutes). Motor imagery of children was also measured by using a hand rotation task test. The results of repeated measure ANOVA showed that there was a significant difference between two groups on motor imagery ability ($P < 0/05$). According to the results, it is inferred that virtual reality training improves the motor imagery ability of children with DCD, and this ability is retained during retention. Collectively, it seems that the virtual reality training program can be used as an appropriate intervention approach to develop the ability of motor imagery and internal modeling in DCD children.

Keywords: Developmental Coordination Disorder, Xbox kinect, Predictive Motor Control, Internal Modeling.

-
1. E-mail: s.ebrahimisani@gmail.com
 2. Email: sohrabi@um.ac.ir; Email: hamidtaheri@um.ac.ir
 3. Email: mt_aghdasi@tabrizu.ac.ir
 4. Email: sh_amiri1348@yahoo.com



Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

Extended Abstract

Background and Purpose

Developmental coordination disorder (DCD) is a neurodevelopmental disorder that is estimated to affect between 1.7% and 6% of children worldwide. The condition is categorized as a marked impairment in the development of motor coordination that interferes with activities of daily living. These impairments are below the level expected for the child's chronological age (1). It has been hypothesised that deficits in the functions of internal modeling may contribute to the motor control issues of children with DCD (2-4). One of the effective training methods suggested for the internal modeling of DCD children is motor imagery (1, 5, 6). Mental simulation techniques like motor imagery and action observation (i.e., the structured observation of action execution) have been proposed to be effective interventions that target internal model deficits. The VR environment provides a variety of sensory feedback and guides the scope of attention to the external effects and results of the movement. In this way, the individual learns to anticipate the effects of his actions in advance. As a result, the processes involved in the internal modeling will be developed (7). Therefore, it may be possible to improve the capabilities of motor imagery and functions of internal modeling in these children through training in the virtual reality environment.

Materials and Methods

The aim of this study was to investigate the effect of virtual reality training program on motor imagery ability in children with developmental coordination disorder. The sampling design was purposive based on which 40 female children with DCD (aged 7-10 years) from students of Tabriz, by using DCDQ, PMOQ-T, and BOTMP tests were identified and were randomly assigned into two groups of experimental and control. In this study, an experimental pre-post and follow-up design was used, and motor imagery of children was also measured by using a hand rotation test. The virtual reality (VR) intervention program consisted of a selection of Xbox 360 Kinect exergames that were performed for sixteen 30-min sessions over 8 weeks (8).

Findings

The results of repeated measure ANOVA (2×3) revealed significant main effects of time, group and for the interaction between group and time ($p < 0.05$). The significant interaction effect indicated that the changes in performance across measurement times differed among the groups. In addition, the results of the



follow-up analysis and pairwise comparisons between measurement times across the groups showed that there was a significant difference between two groups on motor imagery ability ($P < 0/05$). According to the results, it is inferred that virtual reality training improves the motor imagery ability of children with DCD and this ability is retained during retention. Our inference is that the development of DCD children's performance in the hand rotation task indicates an increased ability to activate mental and internal action representations.

Conclusion

Our findings, which are consistent with those of Bhoyroo, Hands, Wilmut, Hyde, and Wigley (2019); Reynolds, Licari, Elliott, Lay, and Williams (2015); and Williams, Thomas, Maruff, and Wilson (2008), showed that VR training interventions could affect the improvement of motor imagery abilities of DCD children. Furthermore, by increasing the sense of immersion, it will encourage the use of a first-person perspective, which may help improve internal modeling in the DCD children by facilitating the activation of the mirror neuron networks. With regard to the results, we can use different aspects such as creating sensory experiences and engaging different sensory systems, providing multiple feedbacks and activating the cortex plasticity by the virtual reality. In sum, it seems that the virtual reality training program can be used as an appropriate intervention approach to develop the ability of motor imagery and internal modeling in DCD children. Combining task-oriented training interventions with virtual reality environment that required incessant timing and internal modeling activities, convenient for use in school and home environments, can be used as a new way to improve feedforward motor control functions including action planning, motor imagery, and online action control in DCD children.

Keywords: Developmental Coordination Disorder, Xbox Kinect, Predictive Motor Control, Internal Modeling.

References

1. Marshall B, Wright D, Holmes P, Williams J, Wood G. Combined action observation and motor imagery facilitates visuomotor adaptation in children with developmental coordination disorder. *Research in Developmental Disabilities*. 2020;98:103570.
2. Wilson PH, Ruddock 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. Adams IL, Lust JM, Wilson PH, Steenbergen B. Compromised motor control in children with DCD: a deficit in the internal model?—A systematic review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2014;47:225-44.



4. Deconinck FJ, Spitaels L, Fias W, Lenoir M. Is developmental coordination disorder a motor imagery deficit? *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*. 2009;31(6):720-30.
5. Adams IL, Steenbergen B, Lust JM, Smits-Engelsman BC. Motor imagery training for children with developmental coordination disorder—study protocol for a randomized controlled trial. *BMC Neurology*. 2016;16(1):5.
6. Adams ILJ, Smits-Engelsman B, Lust JM, Wilson PH, Steenbergen B. Feasibility of motor imagery training for children with developmental coordination disorder – A pilot study. *Frontiers in Psychology*. 2017;8:1271.
7. Wilson P, Green D, Caeyenberghs K, Steenbergen B, Duckworth J. Integrating new technologies into the treatment of CP and DCD. *Current Developmental Disorders Reports*. 2016;3(2):138-51.
8. Vernadakis N, Papastergiou M, Zetou E, Antoniou P. The impact of an exergame-based intervention on children's fundamental motor skills. *Computers & Education*. 2015;83:90-102.



تأثیر واقعیت مجازی بر قابلیت تصویرسازی حرکتی در کودکان با اختلال هماهنگی رشدی

صغری ابراهیمی ثانی^۱، مهدی سهرابی^۲، حمید رضا طاهری تربتی^۲، محمد تقی اقدسی^۳، شاهرخ امیری^۴

۱. دکتری رشد حرکتی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲. استاد رفتار حرکتی، دانشگاه فردوسی مشهد (نویسنده مسئول)

۳. استاد رفتار حرکتی، دانشگاه تبریز

۴. مرکز تحقیقات روانپزشکی و علوم رفتاری، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۰۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۱۹

چکیده

هدف مطالعه حاضر بررسی تأثیر برنامه تمرین واقعیت مجازی بر توانایی تصویرسازی حرکتی در کودکان با اختلال هماهنگی رشدی بود. تعداد ۴۰ کودک دختر ۷ تا ۱۰ سال با اختلال هماهنگی رشدی در شهر تبریز با استفاده از پرسشنامه های اختلال هماهنگی رشدی والدین، سیاهه مشاهده حرکتی معلمان و آزمون برونیکنز اوزرتسکی شناسایی شده و به صورت نمونه گیری هدفمند انتخاب و در دو گروه تجربی و کنترل جایگزین شدند. برنامه تمرین واقعیت مجازی شامل منتخبی از بازی های سیستم ایکس باکس ۳۶۰ کینکت بودند که به مدت ۸ هفته (۲ جلسه در هفته و هر جلسه ۳۰ دقیقه) انجام گرفت. توانایی تصویرسازی حرکتی کودکان نیز با استفاده از آزمون چرخش دست اندازه گیری شد. نتایج حاصل از تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر نشان دادند که بین گروه تجربی و کنترل در توانایی تصویرسازی حرکتی تفاوت معناداری وجود داشت ($P < 0.05$). با توجه به نتایج استنباط می شود که تمرین واقعیت مجازی موجب پیشرفت توانایی تصویرسازی حرکتی کودکان DCD شده و این قابلیت کسب شده در دوره یادداری حفظ شده است. به طور کلی، به نظر می رسد برنامه تمرین واقعیت مجازی می تواند به عنوان یک رویکرد مداخله ای مناسب به منظور توسعه توانایی تصویرسازی حرکتی و مدل سازی درونی در کودکان DCD مورد استفاده قرار گیرد.

کلید واژگان: اختلال هماهنگی رشدی، ایکس باکس کینکت، کنترل حرکتی پیش بینانه، مدل سازی درونی

1. E-mail: s.ebrahimisani@gmail.com

2. Email: sohrabi@um.ac.ir; Email: hamidtaheri@um.ac.ir

3. Email: mt_aghdasi@tabrizu.ac.ir

4. Email: sh_amiri1348@yahoo.com



مقدمه

واژه اختلال هماهنگی رشدی^۱ (DCD) مشخصه کودکانی است که بدون هیچ‌گونه آسیب‌شناختی و عصبی، با مشکلاتی در زمینه‌های یادگیری، رشد و کنترل حرکتی مواجه هستند و هنگام انجام یک فعالیت حرکتی متناسب با سن خود، رفتار حرکتی ناموزون و بی‌کفایتی نشان می‌دهند. چنین محدودیت‌هایی موجب ناتوانی شده و فرد را از رسیدن به تمام یا بخشی از توانایی‌های بالقوه‌اش باز می‌دارد. در سال‌های اخیر این اختلال، توجه بسیاری از متخصصان، پزشکان، روانشناسان، درمان‌گران و متخصصان اطفال و رفتار حرکتی را به خود جلب کرده است که احتمالاً دلیل این توجه ویژه، پیامدهای ثانویه ناشی از این ناکارآمدی است (۱-۳). طبق شواهد موجود، کودکان DCD عموماً دارای تأخیر در زمان واکنش به محرک‌های حسی، تمایل زیاد برای اتکا به بازخورد بینایی (۴)، ضعف در پردازش بینایی فضایی (۵)، ضعف مهارت‌های هماهنگی در فعالیت‌های تحصیلی مثل نوشتن، نقاشی کردن و مهارت‌های ظریف (۶) و از نظر جسمانی فاقد آمادگی لازم هستند و به‌طور قابل‌توجهی دارای بیش‌وزنی و چاقی هستند. در نتیجه این کودکان در یادگیری مهارت‌های حرکتی جدید به مشکل برخورد و رشد حرکتی همراه با تأخیر نشان می‌دهند (۷). این پیامدها موجب ضعف مهارت‌های حرکتی و کاهش انگیزه مشارکت در فعالیت‌های بدنی خواهد شد.

در مطالعات مروری انجام‌شده به‌وسیله ویلسون^۲ (۲۰۱۳) و آدامز^۳ (۲۰۱۴)، یکی از فرضیه‌های احتمالی ضعف توانایی‌های حرکتی در کودکان DCD، نقص در توانایی استفاده از مدل‌های درونی کنترل حرکتی است. کارکرد نابهنجار مدل‌سازی درونی، قابلیت یادگیری کودکان DCD را تضعیف می‌کند (۷، ۸). مطالعات طولی نیز نشان داده‌اند که نقص حرکتی این کودکان که احتمالاً ریشه در ضعف مدل‌سازی درونی دارد، موجب تداوم مشکلات عاطفی، اجتماعی و تحصیلی و یادگیری حتی تا دوره بزرگ‌سالی نیز می‌شوند (۸).

تکنولوژی و فن‌آوری رایانه‌ای و در کنار آن واقعیت مجازی^۴ یکی از مهم‌ترین نوآوری‌ها در سیستم‌های آموزشی است. واقعیت مجازی شکلی از میانجی‌انسان- رایانه^۵ است که هدف اصلی آن ایجاد

1. Developmental Coordination Disorder
2. Wilson
3. Adams
1. Virtual Reality
2. human-computer interaction



خطای حسی برای فرد عامل است تا محیط مجازی را به مانند محیط واقعی بپندارد و تعامل کافی برای انجام تکالیف خاص به شیوه مؤثر و راحت فراهم کند. این رویکرد مزایایی دارد که از آن جمله می توان به ارائه تکالیف هدفمند، پرتکرار و همچنین فراهم کردن بازخورد و امکان تمرین هایی که محیط های بالینی فاقد آن هستند، اشاره کرد (۲). واقعیت های مجازی، محیط هایی سه بعدی و رایانه ای هستند که به طور هم زمان به فعالیت کاربران خود پاسخ می دهند و با کاهش مزاحمت نسبت به دنیای واقعی، موجب تمرکز حواس، درک بهتر مفاهیم، آموزش مهارت های اجتماعی، حس تعلق و رقابت و عمق آموخته ها می شوند (۳). از طرفی، بازی مؤثرترین و مهم ترین شیوه برای یادگیری کودکان است و کودکان چه در محیط واقعی باشند و چه در محیط مجازی، در حال یادگیری بوده و برخلاف بزرگسالان، در بازی های واقعیت مجازی به طور کامل غوطه ور شده و آن را واقعی می پندارند. بنابراین بیشتر از افراد بزرگسال تحت تأثیر چنین محیط هایی قرار می گیرند و واکنش های حرکتی، توجهی و شناختی آن ها بیشتر به چالش کشیده می شود (۹).

تصویرسازی حرکتی^۱ به عنوان یکی از شیوه های معتبر و باارزش در توصیف وضعیت مدل سازی درونی است و در مطالعات مربوط به کودکان DCD استفاده شده است (۱۰-۱۲). همچنین شواهدی از مطالعات وجود دارد که نشان می دهند قابلیت تصویرسازی حرکتی یک شاخص پیش نیاز و مهمی برای توانایی استفاده از اصلاحات هم زمان در عمل دسترسی در افراد عادی (۱۳) و در کودکان DCD می باشد (۱۴). تصویرسازی حرکتی به وسیله برآورد پیش بینانه موقعیت یک عضو، باعث یکپارچه سازی سریع سیگنال های آوران و آبران شده و پاسخ ادراکی حرکتی را تسریع می کند. در اعمال دسترسی هدفمند، اگر در حرکات مداخله ای ایجاد شود یا در محیط تغییر قابل ملاحظه ای توسط سیستم بینایی شناسایی شود، در این صورت سیستم عصبی تغییرات سریعی در مسیر حرکت و در مرحله پرواز به وجود می آورد. اصلاحات هم زمان و آنی به توانایی فرد در مقایسه پیامدهای حسی احتمالی عمل پیش رو (بر اساس مدل درونی پیش بینانه) و بازخورد حسی واقعی بستگی دارد. در این زمینه آدامز^۲ و همکاران (الف ۲۰۱۷) به ضعف کودکان DCD نسبت به کودکان عادی در تصویرسازی حرکتی و مدل سازی درونی اشاره کرده اند. اما یکی از شیوه های تمرینی مؤثر مطرح شده بر مدل سازی درونی کودکان DCD، تصویرسازی حرکتی است. به منظور بهبود مدل سازی درونی در کودکان DCD، می توان از تمرینات تصویرسازی حرکتی به توسعه و ساخت بازنمایی های حرکتی آن ها استفاده کرد.

3. Motor Imagery

4. Adams



در افراد بزرگسال، تصویرسازی حرکتی به پیشرفت عملکرد ورزشی و در توان بخشی افراد دچار سکتة مغزی به افزایش روند بهبود کمک کرده است (۱۵). نقش تمرینات تصویرسازی حرکتی در توسعه یادگیری و توان بخشی مهارت های حرکتی، مربوط به ارتباط کارکردی بین تصویرسازی حرکتی و اجرای واقعی حرکات است. طبق مدل تصویرسازی حرکتی پتلیپ (PETTLEP)^۱ که توسط هولمز^۲ و همکاران (۲۰۰۱) بر اساس یافته های علوم عصب شناختی مطرح شده است، فرایندهای نروفیزیولوژیکی مشابهی را اساس و زیربنای حرکات واقعی و تصویرسازی شده می دانند و از آن به عنوان هم ارزی کارکردی و توضیحی محتمل برای نقش تصویرسازی در پیشرفت عملکرد بیان می کنند. مطابق مدل پتلیپ برای حداکثر کارایی، تصویرسازی حرکتی باید دارای ۷ مؤلفه حضور جسمانی، تشابه محیطی، تشابه تکلیفی، تشابه زمان بندی، مراحل یادگیری مشابه، عوامل عاطفی و منظر دید باشد (۱۶). با توجه به مطالعات انجام یافته، کارکردهای مدل سازی درونی قابلیت رشد داشته و تحت تأثیر تمرینات تصویرسازی حرکتی قرار می گیرند. در این زمینه هایید^۳ و همکاران (۲۰۱۴) با مطالعه ای مقطعی به مقایسه تصویرسازی حرکتی در افراد بزرگسال با احتمال DCD و کودکان DCD پرداختند و اشاره کردند که کودکان DCD قادر به رشد توانایی تصویرسازی حرکتی هستند (۱۷). آدامز و همکاران (۲۰۱۷) در یک مطالعه طولی بر رشد تصویرسازی حرکتی در کودکان DCD دریافتند که آنها قادر به کسب و رشد تصویرسازی حرکتی هستند و نقص آنها ناشی از یک تأخیر رشدی است نه یک اختلال، و احتمال دادند که با استفاده از تمرین تصویرسازی حرکتی آشکار و دستورالعمل های آن بتوان به توسعه مدل سازی درونی و در نهایت به رشد کنترل حرکتی پیش بینانه در کودکان DCD کمک کرد (۱۶). همچنین نتایج مطالعه سپهری بناب و همکاران (۱۳۹۶) در یادگیری کنترل حرکتی پیش بینانه کودکان با اختلال هماهنگی رشدی در مقایسه با کودکان عادی، نشان داد که کودکان DCD قادر به کسب کنترل حرکتی پیش بینانه مشابه کودکان عادی هستند ولی در حفظ و تحکیم یادداری کسب شده با مشکل مواجه بودند (۱۸).

از تکنیک واقعیت مجازی برای تصویرسازی حرکتی و کمک به توان بخشی و درمان افراد دچار سکتة مغزی و در حوزه های ورزشی استفاده شده است و واقعیت مجازی ظرفیت بالایی در بهبود شکل پذیری

1. Physical, Environment, Task, Timing, Learning, Emotion and Perspective

2. Holmes

3. Hyde



عصبی و فعال‌سازی نواحی مغزی مشابه با حرکات واقعی دارد (۹،۱۹،۲۰). در این زمینه بدیا^۱ و همکاران (۲۰۱۲) با پژوهشی بر امواج مغزی و سازمان‌دهی مجدد قشری با تمرین تصویرسازی حرکتی با استفاده از واقعیت مجازی اشاره کردند که واقعیت مجازی از طریق فراهم کردن فرصت تصویرسازی حرکتی در فراخوانی و فعال‌سازی شبکه‌های عصبی مرتبط با تکالیف حرکتی و در سازمان‌دهی مجدد کارکردی مغز و کنترل حرکتی مخصوصاً در افراد با آسیب سیستم عصبی به‌عنوان یک روش درمانی مؤثر و جدید کاربرد دارد (۲۱). همچنین استوارت^۲ و همکاران (۲۰۱۸) نیز با پژوهشی بر کاربرد تصویرسازی حرکتی از طریق محیط واقعیت مجازی در زمینه ورزش اشاره کردند که واقعیت مجازی در حوزه ورزش موجب افزایش سرعت تصمیم‌گیری در راگبی، مهارت‌های فوتبال، بهبود زمان واکنش در هندبال، تمرین اسکی و شنا و توسعه مهارت‌های ذهنی و تمرینی و مسابقه می‌شود و اینکه واقعیت مجازی مشابه تمرینات تصویرسازی حرکتی، شرایط اجرای تکلیف بدون اجرای واقعی را فراهم کرده و طبق مدل پتلب موجب افزایش هم‌ارزی کارکردی در ورزش می‌شود؛ بنابراین استفاده از واقعیت مجازی در ورزش به توسعه توانایی تصویرسازی حرکتی ورزشکاران و در نهایت خودگفتاری، خودکاری، افزایش عملکرد تمرین و مسابقه و افزایش اعتماد به نفس می‌شود (۲۲). بعلاوه لطفی و همکاران (۱۳۹۶) با مطالعه‌ای بر تأثیر واقعیت مجازی بر یادگیری مهارت فورهند تنیس روی میز، به نقش محیط واقعیت مجازی در فراهم کردن تمرینات مکرر، بازخورد، مشاهده و تقلید و شرایط برانگیزاننده و جذاب تمرین با واقعیت مجازی اشاره کردند که موجب جلب مشارکت و تشویق به ادامه فعالیت می‌گردد (۳). پس با در نظر گرفتن اینکه تصویرسازی حرکتی احتمالاً در مکانیسم‌های کنترلی و زیرساخت‌های عصبی با حرکات واقعی و مشاهده عمل دارای تشابهاتی است و به سازمان‌دهی مجدد قشرهای حسی- حرکتی به شکل پویا کمک می‌کند از تمرین‌های تصویرسازی حرکتی به‌عنوان اساس توسعه رابط‌های مغزو رایانه و ترمیم آسیب‌دیدگی‌های عصب‌شناختی استفاده می‌شود و یکی از پیشرفت‌های درمانی در این زمینه، همراه کردن و ترکیب واقعیت مجازی با رابط‌های مغز-رایانه است و به کنترل جنبه‌های محیطی به شیوه آشکار یا ضمنی کمک می‌کند (۲۳).

با توجه به نقش و اهمیت تمرینات تصویرسازی حرکتی در کودکان DCD، در این زمینه آدامز و همکاران (۲۰۱۶) با مطالعه تأثیر تمرین تصویرسازی حرکتی مطابق مدل پتلب بر توانایی تصویرسازی حرکتی تنها به صورت پروتکل تحقیق اشاره کرده، ولی نتایج خود را منتشر نکرده‌اند (۱۶). بویرو و همکاران (۲۰۱۹) و رینولد و همکاران (۲۰۱۵) نیز به توسعه توانایی تصویرسازی حرکتی و طرح ریزی

1. Badia
2. Stewart



عمل بوسیله دستورالعمل های آشکار تصویرسازی حرکتی اشاره کردند (۲۴،۲۵)، که بنظر می‌رسد شیوه تمرینی آن‌ها به شکل آشکار بوده ولی ارزیابی تصویرسازی حرکتی بشکل ضمنی انجام گرفته است که احتمالاً نتایج حاصل را تحت تاثیر قرار خواهد داد. در حالی که مطالعه حاضر (به زعم محقق) اولین تحقیق با کاربرد واقعیت مجازی برای توسعه توانایی تصویرسازی حرکتی در کودکان DCD می‌باشد ممکن است از ظرفیت بالای واقعیت مجازی برای افزایش توانایی تصویرسازی حرکتی بشکل ضمنی و پیروی از مدل تصویرسازی پتلم بطور وسیع و فعال سازی رویکرد و دیدگاه شخص اول (فعال-سازی بیشتر نرون های اینه‌ای) بهره ببریم. در حالی که در مطالعات مربوط به بیماران آسیب عصب شناختی و نیز عملکرد ورزشی، تاثیر مداخلات واقعیت مجازی در افزایش توانایی تصویرسازی حرکتی تایید شده است ولی کارایی مداخلات واقعیت مجازی بر توانایی تصویرسازی حرکتی در کودکان DCD هنوز مشخص نشده است. و اینکه ویلسون و همکاران (۲۰۱۶) در مقایسه تاثیر تمرینات تصویرسازی حرکتی با تمرینات ادراکی حرکتی به اندازه اثر مشابه آن دو در اکتساب مهارت‌های حرکتی اشاره کردند (۲۶) ممکن است پیشرفت توانایی تصویرسازی حرکتی از طریق تمرینات واقعیت مجازی با توسعه مدل سازی درونی به طرح ریزی دقیق و به عنوان راهبردی موثر در بهبود مهارت‌های حرکتی و جهت تعمیم به دیگر فعالیت های زندگی روزمره کودکان DCD کودکان مفید باشد. بنابراین با توجه به اینکه کودکان DCD در کارکردهای مدل‌سازی درونی ضعف داشته و با در نظر گرفتن قابلیت‌ها و ظرفیت‌های واقعیت مجازی برای تمرینات تصویرسازی حرکتی و نقش تصویرسازی حرکتی بر کارکردهای مدل‌سازی درونی و اینکه در زمینه نقش بازی‌های واقعیت مجازی در بهبود تصویرسازی حرکتی و مدل‌سازی درونی مطالعه‌ای انجام نگرفته است لذا تأثیر یک دوره برنامه تمرینی منتخب با واقعیت مجازی بر توانایی تصویرسازی حرکتی در کودکان DCD بررسی شد.

روش‌شناسی پژوهش

جامعه و نمونه آماری

تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی است و با استفاده از یک طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه کنترل و پیگیری یک ماه بعد انجام گرفت. جامعه آماری مطالعه شامل تمامی دانش آموزان (دامنه سنی ۷-۱۰ سال) مشغول به تحصیل در مقطع ابتدایی مدارس دخترانه دولتی ناحیه ۳ آموزش و پرورش شهر تبریز در سال تحصیلی ۹۸-۹۷ بودند. انتخاب نمونه با توجه به هدف پژوهش به صورت هدفمند شامل



۴۰ کودک با اختلال هماهنگی رشدی بود که پس از شناسایی و انتخاب در دو گروه تجربی و کنترل هرکدام به تعداد ۲۰ نفر به صورت تصادفی جایگزین شدند. معیار انتخاب کودکان DCD، معرفی اولیه کودکان دارای مشکلات حرکتی مطابق DSM-5 به وسیله معلمان و سپس با استفاده از پرسشنامه DCDQ^۱ والدین (پرسشنامه اختلال هماهنگی رشدی برای والدین نسخه ۷، ویلسون و همکاران ۲۰۰۰)، کودکانی که نمره لازم را از پرسشنامه PMOQ-T^۲ که توسط معلم تکمیل می‌شد را کسب کردند (به تعداد ۷۰ نفر) با استفاده از پرسشنامه DCD-Q7 فرم والدین، ارزیابی شدند (۲۷-۳۱) و در نهایت کودکانی که در این مرحله نمره‌ی لازم را به دست آوردند (به تعداد ۵۵ نفر)، توسط محقق با استفاده از آزمون تبجر حرکتی برونیکز اوزرتسکی^۳ و آزمون هوش وکسلر کودکان^۴ مورد ارزیابی قرار گرفتند. شرکت‌کنندگان با بهره‌ی بالاتر از ۷۵ و امتیاز آزمون تبجر حرکتی برونیکز اوزرتسکی زیر صدک ۱۵ (به تعداد ۴۶ نفر) با معیار DCD انتخاب شدند (۲۷، ۲۹-۳۴). شرکت‌کنندگان فاقد هرگونه ناتوانی یادگیری، روانی و عصب‌شناختی قبلی بوده‌اند و کودکانی که شرایطی داشتند که ممکن بود عملکرد حرکتی آن‌ها را تحت تأثیر قرار دهد با تأیید روانپزشک متخصص کودک و نوجوان از مطالعه کنار گذاشته شدند (به تعداد ۶ نفر). تمامی شرکت‌کنندگان فاقد آشنایی قبلی با تکلیف مورد نظر در تحقیق بودند. پرسش‌نامه‌ها و آزمون‌های مورد استفاده و شرح پروتکل تحقیق و فرم رضایتمندی والدین از قبل به تأیید کمیته پژوهشی و اخلاقی، اداره آموزش و پرورش و دانشگاه فردوسی مشهد رسیدند.

ابزار اندازه‌گیری

از پرسشنامه اختلال هماهنگی رشدی (DCDQ-7)، لیست مشاهده رفتار حرکتی برای معلمان (PMOQT)، آزمون هوش وکسلر فرم کوتاه، آزمون تبجر حرکتی برونیکز اوزرتسکی برای شناسایی کودکان DCD استفاده شدند و از نسخه نرم‌افزاری آزمون چرخش دست^۵ برای سنجش متغیر وابسته توانایی تصویرسازی حرکتی استفاده شد.

سیاهه اختلال هماهنگی رشدی مقیاسی برای آگاهی والدین از کنترل حرکتی، مهارت‌های حرکتی درشت و ظریف و هماهنگی عمومی سنین (۵ تا ۱۵ سال) و شامل ۱۵ سؤال با نمره دهی ۵ امتیازی لیکرت است. دامنه امتیاز کل آن از ۱۵ تا ۷۵ است. با توجه به جدول ارزیابی DCD-Q7، کودکان (۷/۱۱-۵ سال) با امتیاز (۱۵-۴۶)، (۹/۱۱-۸ سال) با امتیاز (۱۵-۵۵) و (۱۰-۱۵ سال) با

1. Developmental Coordination Disorder questionnaire (DCDQ)
2. Persian Motor Observation Questionnaire for Teachers
3. Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency
4. Wechsler Intelligence Scale for Children
5. Hand Rotation Test



امتیاز (۵۷-۱۵)، تحت عنوان مبتلا یا مستعد ابتلا به DCD معرفی می‌شوند. ضرایب پایایی این سیاهه با روش همسانی درونی (۰/۸۳)، باز آزمایی (۰/۷۳) و آلفای کرونباخ (۰/۸۵) و همچنین روایی هم‌زمان آن در ارتباط با دو خرده مقیاس جابجایی و کنترل شئی در آزمون رشد حرکتی درشت ۲ به ترتیب (۰/۶۵) و (۰/۶) گزارش شده است (ویلسون و همکاران ۲۰۰۹) (۳۴-۳۶).

سیاهه مشاهده رفتار حرکتی معلمان، شامل ۱۸ گویه در مورد حرکات درشت و ظریف کودکان ۵-۱۱ ساله با مقیاس ۴ امتیازی لیکرت و با دامنه امتیازهای ۷۲-۱۸ می‌باشد. ابتدا جمع نمره‌های حاصل از ارزیابی آموزگاران، صدک بندی و سپس کودکانی که نمره کل ارزیابی آن‌ها در صدکهای ۱۶-۱۰۰ قرار می‌گیرد، سالم و رتبه درصدی ۱۵ و کمتر، نشان‌دهنده در معرض خطر ابتلا یا مشکوک بودن است و در هنجاریابی که بر روی ۵۰۵ نفر از دانش‌آموزان پسر دبستانی و آموزگاران آن انجام گرفته، پایایی آن ۰/۹۱ بوده است (۳۳).

آزمون هوش و کسلر کودکان (فرم کوتاه)، در سال ۱۹۶۹ توسط دیوید و کسلر 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، الحاقی قطعات، طراحی با مکعب‌ها، رمزگردانی و مازها) است. بهترین فرم کوتاه طبق هنجاریابی مقیاس هوش و کسلر کودکان در شهر شیراز توسط شهیم (۱۳۷۳) انجام شده است که متشکل از چهار خرده آزمون لغات، اطلاعات، طراحی مکعب‌ها و تنظیم تصاویر است و همبستگی آن با کل مقیاس در آزمون و کسلر کودکان ۰/۹۱ است. در این پژوهش به منظور غربال شرکت‌کنندگان به لحاظ هوش‌بهر، از فرم کوتاه آزمون هوش تجدیدنظر شده و کسلر کودکان (فرم چهارتایی) استفاده شد و افرادی که نمره هوش‌بهر آن‌ها از ۷۵ پایین بود از طرح خارج شدند (۳۷-۳۹).

آزمون تبحر حرکتی برونیکز اوزرتسکی که عملکرد حرکتی کودکان ۴/۵ تا ۱۴/۵ سال را ارزیابی می‌کند و شامل هشت خرده آزمون (شامل ۴۶ بخش‌جداگانه) می‌باشد. فرم کوتاه آزمون هم مشتمل بر ۸ خرده آزمون و ۱۴ بخش جداگانه است. این آزمون به محققین کمک می‌کند تا کودکان بهنجار را از کودکان با اختلال حرکتی شناسایی کنند. برونیکس (۱۹۷۸) این آزمون را بر روی نمونه‌ای شامل ۷۵۶ کودک که براساس سن، جنس، نژاد، حجم جامعه و منطقه جغرافیائی مطابق سرشماری سال (۱۹۷۰) انتخاب شده بودند استاندارد کرد ضریب پایایی باز آزمایی این آزمون در فرم طولانی ۰/۸۷ و در فرم کوتاه ۰/۸۶ گزارش شده است (۲۷، ۲۹-۳۱).



آزمون چرخش دست، برنامه‌ای است که عمدتاً برای سنجش توانایی تصویرسازی حرکتی کودکان استفاده شده است (۴۰). در این تکلیف شرکت‌کنندگان از منظر دید متفاوت (پشت و جلو) در مورد جهت چرخش یک محرک به شکل دست تصمیم‌گیری می‌کنند. زمانی که فرد برای تشخیص جهت چرخش دست، به تجسم دست خود به جای محرک موردنظر می‌پردازد از تصویرسازی حرکتی استفاده می‌کند. برای ارزیابی تصویرسازی حرکتی کودکان از برنامه نرم‌افزاری چرخش تصویر دوبعدی کف دست و پشت دست (ابعاد ۸×۹ cm) تهیه شده با برنامه (standalone-psychopy) که تصاویر به صورت تصادفی با ۴۵ درجه افزایش در دامنه صفر تا ۳۶۰ درجه چرخش داده می‌شدند، استفاده شد (۱۱). هر فرد ۵ کوشش تمرینی اولیه داشته و ۸۰ کوشش برای آزمون اصلی دارد که در هر زاویه ۱۰ کوشش دارد (زوایای ۰-۴۵-۹۰-۱۳۵-۱۸۰-۲۲۵-۲۷۰-۳۱۵). در نهایت برای هر فرد میانگین زمان واکنش در هر زاویه چرخش و برای هر حالت ساعت‌گرد و خلاف ساعت‌گرد محاسبه می‌گردد. کودکانی که حداقل نصف کوشش‌های خود را انجام داده باشند اطلاعات آن‌ها در تحلیل وارد می‌شوند (۱۱، ۱۰).

پروتکل تحقیق

پس از انتخاب و توزیع تصادفی کودکان DCD در دو گروه تجربی (تمرین واقعیت مجازی) و کنترل، هر یک به تعداد ۲۰ نفر، در طول دو هفته اول آزمون مربوط به توانایی تصویرسازی حرکتی، در مرحله پیش‌آزمون به عمل آمد. سپس گروه تجربی به مدت ۸ هفته و ۲ جلسه در هفته و هر جلسه ۳۰ دقیقه به تمرین منتخبی از بازی‌های سیستم ایکس باکس کینکت ۳۶۰ که با توجه به مهارت‌های کنترل شئی و ویژگی تکلیف محوری انتخاب شده بودند (۴۱)، پرداختند. مدت زمان و تعداد جلسات برنامه انتخابی با توجه به مطالعات قبلی و همچنین محدودیت دسترسی به دانش‌آموزان مشخص شد. گروه کنترل اجازه شرکت در بازی‌های آزاد رسمی (باشگاهی) را نداشت. سپس به مدت ۲ هفته در مرحله پس‌آزمون شرکت کردند و پس از یک ماه به منظور بررسی ماندگاری نتایج تمرین، در مرحله پیگیری (به مدت ۲ هفته) شرکت کردند. همچنین قبل از اجرای برنامه تمرینی، پروتکل تمرینی توسط ۳ نفر از متخصصین حوزه رفتار حرکتی از نظر محتوای مورد تأیید قرار گرفته و پروتکل تمرینی به صورت پایلوت اجرا شد. گروه کنترل هیچ برنامه آموزش مهارتی را دریافت نکرده و در برنامه‌های مرسوم مدرسه شرکت کردند.

برنامه تمرین واقعیت مجازی با استفاده از ایکس باکس ۳۶۰:

مطابق با مطالعات قبلی، برنامه بازی‌های مورد نظر به نحوی انتخاب شد که به رشد و یادگیری ۶ مهارت کنترل اشیاء در کودکان کمک کند (پرتاب کردن، دریافت کردن، دریبل، ضربه زدن با دست‌وپا،



غلت دادن توپ). برنامه مداخله در یک اتاق بزرگ بازی کودکان با استفاده از ۵ دستگاه بازی به صورت هم‌زمان و به صورت انفرادی و در زمان خارج از برنامه کلاسی مدرسه اجرا شد. بازی‌های منتخب شامل بیس‌بال، بسکتبال، بولینگ و فوتبال بودند (۴۱). در تمامی جلسات دستورالعمل‌ها و آموزش‌های لازم برای اجرای هر بازی ارائه می‌شد، قبل از شروع جلسه مداخله، بازی‌ها کاملاً مرور شده و نحوه کنترل و موارد لازم بیان می‌شدند. در طول بازی، حرکات توسط حس گر کینکت ردیابی شده و کودکان در انتخاب ترتیب بازی‌ها آزاد بودند اما در زمان مشخص شده، تمرین می‌کردند. برنامه جلسات تمرین شامل ۱- حضور در کلاس ۲- آموزش کنترل اشیاء با گرم کردن (رساندن دست به نقاطی از بدن همراه با موزیک، پرش به داخل حلقه‌های هولاهوپ و حرکت پروانه به مدت ۲-۳ دقیقه) ۳- تمرین حداقل ۲ مهارت مربوط به کنترل اشیاء (۱۲ دقیقه برای هر کدام) و در کل ۲۴ دقیقه تمرین برنامه منتخب. ۴- در پایان فعالیت‌های مرسوم مثل تعادلی و کشش به مدت دو الی سه دقیقه انجام می‌شد. اگر کودکان در مدت ۱۲ دقیقه به آخر سطح بازی موردنظر می‌رسیدند برای جلوگیری از بی‌حرکتی، بازی در سطح بعدی را آغاز می‌کردند. نحوه تغییر بازی نیز به آن‌ها یاد داده شده بود.

روش‌های آماری

از آزمون تی مستقل برای بررسی تفاوت در ویژگی‌های سن، بهره هوشی، امتیازهای آزمون BOMPT، DCDQ و PMOQ-T، از آزمون شاپیرو-ویلکس برای تعیین طبیعی بودن توزیع داده‌ها و از تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر (عامل گروه با ۲ سطح*زمان با ۳ سطح) برای آزمون فرضیه‌های تحقیق در طول مراحل پیش‌آزمون-پس‌آزمون و پیگیری استفاده شد. پیش‌فرض‌های این آزمون (نرمال بودن توزیع خطاها با استفاده از آزمون شاپیروویلکس و ثابت بودن واریانس خطاها با استفاده از آزمون لون و ناخودهمبسته بودن خطاها با آزمون رانز و آزمون باکس برای همسانی ماتریکس کوواریانس) بررسی شدند و مورد تأیید قرار گرفتند ($P > 0.05$). با آلفای ۰/۰۵ سطح معناداری فرضیه‌ها آزمون شدند و تمام محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار اسپاس (نسخه ۲۰) انجام گرفت.

نتایج

با استفاده از آزمون t مستقل، مشخص شد که در مرحله پیش‌آزمون بین دو گروه از نظر سنی، بهره هوشی و رتبه صدکی آزمون برونیکز اوزرتسکی و امتیاز پرسشنامه‌های DCDQ و PMOQ-T بین دو گروه تفاوت معناداری وجود نداشت ($P > 0.05$). نتایج حاصل از مقایسه دو گروه در مرحله پیش‌آزمون در برخی از شاخص‌های انتخابی در جدول ۱ به صورت خلاصه ارائه شده‌اند.



جدول ۱. نتایج حاصل از مقایسه دو گروه تجربی و کنترل در شاخص‌های بهره‌هوشی، سن، امتیاز صدکی

آزمون *PMOQ-T* و *DCDQ*، *BOTMP*

متغیر	گروه	میانگین و انحراف استاندارد	درجات آزادی	ت مقدار	سطح معناداری
بهره‌هوشی	DCDE	۹۱/۷±۱۰۷/۶	۳۸	۱.۱۶	۰.۲۵
	DCDC	۰۲/۷±۸۵/۱۰۴			
نمره صدکی آزمون <i>BOTMP</i>	DCDE	۷/۲±۵/۹۵	۳۸	-۱.۷۹	۰.۰۸
	DCDC	۷/۲±۵۰/۷			
سن	DCDE	۰۷/۱±۸/۹	۳۸	۰.۰۹	۰.۰۹
	DCDC	۲/۱±۹/۸			
<i>DCDQ</i> امتیاز پرسشنامه	DCDE	۴.۵±۴/۴۸	۳۸	۰.۱۵	۰.۸۷
	DCDC	۵.۷±۱۵/۴۸			
امتیاز پرسشنامه <i>PMOQ-T</i>	DCDE	۵.۷±۰۵/۳۹	۳۸	-۱.۴۶	۰.۱۵
	DCDC	۵/۹±۷۵/۴۱			

کودکان با اختلال هماهنگی رشدی گروه کنترل (*DCD-C*)، کودکان با اختلال هماهنگی رشدی گروه تجربی (*DCD-E*)، پرسشنامه اختلال هماهنگی رشدی (*DCDQ*)، پرسشنامه نسخه فارسی مشاهده رفتار حرکتی معلمان (*PMOQ-T*)، آزمون تبحر حرکتی برونیکز ازرتسکی (*BOTMP*).

جهت بررسی تأثیر برنامه تمرین واقعیت مجازی بر تصویرسازی حرکتی، از تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر (۲×۳) با عامل بین‌موردی (گروه) و درون‌موردی (زمان) در سه دوره پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پیگیری استفاده و نتایج مطابق جدول ۲ و **Error! Unknown switch argument** نشان دادند که اثرات اصلی گروه و زمان و اثر تعاملی، تفاوت معناداری دارند. با استفاده از تحلیل واریانس یک‌راهه مشخص شد که دو گروه در مرحله پیش‌آزمون تفاوت معناداری باهم نداشتند ($P > 0.05$) ولی در مرحله پس‌آزمون گروه تجربی (1.56 ± 0.39) و گروه کنترل (1.86 ± 0.47)

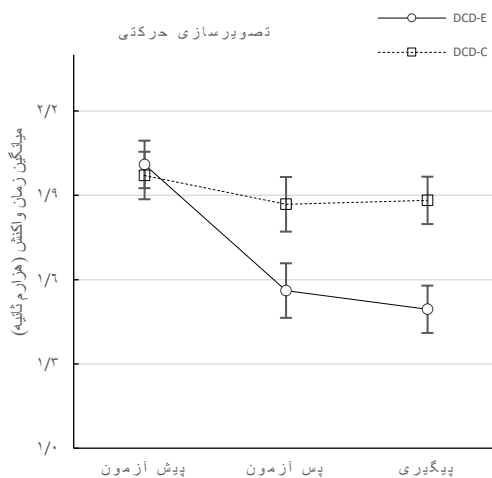
(در مرحله پیگیری گروه تجربی $F(1,39) = 4.993; P = 0.031$) و گروه کنترل ($F(1,39) = 10.57; P = 0.002$) تفاوت معناداری باهم نداشتند (**Error! Unknown switch argument**). همچنین تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر یک‌راهه داخل گروه‌ها نشان داد که در گروه کنترل بین مراحل آزمون تفاوت معناداری وجود نداشت ($P > 0.05$) ولی در گروه تجربی بین سه مرحله آزمون تفاوت معناداری وجود داشت



داد که بین مراحل پیش‌آزمون (2.01 ± 0.09)، پس‌آزمون (1.56 ± 0.08) و آزمون پیگیری (1.49 ± 0.083) تفاوت معنادار وجود داشت ($P < 0.05$) ولی بین مراحل پس‌آزمون و یادداری تفاوت معناداری مشاهده نشد ($P > 0.05$).

جدول ۲- نتایج حاصل از تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر متغیر وابسته تصویرسازی حرکتی بین دو گروه در سه مرحله پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پیگیری.

اثر	اندازه	سطح	درجه	مقدار	ویلکس	
	(مجذور اتا)	معناداری	آزادی	F	لامبا	
گروه	۰.۱۴	۰.۰۱۴	(۱،۳۸)	۶.۵۷	-	تصویرسازی
زمان	۰.۲۸	۰.۰۰۲	(۲،۳۷)	۷.۳۲	۰.۷۱	حرکتی
زمان*گروه	۰.۱۶	۰.۰۳۹	(۲،۳۷)	۳.۵۴	۰.۸۳	



شکل ۱- نمودار عملکرد گروه‌های تجربی و کنترل در تصویرسازی حرکتی در طول مراحل پیش‌آزمون- پس‌آزمون و پیگیری.



تمرین با واقعیت مجازی موجب پیشرفت توانایی تصویرسازی حرکتی کودکان با اختلال DCD در گروه تجربی شده و این قابلیت کسب شده در دوره یادداری حفظ شده است.

بحث و نتیجه گیری

هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیر واقعیت مجازی بر توانایی تصویرسازی حرکتی کودکان DCD بود. بدین منظور به بررسی تأثیر بازی‌های منتخب واقعیت مجازی ایکس باکس ۳۶۰ کینیکت بر توانایی تصویرسازی حرکتی کودکان DCD با استفاده از تکلیف چرخش دست، بین دو گروه تجربی و کنترل پرداخته شد. نتایج حاصل نشان دادند که در توانایی تصویرسازی حرکتی گروه تجربی نسبت به گروه کنترل تفاوت معناداری ایجاد شده است و استنباط می‌شود که تحت تأثیر محیط واقعیت مجازی، کودکان DCD قادر به توسعه و حفظ توانایی تصویرسازی حرکتی و مدل‌سازی درونی هستند. به‌طور کلی، با توجه به نتایج حاصل استنباط می‌شود که راهبرد استفاده از مدل‌سازی درونی به‌وسیله تمرین در محیط واقعیت مجازی در کودکان DCD توسعه یافته است و می‌توان از محیط واقعیت مجازی به‌منظور توسعه توانایی تصویرسازی حرکتی در کودکان DCD استفاده کرد.

طبق شواهدی از مطالعات مروری به‌وسیله ویلسون (۲۰۱۳) و آدامز (۲۰۱۴)، نقص مدل‌سازی درونی یکی از فرضیه‌های اصلی برای نقص در مهارت‌های حرکتی و مشکلات کودکان DCD بوده است (۱،۷) و همچنین طبق مطالعات هاید و همکاران (۲۰۱۴) و آدامز و همکاران (ب) (۲۰۱۷)، توانایی مدل‌سازی درونی در کودکان DCD قابلیت رشد و توسعه داشته (۱۶،۱۷)، بنابراین با در نظر گرفتن ظرفیت و قابلیت‌های ویژه واقعیت مجازی، از آن به‌منظور توسعه توانایی تصویرسازی حرکتی در کودکان DCD استفاده شد و نتایج حاصل هم‌راستا با نتایج مطالعات قبلی از جمله ویلسون و همکاران (۲۰۱۶)، ویلسون و همکاران (۲۰۰۲)، ویلسون و همکاران (۲۰۱۶)، بویرو و همکاران (۲۰۱۹)^۱ و رینولد و همکاران (۲۰۱۵)^۲ به‌عنوان شواهدی بر نقش تمرین تصویرسازی حرکتی بر رشد مدل‌سازی درونی (۲۵،۴۲-۴۴) و همچنین با نتایج مطالعات بدیا و همکاران (۲۰۱۳)، وراپوروس و همکاران (۲۰۱۶) و استوارت و همکاران (۲۰۱۸) در تایید کاربرد واقعیت مجازی بر توسعه توانایی

1. Bhoyroo & Hands & et al 2019
2. Reynolds et al 2015



تصویرسازی حرکتی هم‌خوانی داشت (۲۱-۲۳). همچنین هم‌راستا با نتایج آدامز و همکاران (۲۰۱۸) که به روند رشدی مشابه ولی ضعیف کودکان DCD در تصویرسازی حرکتی نسبت به کودکان عادی اشاره کرده‌اند (۴۵)، به نظر می‌رسد در مطالعه حاضر تمرین مداخله‌ای واقعیت مجازی در جبران تأخیر رشدی توانایی تصویرسازی کودکان DCD مؤثر بوده است.

با وجود اینکه مطالعات انجام گرفته، به ضعف مدل‌سازی درونی و نقش اساسی آن در مشکلات حرکتی کودکان DCD اشاره کرده‌اند ولی مداخلات تمرینی چندانی در این زمینه هنوز انجام نگرفته و تنها به نقش احتمالی تمرینات تصویرسازی حرکتی در این مورد اشاره شده است؛ بنابراین نتایج مطالعه حاضر از این لحاظ حائز اهمیت بوده و مطالعات قبلی مغایری در این زمینه وجود ندارد.

در تفسیر نتایج حاصل، از نقش واقعیت مجازی در ایجاد تجارب حسی، فراهم شدن بازخوردهای چندگانه و سازمان‌دهی مجدد قشری می‌توان استفاده کرد. بخش مهمی از تعاملات انسان شامل پیش‌بینی اعمال دیگران است و مطابق با چهارچوب پردازش پیش‌بینانه، استنتاج نیت و هدف عمل مشاهده‌شده به وسیله کمینه کردن خطای پیش‌بین در تمامی سطوح سلسله‌مراتب قشری در زمان مشاهده و اجرای اعمال رخ می‌دهد. سیستم نرون‌های آینه‌ای هم در طول اجرا و هم در مشاهده عمل فعال می‌شوند و نقش مهمی در این زمینه دارند. سیستم نرون‌های آینه‌ای در نواحی پیش- حرکتی، ناحیه آهیانه‌ای تحتانی و شکنج گیجگاهی فوقانی وجود دارند که ارتباط دوسویه‌ای با هم دارند. تمرین فعالیت‌های هدفمند منجر به شکل‌پذیری و تغییر در ساختارهای مغز می‌شود مخصوصاً در نواحی پیشانی، آهیانه‌ای و گیجگاهی مغز، با مشاهده و اجرای واقعی، شکل‌پذیری عصبی به وسیله سیستم نرون‌های آینه‌ای اتفاق می‌افتد. تمرینات واقعیت مجازی می‌توانند با فراهم کردن شرایطی که کودک به تعامل در صحنه‌های سه‌بعدی بپردازد و حرکات خود را هم‌زمان در صفحه نمایش ببیند، تحریکات حسی- حرکتی زیادی را برای فعال‌سازی سیستم نرون‌های آینه‌ای فراهم آورند که آن‌ها نیز به نوبه خود به سازمان‌دهی مجدد مغزی منجر گردند (۲۱، ۴۶).

بهترین و مؤثرترین نقش واقعیت مجازی همراه با ویژگی‌های مؤثر آن، کمک به خلق تجارب حسی برای کودکان DCD است که با استفاده از این تجارب حسی ممکن است با مشاهده عمل یا هرگونه نشانه حسی و بخشی از آن در محیط، با ساخت و فعال‌سازی طرح ذهنی، به نیت و هدف عمل پی ببرند و به صورت پیش‌بینانه قادر به پیش‌بینی پیامدهای حسی عمل موردنظر باشند و سیستم نرون‌های آینه‌ای با استفاده از مدل کنترلی پیش‌بینانه یا بازشناسی در این مسیر کمک خواهد کرد



(مشاهده، تصویرسازی بصری و حرکتی). همچنین خود اجرا می‌تواند به ایجاد یک مدل بازخوانی قوی سبب شود که با دیدن هر یک از نشانه‌ها در حالت معکوس مدل بازخوانی (مدل پیش‌بینانه)، فرد قادر به پی بردن به نیت و هدف عمل می‌گردد. تصویرسازی حرکتی به شرطی که همراه با تجارب حرکتی باشد (مشابه تمرینات واقعیت مجازی)، به بهبود عملکرد با ایجاد مدل پیش‌بینانه منتهی می‌گردد. با مشاهده بسیاری از نشانه‌های حسی، طرح حرکتی اولیه (مربوط به طرح ذهنی و نیت عمل) راه‌اندازی می‌شود بنابراین مشاهده اجرای عمل به ایجاد کپی و ابران در مشاهده‌گر منجر می‌گردد (فعال سازی بازنمایی حرکتی یا شبیه‌سازی درونی فرایندهای عمل حرکتی طراحی شده) (۴۷).

بنابراین تمرینات واقعیت مجازی که نیاز به بازی و کنترل حرکات بدنی دارند فرصتی برای فعال شدن و کسب تجارب هستند (۴۸). چنانچه حتی ورزشکاران ماهر در مقایسه با افراد مبتدی، در پیش‌بینی موفقیت آمیز حرکات و اعمال حریفان خود از طریق علائم و نشانه‌های قامتی و وضعیت اندام‌ها یا موقعیت بازیکنان در زمین، توانایی بیشتری دارند و این پیش‌بینی را به عملکرد سیستم نرون‌های آینه‌ای نسبت می‌دهند. چنین سیستمی در هنگام اجرا یا مشاهده اعمال هدفمند دیگران فعال شده و در شناخت و درک اعمال دیگران، با ایجاد بازنمایی‌های حرکتی درونی در ایجاد مدل پیش‌بینانه استفاده می‌شود تا با مشاهده نشانه‌های محیطی، چگونگی انجام عملی پیش‌بینی شود. مقایسه فعالیت نرون‌های آینه‌ای در دو گروه ورزشکاران ماهر و مبتدی در مشاهده و پیش‌بینی تکلیفی، حاکی از ناهمزمانی بیشتر امواج مو (شاخص عملکرد نرون‌های آینه‌ای) در افراد ماهر نسبت به افراد مبتدی بوده است و به نظر می‌رسد کسب تجربه در محیط واقعیت مجازی و مشاهده اجرای خود در مقایسه با گروه کنترل، منجر به عملکرد بالای سیستم نرون‌های آینه‌ای شده که آن نیز در کنترل حرکتی پیش‌بینانه مؤثر است. کسب تجربه و تبحر افراد به تفاوت در سطح فعالیت نرون‌های آینه‌ای منجر می‌شود و افراد ماهر از مدل‌های درونی و پیش‌بینانه خود جهت شناخت اطلاعات محیطی موجود استفاده می‌کنند ولی افراد مبتدی فاقد چنین مدل درونی توسعه‌یافته‌ای هستند (۴۹).

بعلاوه تکالیف واقعیت مجازی به‌عنوان تکالیف هدفمند، زمان‌بندی شده و بینایی حرکتی هستند که به حرکات مکرر بخش‌های بدنی نیاز دارند و فراهم شدن بازخوردهای بصری و جنبشی جهت کنترل حرکتی و مدل‌سازی درونی مؤثر می‌باشد (۵۰). همچنین در بازی‌های واقعیت مجازی از طریق یادگیری ضمنی و ناهوشیارانه (۵۱)، کودکان به چگونگی بازی خود تمرکز کرده و از طریق تمرین و خطا و کوشش پیشرفت می‌کنند.

تمرینات واقعیت مجازی با استفاده از تصویرسازی حرکتی به یادگیری و یادگیری مجدد کارکردهای حرکتی کمک می‌کنند که آن را به هم‌ارزی کارکردی بین تصویرسازی حرکتی و حرکات واقعی نسبت



می‌دهند و هم‌ارزی کارکردی حاصل از تصویرسازی حرکتی و حرکات واقعی بستگی به میزان تجربه فرد در تکلیف موردنظر و توانایی تصویرسازی دارد. هم‌ارزی کارکردی حاصل از تصویرسازی حرکتی علاوه بر فعال‌سازی عصبی، موجب مدل‌سازی پیش‌بینانه از پیامدهای حسی پیش‌بینی شده عمل می‌شود بنابراین تصویرسازی حرکتی با وجود کسری یا فقدان بازخورد حسی از حرکت بدن و محیط، عملکرد حرکتی واقعی را شبیه‌سازی می‌کند. از طریق تصویرسازی حرکتی، اثرات حسی مربوط به عمل در طول شکل‌گیری طرح اولیه به شکل ارتباط بین پارامترهای حرکتی و اثرات حسی عمل مورد انتظار حرکتی یاد گرفته می‌شود. در تصویرسازی حرکتی، مخچه به تنظیم ظریف جزئیات عمل و زمان‌بندی آن به‌صورت آنلاین می‌پردازد و درواقع هم‌ارزی کارکردی به معنای توسعه مدل پیش‌بینانه است. تمرین اینکه تا چه حد و آیا اثرات حسی پیش‌بینی‌شده با اثرات موردنظر در حال اجرا مطابقت دارد و هم‌ارزی کارکردی را فراتر از فعال‌سازی عصبی و عضلانی دانسته و مستلزم مدل‌سازی پیش-بینانه از پیامدهای حسی عمل می‌دانند (۴۷).

همچنین مطابق با تئوری یادگیری حرکتی، یادگیری و بازآموزی همراه با تمرینات مکرر و فعالیت‌های عملکردی در شرایط مختلف محیطی و فراهم شدن بازخوردهای مناسب صورت می‌گیرد. بهبود عملکرد کودکان DCD در اثر تمرینات مداخله‌ای واقعیت مجازی می‌تواند به دلیل تمرینات مکرر و فراهم بودن بازخوردهای چندگانه، مشاهده و تقلید حرکت نیز باشد که سبب شکل‌پذیری سیستم عصبی از طریق نرون‌های آینه‌ای می‌گردد (۵۲).

در تکلیف تصویرسازی حرکتی که جهت یابی و نوع محرک قضاوت میشود به توانایی بازنمایی مختصات عمل مورد انتظار نیاز است و پیشرفت عملکرد کودکان DCD در تکلیف مورد نظر حاکی از افزایش توانایی فعال‌سازی بازنمایی‌های ذهنی و درونی عمل است. بنظر می‌رسد کسب تجربه در محیط واقعیت مجازی به عملکرد بالای نرون‌های آینه‌ای منجر می‌گردد که در مدل‌سازی پیش‌بینانه موثر است. هر چند که افزایش فعالیت نرون‌های آینه‌ای در این مطالعه استنباط شده و نیاز به بررسی بیشتر دارد. بنابراین به نظر می‌رسد کودکان DCD از طریق تمرین تصویرسازی حرکتی به‌وسیله واقعیت مجازی، قادر به ساخت و توسعه بازنمایی‌های حرکتی شدند که در کنار اجرای واقعی، از اطلاعات بینایی و لمسی جهت ایجاد پیش‌بینی‌های دقیق از پیامدهای حرکات خود استفاده کردند و خطای طرح‌ریزی پیش‌بینانه را کاهش دادند.

نتیجه‌گیری



به طور کلی با توجه به نتایج تحقیق حاضر استنباط می‌شود که تمرین‌های واقعیت مجازی بر بهبود و حفظ کارکردهای مدل‌سازی درونی و تصویرسازی حرکتی در کودکان DCD مؤثر بوده است؛ احتمالاً پیشرفت کارکردهای مدل‌سازی درونی به بهبود کنترل حرکتی و مهارت‌های حرکتی منجر شوند که مستلزم چنین کارکردهای کنترلی هستند؛ بنابراین تمرینات واقعیت مجازی به‌عنوان روش درمانی و تمرینی کم‌هزینه و اثربخش و قابل اجرا در محیط خانه توصیه می‌شود و مطالعه حاضر در تأیید نقش تمرینات تصویرسازی حرکتی به‌عنوان یک شیوه درمانی ممکن در کودکان DCD و قابلیت واقعیت مجازی برای تصویرسازی حرکتی در کودکان DCD می‌باشد؛ و یافته‌های مورد نظر برای متخصصین حوزه توان‌بخشی و مسئولین آموزشی که با این کودکان سروکار دارند اهمیت دارند. با توجه به اینکه در برخی از مطالعات قبلی به ضعف کودکان DCD نسبت به کودکان عادی در مهارت‌های حرکتی و به تأثیر تمرین تصویرسازی حرکتی بر پیشرفت مهارت‌های حرکتی در آن‌ها پرداخته شده است، پیشنهاد می‌گردد در مطالعات آتی تفاوت آن‌ها با کودکان عادی و همچنین انتقال قابلیت کسب‌شده به اعمال روزمره و تأثیر واقعیت مجازی بر کارکردهای شناختی مثل کارکردهای اجرایی نیز بررسی گردند. همچنین با در نظر گرفتن اینکه مطالعه‌ای قبلاً در این زمینه انجام نگرفته است نتایج حاصل جهت تأیید نیاز به بررسی بیشتر در مطالعات آتی دارند.

پیام مقاله

یافته‌های این مطالعه نشان داد که تمرینات مداخله‌ای واقعیت مجازی در بهبود توانایی تصویرسازی و کارکرد مدل‌سازی درونی کودکان DCD مؤثر بوده و تمرینات واقعیت مجازی را می‌توان به‌منظور توسعه توانایی تصویرسازی در کودکان DCD استفاده کرد.

منابع

1. Adams IL, Lust JM, Wilson PH, Steenbergen B. Compromised motor control in children with DCD: a deficit in the internal model?—A systematic review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2014;47:225-44.
2. Faal R, Ghassemi F. Effects of virtual reality therapy on stroke rehabilitation in upper limbs: Systematic Review and Meta-analysis. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2017;6(3):286-302(in persian).
3. Lotfi M, Mohamad Zadeh H, Sohrabi M. Effects of Virtual Reality and Reality Training with and without Auditory Information limitation on Motor Learning Table Tennis Forehand. *Motor Behavior*. 2017;9(in persian).



4. Barnhart RC, Davenport MJ, Epps SB, Nordquist VM. Developmental coordination disorder. *Physical Therapy*. 2003;83(8):722.
5. Lee D, Psotta R, Vagaja M. Motor skills interventions in children with developmental coordination disorder: A review study. *European Journal of Adapted Physical Activity*. 2017;9(2).
6. Fong S, Lee V, Chan N, Chan R, Chak W, Pang M, et al. Dewey, D., Kaplan, BJ, Crawford, SG, & Wilson, BN (2002). Developmental coordination disorder: Associated problems in attention, learning, and psychosocial adjustment. *Human Movement Science*, 21, 905-918. Fisher, A., Reilly, JJ, Kelly, LA, Montgomery, C., Williamson, A., Paton, JY, & Grant, S.(2005). Fundamental movement skills and habitual physical. SUPERVISORY AND EXAMINING COMMITTEE. 2013;32:108.
7. Wilson PH, Ruddock 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.
8. Adams IL, Lust JM, Wilson PH, Steenbergen B. Compromised motor control in children with DCD: a deficit in the internal model?-A systematic review. *Neurosci Biobehav Rev*. 2014;47:225-44.
9. Weiss PLT, Keshner EA, Levin MF. Virtual reality for physical and motor rehabilitation: Springer; 2014.
10. Adams IL, Lust JM, Wilson PH, Steenbergen B. Testing predictive control of movement in children with developmental coordination disorder using converging operations. *Br J Psychol*. 2016;108(1):73-90.
11. Adams ILJ, Lust JM, Wilson PH, Steenbergen B. Development of motor imagery and anticipatory action planning in children with developmental coordination disorder – A longitudinal approach. *Human Movement Science*. 2017;55:296-306.
12. Ter Horst AC, Van Lier R, Steenbergen B. Mental rotation task of hands: differential influence number of rotational axes. *Experimental Brain Research*. 2010;203(2):347-54.
13. 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.
14. Fuelscher I, Williams J, Enticott PG, 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.
15. Adams I. Predictive motor control in children with developmental coordination disorder: Mechanisms and intervention: [SI: sn]; 2018.



16. Adams IL, Steenbergen B, Lust JM, Smits-Engelsman BC. Motor imagery training for children with developmental coordination disorder—study protocol for a randomized controlled trial. *BMC neurology*. 2016;16(1):5.
17. Hyde C, Fuelscher I, Buckthought K, Enticott PG, Gitay MA, Williams J. Motor imagery is less efficient in adults with probable developmental coordination disorder: Evidence from the hand rotation task. *Research in developmental disabilities*. 2014;35(11):3062-70.
18. Sepehri Bonab H, Sadat Hoseini F, Ahmadi M. Learning of Predictive Motor Control in Children with Developmental Coordination Disorder. *Motor Behavior*. 2017;9(29):85-108(in persian).
19. shahmoradi I, Almasi S, mehraban far m. Diagnosis and Treatment of Diseases in Virtual Environment. *Journal of Modern Medical Information Sciences*. 2017;3(1):58-67(in persian).
20. Ranjbar z, Molla Noroozi K, Arabameri E, Shojaei M, Daneshfar A. The Effect of Physical Activity and Virtual Reality on Functional Balance in Spastic Hemiplegic Cerebral Palsy. *Motor Behavior*. 2019:(in persian).
21. i Badia SB, Morgade AG, Samaha H, Verschure P. Using a hybrid brain computer interface and virtual reality system to monitor and promote cortical reorganization through motor activity and motor imagery training. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. 2013;21(2):174-81.
22. Ross-Stewart L, Price J, Jackson D, Hawkins C. A Preliminary Investigation into the Use of an Imagery Assisted Virtual Reality Intervention in Sport. *Journal of Sports Science*. 2018;6:20-30.
23. Vourvopoulos A, Ferreira A, i Badia SB, editors. *NeuRow: An Immersive VR Environment for Motor-Imagery Training with the Use of Brain-Computer Interfaces and Vibrotactile Feedback*. *PhyCS*; 2016.
24. Bhojroo R, Hands B, Wilmut K, Hyde C, Wigley A. Motor planning with and without motor imagery in children with Developmental Coordination Disorder. *Acta psychologica*. 2019;199:102902.
25. Reynolds JE, Licari MK, Elliott C, Lay BS, Williams J. Motor imagery ability and internal representation of movement in children with probable developmental coordination disorder. *Human movement science*. 2015;44:287-98.
26. Wilson PH, Adams ILJ, Caeyenberghs K, Thomas P, Smits-Engelsman B, Steenbergen B. Motor imagery training enhances motor skill in children with DCD: A replication study. *Research in Developmental Disabilities*. 2016;57:54-62.
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. Geuze RH. *Developmental coordination disorder: A review of current approaches: Groupe de Boeck*; 2007.
29. 29. Smits-Engelsman B, Schoemaker M, Delabastita T, Hoskens J, Geuze R. Diagnostic criteria for DCD: past and future. *Human movement science*. 2015.



30. 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.
31. Cairney J, Hay J, Veldhuizen S, Missiuna C, Faught 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.
32. 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).
33. 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).
34. 34. 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).
35. 35. Snapp-Childs W, Fath AJ, Watson CA, Flatters I, Mon-Williams M, Bingham GP. Training to improve manual control in 7–8 and 10–12year old children: Training eliminates performance differences between ages. *Human movement science*. 2015;43:90-9.
36. 36. 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).
37. 37. A'zami Si, Moqaddas A, Hemmati F, Ahmadi A. Effectiveness of Computer-Assisted Cognitive Remediation (CACR) and Psychostimulant Drugs in Planning Skill of Children with Attention Deficit/ Hyperactivity Disorder (ADHD). *Clinical Psychology Studies*. 2013;3(10):1-17(in persian).
38. 38. Asghar Razavieh SS. 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).
39. 39. Vatandoost N, Abedi A, YarMohammadian A, Rezapour E. The Comparison between the Effectiveness of Audio-Visual Perception on Reading ability of Dyslexic Children. *Journal of Exceptional Children*. 2014;13(4):33-44(in persian).
40. 40. Butson ML, Hyde C, Steenbergen B, Williams J. Assessing motor imagery using the hand rotation task: Does performance change across childhood? *Human movement science*. 2014;35:50-65.



41. Vernadakis N, Papastergiou M, Zetou E, Antoniou P. The impact of an exergame-based intervention on children's fundamental motor skills. *Computers & Education*. 2015;83:90-102.
42. Wilson PH, Thomas PR, Maruff P. Motor imagery training ameliorates motor clumsiness in children. *Journal of Child Neurology*. 2002;17(7):491-8.
43. Wilson P, Green D, Caeyenberghs K, Steenbergen B, Duckworth J. Integrating new technologies into the treatment of CP and DCD. *Current Developmental Disorders Reports*. 2016;3(2):138-51.
44. Wilson PH, Adams IL, Caeyenberghs K, Thomas P, Smits-Engelsman B, Steenbergen B. Motor imagery training enhances motor skill in children with DCD: A replication study. *Research in developmental disabilities*. 2016;57:54-62.
45. Adams IL, Lust JM, Steenbergen B. Development of motor imagery ability in children with developmental coordination disorder—A goal-directed pointing task. *British Journal of Psychology*. 2018;109(2):187-203.
46. Wang Y-P, Chiang C-S, Su C-Y, Wang C-C. Effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in children with Down syndrome. *Research in developmental disabilities*. 2011;32(1):312-21.
47. Ridderinkhof KR, Brass M. How kinesthetic motor imagery works: a predictive-processing theory of visualization in sports and motor expertise. *Journal of Physiology-Paris*. 2015;109(1-3):53-63.
48. Johnson TM, Ridgers ND, Hulteen RM, Mellecker RR, Barnett LM. Does playing a sports active video game improve young children's ball skill competence? *Journal of science and medicine in sport*. 2016;19(5):432-6.
49. Denis D, Rowe R, Williams AM, Milne E. The role of cortical sensorimotor oscillations in action anticipation. *Neuroimage*. 2017;146:1102-14.
50. Jelsma D, Geuze RH, Mombarg R, Smits-Engelsman BC. The impact of Wii Fit intervention on dynamic balance control in children with probable Developmental Coordination Disorder and balance problems. *Human movement science*. 2014;33:404-18.
51. Mirelman A, Maidan I, Deutsch JE. Virtual reality and motor imagery: promising tools for assessment and therapy in Parkinson's disease. *Movement Disorders*. 2013;28(11):1597-608.
52. Mentiplay BF, FitzGerald TL, Clark RA, Bower KJ, Denehy L, Spittle AJ. Do video game interventions improve motor outcomes in children with developmental coordination disorder? A systematic review using the ICF framework. *BMC pediatrics*. 2019;19(1):22.



استناد به مقاله

ابراهیمی ثانی صغری، سهرابی مهدی، طاهری تربتی محمدرضا، اقدسی محمدتقی، امیری شاهرخ. تأثیر واقعیت مجازی بر قابلیت تصویرسازی حرکتی در کودکان با اختلال هماهنگی رشدی. رفتار حرکتی. بهار ۱۴۰۱؛ ۱۴(۴۷): ۳۳-۵۸. شناسه دیجیتال: 10.22089/MBJ.2020.7955.1830

EbrahimiSani S, Sohrabi M, Taheri H. R, Aghdasi M. T, Amiri Sh. The Effect of Virtual Reality Training on Motor Imagery Capability of Children with Developmental Coordination Disorder. Motor Behavior. Spring 2022; 14 (47): 33-58. (In Persian). Doi: 10.22089/MBJ.2020.7955.1830

