2025, Volume 2, Number 1

Functional Research in
Sport Psychology

The effect of the SPARK motor program on ERP Psychological variability and motor skills in children with developmental coordination disorder

Melinaz Rahman Gholhaki [1]✉, **Keyvan Molanorouzi** [2], **Abdollah Ghasemi** [3]

1. Ph.D., Department of Motor Behavior and Sport Psychology, Faculty of Humanities, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Motor Behavior and Sport Psychology, Faculty of Humanities, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3. Associate Professor, Department of Motor Behavior and Sport Psychology, Faculty of Humanities, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 21 Jan 2025
Received in revised form 12 March 2025
Accepted 26 March 2025
Available online 30 March 2025

Keywords:
Developmental Coordination Disorder,
Motor Function,
Motor Program,
Neuropsychological Variability.

ABSTRACT

Objective: The purpose of this study was to investigate the effect of exercise intervention on some Event Related Potential and motor performance variables in children with developmental coordination disorder.

Method: In this Quasi-experimental study were selected 28 schoolboys -the first to the fourth grade elementary level- from the district 22 of municipality in Tehran. They were screened for study according to the 4th edition of the Diagnostic and Statistical Manual of Disorder. First, all the subjects took Movement Assessment Battery for Children (MABC-2) as the pre-test and then they were divided into homogeneous groups and randomly set into the experimental (14 subjects with 8.6±1.39 mean age) and the control groups (14 subjects with 8.11±1.15 mean age).The experimental group performed the selective movements for 16 sessions; three sessions per week. At the end of the period, both groups participated in the post test. The analysis of the covariance was used for data analysis.

Results: The analysis of the covariance the posttest ERP showed that latency of N200 component in Fz, F4, C3, P4 regions improved significantly after exercise training. Likewise, the results showed that the experimental group improved significantly in manual dexterity, aiming and catching, balance, but there was no significant change in Threading Lace item.

Conclusions: According to the results of this study, it seems that Physical training interventions has a signification effect on some neuropsychological variables and motor performance indices of children with Developmental Coordination Disorder.

Cite this article: Gholhaki, M.R; Molanorozi, K.; Ghasemi, A. The effect of the SPARK motor program on ERP Psychological variability and motor skills in children with developmental coordination disorder. *Functional Research in Sport Psychology*, 2025:2(1):14-34. 10.22091/FRS.2024.11143.1000

© The Author(s).

Publisher: University of Qom.
DOI: 10.22091/FRS.2024.11143.1000

Extended Abstract

Introduction

Developmental coordination disorder is defined by the Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fourth Edition, as a condition characterized by severe deficits in the development of motor coordination that significantly interfere with activities of daily living or life progression, that are significantly below the expected level for age and intellectual ability, and that are not due to a general medical condition or severe learning disability (1). A child with developmental coordination disorder may have difficulty analyzing information from the environment, using this information to select an appropriate and desired course of action, sequencing individual movements, sending the correct signals to produce a coordinated action, or integrating all of these factors to control movement. As a result, the child's movements appear clumsy and unskilled, and he or she may have difficulty learning and performing new motor tasks (2). There is considerable evidence that the disorder persists into adulthood and often leads to secondary emotional and social problems such as low self-esteem, low self-esteem, introversion, anxiety, and depression (3).

The causes of this disorder are still not precisely known and are mostly multifaceted. Existing hypotheses emphasize developmental aspects and organ immaturity. Among the hypothesized contributing causes, we can mention neonatal problems and birth problems, malnutrition, inadequate stimulation, psychosocial factors, unreasonable expectations, delayed brain maturation, and neurological disorders, none of which have been conclusively confirmed by research (4). Although the cause of DCD is still not clearly known, children with DCD have distinct deficits in motor control deficits, neurological limitations, and mild neurological symptoms compared to normal children. A number of researchers have developed hypotheses from neurobehavioral models of intra- and intersensory function that seem to be related to the mechanism of DCD in dysfunction of the right hemisphere or dysfunction of the corpus callosum (4).

In terms of neuroimaging, technological advances have helped us understand the neural underpinnings of motor processes and the dynamic interaction of the brain and the environment during development (e.g., fMRI, EEG, TMS, and ERP studies). One tool that allows us to neuroimaging to examine cognitive processes during the performance of various tasks is the event-related potential (ERP). ERP measures brain responses that are directly the result of sensory, cognitive, and motor events (5). In short, event-related potentials are a more advanced method than electroencephalography to extract sensory, cognitive, and motor events using simple averaging techniques during task performance (6). Research has shown that the N200 component (200 to 350 thousandths of a second after stimulus presentation) in the ERP graph generally reflects the cognitive control of execution (8). It seems that the use of such a precise tool for neuropsychological studies in motor behavior research is empty. The assessment of motor functional changes along with changes in neurological components will provide a more complete understanding of the mechanisms of the effect of physical activities on performance indicators.

According to the model presented by Morton, it is believed that the problems of DCD children should be considered at three levels: biological, cognitive and behavioral. The observed behavioral problems, such as poor writing, balance, manual dexterity, coordination and time estimation, arise as a result of problems at the biological and cognitive levels (motor planning, motor execution, feedback, timing).

Initially, the literature on DCD focused on behavioral deficits and assumed that the sensorimotor system was functioning abnormally. According to Diazperez et al. (9), studies have shown that individuals with DCD perform poorly in the areas of sensory motor accuracy, visual perception, static balance and postural control, attentional control, strength, temporal and spatial variability, and motor readiness.

The most important area of cognitive investigation is executive function. Executive function refers to the higher-order control system that manages novel situations and includes planning/decision-making, error correction, working memory, attentional switching, and adaptive sequencing (3). Children with DCD often have difficulty with complex tasks. They are also impaired in error detection and working memory (10). All of these involve executive processes that are subsumed under the umbrella of executive function. Therefore, executive function in children with DCD is suboptimal (11). Response inhibition is another aspect of executive function. The limited studies that have been conducted in this area have shown that DCD children make more errors in manual response inhibition tasks than their peers (12). The findings of Mirabella et al. (13) also point to a deficit in inhibition in children with DCD. Problems with the

organization and integration of this cognitive control mechanism may significantly impair successful adaptation to daily tasks. Kuerne and colleagues examined fMRI during a go/no-go task and reported that DCD children had significantly stronger anterior cingulate activity and weaker prefrontal activity for response inhibition and error detection than their peers. These two areas play a key role in error inhibition and detection (14).

According to Morton's model (15), the question arises whether motor interventions based on experience at the behavioral (motor) level have the ability to affect cognitive infrastructure? Among the problems that DCD children face are deficits in executive and sensorimotor functions, which can be helped through sports activities.

In short, it is hoped that they will be treated at an early age and in the early stages or that the severity of their disorder will be reduced and they will face fewer problems in the future. One of the factors that can play an important role in increasing appropriate practice opportunities for motor skills and motor concepts is play and physical activity (16). Considering the role of play and physical activity on physical and motor, cognitive and emotional development, it seems that play can be considered as an effective factor in the educational program (17).

In a study conducted by Soltaninejad et al. (18) and Ebrahimi-Sani et al. (19) on the effect of perceptual-motor exercises on improving the motor abilities of children with developmental coordination disorder, it was noted that the experimental group performed significantly better in motor tests compared to the control group after undergoing a period of perceptual-motor training. Perez et al. (9) also found that cognitive games play an active role in the acquisition of new skills in children with DCD.

In Tsai's study, soccer training was shown to improve subtests of the MABC and argued that physical training facilitates the development of motor skills (20). Qarabagh et al. (21) stated that physical training improves neuromotor activation by improving strength, coordination between limbs, and complex coordinated movements.

Although DCD is classified in the category of mental disorders, Mahmoudifar et al. (22) stated that poor sensory-motor coordination has long been recognized as a cause of motor problems in children with developmental coordination disorder, and that improving this problem improves the disorder. Therefore, motor enrichment is expected to play a significant role in the treatment of this disorder. As Regent et al. (23) concluded in their study, the majority of children with developmental coordination disorder who are exposed to movement and participation in physical activities will compensate for their delay to some extent, and even 5 of the individuals in their study group reached full ability.

There is limited research that has examined the motor and cognitive functions of children with DCD in detail simultaneously. In particular, a deeper understanding of the executive and motor mechanisms between these two disorders requires further investigation. Also, many previous studies have mainly focused on behavioral functions and have not paid attention to physiological and neural aspects such as event-related potentials (ERPs). This could lead to ignoring the real differences in executive and motor mechanisms between these two disorders. While some studies have shown that individuals with DCD have problems with executive functioning, more research is needed to determine whether these problems are due to similar patterns of brain function. Some studies have shown that individuals with DCD have difficulty with response control tasks compared to normal individuals, while other studies have shown that these differences do not exist in adults with DCD. This may indicate that there is a lack of a clear picture of the effects of these two disorders on executive and motor functioning. In some studies, differences in ERPs have been observed between ADHD and control groups, while other studies have failed to detect these differences. This discrepancy could be due to small sample sizes, differences in research methods, or other factors. Also, some researchers believe that the causes of the disorder are diagnostically distinct, while others emphasize significant overlap between these motor and cognitive causes of the disorder. This lack of agreement can lead to confusion in the diagnosis and treatment of these disorders. In general, it can be stated that the present study aims to fill these scientific gaps and resolve the contradictions in the research literature and examine them more closely. Using new methods, such as measuring ERPs, this study tries to help better understand the executive and motor mechanisms associated with these disorders and provide solutions for more effective interventions. On the other hand, despite the widespread recognition of motor and cognitive problems in children with developmental coordination disorder (DCD), there is still a lack of comprehensive and systematic research on effective interventions. This study can help enrich the scientific literature in this area and provide new information. Although previous studies have shown that motor interventions can help improve motor and cognitive skills, there is still a need for a more detailed investigation of how these interventions affect cognitive and neuropsychological functions. This

study examines this issue. Motor and cognitive problems can have profound effects on children's quality of life, including social, emotional, and academic difficulties. By identifying and strengthening effective interventions, we can increase the hope of improving the quality of life of these children. The results of this research can help education professionals, psychologists, and therapists design and implement better intervention programs for children with DCD. Also, this study can help parents and educators better understand the needs of these children. Using neuroscience technologies and advanced tools such as ERP, this research can help to understand cognitive and motor processes in children with DCD more deeply and lead to the development of new and more effective intervention methods. With timely and effective intervention, emotional and social problems can be prevented in adulthood. Overall, it seems that this research can identify methods that

Method: The present study is a comparative and cross-sectional developmental causal study in a semi-experimental manner with an experimental and control group. Participants: The statistical population of this study was boys aged 7-9 in District 22 of Tehran, which, according to the education information of Tehran province, is 6140 people, students of public schools. First, a list of all public elementary schools in District 22 was prepared, then four schools were randomly selected and a link to the questionnaire was sent in internal messengers to all parents of children in the first to third grades of these four schools, which numbered 511 people, and 337 people responded. The statistical sample was based on the G-Power software, which determined the level of error, effect size, and statistical analysis method, and suggested a sample size of 42 people. From among the received questionnaires, the desired number that met the necessary conditions for participation in the study was selected. Next, by providing general information about the study to the parents of children with developmental coordination disorders, children who were likely to have this disorder were identified and tested by a child psychiatrist. At this stage, 42 children were selected, of which only 38 were referred, and 32 of them scored below one standard deviation on the MABC-2 test. Again, four of these were suspected of having attention deficit and were excluded from the study. 28 samples were randomly selected and purposefully distributed into two groups: children with the disorder (14) and normal children (14). Since this study is looking for special or unusual cases, purposive sampling was used. This means that the subject is selected based on the researcher's judgment or the study's objectives. Then, 28 children with DCD were selected from among them. The reason for selecting seven-year-old children was that this age is the only age at which children are officially evaluated by the Ministry of Health and Education for entry into the first grade of primary school.

Results: As shown in Table 3, there is a significant difference between the two groups in the delay time of the N200 component in the Fz, F4, C3 and P4 regions, but no significant difference is observed in the Fp1, Fp2, F3, F7, F8, Fz, Cz, C4 and P3 regions.

Table 4 The results of the subtests of the Children's Movement Assessment Test set show that in this table, the variables were first examined individually, then in their overall score, and finally for the overall score of the test.

Also, the Shapiro-Wilk test was used to examine the assumption of homogeneity of covariances. The results of the Shapiro-Wilk test for the post-test of the MABC-2 subtests for the control and experimental groups were, respectively, in the variables of pin placement (0.251 and 0.253), string pulling (0.346 and 0.381), maze drawing (0.521 and 0.418), sandbag throwing (0.251 and 0.253), catching and throwing (0.648 and 0.310), heel-toe walking (0.533 and 0.704), static balance (0.629 and 0.569), and walking (0.490 and 0.591). The results showed that the difference in covariances was not significant and as a result, the assumption of homogeneity of covariances was established, so the assumptions of the analysis of covariance were confirmed. The results of the above tests show that the significance levels of all tests allow the use of multivariate analysis of covariance.

Conclusion:

In general, the findings of this study were consistent with the results of Omer et al., Fogel et al., Nober et al., who reported the effects of perceptual motor training on improving the performance of children with developmental coordination disorder. In this regard, it seems that a positive effect of physical activity on cognitive performance in children with developmental coordination disorder is partly caused by physiological changes in the body, such as increased levels of neurotrophic factors, which facilitate learning and maintain cognitive performance by improving synaptic plasticity, which acts as a neuroprotective factor. One of the possible mechanisms that can be investigated in relation to the effect of physical training on children with developmental coordination disorder is the role of exercise and physical activity in brain plasticity. Exercise may be a strong protective factor against neurodegeneration. Exercise leads to neurogenesis and

improved performance on behavioral tests of learning and memory, as well as changes in synaptic plasticity in the dentate gyrus of the hippocampus. The role of neuroplasticity is widely recognized in healthy development, learning, attention, and memory. Research has shown that appropriate experience and environmental stimuli can change both the physical structure and functional organization of the brain. It has been shown that perceptual-motor training plays an important role in the plasticity of the nervous system.

The most commonly reported ERP components of inhibitory activity are the N200 and P300 components of the inhibition task. The N200 and P300 components can reflect initial inhibition and subsequent inhibition, respectively (6). Some researchers argue that the N200 component of the inhibition task represents a top-down inhibitory process that suppresses an incorrect response during the processing stage. The N200 of the inhibition task also reflects the resolution of conflict in the motor program during the evaluation of an inappropriate response (7). In a study involving children and adults, the medial frontal cortex (near the anterior cingulate cortex) was shown to be involved in generating the N200 of the inhibition task. The P300 component has also been studied in tasks that require some form of inhibition and has its origins in the anterior cingulate cortex (8). As previously mentioned, various sites of inhibition have been proposed in the study of the causes of DCD, including the dorsoventral cerebellar network in predictive control, the dorsoventral gyrus in inhibition, the posterior dorsoventral gyrus in internal representation of actions and control, and the dorsoventral frontal network in the perception of invalid cues. MRI studies have also shown that the lateral frontal cortex, the anterior cingulate cortex, and the posterior, posterior, and anterior cingulate cortex are involved in inhibitory activity (8). Conflicting results have also been reported regarding the degree of activation of the left and right lobes of the cerebral cortex. For example, Falgather et al. reported that the central frontal lobe is more active in inhibitory tasks. Perez et al. (9) showed that the right lobe is more active in inhibitory tasks, and Morrison et al. (5) suggested that P300 activity in inhibitory tasks extends to the left hemisphere and that the left frontal region plays a role in executive control of behavior. Therefore, in this study, all electrodes except the occipital and temporal regions were examined to allow for a more complete examination.

The results showed that after the training intervention, the experimental group had significant improvement in seven subtests of "placing pins", "drawing a maze", "throwing a sandbag", "catching and throwing", "heel-to-toe walking", "static balance" and "swinging", and no significant change was observed in the "string pulling" subtest. Therefore, the physical training program has significantly helped to improve the variables that are based on goal setting and balance. The lack of significant changes in the manual dexterity variable of string pulling may be due to their difficulty in coordinating fine motor skills (12).

One of the major advantages of the present study is considering a group of children with normal development, which allows for the comparison of the motor skills of children with developmental coordination disorder after the interventions with the healthy group. As Tsai et al. acknowledged, although the scores of DCD children on the MABC test improved after soccer training, they did not reach the standard scores of children with normal development, indicating that children with developmental coordination disorder have mild signs of neurological deficits in the brain or minimal damage or dysfunction in the brain (30), which causes a disruption in the attentional network (31). The results of this study and a review of the literature on DCD children show that although they are weak in physical activities, physical activity-based interventions improve their motor performance.

Keywords: Developmental Coordination Disorder, Motor Function, Motor Program, Neuropsychological Variability.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

The ethical principles observed in the article, such as the informed consent of the participants, the confidentiality of information, the permission of the participants to cancel their participation in the research. Ethical approval was obtained from the Research Ethics Committee of the University of Islamic Azad University.

Funding

This study was extracted from the Ph.D. thesis of first author at Department of Sport Psychology of Islamic Azad University.

Authors' contribution

All authors contributed equally to the conceptualization of the article and writing of the original and subsequent drafts.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgements

The authors would like to thank all participants of the present study.

تاثیر برنامه حرکتی اسپارک بر متغیر روانشناختی پتانسیل مرتبط با رویداد و مهارت های حرکتی کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی

ملیناز رحمن قلهکی[۱]، کیوان ملانوروزی[۲]، عبداله قاسمی[۳]

۱. دکترا گروه رفتار حرکتی و روانشناسی ورزشی، دانشکده علوم انسانی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲. استادیار گروه رفتار حرکتی و روانشناسی ورزشی، دانشکده علوم انسانی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۳. دانشیار گروه رفتار حرکتی و روانشناسی ورزشی، دانشکده علوم انسانی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۰۲
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۲/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۰۶
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۱/۱۰

کلیدواژه‌ها:
اختلال هماهنگی رشدی،
برنامه حرکتی،
پتانسیل وابسته به رویداد،
عملکرد حرکتی

چکیده

هدف

این پژوهش با هدف بررسی برنامه حرکتی اسپارک بر پتانسیل وابسته به رویداد و مهارت حرکتی کودکان مبتلا به اختلال هماهنگی رشدی انجام شد.

روش پژوهش

در این پژوهش نیمه تجربی، از بین دانش آموزان پسر پایه اول تا سوم دوره ابتدایی منطقه ۲۲ تهران ۲۸ نفر با اختلال هماهنگی رشدی بر اساس معیارهای دستورالعمل آماری و تشخیصی اختلالات روانی نسخه چهارم انتخاب شدند. آزمودنی‌ها در ابتدا در پیش آزمون ارزیابی حرکات کودکان MABC-2 شرکت کردند سپس بر اساس پیش آزمون های ارزیابی حرکات کودکان MABC-2 به دو گروه همگن تقسیم و به شکل تصادفی در دو گروه تجربی (۱۴ نفر با میانگین سنی ۸/۶±۱/۳۹) و کنترل (۱۴ نفر با میانگین سنی ۸/۱۱±۱/۱۵) جای گرفتند. گروه تجربی تمرین‌های حرکتی منتخب را به مدت۱۶ جلسه چهل و پنج دقیقه‌ای (سه جلسه در هفته) انجام دادند و در انتهای دوره هر دو گروه در پس آزمون شرکت نمودند. از روش تحلیل کوواریانس در سطح ۰،۰۵ برای تحلیل نتایج استفاده شد.

یافته‌ها

نتایج آزمون تحلیل کوواریانس برای پتانسیل وابسته به رویداد پس آزمون نشان داد که پس از مداخله تمرینی زمان تأخیر مؤلفه N200 تکلیف بازداری در ناحیه Fz، F4، C3 و P4 بهبود معناداری داشتند. همچنین عملکرد حرکتی در خرده آزمون چالاکی و هدف گیری و تعادل بهبود معنادار داشتند و در خرده آزمون نخ کشی تغییر معناداری مشاهده نشد.

نتیجه گیری

با توجه به نتایج پژوهش، به نظر می رسد برنامه حرکتی اسپارک تاثیر معناداری بر برخی از شاخص‌های پتانسیل وابسته به رویداد و عملکرد حرکتی کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی داشته باشد.

استناد: رحمن قلهکی، ملیناز؛ ملانوروزی، کیوان؛ قاسمی، عبداله. تاثیر برنامه حرکتی اسپارک بر متغیر روانشناختی پتانسیل مرتبط با رویداد و مهارت های حرکتی کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی. *مطالعات عملکردی در روانشناسی ورزشی*،۱۴۰۴: ۲ (۱)، ۱۴-۳۳.

DOI: 10.22091/FRS.2024.11143.1000

ناشر: دانشگاه قم.

© نویسندگان.

مقدمه

اختلال هماهنگی رشدی[1] بر اساس چهارمین نسخه ی راهنمای تشخیصی و آماری اختلالات روان[2] به عنوان شرایطی با نقص شدید در رشد هماهنگی حرکتی که به طور معنی داری با فعالیت های روزانه ی زندگی و یا پیشرفت های زندگی مداخله می‌کند، تعریف می‌شود که این شرایط به طور معنی داری پایین تر از سطح مورد انتظار برای سن و توانایی هوشی است و به علت وضعیت عمومی پزشکی یا نارسایی شدید یادگیری نیست (۱). کودک مبتلا به اختلال هماهنگی رشد، ممکن است در تجزیه و تحلیل اطلاعاتی که از محیط دریافت می‌کند، استفاده از این اطلاعات برای انتخاب طرح عمل مناسب و دلخواه، مرتب کردن تک تک حرکات، فرستادن پیام صحیح برای تولید یک عمل هماهنگ یا یکپارچه کردن همه ی این عوامل برای کنترل حرکات، مشکل داشته باشد. در نتیجه این مشکلات، ظاهر حرکت کودک، ناشیانه و بدون مهارت است و در یادگیری و اجرای تکالیف حرکتی جدید مشکل خواهد داشت (۲). شواهد قابل توجهی وجود دارد که این اختلال، تا بزرگسالی ادامه دارد و اغلب منجر به مسائل ثانویه هیجانی و اجتماعی از قبیل اعتماد به نفس پایین، عزت نفس پایین، درون گرایی، اضطراب و افسردگی می‌شود (۳).

علل این اختلال، هنوز به طور دقیق معلوم نیست و بیشتر جنبه چند گانه دارد. فرضیه های موجود بر جنبه های تحولی و نارسیدگی اندامی تاکید می‌کنند. در بین علل فرضی موثر، می توان به مسائل نوزادی و مشکلات زایمان، کمبود تغذیه، تحریک ناکافی، عوامل روانی- اجتماعی، انتظارات نامعقول، تاخیر در رسش مغز و اختلالات عصبی اشاره کرد که هیچ کدام از تایید قاطع پژوهشی برخوردار نیستند (۴). اگر چه علت DCD هنوز به طور صریح مشخص نیست، در کودکان مبتلا به DCD در مقایسه با کودکان عادی نقایص مشخص در نارسایی های کنترل حرکتی، محدودیت های عصبی و نشانه های خفیف عصب شناختی وجود دارد. تعدادی از محققان از مدل های عصب- رفتاری کارکرد درون و بین حسی فرضیه هایی طراحی کرده اند که به نظر می‌رسد مکانیسم DCD به ناکارایی نیمکره ی راست یا بد کارکردی جسم پینه ای[3] مرتبط باشد (۴).

در مورد نظریه های عصب شناختی، پیشرفت‌های فن‌آوری در درک زیر ساخت‌های عصبی فرایندهای حرکتی و تعامل پویای مغز و محیط طی دوران رشد، کمک کرده است (مانند مطالعات FMRI[4]، EEG[5]، TMS[6] و ERP[7]). یکی از ابزاری که از لحاظ عصب شناختی امکان بررسی فرایندهای شناختی حین اجرای تکالیف مختلف را می‌دهد، ابزار سنجش پتانسیل وابسته به رویداد یا همان ERP است. ERP، پاسخ مغز را که مستقیماً نتیجه رویدادهای حسی، شناختی و حرکتی است، اندازه‌گیری می‌کند (۵). به‌طور خلاصه، پتانسیل‌های وابسته به رویداد، روشی پیشرفته‌تر از موج نگاری مغزی برای استخراج رویدادهای حسی، شناختی و حرکتی با استفاده از تکنیک‌های میانگین‌گیری ساده در حین اجرای تکلیف است (۶). تحقیقات نشان داده‌اند، مؤلفه N200 (۲۰۰ تا ۳۵۰ هزارم ثانیه پس از ارائه محرک) نیز در گراف ERP، به‌طور کلی اعمال کنترل شناختی اجرا[8] را منعکس می‌کند (۸). به نظر می‌رسد جای استفاده از چنین ابزار دقیقی برای بررسی‌های عصب روانشناختی در تحقیقات رفتار حرکتی خالی است. ارزیابی تغییرات عملکردی حرکتی در کنار تغییرات در مؤلفه‌های عصب شناختی، درک کامل‌تری از ساز و کارهای تأثیر فعالیت‌های بدنی بر شاخص‌های عملکردی ایجاد خواهد کرد.

طبق مدلی که مورتون[9] ارائه کرده است، تصور می‌شود مشکلات کودکان DCD بایستی در سه سطح، بیولوژیک، شناختی و رفتاری مورد توجه قرار بگیرند. مشکلات رفتاری مشاهده شده، مانند نوشتن، تعادل، چالاکی دستی، هماهنگی و تخمین زمانی ضعیف، متعاقب مشکلات در سطح بیولوژیک و شناختی (طرح‌ریزی حرکتی، اجرای حرکتی[10]، بازخورد، زمان بندی)، ایجاد می‌شوند.

در ابتدا، ادبیات مربوط به DCD بر بررسی نقص‌های رفتاری تکیه داشتند و اعتقادشان این بود که سیستم حسی-حرکتی عملکرد غیر عادی دارند. براساس تحقیق دیازپرز[11] و همکاران (۹)، بررسی‌ها نشان داده است که عملکرد افراد مبتلا به DCD در زمینه‌های دقت حس حرکتی،

[1] Developmental coordination disorder(DCD)
[2] Diagnistic and statistical manual of mental disorders- Fourth edition(DSM-IV)
[3] Corpuscallosum
4- Functional Magnetic Resonance Imaging
5- Electro Encephalo Graphy
6- Transcranial Magnetic Stimulation
7- Event-Related Potential
8- Executive Cognitive Control Functions
9- Morton
10- Execution
11- Díaz-Pérez

ادراک بینایی، تعادل ایستا و کنترل پوسچر[1]، کنترل توجهی، قدرت، تغییر پذیری زمانی و فضایی و آمادگی حرکتی ضعیف می‌باشد.
عمده‌ترین موضوعی که در سطح شناخت مورد بررسی قرار می‌گیرد، عملکرد اجرایی است. عملکرد اجرایی به سیستم کنترلی مرتبه بالا[2] اشاره دارد که موقعیت‌های جدید را مدیریت می‌کند و شامل: طرح‌ریزی/تصمیم‌گیری، تصحیح خطا، حافظه جاری[3]، تغییر توجه[4] و ترتیب‌دهی تطبیقی[5] است (۳). کودکان DCD اغلب در تکالیف پیچیده مشکل دارند. همچنین در تشخیص خطا و حافظه جاری (۱۰) ضعیف‌تر هستند. تمامی این شامل پردازش‌های عملکرد هستند که زیر سایه عملکرد اجرایی انجام می‌شوند. بنابراین می‌توان گفت عملکرد اجرایی در کودکان مبتلا به DCD، پایین‌تر از سطح مطلوب است (۱۱).
بازداری پاسخ[6] یکی دیگر از جنبه‌های عملکرد اجرایی است. یافته‌های مطالعات محدودی که در این زمینه انجام شده است، نشان می‌دهد کودکان DCD در تکالیف بازداری پاسخ دستی نسبت به همتایان خود خطاهای بیشتری دارند (۱۲). یافته‌های میرابلا[7] و همکارانش (۱۳) نیز به نقص بازداری در کودکان مبتلا به DCD اشاره دارد. مشکلات همراه با سازماندهی و یکپارچه‌سازی این سازوکار کنترل شناختی ممکن است به‌طور معناداری به تطابق موفق با اجرای تکالیف روزانه آسیب بزند. کوئرن و همکارانش[8] fMRI مربوط به تکلیف برو/نرو را بررسی و گزارش کردند، کودکان DCD به شکل معناداری فعالیت شیار قدامی[9] قوی‌تری و فعالیت پیش‌پیشانی ضعیف‌تری برای بازداری پاسخ و تشخیص خطا نسبت به همتایان خود داشتند. این دو ناحیه برای بازداری و تشخیص خطا نقش کلیدی دارند (۱۴).
با توجه به مدل مورتون (۱۵)، این سوال پیش می‌آید که آیا مداخله‌های حرکتی مبتنی بر کسب تجربه در سطح رفتار (حرکتی)، توانایی اثرگذاری بر زیرساخت‌های شناختی را دارند؟ از جمله مشکلاتی که کودکان DCD با آن روبرو هستند، نقص در کارکردهای اجرایی و حسی حرکتی است که چنانچه بتوان از طریق فعالیت‌های ورزشی به این کودکان کمک کرد، می‌توان امید داشت که در سنین پایین و در همان دوران ابتدایی درمان شوند یا از شدت اختلالشان کاسته شده و در آینده با مشکلات کمتری روبرو شوند. یکی از عواملی که نقش مهمی در افزایش فرصت های تمرینی مناسب برای مهارت های حرکتی و مفاهیم حرکتی می تواند داشته باشد بازی و فعالیت بدنی است (۱۶). با توجه به نقش بازی و فعالیت بدنی بر رشد جسمانی و حرکتی، شناختی و عاطفی، به نظر می رسد بازی به عنوان یک عامل موثر در برنامه آموزشی می تواند لحاظ گردد (۱۷).
در تحقیقی که سلطانی نژاد و همکاران (۱۸) و ابراهیمی ثانی و همکاران (۱۹) با موضوع تأثیر تمرین های ادراکی – حرکتی بر بهبود قابلیت‌های حرکتی کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی انجام دادند اشاره شد که گروه تجربی پس از پشت سر گذاشتن یک دوره تمرین ادراکی–حرکتی به‌طور معناداری اجرای بهتری در مقایسه با گروه کنترل در آزمون‌های حرکتی داشته‌اند. پرز و همکاران (۹) نیز دریافتند که بازی‌های شناختی نقش فعالی در اکتساب مهارت‌های جدید در کودکان DCD دارد.
در تحقیق تسای نشان داده شد تمرینات فوتبال باعث بهبود خرده آزمون‌های MABC می‌شوند و استدلال کرد که تمرینات بدنی رشد مهارت‌های حرکتی را تسهیل می‌کند (۲۰). قره باغ و همکاران (۲۱) بیان کردند تمرینات بدنی با بهبود قدرت، هماهنگی بین اندام و حرکات هماهنگی پیچیده باعث بهبود فعال‌سازی عصبی‌حرکتی می‌شوند.
اگر چه DCD در مجموعه اختلالات روانی طبقه بندی می‌شود محمودی فر و همکاران (۲۲) بیان کرده‌اند که هماهنگی حسی و حرکتی ضعیف برای مدت طولانی به عنوان عامل مشکلات حرکتی در کودکان با اختلال هماهنگی رشدی شناخته شده است و بهبود این مشکل، این اختلال را بهبود می‌بخشد. بنابراین انتظار می‌رود غنی‌سازی حرکتی در درمان این اختلال نقش چشمگیری داشته باشد. چنانچه ریجانت و همکاران (۲۳) در مطالعه شان به این نتیجه رسیدند که اکثریت کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی که چنانچه تحت تأثیر حرکت و مشارکت در فعالیت‌های بدنی قرار بگیرند تا حدودی عقب افتادگی خود را جبران خواهند کرد و حتی ۵ نفر از افراد گروه مورد مطالعه آن‌ها به قابلیت کامل رسیدند.
تحقیقات محدودی وجود دارد که به بررسی دقیق همزمان عملکرد حرکتی و شناختی کودکان DCD در کودکان پرداخته‌اند. به‌خصوص، درک

1- Posture
2- Higher Order Control System
3 -Working Memory
4- Set Shifting
5- Adaptive Sequencing
6- Response Inhibition
7- Mirabella
8- Querne
9- Anterior Cingulated

عمیق‌تری از مکانیزم‌های اجرایی و حرکتی در بین این دو اختلال نیاز به بررسی بیشتری دارد. همچنین بسیاری از مطالعات قبلی عمدتاً بر روی عملکردهای رفتاری تمرکز کرده‌اند و به جنبه‌های فیزیولوژیکی و عصبی مانند پتانسیل‌های وابسته به رویداد (ERPs)توجه نکرده‌اند. این مسئله می‌تواند منجر به نادیده‌گرفتن تفاوت‌های واقعی در مکانیزم‌های اجرایی و حرکتی بین این دو اختلال شود. در حالی که برخی از تحقیقات نشان داده‌اند که افراد مبتلا به DCD در عملکرد اجرایی دچار مشکلاتی هستند، هنوز نیاز به بررسی دقیق‌تری در این زمینه وجود دارد تا مشخص شود که آیا این مشکلات ناشی از الگوهای مشابه در عملکرد مغزی هستند یا خیر. برخی از مطالعات نشان داده‌اند که افراد مبتلا در مقایسه با افراد معمولی در وظایف کنترل پاسخ دچار مشکل هستند، در حالی که تحقیقات دیگری نشان داده‌اند که این تفاوت‌ها در بزرگسالان مبتلا به DCDوجود ندارد. این موضوع می‌تواند به نداشتن یک تصویر واضح از تأثیرات این دو اختلال بر عملکرد اجرایی و حرکتی اشاره کند. در برخی مطالعات، تفاوت‌هایی در ERPs بین گروه‌های مبتلا به ADHD و گروه‌های کنترل مشاهده شده است، در حالی که دیگر تحقیقات نتوانسته‌اند این تفاوت‌ها را شناسایی کنند. این تناقض می‌تواند به دلیل اندازه نمونه کوچک، تفاوت‌های در روش‌های تحقیق، یا عوامل دیگر باشد. همچنین برخی از محققان از نظر تشخیصی بر این باورند که علل اختلال مجزایی هستند، در حالی که دیگران بر همپوشانی‌های قابل توجهی بین این علل حرکتی و شناختی اختلال تأکید می‌کنند. این عدم توافق می‌تواند به سردرگمی در تشخیص و درمان این اختلالات منجر شود. در کل می توان اظهار داشت که تحقیق حاضر به هدف پر کردن این خلاهای علمی و حل تناقضات موجود در ادبیات تحقیقاتی پرداخته و به بررسی دقیق‌تری می‌پردازد. این مطالعه با استفاده از روش‌های نوین، مانند اندازه‌گیری ERPs، سعی دارد تا به درک بهتری از مکانیزم‌های اجرایی و حرکتی مرتبط با این اختلالات کمک کند و راهکارهایی برای مداخلات مؤثرتر ارائه دهد.

از سوی دیگر با وجود شناخت گسترده از مشکلات حرکتی و شناختی در کودکان مبتلا به اختلال هماهنگی رشدی ((DCD، هنوز کمبود تحقیقات جامع و سیستماتیک در زمینه مداخلات مؤثر وجود دارد. این تحقیق می‌تواند به غنی‌سازی ادبیات علمی در این حوزه کمک کند و اطلاعات جدیدی را ارائه دهد. اگرچه تحقیقات قبلی نشان داده‌اند که مداخلات حرکتی می‌توانند به بهبود مهارت‌های حرکتی و شناختی کمک کنند، اما هنوز نیاز به بررسی دقیق‌تری در خصوص چگونگی تأثیر این مداخلات بر عملکردهای شناختی و عصب‌روانشناختی وجود دارد. این تحقیق به بررسی این موضوع می‌پردازد. مشکلات حرکتی و شناختی می‌تواند تأثیرات عمیقی بر کیفیت زندگی کودکان داشته باشد، از جمله مشکلات اجتماعی، عاطفی و تحصیلی. با شناسایی و تقویت مداخلات مؤثر، می‌توان امید به بهبود کیفیت زندگی این کودکان را افزایش داد. نتایج این تحقیق می‌تواند به متخصصان آموزش، روانشناسان و درمانگران کمک کند تا برنامه‌های مداخله‌ای بهتری را برای کودکان مبتلا به DCD طراحی و اجرا کنند. همچنین، این مطالعه می‌تواند به والدین و مربیان در درک بهتر نیازهای این کودکان کمک کند. با استفاده از فناوری‌های عصبی و ابزارهای پیشرفته مانندERP ، این تحقیق می‌تواند به درک عمیق‌تری از فرآیندهای شناختی و حرکتی در کودکان DCD کمک کند و به ایجاد روش‌های مداخله‌ای جدید و مؤثرتر منجر شود. با مداخله به موقع و مؤثر، می‌توان از بروز مشکلات عاطفی و اجتماعی در بزرگسالی جلوگیری کرد. در کل به نظر می رسد این تحقیق می‌تواند به شناسایی روش‌هایی بپردازد که به کاهش شدت اختلالات و بهبود عملکردهای حرکتی و شناختی در سنین پایین کمک می‌کند.

بر همین اساس و با توجه به کمبود تحقیقاتی در زمینه ارائه برنامه تمرینی ویژه کودکان دارای مشکل هماهنگی حرکت با استفاده از این روش، بر آن شدیم تا با اجرای منظم یک سری تمرینات درقالب بازی در دوران دبستان این اختلالات و نواقص را رفع و یا به حداقل برسانیم. هدف از این تحقیق، بررسی اثر گذاری برنامه حرکتی اسپارک که مبتنی بر فعالیت های آموزشی در قالب بازی است بر برخی از متغیرهای عصب روانشناختی (مؤلفه N200 پتانسیل وابسته به رویداد) در کودکان مبتلا به DCD می‌باشد. در کنار بررسی شناختی، بررسی متغیرهای عملکرد حرکتی به عنوان نتایج رفتاری از طریق آزمون‌های حرکتی استانداری همچون آزمون های ارزیابی حرکتی کودکان MABC-2 [1] که برای اندازه گیری توانایی های ادراکی- حرکتی آزمودنی ها (مهارت های چالاکی دستی، هدف گیری و پرتاب و تعادل) در کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی استفاده می شود از اهداف این تحقیق می‌باشد.

[1] Movement Assessment Battery For Children(MABC)

مواد و روش‌ها

طرح پژوهش: تحقیق حاضر از نوع مطالعات رشدی عللی مقایسه ای و مقطعی به صورت نیمه تجربی با گروه تجربی و کنترل می باشد.
شرکت کننده‌ها: جامعه آماری این تحقیق را پسران ۹- ۷ ساله منطقه ۲۲ شهر تهران که بر اساس اطلاعات آموزش و پرورش استان تهران تعداد ۶۱۴۰ نفر می‌باشد دانش آموزان مدارس دولتی را تشکیل می‌دادند. ابتدا لیستی از تمام مدارس ابتدایی دولتی در منطقه ۲۲ تهیه گردید، سپس چهار مدرسه به صورت تصادفی انتخاب و لینک پرسشنامه در پیام رسان های داخلی برای تمامی والدین کودکان کلاس های اول تا سوم این چهار مدرسه که تعداد ۵۱۱ نفر بودند ارسال شد که تعداد ۳۳۷ نفر پاسخ دادند. نمونه آماری بر اساس نرم افزار جی پاور[1] با تعیین سطح خطا، اندازه اثر و روش تحلیل آماری، حجم نمونه ۴۲ نفر پیشنهاد داد. از میان پرسشنامه های دریافتی، تعداد مورد نظر را که شرایط لازم برای حضور در تحقیق را داشتند، انتخاب گردید. در ادامه با دادن اطلاعات کلی درمورد پژوهش به والدین کودکان دارای اختلالات هماهنگی رشدی، کودکانی که احتمال میرفت این اختلال را داشته باشند توسط متخصص روانپزشک کودکان شناسایی و مورد آزمون قرار گرفتند. در این مرحله تعداد ۴۲ کودک انتخاب شدند که فقط ۳۸ نفر آن‌ها مراجعه کردند و تعداد ۳۲ نفر از آن‌ها در آزمون **MABC-2** نمرات زیر یک انحراف استاندارد را کسب نمودند. مجدداً از این تعداد چهار نفر مشکوک به داشتن نقص توجه بودند که از تحقیق کنار گذاشته شدند. ۲۸ نمونه به صورت تصادفی انتخاب و بصورت هدفمند توزیع شدند که در دو گروه، کودکان با اختلال (۱۴ نفر) و کودکان معمولی (۱۴ نفر) قرار گرفتند. از آنجا که این پژوهش به دنبال موارد خاص و یا غیر معمول هست از روش نمونه گیری هدفمند[2] استفاده شد. بدین معنی که آزمودنی بر اساس قضاوت پژوهشگر یا اهداف مطالعه انتخاب می شود. سپس از میان آنها ۲۸ کودک مبتلا به **DCD** انتخاب شدند. دلیل انتخاب کودکان هفت ساله، این بود که این سن، تنها سنی است که کودکان به صورت رسمی توسط حوزۀ سلامت آموزش و پرورش برای ورود به کلاس اول دبستان ارزیابی میشوند.

ملاک ورود به پژوهش شامل دامنه سنی ۷ تا ۹ سال، عدم شرکت در پژوهش دیگر، نداشتن بیماری‌های جسمی حاد، رضایت آگاهانه از مشارکت در پژوهش، توانایی انجام تکالیف، نمره هوش بالای ۷۰ (از پرونده مدرسه بررسی شد)، نداشتن اختلال نقص توجه و **ملاک خروج** شامل غیبت بیش از ۲ جلسه در تمرینات، انجام ندادن تکالیف، وقوع اتفاقات خارج از کنترل شرکت‌کنندگان، شرکت همزمان در دوره های درمانی روانشناختی و ایجاد آشوب در فرآیند تمرینات مرتبط بود.

ملاحظات اخلاقی همچون توجه به مشارکت کودک، اخذ رضایت آگاهانه، توانایی برقرای ارتباط دوستانه و توأم با صداقت، محرمانه بودن و حساسیت محقق به چگونگی انتشار اطلاعات و عدالت در مورد این تحقیق انجام گردید.

ابزار اندازه گیری:

مجموعه آزمون ارزیابی حرکات کودکان

مجموعه آزمون ارزیابی حرکات کودکان نسخه دوم، توسط هندرسون[3] و همکاران در سال ۲۰۰۷ بازنگری شد که به وسیله چک لیست همراه، امکان شناسایی اختلال ها را در عملکرد حرکتی در سه دامنه سنی، ۶-۳ سال، ۱۰-۷ و ۱۶-۱۱ سال را فراهم کرده است. این آزمون سه مولفه اصلی چالاکی دستی (شامل سه خرده آزمون)، مهارت های هدف گیری (شامل دو خرده آزمون) و تعادل (شامل سه خرده آزمون) می باشد. برای هر کودک نمره خام آن خرده آزمون (به عنوان مثال ثانیه یا تعداد دفعات تکرار) را به نمره استاندارد خرده آزمون، مره استاندارد مولفه آزمونی و نمره استاندارد کلی و نمره درصدی می توان محاسبه نمود. روایی و پایایی این آزمون توسط اکبری، شجاعی و دانشفر در تهران سنجیده شده است که برای مهارت چالاکی دستی ۰,۹۲۳، مهارت هدف گیری و پرتاب ۰,۹۹۹، مهارت تعادل ۰,۹۸۸ و نمره کل ۰,۹۸۵ می باشد (۱۸و۱۹).

[1] Gpower 3.0.10
[2] Purposeful Sampling
[3] Henderson

پرسشنامه اختلال هماهنگی رشدی (DCDQ-07)

پرسشنامه DCDQ-07 گزارش والدین است که به منظور کمک به شناسایی اولیه اختلال هماهنگی رشدی DCD برای کودکان دامنه سنی پنج تا ۱۵ سال در کانادا تهیه شده است. این پرسشنامه در سه بخش تنظیم گردیده است: در بخش اول مشخصات کامل فردی کودک، تاریخ دقیق تولید (روز، ماه و سال) و نسبت شخص تکمیل کننده پرسشنامه با کودک آورده شده است. در بخش دوم توضیحات مختصری برای معرفی پرسشنامه، هدف از اجرا و نحوه پاسخ گویی به آن شرح داده شده است و بخش سوم نیز حاوی سوالات پرسشنامه می‌باشد. از والدین خواسته می‌شود که عملکرد حرکتی کودک خود را با همتایان او با استفاده از پنج معیار لیکرت، مقایسه کنند. پرسشنامه حاوی ۱۵ سوال پنج امتیازی می‌باشد (یک پایین‌ترین امتیاز و پنج بالاترین امتیاز می‌باشد). ۱۵ سوال این پرسشنامه به سه عامل مشخص گروه بندی می‌شوند. اولین عامل شامل تعدادی از موارد مربوط به "کنترل حرکتی" است. عامل دوم شامل موارد "نوشتن و حرکت ظریف" می‌باشد و عامل سوم مربوط به "هماهنگی عمومی" است. این امتیازات عوامل به تنهایی بیانگر ابتلا کودک به DCD نمی‌باشند. با این وجود، امتیازات هر عامل در مقایسه با امتیازات سایر عوامل آزمایش می‌شوند و سپس با نتایج ارزیابی رسمی و غیر رسمی مقایسه می‌شوند، به شناسایی توانایی‌های حرکتی خاص و چالش‌های تجربه شده کودک، کمک می‌شود. با اینکه این پرسشنامه برای والدین تهیه شده است. سوال یک تا شش مربوطه به فعالیت‌های "کنترل در حین حرکت"، سوال هفت تا ۱۰ مربوطه به فعالیت‌های "حرکت ظریف / نوشتن" و سوال ۱۱ تا ۱۵ مربوطه به فعالیت‌های "هماهنگی عمومی" است. پایایی درونی، پایایی بازآزمایی این پرسشنامه در ایران برای پسران شش تا ۱۱ ساله به ترتیب ۰/۸۳ و ۰/۷۳ گزارش شده است (صالحی و همکاران، ۲۰۱۲). پایایی درونی این پرسشنامه توسط طاهری و فرخی در سال ۱۳۸۷، ۸۷ درصد گزارش شد.

نرم‌افزار WinEEG:

نرم‌افزار Win-EEG طراحی کمپانی Mitsar کشور روسیه دارای امکان ثبت، اصلاح و تجزیه امواج مغزی در دو بعد ERP و تحلیل کمی امواج مغزی (Quantitative EEG, QEEG) می‌باشد. این نرم‌افزار برای ثبت، تحلیل و استخراج مؤلفه‌های ERP بکار برده شد. تنظیمات لازم روی نرم‌افزار Win EEG به شرح زیر انجام شد: ۱- نرخ نمونه برداری تعداد نقاطی که از یک سیگنال مستمر آنالوگ در واحد زمان (ثانیه) جهت ایجاد سیگنال مجزا با توجه به پژوهش‌های مشابه ۵۰۰ Hz انتخاب شد. ۲- توان آمپلی فایر (Gain) که عبارتست از نسبت سیگنال خروجی به ورودی ۵۰ میکرو ولت در نظر گرفته شد. ۳- فیلتر کردن امواج مزاحم برق شهر یا Notch filter برابر با ۵۵-۴۵ Hz در نظر گرفته شد. ۴- محدوده پایینی فیلترینگ امواج مزاحم یا Low Cut برابر با ۰/۱۶ Hz، محدوده بالایی فیلترینگ امواج مزاحم یا High Cut برابر ۳۰ Hz درنظر گرفته شد. ۵- سپس نحوه چینش الکترودها (مونتاژ مورد نظر) Monopolar1-Average [A1<->A2] انتخاب گردید. در این چینش که از نوع یک قطبی بوده، ۳۱ الکترود فعال بر اساس سیستم ۲۰-۲۰-۱۰ و یک الکترود زمین (بین Fpz و Fz) بوده و الکترود مرجع متوسط بین گوش راست و چپ می‌باشد. پس از انجام مراحل فوق مقدار دامنه و زمان تأخیر مؤلفه‌های P300 و N200 تکلیف بازداری از نقطه اوج هر یک از مؤلفه‌ها در نواحی Fp1، Fp2، F3، F7، Fz، F4، F8، C3، Cz، C4، P3، Pz و P4 استخراج شد.

پروتکل آزمایشی:

ابتدا از کل آزمودنی ها پیش آزمون **MABC-2** به عمل آمد. سپس گروه اول (تجربی) به مدت ۱۶ جلسه فعالیت های حرکتی منتخب اسپارک را که شامل ۳ جلسه ۴۵ دقیقه ای در هفته بود، در تابستان از خرداد تا شهریور ماه به صورت متمرکز در یک مرکز بازی ورزش کودکان به همراه متخصصین رشد و تکامل حرکتی کودکان زیر نظر متخصص روانشناسی کودکان به آموزش کودکان پرداختند. سعی شد برای کاهش اثرات تفاوت های بین فردی کودکان از نظر سن، وزن، بهره هوشی و **BMI** و عدم سابقه ورزشی، همگن انتخاب شوند. با توجه به مشکلات حرکتی کودکان دچار اختلال هماهنگی رشدی و نارسایی حرکتی، از جمله حرکات تعادلی ایستا و پویا، حرکات هماهنگ و همزمان و شناسایی جهات مختلف، ضعف قامتی بدن یا پیکری و...، به این منظور اجرای برنامه حرکتی منتخب با در نظر گرفتن مشکلات آنان انجام دادند و نحوه ی اجرای آن به شرح زیر است. این برنامهٔ حرکتی که برگرفته از برنامهٔ حرکتی اسپارک بود شامل ۴۵ دقیقه در هرجلسه میباشد که به چهاربخش تقسیم میشود:

۱۰ دقیقه اول برنامه شامل گرم کردن، پس از آن ۱۵ دقیقه بازی شامل مهارتهای جابجایی مانند جهش از روی طناب، لی لی کردن در حلقه، عموزنجیر باف و غیره، سپس ۱۰ دقیقه بازی شامل مهارتهای دستکاری مانند شوت توپ، هدفگیری و پرتاب توپ به سبد، بولینگ و غیره و در آخر ۱۰ دقیقه سرد کردن است، گروه کنترل در این مدت فعالیتهای معمول خود را انجام می دادند و درنهایت، از هر دو گروه، پس آزمون به عمل آمد و نتایج ثبت گردید.

جدول ۱: پروتکل تمرینی برای گروه تجربی

جلسات	گرم کردن و فعالیت های نوع اول۲۵ دقیقه	سرد کردن و فعالیت های نوع دوم ۲۰ دقیقه
۱-	گرم کردن، راه رفتن پاشنه پنجه، پرش همراه با چرخش	پرتاب توپ به بالا، دیوار، سرد کردن
۲-	گرم کردن، سرخوردن، راه رفتن پاشنه وپنجه، پرش با چرخش	زدن توپ به دیوار،توپ به زمین، سرد کردن
۳-	گرم کردن، راه رفتن روی پاشنه و پنجه، پرش با چرخش	پرتاب توپ به بالا، دریبل آزاد، سرد کردن
۴-	گرم کردن، قورباغه، پرش از روی طناب، جاکینگ	حرکت ضربه زدن، پاس دادن کلاه، سرد کردن
۵-	گرم کردن، گرگم به هوا، بشین و پاشو، سر خوردن	پاس دادن کلاه، حفظ توپ در هوا، سرد کردن
۶-	گرم کردن،پرش در حلقه ها،لی لی در حلقه ها	وسطی، پاسکاری، دریبل آزاد، سرد کردن
۷-	گرم کردن، بالا بلندی، پریدن وزدن دست ها به هم	هدف گیری، رد و بدلکردن توپ از بین پا ها و بالای سر، سرد کردن
۸-	گرم کردن، پریدن از روی طناب،لی لی کردن	هفت سنگ، رد و بدلکردن توپ از پهلو راست،کی بزنه، سرد کردن
۹-	گرم کردن، عموزنجیر باف، بشین پاشو، خرک	خرس وسطی، گرگم و گله می بره، سرد کردن
۱۰-	گرم کردن، مسابقه گونی، طناب زنی، یورتمه	پرتاب حلقه، ،ضربه به توپ با باتوم، سردکردن
۱۱-	گرم کردن، آسیاب تندترش کن، خرک	زدن توپ به دیوار، طناب کشی، سرد کردن
۱۲-	گرم کردن، عمو زنجیرباف، تخم مرغ گندیده	طناب کشی، رد و بدلکردن توب از بین پاها و بالای سر، سردکردن
۱۳-	گرم کردن، پرش از روی دو خط به صورت جفت پا ویک پا	دریبل خطی، حرکت و ضربه زدن، سرد کردن
۱۴-	گرم کردن، مهارت های جابجایی، چتر نجات	توپ دهای زمینی، زدن توپ به دایره های روی دیوار، سرد کردن
۱۵-	گرم کردن، هفت سنگ، مسابقه با گونی	حرکت ضربه زدن، پاس دادن توپ با دست، سردکردن
۱۶-	گرم کردن، درنا و کلاغ، پرش از روی خط جفت پا و یک پا	هدف گیری، بازی کردن با راکت و توپ پینگ پنگ، سرد کردن

روش امتیازدهی و تحلیل داده‌ها

در ابتدا اطلاعات و داده های پژوهش بر اساس روش های آمار توصیفی (جداول، فراوانی ها، میانگین ها، درصد و نمودار) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. از آزمون شاپیرو–ویلک برای تعیین نرمال بودن داده ها و آزمون لوین[1] برای تعیین همگنی واریانس ها استفاده می شود. تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از آزمون آماری تحلیل کوواریانس انجام خواهد گرفت. سطح انتخاب شده برای نشان دادن تفاوت معنادار آماری، **$\alpha<0.05$** در نظر گرفته خواهد شد. برای محاسبات از نرم افزار آماری **SPSS** نسخه ۲۶ استفاده گردید.

یافته‌ها

۲۸ کودک پسر با دامنه سنی ۷ تا ۱۰ سال (میانگین ۸٫۸ و انحراف استاندارد ۱٫۲۸) به صورت هدفمند از منطقه ۲۲ تهران انتخاب شده بودند، در این پژوهش شرکت داشتند.

برای بررسی زمان تاخیر و دامنه مولفه N200 در نواحی Fp1، Fp2، F3، F7، Fz، F4، F8، C3، Cz، C4، P3، Pz و P4 از روش آماری تحلیل کوواریانس استفاده گردید که پیش فرض‌های این آزمون عبارتند از همگنی شیب رگرسیون (خطی بودن رابطه بین متغیر تصادفی و وابسته)، طبیعی بودن توزیع (آزمون شاپیرو ویلک) و همگن بودن واریانس گروه‌ها (آزمون لوین) که در تمامی موارد بررسی شده است، که نتایج به دست آمده به شرح ذیل می باشد:

[1] Leven

جدول شماره۲: میانگین و انحراف استاندارد زمان تأخیر مؤلفه N200 در ERPs تکلیف بازداری در هر دو گروه قبل و بعد از مداخله

ناحیه (متغیر)	گروه کنترل		گروه تجربی	
	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون
Fp1	۲۹۲/۱۸±۳۷/۶۶	۲۹۲/۸۰±۴۲/۹۵	۲۷۲/۳۳±۴۵/۰۱	۲۸۲/۳۳±۳۷/۵۴
Fp2	۲۹۹/۴۵±۴۸/۳۴	۳۰۳/۶۰±۴۰/۱۹	۲۶۹/۰۰±۳۶/۸۶	۲۸۲/۳۳±۴۲/۸۹
F7	۲۸۶/۶۷±۳۵/۸۹	۲۸۸/۱۸±۴۶/۵۹	۲۸۱/۷۵±۴۶/۰۲	۲۷۵/۰۰±۵۳/۱۵
F3	۳۰۱/۴۲±۳۵/۸۱	۳۱۶/۵۵±۴۴/۸۷	۲۸۴/۶۷±۳۴/۹۶	۲۹۴/۳۳±۳۷/۵۰
Fz	۳۰۷/۶۷±۵۰/۷۸	۳۲۴/۸۰±۴۵/۲۱	۲۹۱/۶۷±۳۹/۶۱	۲۸۱/۰۰±۳۴/۳۳
F4	۳۰۸/۰۰±۳۹/۵۳	۳۱۹/۰۹±۳۸/۲۰	۲۷۹/۰۰±۲۶/۳۷	۲۶۸/۳۳±۳۹/۸۰
F8	۲۸۹/۳۳±۵۸/۹۱	۲۹۵/۸۲±۵۰/۶۷	۲۸۵/۳۳±۵۰/۳۰	۲۸۸/۳۳±۴۲/۸۹
P3	۲۷۶/۰۰±۶۸/۳۴	۳۱۱/۴۵±۴۴/۵۵	۲۹۸/۶۷±۵۶/۵۳	۲۷۴/۰۰±۲۴/۶۰
Pz	۲۹۴/۳۳±۶۳/۸۰	۲۹۰/۷۳±۵۵/۳۰	۳۱۱/۰۰±۵۴/۶۸	۲۹۹/۰۰±۴۲/۵۷
P4	۲۸۱/۰۰±۶۸/۶۱	۳۴۴/۳۶±۵۳/۵۶	۳۱۵/۶۷±۴۵/۳۶	۲۶۷/۶۷±۶۴/۵۷
C3	۲۷۸/۰۰±۳۴/۷۱	۳۱۱/۴۵±۴۴/۵۵	۲۸۴/۳۳±۳۰/۴۸	۲۷۴/۰۰±۲۴/۶۰
Cz	۳۰۶/۳۳±۳۰/۳۹	۳۲۴/۱۸±۴۲/۱۲	۲۸۵/۶۷±۲۸/۲۵	۳۰۰/۰۰±۳۸/۹۹
C4	۳۰۴/۶۷±۳۸/۷۹	۳۱۹/۴۵±۳۵/۲۰	۳۱۴/۰۰±۳۹/۷۱	۲۹۷/۳۳±۴۶/۶۷

همان گونه که در جدول بالا نشان داده می شود گروه های تحقیق در متغیرهای مختلف در مرحله پیش آزمون تفاوت معناداری با یکدیگر نداشتند ولی در مرحله پس آزمون نتایج با تغییرپذیری بیشتری هستند به نحوی که میانگین و انحراف استاندارد گروه ها تغییر پیدا کرده است. قبل از استفاده از آزمون تحلیل کوواریانس چند متغیری برای متغیرهای پژوهش، پیش فرض همگنی واریانس ها با آزمون لوین مورد بررسی قرار گرفت نتایج آزمون لوین برای زمان تأخیر مؤلفه N200 در ERPs تکلیف بازداری برای متغیر (**Fp1**، F= ۰,۰۳۵، p= ۰,۸۵۳) ، (**Fp2**، F= ۰,۰۴۲، p= ۰,۸۳۹) ، (**F7**، F= ۰,۰۱۲، p= ۰,۹۱۳) ، (**F3**، F= ۰,۵۴۵، p= ۰,۴۶۹) ، (**Fz**، F= ۲,۵۶۶، p= ۰,۱۲۵) ، (**F4**، F= ۰,۰۲۴، p= ۰,۸۷۹) ، (**F8**، F= ۱,۵۵۲، p= ۰,۲۲۷) ، (**P3**، F= ۴,۳۳۶، p= ۰,۰۵۱) ، (**Pz**، F= ۴,۰۳۶، p= ۰,۰۵۶) ، (**P4**، F= ۲,۱۱۹، p= ۰,۱۶۰) ، (**C3**، F= ۴,۳۳۶، p= ۰,۰۵۱) ، (**Cz**، F= ۲,۸۰۸، p= ۰,۱۰۹) و (**C4**، F= ۰,۹۹۳، p= ۰,۳۳۰) در درجه آزادی اول برابر یک و درجه آزادی دوم برابر ۲۲ می باشد که بر اساس نتایج، پیش فرض همگنی واریانس ها در متغیرهای مورد بررسی هر دو گروه تایید شد. این آزمون برای هیچ کدام از متغیرها معنی دار نبود.

همچنین برای بررسی فرض همگنی کوواریانس ها از آزمون شاپیرو ویلک استفاده شد. نتایج آزمون شاپیرو–ویلک برای زمان تأخیر مؤلفه N200 ERPs تکلیف بازداری به ترتیب برای گروه کنترل و تجربی در متغیر **Fp1** (۰/۱۹۴ و ۰/۷۳۱)، **Fp2** (۰/۴۴۸ و ۰/۷۵۴)، **F7** (۰/۵۴۰ و ۰/۲۰۵)، **F3** (۰/۹۱۵ و ۰/۵۹۰)، **Fz** (۰/۲۶۹ و ۰/۲۱۴)، **F4** (۰/۶۵۲ و ۰/۱۸۹)، **F8** (۰/۰۵۴ و ۰/۹۴۹)، **P3** (۰/۳۸۹ و ۰/۷۸۹)، **Pz** (۰/۳۱۸ و ۰/۷۶۹)، **P4** (۰/۱۰۸ و ۰/۰۷۰)، **C3** (۰/۹۹۳ و ۰/۲۰۲)، **Cz** (۰/۹۷۰ و ۰/۵۵۰)، **C4** (۰/۹۷۰ و ۰/۲۳۹) بود، نتایج نشان داد که تفاوت کوواریانس ها معنی دار نیست و در نتیجه پیش فرض همگنی کواریانس ها برقرار است، بنابراین پیش فرض های تحلیل کوواریانس تایید شد. نتایج آزمون های فوق نشان می دهد که سطوح معنی داری همه آزمون ها قابلیت استفاده از تحلیل کوواریانس چند متغیری را مجاز می شمارد.

جدول شماره ۳ تحلیل کواریانس برای مقایسه تفاوت‌های پس آزمون گروه کنترل و تجربی برای زمان تأخیر مؤلفه N200 در ERPs تکلیف بازداری

منبع تغییرات	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	مقدار f	سطح معناداری	اندازه اثر
Fp1	۱۱۷/۵۶۶	۱	۱۱۷/۵۶۶	۰/۷۸	۰/۷۸۳	۰/۰۰۴
Fp2	۱۷۷۱/۰۰۷	۱	۱۷۷۱/۰۰۷	۰/۹۶۹	۰/۳۳۷	۰/۰۴۹
F7	۵۷۵/۷۴	۱	۵۷۵/۷۴	۰/۳۰۵	۰/۵۸۷	۰/۰۱۵
F3	۱۱۴۳/۱۹۵	۱	۱۱۴۳/۱۹۵	۰/۷۴۴	۰/۳۹۹	۰/۰۳۶
Fz	۶۴۵۴/۹۲۲	۱	۶۴۵۴/۹۲۲	۴/۴۶۲	۰/۰۴۸*	۰/۱۹۰

F4	۴۹۶۷/۹۳۵	۱	۴۹۶۷/۹۳۵	۳/۷۰۵	۰/۰۴۹*	۰/۱۸۶
F8	۲۱۸/۵۳۴	۱	۲۱۸/۵۳۴	۰/۱۲۳	۰/۷۲۹	۰/۰۰۶
P3	۷۶۲۸/۱۵۱	۱	۷۶۲۸/۱۵۱	۵/۷۹۶	۰/۰۲۶*	۰/۲۲۵
Pz	۱۳۰/۵۱۹	۱	۱۳۰/۵۱۹	۰/۰۵۴	۰/۸۱۸	۰/۰۰۳
P4	۱۸۸۹/۱۴۰	۱	۱۸۸۹/۱۴۰	۵/۱۸۸	۰/۰۳۴*	۰/۲۰۶
C3	۷۶۲۸/۱۵۱	۱	۷۶۲۸/۱۵۱	۵/۷۹۶	۰/۰۲۶*	۰/۲۲۵
Cz	۵۱/۵۵۰	۱	۵۱/۵۵۰	۰/۰۶۵	۰/۸۰۱	۰/۰۰۳
C4	۳۲۶۷/۷۰۲	۱	۳۲۶۷/۷۰۲	۲/۰۹۲	۰/۱۶۴	۰/۰۹۵

همان طور که در جدول شماره ۳ نشان داده شده است بین دو گروه در زمان تأخیر مؤلفه N200 در ناحیه Fz، F4، C3 و P4 تفاوت معناداری مشاهده می شود اما در ناحیه Fp1 ، Fp2، F3، F7، F8 ، Fz ، Cz، C4 و P3 تفاوت معنی داری مشاهده نشده است.

جدول ۴ نتایج خرده آزمون های مجموعه آزمون ارزیابی حرکت کودکان نشان می دهد که در این جدول متغیرها ابتدا به صورت جداگانه سپس در نمره کلی خود و در انتها برای نمره کلی آزمون بررسی شده است.

جدول ٤ میانگین و انحراف استاندارد امتیازات خرده آزمون‌های MABC-2 در هر دو گروه قبل و بعد از مداخله

	گروه کنترل		گروه تجربی	
	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون
قرار دادن پین ها	۸,۰۰ (۱,۳۰۱)	۹,۱۴ (۱,۰۲۷)	۸,۷۱ (۰,۹۱۴)	۱۰,۷۱ (۱,۲۶۷)
نخ کشی	۵,۰۰ (۰,۷۸۴)	۶,۰۰ (۱,۰۳۸)	۵,۵۵ (۰,۷۴۶)	۷,۰۷ (۱,۰۷۲)
رسم ماز	۵,۵۵ (۰,۹۰۱)	۶,۸۶ (۱,۸۳۴)	۶,۵۵ (۰,۶۳۵)	۹,۸۶ (۱,۳۵۱)
پرتاب کیسه شن	۶,۳۶ (۰,۹۲۹)	۷,۱۴ (۱,۰۲۷)	۷,۵۰ (۱,۵۰۶)	۱۰,۲۱ (۱,۵۷۸)
دریافت و پرتاب	۷,۲۱ (۱,۶۷۲)	۸,۰۰ (۱,۶۱۷)	۷,۹۳ (۱,۷۷۴)	۱۰,۷۱ (۱,۸۵۸)
راه رفتن پاشنه پنجه	۵,۷۹ (۱,۱۲۲)	۶,۸۶ (۱,۴۶۰)	۷,۰۷ (۱,۲۶۹)	۹,۸۶ (۱,۸۳۴)
تعادل ایستا	۶,۰۰ (۰,۷۸۴)	۷,۰۷ (۱,۷۷۴)	۷,۲۶ (۰,۵۸۹)	۱۰,۲۱ (۱,۵۲۸)
لی لی	۵,۳۶ (۱,۲۷۷)	۶,۷۹ (۱,۳۱۱)	۶,۶۴ (۱,۸۲۳)	۹,۲۹ (۱,۸۹۹)
مهارت چالاکی دستی	۲۰,۵۱۷ (۰,۸۶۹)	۲۱,۷۱۳ (۰,۸۲۵)	۲۱,۳۰۶ (۰,۸۲۱)	۲۹,۰۳۲ (۰,۵۰۲)
مهارت هدف گیری	۱۴,۵۲۱ (۰,۶۶۵)	۱۵,۷۲۰ (۰,۶۱۴)	۱۴,۸۵۳ (۰,۷۶۴)	۲۱,۶۷۲ (۰,۶۶۰)
مهارت تعادل	۱۸,۸۱۹ (۰,۸۶۹)	۲۰,۷۲۱ (۰,۹۲۵)	۱۹,۹۸۰ (۰,۹۴۱)	۲۹,۷۷۷ (۱,۳۶۷)
نمره کل آزمون	۵۳,۸۵۸ (۱,۱۵۲)	۵۸,۱۵۵ (۱,۶۷۳)	۵۶,۱۴۰ (۱,۷۰۰)	۸۰,۴۸۲ (۱,۶۴۸)

نتایج آزمون لوین برای پس آزمون خرده آزمون‌های MABC-2 برای متغیر (F= ۱,۴۸۰، p= ۰,۲۳۵) **قرار دادن پین ها ،** (F= ۰,۲۷۸، p= ۰,۶۰۳) **نخ ک شی ،** (F= ۰,۰۰۱، p= ۰,۹۹۷) **ر سم ماز ،** (F= ۰,۷۱۹، p= ۰,۴۰۴) **پرتاب کی سه شن ،** (F= ۰,۰۱۰، p= ۰,۹۲۲) **دریافت و پرتاب ،** (F= ۰,۰۳۷، p= ۰,۸۴۹) **راه رفتن پا شنه پنجه ،** (F= ۰,۰۴۰، p= ۰,۸۴۳) **تعادل ای ستا ،** (F= ۰,۴۰۸، p= ۰,۵۲۹) **لی لی** در درجه آزادی اول برابر یک و درجه آزادی دوم برابر ۲۶ می با شد که بر ا ساس نتایج، پیش فرض همگنی واریانس ها در متغیرهای مورد برر سی هر دو گروه تایید شد. این آزمون برای هیچ کدام از متغیرها معنی دار نبود.

همچنین برای برر سی فرض همگنی کوواریانس ها از آزمون شاپیرو ویلک ا ستفاده شد. نتایج آزمون شاپیرو–ویلک برای پس آزمون خرده آزمون‌های MABC-2 به ترتیب برای گروه کنترل و تجربی در متغیر **قرار دادن پین ها** (۰/۲۵۱و ۰/۲۵۳)، **نخ کشی** (۰/۳۴۶و ۰/۳۸۱)، **رسم ماز** (۰/۵۲۱و ۰/۴۱۸)، **پرتاب کیسه شن** (۰/۲۵۱و ۰/۲۵۳)، **دریافت و پرتاب** (۰/۶۴۸و ۰/۳۱۰)، **راه رفتن پاشنه پنجه** (۰/۵۳۳و ۰/۷۰۴)، **تعادل ایستا** (۰/۶۲۹و ۰/۵۶۹)، **لی لی** (۰/۴۹۰و ۰/۵۹۱) بود، نتایج نشان داد که تفاوت کوواریانس ها معنی دار نیست و در نتیجه پیش فرض همگنی کواریانس ها برقرار ا ست، بنابراین پیش فرض های تحلیل کوواراینس تایید شد. نتایج آزمون های فوق نشان می دهد که سطوح معنی داری همه آزمون ها قابلیت استفاده از تحلیل کوواریانس چند متغیری را مجاز می شمارد.

جدول ۵ تحلیل کواریانس برای مقایسه تفاوت‌های پس آزمون گروه کنترل و تجربی

منبع تغییرات	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	مقدار f	سطح معناداری	اندازه اثر
قرار دادن پین ها	۹/۸۴۱	۱	۹/۸۴۱	۸/۸۳۳	۰/۰۰۶	۰/۲۶۱
نخ کشی	۱/۰۳۸	۱	۱/۰۳۸	۳/۹۴۳	۰/۰۵۸	۰/۱۳۶
رسم ماز	۱۵/۷۷۴	۱	۱۵/۷۷۴	۸/۷۹۶	۰/۰۰۷	۰/۲۶۰
پرتاب کیسه شن	۲۰/۲۴۳	۱	۲۰/۲۴۳	۹۳/۱۸۲	۰/۰۰۰	۰/۷۹۵
دریافت و پرتاب	۲۷/۱۵۳	۱	۲۷/۱۵۳	۱۴۴/۹۷۸	۰/۰۰۰	۰/۸۵۳
راه رفتن پاشنه پنجه	۱۰/۳۰۹	۱	۱۰/۳۰۹	۱۹/۹۷۶	۰/۰۰۰	۰/۴۴۴
تعادل ایستا	۸/۸۲۸	۱	۸/۸۲۸	۴/۳۰۱	۰/۰۴۹	۰/۱۴۷
لی لی	۹/۰۱۹	۱	۹/۰۱۹	۳۴/۰۱۱	۰/۰۰۰	۰/۵۷۶

همان طور که در جدول شماره ۵ نشان داده شده است بین دو گروه در متغیرهای قرار دادن پین ها ، رسم ماز، پرتاب کیسه شن، دریافت و پرتاب، راه رفتن پاشنه پنجه، تعادل ایستا و لی لی تفاوت معناداری مشاهده می شود اما در نخ کشی تفاوت معنی داری مشاهده نشده است.

بحث

هدف این پژوهش، بررسی اثر یک دوره مداخله تمرین بدنی بر متغیرهای عصب روانشناختی و متغیرهای عملکردی کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی است. سنجش پتانسیل امواج مغزی برای بررسی برخی از متغیرهای عصب روانشناختی انجام شد. در این تحقیق ویژگی‌های مؤلفه P300 که نماینده اعمال شناختی سطح بالا و مؤلفه N200 که نماینده تشخیص تضاد و مقدم بر پردازش اعمال بازداری است مورد بررسی قرار گرفت. در زمینه بررسی عملکرد حرکتی نیز آزمون MABC-2 مورد استفاده قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که پس از مداخله تمرینی زمان تأخیر مؤلفه N200 در ناحیه Fz، F4، C3، P3 و P4 کاهش معنادار داشته است. پس از مداخله تمرینی گروه تجربی در هفت خرده آزمون "قرار دادن پین ها"، "رسم ماز"، "پرتاب کیسه شن"، "دریافت و پرتاب"، "راه رفتن پاشنه پنجه" و " تعادل ایستا" و "لی لی"بهبود معنادار داشتند و در خرده آزمون "نخ کشی" تغییر معناداری مشاهده نشد.

متغیرهای پتانسیل وابسته به رویداد

به طور کلی یافته‌های این پژوهش با نتایج اومر و همکاران (۲۰۲۰)، فوگل و همکاران (۲۰۲۳)، نوبر و همکاران (۲۰۲۳) همسو بود که تأثیرات تمرین ادراکی حرکتی را بر روی بهبود عملکرد کودکان اختلال هماهنگی رشدی گزارش کردند. در همین راستا به نظر می‌رسد یک اثر مثبت فعالیت بدنی بر عملکرد شناختی در کودکان مبتلا به اختلال هماهنگی رشدی تا حدودی با تغییرات فیزیولوژیکی در بدن مانند افزایش سطوح عوامل نوروتروفیکی ایجاد می‌شود که یادگیری را تسهیل و عملکرد شناختی را با بهبود شکل‌پذیری سیناپسی حفظ می‌کند که به عنوان یک عامل محافظ نورونی عمل می‌کند. یکی از مکانیسم‌های احتمالی که می‌توان در ارتباط با تأثیر تمرینات بدنی بر روی کودکان مبتلا به اختلال هماهنگی رشدی مورد بررسی قرار داد، نقش ورزش و فعالیت جسمانی در شکل‌پذیری مغز است. فعالیت ورزشی ممکن است یک عامل محافظت‌کننده قوی در برابر تحلیل عصبی باشد. ورزش منجر به نورون زایی و بهبود عملکرد در آزمون‌های رفتاری یادگیری و حافظه و همچنین تغییر پلاستیسیته سیناپسی در شکنج دندانه دار از تشکیلات هیپوکامپ می‌شود. نقش نوروپلاستیسیتی به طور وسیع در رشد سالم، یادگیری، توجه و حافظه شناخته شده است. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که تجربه و تحریکات محیطی مناسب می‌تواند ساختار فیزیکی و هم سازماندهی عملکردی مغز را تغییر دهد. مشخص شده است که انجام تمرینات ادراکی حرکتی نقش مهمی در انعطاف‌پذیری سیستم عصبی دارد.

معمول‌ترین مؤلفه‌های ERP که در مورد فعالیت بازداری گزارش می‌شود مؤلفه‌های N200 و P300 از تکلیف بازداری، هستند. مؤلفه‌های N200 وP300 به ترتیب می‌توانند منعکس کننده بازداری اولیه و بازداری متعاقب آن باشند (۶). برخی از محققان استدلال می‌کنند که مؤلفه N200 تکلیف بازداری نشان دهنده یک پردازش مهاری بالا به پایین است که یک پاسخ نادرست را در مرحله پردازش سرکوب می‌کند. همچنین N200 تکلیف بازداری نشان دهنده حل تعارض در برنامه حرکتی در زمان ارزیابی یک پاسخ نامناسب است (۷). در یک مطالعه که شامل

کودکان و بزرگسالان بود، نشان داده شد که قشر پیشانی میانی (در نزدیکی قشر کمربندی قدامی) در تولید فعالیت N200 تکلیف بازداری درگیر است. مولفه P300 نیز در تکالیفی که نیاز به شکلی از بازداری دارند مورد بررسی قرار گرفته است و ریشه‌هایی در قشر کمربندی قدامی دارد (۸). همانطور که قبلا اشاره شد، در بررسی علل DCD جایگاه‌های مختلفی برای اعمال بازداری قائل شده‌اند، از جمله شبکه آهیانه‌ای مخچه‌ای در کنترل پیش‌بینانه، چرخه پیشانی آهیانه‌ای در بازداری، آهیانه خلفی در بازنمایی درونی اعمال و کنترل، شبکه پیشانی آهیانه‌ای در درک نشانه‌های نامعتبر. مطالعات MRI نیز نشان دادند که قشر کناری پیشانی، شیار قدامی کرتکس و قشر آهیانه، قشر پیشانی خلفی و قدامی طرفی در فعالیت بازداری درگیر هستند (۸). نتایج متناقضی نیز درمورد میزان فعالیت سمت چپ و راست لوب‌های قشر مغز بیان شده است. برای مثال فالگاتر و همکاران بیان کردند در فعالیت‌های بازداری، قسمت مرکزی پیشانی فعال‌تر است. پرز و همکاران (۹) نشان دادن فعالیت لوب سمت راست در فعالیت‌های بازداری قوی‌تر است و مورینسون و همکاران (۵) پیشنهاد دادند که فعالیت P300 در تکالیف بازداری به طرفین نیمه چپ کشیده می‌شود و ناحیه پیشانی سمت چپ در کنترل اجرایی رفتار نقش داد. بنابراین در این تحقیق تمامی الکترودها غیر از نواحی پس‌سری و گیجگاهی مورد بررسی قرار گرفت تا امکان بررسی کاملتری ایجاد شود.

کروپوتو[1] با استناد بر مطالعه جانکمن و همکاران پیشنهاد کرد که در مقایسه با مؤلفه N200 در یک سطح رفتاری، فعالیت P300 بیشتر به بازداری در کودکان مرتبط است، بنابراین مؤلفه P300 که از محرک‌های معنادار رفتاری ایجاد می‌شوند جهت تشخیص یک مغز معیوب از سالم مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مطالعه تسای و همکاران نیز ویژگی‌های مؤلفه‌های P300 و N200 کودکان با رشد طبیعی و کودکان DCD با هم متفاوت مشاهده شد. این تفاوت در دامنه هر دو مؤلفه و تأخیر P300 مشاهده شد و این نتایج در سال ۲۰۱۲ نیز تکرار شدند، بنابراین به نظر می‌رسد مؤلفه P300 برای بررسی نقص مکانیزم کنترل بازداری DCD معتبرتر باشد. زمان تأخیر مؤلفه P300 به سرعت پردازش محرک شناختی و انتخاب پاسخ مربوط است (۵) و از طرفی نشان داده شده است که N200 نماینده تشخیص تضاد است. برخلاف نظریه تسای به نظر می‌رسد بررسی این دو مؤلفه در کنار هم دید کامل‌تری از تشخیص تضاد و سپس بازداری که متعاقب تشخیص تضاد رخ می‌دهد، ایجاد می‌کند. در تحقیق حاضر نیز در زمان تأخیر P300 در ناحیه Fz و P4، دامنه P300 در ناحیه Cz و زمان تأخیر N200 در ناحیه Fz، F4، C3، P3 و P4 بهبود معناداری رخ داده‌است که نشان می‌دهد بهبود قابل توجهی در وضعیت پردازش شناختی تکلیف بازداری در کودکان DCD رخ داده است.

ممکن است ترکیبی از مهارت‌های حرکتی برای کودکان DCD شبکه‌های عصبی مسؤول پردازش شناختی سریع‌تر و همچنین ارزیابی و دسته‌بندی محرک کارآمدتر را تقویت کند (۷). ممکن است اصلی‌ترین مکانیزم اصلی این فرایند، تأخیر کمتر P300 باشد. پردازش شناختی نقش مهمی در عملکرد رفتاری دارند و حتی مشابهت‌های توپوگرافیک زیادی با هم دارند (۶).

در یک مطالعه که شامل کودکان و بزرگسالان بود، نشان داده شد که قشر فرونتال میانی (در نزدیکی قشر کمربندی قدامی) در تولید فعالیت Nogo N200 درگیر است (۶). لوب فرونتال سبب می شودکه اطلاعات حسی حرکتی به فعالیت‌های حرکتی داوطلبانه و ارادی موثر تبدیل شود. مطالعات تصویربرداری عصبی بازداری پاسخ بطور موافق پیشنهاد کرده‌اند که قشر پیش‌پیشانی تأثیرات خود را بر نواحی زیر قشری و پوستریور کورتیکال که شامل قشر شیار قدامی است اعمال می‌کند تا اقدامات کنترل اجرایی مسؤول بازداری پاسخ را ایفا کند. پیشنهاد شده است که این ناحیه در زمانی که محرک‌ها با هدف مطابقت ندارد تضاد را تشخیص می‌دهند یا به عبارت دیگر موقعیت‌هایی را که بر اثر تغییرات محیطی نیازمند بازداری پاسخ هستند را کنترل می‌کند (۷).

کیوئرن و همکارانش گزارش کردند که کودکان DCD فعال سازی قشر کمربندی قدامی قویتر و فعالیت پیش‌پیشانی ضعیف‌تری در مقایسه با همتایان سالم داشتند اما در تعداد بازداری‌های صحیح تفاوتی نداشتند. این یافته آن‌ها را بر آن داشت تا پیشنهاد کنند که افراد DCD کمتر از همتایان سالم می‌توانند برنامه‌های برو و نرو را تعویض کنند. علیرغم این تفاوت در الگوی فعال‌سازی، یک جبران در عملکرد افراد DCD دیده می‌شود، این موضوع ممکن است نشان دهنده این باشد که افراد DCD تکلیف را سخت‌تر می‌یابند چرا که در مطالعات تصویربرداری افراد سالم نشان داده شده است با افزایش دشواری تکلیف بازداری فعالیت قشر کمربندی قدامی افزایش یافته است (۲۰).

همانطور که نتایج نشان می‌دهد بیشترین تغییرات در زمان تأخیر مؤلفه‌ها مشاهده شده است. همسو با نتایج این تحقیق تسای نیز تغییرات را صرفاً

1- Kropotove

در زمان تأخیر مشاهده نمود. او بیان کرد که این موضوع نشان می‌دهد زمان تأخیر مؤلفه P300 در کودکان DCD بیشتر تحت تأثیر تمرین قرار می‌گیرد. تسای با اشاره به مطالعه پولیچ و کوک، بیان می‌کند در مطالعات قبلی به این موضوع اشاره شده است که نتایج بیولوژیک تمرینات طولانی مدت بر زمان تأخیر این مؤلفه و نه دامنه آن تاثیر مستقیم دارد (۲۰).

برخلاف مطالعه تسای عمده تغییرات مشاهده شده در این تحقیق در زمان تأخیر مؤلفه N200 است. البته در میزان دامنه این مؤلفه نتایج مشابهی بدست آمد و او نیز هیچ تفاوتی در دامنه N200 مشاهده نکرد. برخی از محققان استدلال می‌کنند که مؤلفه Nogo N200 نشان دهنده یک پردازش مهاری بالا به پایین است که یک پاسخ نادرست را در مرحله پردازش سرکوب می‌کند و این که Nogo N200 نشان دهنده حل تعارض در برنامه حرکتی در زمان تعیین یک پاسخ مناسب است. در مطالعه فرانس[1] و همکاران در سال ۲۰۰۴ این ایده مطرح شد که مؤلفه N200 نماینده بازبینی تضاد[2] است نه بازداری. بنابراین نتایج این مطالعه کاهش زمان تأخیر این مؤلفه را نشان می‌دهد و پیشنهاد می‌شود که مداخله تمرینی باعث تشخیص زود هنگام تضاد، در محرک‌های ارائه شده است (۲۱).

مطالعات تصویر برداری نشان دادند که مشکلات رها سازی اختیاری توجه از نشانه‌های نامعتبر به شبکه پیشانی–آهیانه‌ای نسبت داده شده است (۲۱)، در حالیکه ممکن است شبکه پیشانی–عقده‌های قاعده‌ای در مشکلات توقف حرکات بازداری در برابر یک هدف اجباری، درگیر باشد. در این مطالعه تغییرات معناداری در زمان تأخیر مؤلفه N200 در نواحی P3 و P4 (واقع در لوب آهیانه‌ای) و Fz و F4 (واقع در لوب پیشانی) و نیز تغییراتی در زمان تأخیر مؤلفه P300 در نواحی Fz و P4 مشاهده شد. با اینکه کارهای تجربی پیوسته‌ای برای روشن کردن نقش بازداری زدایی و زیرساخت‌های عصبی آن در رشد حرکتی نابهنجار لازم است، نتایج فوق نشان می‌دهد که ممکن است تمرینات بدنی باعث بهبود بازداری شوند. به نظر می رسد شرکت در فعالیت‌های بدنی با عملکرد شناختی بهتر در کودکان در ارتباط است و به ویژه در تمریناتی که نیازمند توجه و حرکات ماهرانه هستند، صدق می‌کند. نشان داده شده است که این تمرینات منجر به تغییرات شکل پذیری[3] در پردازش‌های شناختی می‌شود (۲۲).

عملکرد حرکتی

نتایج نشان دادند که پس از مداخله تمرینی گروه تجربی در هفت خرده آزمون "قرار دادن پین ها"، "رسم ماز"، "پرتاب کیسه شن"، "دریافت و پرتاب"، "راه رفتن پاشنه پنجه" و " تعادل ایستا" و "لی لی"بهبود معنادار داشتند و در خرده آزمون "نخ کشی" تغییر معناداری مشاهده نشد. بنابراین برنامه تمرینات بدنی به بهبود متغیرهایی که اساس هدف گیری و تعادل دارند، به شکل معناداری کمک نموده است. عدم مشاهده تغییرات معنادار در متغیر چالاکی دستی نخ کشی ممکن است به علت مشکل آن‌ها در عامل هماهنگی مهارت های حرکتی ظریف باشد (۱۲).

یکی از مزیت های عمده تحقیق حاضر درنظر گرفتن گروه کودکان با رشد طبیعی است، این موضوع امکان مقایسه مهارت حرکتی کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی پس انجام مداخلات را با گروه سالم را فراهم می‌کند. چنانچه تسای و همکاران اذعان کردند با اینکه پس از تمرینات فوتبال نمرات کودکان DCD در آزمون MABC بهبود یافت اما در حد نمرات استاندارد کودکان با رشد طبیعی قرار نگرفت و این موضوع نشان می‌دهد کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی نشانه‌های خفیف نقص عصب شناختی در مغز یا آسیب یا بدکاری حداقلی در مغز (۳۰) دارند که باعث بروز یک درهم گسیختگی در شبکه توجهی (۳۱) می‌شود. نتایج این تحقیق و بررسی ادبیات مربوط به کودکان DCD نشان می‌دهد با اینکه آن‌ها در فعالیت‌های بدنی ضعیف هستند اما مداخله‌های مبتنی بر فعالیت بدنی باعث بهبود عملکرد حرکتی آن‌ها می‌شود.

پیشنهادات برخاسته از تحقیق

در سال‌های اخیر، مؤلفه N200 از ERP تکلیف Nogo جدای از مؤلفه P300 مورد مطالعه قرار گرفته است و به عنوان یک شاخص برای درک ماهیت و راه‌اندازی فرایند استراتژی بازداری حرکت مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مرحله تحلیل ERP با بررسی گراف‌های حاصل از پتانسیل وابسته به رویداد افراد، به نظر می‌رسد که افراد استراتژی‌ها متفاوتی برای تشخیص تضاد و شروع بازداری دارند. برای مثال برخی از آن‌ها محرک‌های بازداری را مشابه با محرک‌های دیگر پردازش کردند و برخی دیگر ابتدا حضور محرک و سپس تضاد را پردازش کردند. در شیوه تحقیقی که در این رساله اتخاذ شده است تفاوت‌های فردی پوشیده ماند. بنابراین پیشنهاد می‌شود در این زمینه مطالعات موردی انجام شود تا الگوهای فعال‌سازی قشر مغز به شکل کامل‌تری مورد بررسی قرار گیرد.

1- France
2- Conflict Monitoring
3- Plastic

نتیجه گیری

در پایان نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که برنامه حرکتی ارائه شده در این پژوهش ممکن است بتواند شاخص‌های روانشناختی وابسته به رویداد N200 و عملکرد حرکتی کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی را بهبود ببخشد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این مطالعه با اهداف کاربردی و با رعایت کلیه دستورالعمل‌های پژوهشی و اصول اخلاقی در رابطه با شرکت‌کنندگان از جمله رضایت آگاهانه داوطلبانه، حق کناره‌گیری از پژوهش در صورت تمایل و حفاظت از اطلاعات محرمانه آزمودنی‌ها، انجام پذیرفته است.

مشارکت نویسندگان

نویسندگان این پژوهش در کلیه مراحل اجرای پروژهش مشارکت یکسانی داشته اند.

حامی مالی

در طی این پژوهش هیچ‌گونه کمک مالی از منابع تأمین مالی در بخش عمومی، تجاری و غیردولتی دریافت نشد.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع نداد.

سپاسگزاری

از کلیه شرکت‌کنندگان و مدیران مدارسی که در اجرای این پژوهش همکاری داشته‌اند تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

1. Valentini NC, Ramalho MH, Oliveira MA. Movement assessment battery for children-2: translation, reliability, and validity for Brazilian children. Journal of Research in Developmental Disabilities. 2014;35:733–740. doi:10.1016/j.ridd.2013.10.028
2. Smits-Engelsman B, Bonney E, Ferguson G. Motor skill learning in children with and without Developmental Coordination Disorder. Human Movement Science. 2020;74:102-130. doi:10.1016/j.humov.2020.102530
3. Parr JVV, Foster RJ, Wood G, Thomas NM, Hollands MA. Children With Developmental Coordination Disorder Show Altered Visuomotor Control During Stair Negotiation Associated With Heightened State Anxiety. Frontiers in Human Neuroscience. 2020;14:512-523. doi:10.3389/fnhum.2020.00512
4. Roy A. Connectionism, controllers and a brain theory. IEEE transactions on systems, man and cybernetics- part a: systems and humans. 2008;38:1434-1441. doi:10.1109/TSMCA.2008.2002897
5. Morrison C, Taler V. ERP measures of the effects of age and bilingualism on working memory performance. Neuropsychologia. 2020;143:107-120. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2020.107520
6. Hajcak G, Foti D. Empirical, methodological, and theoretical connections between the late positive potential and P300 as neural responses to stimulus significance: An integrative review. Psychophysiology. 2020;57 (7):111–123. doi:10.1111/psyp.13425
7. Lin Y, Schack T, Koester D. Coordinating Initial and Final Action Goals in Planning Grasp-to-Rotate Movements: An ERP Study. Neuroscience. 2021;459:70-84. doi:10.1016/j.neuroscience.2021.01.032
8. Yu L, Wang X, Lyu Y, Ding L, Jia J, Tong S, Guo X. Electrophysiological Evidences for the Rotational Uncertainty Effect in the Hand Mental Rotation: An ERP and ERS/ERD Study.

Neuroscience. 2020;432:205-215. doi:10.1016/j.neuroscience.2020.02.034
9. Díaz-Pérez A, Vicente-Nicolás G, Valero-García AV. Music, body movement, and dance intervention program for children with developmental coordination disorder. Psychology of Music. 2020;1-12. doi:10.1177/0305735620947133
10. Alloway TP, Archibald L. Working Memory and Learning in Children with Developmental Coordination Disorder and Specific Language Impairment. Journal of Learning Disabilities. 2008;41 (3):251–262. doi:10.1177/0022219408315815
11. Brown D. An ERP investigation of premotor sensory activity and response control in adults with Developmental Coordination Disorder [Doctoral thesis]. Goldsmiths, University of London; 2011.
12. Sartori RF, Valentini NC, Fonseca RP. Executive function in children with and without developmental coordination disorder: A comparative study. Child: care, health and development. 2020;46 (3):294-302. doi:10.1111/cch.12743
13. Mirabella G, Mancini C, Valente F, Cardona F. Children with primary complex motor stereotypies show impaired reactive but not proactive inhibition. Cortex. 2020;124:250-259. doi:10.1016/j.cortex.2019.11.016
14. Houwen S, Kamphorst E, Van der Veer G, Cantell M. Identifying patterns of motor performance, executive functioning, and verbal ability in preschool children: A latent profile analysis. Research in Developmental Disabilities. 2019;84:3-15. doi:10.1016/j.ridd.2018.08.013
15. Morton S, Bastian A. Prism adaptation during walking generalizes to reaching and requires the cerebellum. Journal of Neurophysiology. 2004;92:2497-2509. doi:10.1152/jn.00208.2004
16. Morton C. The effect of a group motor skills programme on the participation and movement ability of children with developmental coordination disorder [Thesis]. Public Health, Physiotherapy and Sports Science Theses, University College Dublin; 2015.
17. Farhat FH, Hsairi I, Baati H, Engelsman S, Masmoudi K, Mchirgui R, Triki CH, Moalla W. The effect of a motor skills training program in the improvement of practiced and non-practiced tasks performance in children with developmental coordination disorder (DCD). Human Movement Science. 2016;46:10-22. doi:10.1016/j.humov.2016.03.004
18. Sarrami L, Ghasemi A, Arabameri E, Kashi A. Psychometric properties of movement assessment battery for children-2 in 36 Years old children in Isfahan. MEJDS. 2019;9:92. (In Persian).
19. Akbaripour R, Daneshfar A, Shojaei M. Reliability of the movement Assessment Battery for Children - Second Edition (MABC-2) in children aged 7-10 years in Tehran. J Rehab Med. 2019;7 (4):90-96. (In Persian). doi:10.2340/16501977-2544
20. Tsai C-L, Pan C-Y, Cherng R-J, Wu S-K. Dual-task study of cognitive and postural interference: a preliminary investigation of the automatization deficit hypothesis of developmental co-ordination disorder. Child: Care, Health & Development. 2009;35 (4):551-560. doi:10.1111/j.1365-2214.2009.00949.x
21. Shie R, Izadi-Najafabadi S, Zwicker JG. Children with developmental coordination disorder show altered functional connectivity compared to peers. NeuroImage: Clinical. 2020;27:102-114. doi:10.1016/j.nicl.2020.102213
22. Parke EM, Thaler NS, Etcoff LM, Allen DN. Intellectual Profiles in Children With ADHD and Comorbid Learning and Motor Disorders. Journal of Attention Disorders. 2020;24 (9):1227–1236. doi:10.1177/1087054717719475
23. Querne L, Berquin P, Vernier-Hauvette M-P, Fall S, Deltour L, Meyer M-E, et al. Dysfunction of the attentional brain network in children with developmental coordination disorder: A fMRI study. Brain Research. 2008;1244:89-102. doi:10.1016/j.brainres.2008.06.085
24. Rivard L, Missiuna C, Pollock N, David KS. Developmental coordination disorder (DCD). In: Campbell SK, Palisano RJ, Orlin MN, editors. Physical therapy for children. 4th ed. St. Louis, MO: Elsevier; 2011. p. 498-538.
25. Soltani Nejad S, Kashi A, Zarezadeh M, Ghasemi A. Effectiveness of motor activities with and

without music on manual dexterity in children with Autism Spectrum Disorder. Empowering Exceptional Children Journal. 2020;11 (33):53-61. (In Persian). doi:10.22054/eecj.2020.52587.1682
26. EbrahimiSani S, Sohrabi M, Taheri H, Agdasi MT, Amiri S. Effects of virtual reality training intervention on predictive motor control of children with DCD – A randomized controlled trial. Research in Developmental Disabilities. 2020;107:1-15. doi:10.1016/j.ridd.2020.103786
27. Mahmoodifar E, Movahedi AR, Arabameri E, Faramarzi S. The Effects of Transcranial Direct Current Stimulation and Selective Motor Training on Gross Motor Skills in Children with Autism Spectrum Disorders. Motor Behavior. 2018;10 (32):79-96. (In Persian). doi:10.22054/jmb.2018.4240
28. Taghi Garehbagh M, Mohamadzadeh H. The Effect of Selected Exercise Programs on the Simple and Selective Reaction Time among Students with Development Coordination Disorder. Psychology of Exceptional Individuals. 2020;10 (37):59-74. doi:10.22054/peij.2020.46652.1016
29. Riggins T, Scott LS. P300 development from infancy to adolescence. Psychophysiology. 2020;57 (7):133–146. doi:10.1111/psyp.13526
30. Wilson PH, Butson M. Deficits underlying DCD. In: Geuze RH, editor. Developmental coordination disorder. A review of current approaches. 2006;1:111–137. Marseille, France: Solal Editeurs.
31. Posner M, Rothbart M, Sheese B. Attention genes. Developmental Science. 2007;10:24-29. doi:10.1111/j.1467-7687.2007.00557.x