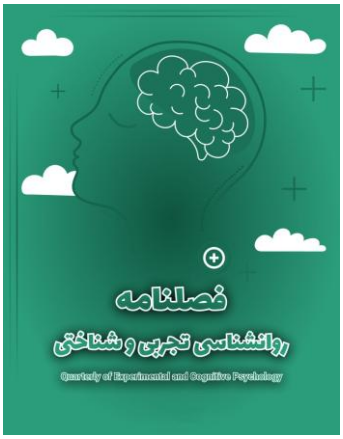
Comparing the Effectiveness of Brain Hemisphere Training and Neurofeedback Therapy on Creativity in Students with Academic Failure

1. Farahnaz Tavakoli: Department of Psychology, Ar.C., Islamic Azad University, Arak, Iran

2. Zabih Pirani*: Department of Psychology, Ar.C., Islamic Azad University, Arak, Iran.

3. Firouzeh Zanganeh: Department of Psychology, Ar.C., Islamic Azad University, Arak, Iran

*Corresponding Author's Email Address: Zabih.pirani@iua.ac.ir



Received: 24 September 2025
Revised: 13 February 2026
Accepted: 22 February 2026
Initial Publish: 08 April 2026
Final Publish: 22 December 2026

Copyright: © 2026 by the authors. Published under the terms and conditions of Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License.

Abstract:

Objective: The present study aimed to compare the effectiveness of brain hemisphere training and neurofeedback therapy on creativity among second-grade elementary students with academic failure.

Methodology: This applied research employed a quasi-experimental design with pretest–posttest, follow-up, and a control group. The statistical population consisted of second-grade elementary students in Isfahan during the 2022–2023 academic year. Using purposive sampling, six elementary schools were selected, and 45 students with academic failure who met the Torrance Creativity Test cutoff score were recruited and randomly assigned into three groups: brain hemisphere training, neurofeedback therapy, and control (n=15 each). The first experimental group received structured brain hemisphere training sessions, while the second group underwent neurofeedback intervention based on EEG self-regulation protocols; the control group received no intervention. Creativity was measured using the Torrance Test of Creative Thinking (Figural Form B). Data were analyzed using repeated measures ANOVA and LSD post hoc tests in SPSS-26.

Findings: Statistical analysis revealed a significant group effect on creativity ($p<0.05$). Posttest and follow-up comparisons indicated significant differences between the brain hemisphere training group and both the neurofeedback and control groups. However, no significant difference was observed between the neurofeedback and control groups. The results demonstrated that brain hemisphere training produced a sustained improvement in creativity, whereas neurofeedback alone did not yield statistically significant gains compared with the control condition.

Conclusion: The findings suggest that brain hemisphere training represents an effective neuroeducational intervention for enhancing creativity in students experiencing academic failure and shows greater effectiveness than neurofeedback therapy.

Keywords: *Creativity; Brain Hemisphere Training; Neurofeedback; Academic Failure; Elementary Students.*

How to Cite: Tavakoli, F., Pirani, Z., & Zanganeh, F. (2026). Comparing the Effectiveness of Brain Hemisphere Training and Neurofeedback Therapy on Creativity in Students with Academic Failure. *Quarterly of Experimental and Cognitive Psychology,* 3(4), 1-18.

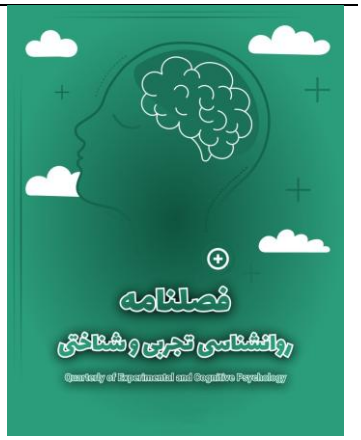
هم‌سنجی اثربخشی آموزش دو نیمکره مغز و درمان نوروفیدبک بر خلاقیت دانش‌آموزان دارای افت تحصیلی

۱. فرحناز توکلی: گروه روانشناسی، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

۲. ذبیح پیرانی*: گروه روانشناسی، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران. (نویسنده مسئول)

۳. فیروزه زنگنه: گروه روانشناسی، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

*پست الکترونیک نویسنده مسئول: Zabih.pirani@iua.ac.ir



تاریخ دریافت: ۲ مهر ۱۴۰۴

تاریخ بازنگری: ۲۴ بهمن ۱۴۰۴

تاریخ پذیرش: ۳ اسفند ۱۴۰۴

تاریخ چاپ اولیه: ۱۹ فروردین ۱۴۰۴

تاریخ چاپ نهایی: ۱ دی ۱۴۰۵

مجوز و حق نشر: © ۱۴۰۵ تمامی حقوق انتشار این مقاله متعلق به نویسنده است. انتشار این مقاله به‌صورت دسترسی آزاد مطابق با گواهی (CC BY-NC 4.0) صورت گرفته است.

چکیده

هدف: هدف پژوهش حاضر مقایسه اثربخشی آموزش دو نیمکره مغز و درمان نوروفیدبک بر میزان خلاقیت دانش‌آموزان پایه دوم ابتدایی دارای افت تحصیلی بود.

مواد و روش: این پژوهش کاربردی با طرح نیمه‌آزمایشی پیش‌آزمون–پس‌آزمون همراه با مرحله پیگیری و گروه کنترل انجام شد. جامعه آماری شامل دانش‌آموزان پایه دوم ابتدایی شهر اصفهان در سال تحصیلی ۲۰۲۲–۲۰۲۳ بود. پس از نمونه‌گیری هدفمند و انتخاب شش دبستان، ۴۵ دانش‌آموز دارای افت تحصیلی که نمره برش آزمون خلاقیت تورنس را کسب کرده بودند انتخاب و به‌صورت تصادفی در سه گروه آموزش نیمکره‌های مغز، نوروفیدبک و گروه گواه (هر گروه ۱۵ نفر) گمارش شدند. گروه آزمایش اول آموزش دو نیمکره مغز را در قالب جلسات تمرینی ساختاریافته دریافت کرد و گروه آزمایش دوم تحت درمان نوروفیدبک مبتنی بر ثبت امواج مغزی قرار گرفت؛ گروه کنترل مداخله‌ای دریافت نکرد. ابزار گردآوری داده‌ها آزمون خلاقیت تورنس فرم ب تصویری بود. داده‌ها با استفاده از تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر و آزمون تعقیبی LSD در نرم‌افزار SPSS-۲۶ تحلیل شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد اثر گروه بر خلاقیت معنادار است ($p<۰.۰۵$). در مرحله پس‌آزمون و پیگیری، تفاوت معناداری بین گروه آموزش نیمکره‌ای با نوروفیدبک و نیز بین گروه آموزش نیمکره‌ای و گروه گواه مشاهده شد، در حالی که تفاوت معناداری بین گروه نوروفیدبک و گروه گواه وجود نداشت. بنابراین، آموزش نیمکره‌های مغز موجب افزایش پایدار خلاقیت دانش‌آموزان شد، اما نوروفیدبک به‌تنهایی اثر معناداری نسبت به گروه کنترل نشان نداد.

نتیجه‌گیری: یافته‌ها نشان داد آموزش دو نیمکره مغز می‌تواند به‌عنوان یک مداخله آموزشی–عصب‌شناختی مؤثر در ارتقای خلاقیت دانش‌آموزان دارای افت تحصیلی مورد استفاده قرار گیرد و نسبت به نوروفیدبک اثربخشی بیشتری نشان داد.

کلیدواژگان: *خلاقیت؛ آموزش نیمکره‌های مغز؛ نوروفیدبک؛ افت تحصیلی؛ دانش‌آموزان ابتدایی.*

نحوه استناددهی: توکلی، فرحناز.، پیرانی، ذبیح.، و زنگنه، فیروزه. (۱۴۰۵). هم‌سنجی اثربخشی آموزش دو نیمکره مغز و درمان نوروفیدبک بر خلاقیت دانش‌آموزان دارای افت تحصیلی. *فصلنامه روانشناسی تجربی و شناختی*، ۳(۴)، ۱۸-۱.

Extended Abstract

Introduction

Educational systems worldwide increasingly emphasize the development of higher-order cognitive skills rather than mere knowledge transmission. Among these skills, creativity has emerged as a central construct associated with academic success, adaptive learning, and lifelong problem-solving capacity. Contemporary educational psychology recognizes creativity as a multidimensional cognitive ability involving flexibility, originality, elaboration, and fluency of thought, all of which contribute to effective learning processes (Larraz, 2021). Research indicates that students demonstrating higher creativity levels exhibit stronger academic engagement, improved learning strategies, and enhanced adaptability to complex educational demands (Souri et al., 2024). Consequently, fostering creativity has become a key strategy for addressing academic underachievement.

Academic failure represents a persistent challenge in many educational contexts. It is not merely a reflection of intellectual deficiency but often stems from deficits in executive functioning, motivation, and cognitive processing efficiency (Mohsenizadeh & Andishmand, 2020). Educational performance is closely linked to cognitive flexibility and innovative thinking abilities, suggesting that interventions targeting creativity may contribute to improved academic functioning (Mecias & Palaoag, 2022). Studies have further demonstrated that creativity mediates the relationship between environmental, educational, and psychological variables influencing academic outcomes (Azizinejad & Dioband, 2022).

Advances in neuroscience have transformed the understanding of creativity from a purely psychological construct into a neurocognitive phenomenon grounded in brain network dynamics. Neuroimaging studies reveal that creativity involves coordinated activity among distributed neural networks, particularly frontal, parietal, and associative regions of the brain (Miura et al., 2024). Recent research highlights the role of the brain's default mode network in idea generation and creative cognition, indicating that creativity depends on large-scale neural integration rather than isolated brain regions (Svanishvili, 2025). Furthermore, aesthetic and perceptual experiences have been shown to enhance neural connectivity associated with creative thinking (Huo, 2025).

Earlier neurophysiological research demonstrated distinct patterns of brainwave activity during convergent and divergent thinking processes, emphasizing the functional organization of brain regions in creativity (Razumnikova, 2000). Electroencephalographic studies on creative professionals confirmed increased connectivity between frontal and posterior brain areas during creative tasks (De Smedt et al., 2016). Likewise, hemispheric connectivity has been associated with divergent thinking abilities, suggesting that creativity relies on interaction between cerebral hemispheres (Moore et al., 2009). Although simplistic left-brain/right-brain dichotomies have been criticized, coordinated hemispheric functioning remains essential for optimal cognitive performance (Allen & van der Zwan, 2019).

Educational neuroscience has therefore introduced interventions designed to stimulate brain functioning and promote cognitive integration. One such intervention is brain hemisphere training, which employs coordinated motor, sensory, and cognitive exercises aimed at enhancing communication between hemispheres. Research demonstrates that such training improves reading performance, executive functioning, and learning abilities in students with academic difficulties (Nabizadeh Nodehi et al., 2019). Neuropsychological creativity training programs have also shown improvements in perceptual-motor skills, visual-spatial processing, and memory, all of which contribute to creative performance (Pournasai et al., 2019). Sensory integration approaches further support executive functioning development, reinforcing the theoretical basis of

hemisphere-based educational interventions (Pirkhaefi & Akbarvand, 2016).

Parallel to these educational approaches, neurofeedback therapy has gained attention as a neuroregulatory intervention that trains individuals to modify brainwave activity through real-time feedback. Neurofeedback has demonstrated effectiveness in enhancing working memory and attention regulation among children with cognitive difficulties (Alidadi Taimeh et al., 2019). Studies also indicate improvements in academic performance following neurofeedback-based executive function training (Ghiyasi Gishi et al., 2018). Moreover, neurofeedback training has been associated with improved long-term memory performance and cognitive efficiency (Tseng et al., 2021). Some evidence suggests that neurofeedback may enhance creativity by increasing self-regulation and cognitive flexibility (Rahmati et al., 2014), although findings remain inconsistent.

Brain-based learning frameworks emphasize that meaningful learning occurs when multiple neural systems are activated simultaneously through sensory, emotional, and motor engagement (Habibnejad Allameh et al., 2023). Cognitive neuroscience research further indicates that creative thinking involves coordinated activation across diverse brain regions rather than dominance of a single hemisphere (Yarmohammadi et al., 2021). Design thinking approaches in education similarly highlight creativity as an experiential and active learning process grounded in engagement and problem solving (Herniksen et al., 2017). Metacognitive processes also play a crucial role in creativity development, linking reflective thinking with innovative idea generation (Salarifar et al., 2021).

Despite growing interest in neuroscience-based educational interventions, limited empirical research has compared the effectiveness of hemisphere training and neurofeedback therapy on creativity among students experiencing academic failure. Considering the importance of innovative educational strategies for improving learning outcomes, the present study aimed to compare the effectiveness of brain hemisphere training and neurofeedback therapy in enhancing creativity among elementary students with academic failure.

Methods and Materials

The present study employed an applied quasi-experimental design using a pretest–posttest framework with follow-up assessment and a control group. The statistical population consisted of second-grade elementary students experiencing academic failure in Isfahan during the 2022–2023 academic year. Sampling was conducted purposively. Six elementary schools were selected, and students identified as having academic failure were screened using a standardized creativity assessment. Forty-five eligible students were selected and randomly assigned into three equal groups: brain hemisphere training, neurofeedback therapy, and a control group.

The first experimental group received structured brain hemisphere training consisting of coordinated motor exercises, sensory stimulation activities, visual-spatial tasks, rhythmic movements, and cognitive engagement activities designed to activate both cerebral hemispheres. The intervention was implemented through multiple sessions following a structured protocol.

The second experimental group underwent neurofeedback therapy using a two-channel neurofeedback system. Sessions involved brainwave monitoring and self-regulation training through computerized feedback tasks. Participants attended regular sessions focused on improving neural regulation related to attention, cognitive processing, and mental control.

The control group received no intervention during the study period. Creativity was assessed at three stages: pretest, posttest, and follow-up using the Torrance Test of Creative Thinking (Figural Form B). Data were analyzed using repeated measures analysis of variance and LSD post hoc comparisons.

Findings

Descriptive statistics indicated comparable creativity scores among groups at the pretest stage. Following the intervention, the brain hemisphere training group demonstrated a noticeable increase in creativity scores at posttest, which remained relatively stable during the follow-up stage. The neurofeedback group showed moderate improvement compared to baseline, whereas the control group exhibited minimal change across measurement phases.

Repeated measures ANOVA results revealed a statistically significant group effect on creativity. Post hoc comparisons indicated significant differences between the brain hemisphere training group and both the neurofeedback and control groups at posttest. No statistically significant difference was observed between the neurofeedback and control groups.

Follow-up comparisons confirmed that the brain hemisphere training group maintained significantly higher creativity scores compared with the other groups, demonstrating sustained intervention effects over time. The neurofeedback group did not differ significantly from the control group in follow-up measurements.

Overall, the data analysis indicated that brain hemisphere training significantly enhanced creativity among students with academic failure, while neurofeedback therapy alone did not produce statistically significant improvements relative to the control condition.

Discussion and Conclusion

The findings of the study indicate that brain hemisphere training was more effective than neurofeedback therapy in improving creativity among students experiencing academic failure. The observed improvement suggests that educational interventions combining motor, sensory, and cognitive engagement may activate broader neural systems involved in creative thinking. Active learning experiences appear to foster deeper cognitive processing and flexible thinking patterns, leading to sustained creativity enhancement.

The superiority of hemisphere training may be explained by its experiential nature. Students participated in movement-based and multisensory activities requiring coordination, problem solving, imagination, and active engagement. Such activities likely stimulated integrated brain functioning and strengthened neural pathways associated with creative cognition. Creativity development appears to depend not only on neural regulation but also on meaningful interaction between cognition, perception, and action.

In contrast, neurofeedback primarily targets neural self-regulation mechanisms such as attention control and arousal modulation. While these processes are important for learning readiness, they may not directly translate into increased creative production unless combined with cognitively demanding learning experiences. Creativity requires active idea generation, flexible thinking, and experiential exploration, which may explain the limited effectiveness of neurofeedback when implemented as a standalone intervention.

The persistence of creativity gains at follow-up further suggests that hemisphere training promotes durable cognitive change rather than temporary performance improvement. The intervention may have strengthened executive functioning, cognitive flexibility, and neural integration, thereby supporting long-term creative development. These results highlight the importance of educational approaches grounded in neuroscience but implemented through active pedagogical engagement.

From an educational perspective, the findings emphasize that addressing academic failure requires interventions extending beyond traditional instruction. Enhancing creativity can serve as a pathway for improving learning motivation, cognitive engagement, and adaptive problem solving. Brain-based educational strategies may therefore provide an effective framework for supporting students who struggle academically.

In conclusion, the study demonstrates that brain hemisphere training represents a promising neuroeducational intervention for fostering creativity among elementary students with academic failure. Although

neurofeedback offers valuable benefits for cognitive regulation, its independent application may be insufficient for promoting creative thinking. Educational systems seeking to improve learning outcomes should consider integrating brain-based, multisensory, and creativity-oriented programs into instructional practice to support both cognitive development and academic success.

مقدمه

نظام‌های آموزشی معاصر بیش از هر زمان دیگری با چالش ارتقای کیفیت یادگیری و کاهش افت تحصیلی دانش‌آموزان مواجه‌اند. موفقیت هر نظام آموزشی نه صرفاً در انتقال دانش، بلکه در پرورش توانایی‌های شناختی، هیجانی و خلاقانه فراگیران تعریف می‌شود؛ زیرا عملکرد تحصیلی پایدار زمانی تحقق می‌یابد که یادگیرندگان بتوانند دانش را به شیوه‌ای فعال، انعطاف‌پذیر و نوآورانه به کار گیرند (Rafigh Iranian et al., 2024). افت تحصیلی پدیده‌ای چندبعدی است که علاوه بر پیامدهای آموزشی، آثار روان‌شناختی، اجتماعی و اقتصادی قابل توجهی برای دانش‌آموز، خانواده و جامعه ایجاد می‌کند و از این رو یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های پژوهشگران تعلیم و تربیت محسوب می‌شود (Mohsenizadeh & Andishmand, 2020). مطالعات نشان داده‌اند که ضعف در کارکردهای اجرایی، کاهش انگیزش یادگیری و ناتوانی در پردازش شناختی انعطاف‌پذیر از عوامل کلیدی بروز افت تحصیلی هستند؛ عواملی که مستقیماً با سطح خلاقیت و شیوه‌های پردازش اطلاعات در مغز ارتباط دارند (Mecias & Palaoag, 2022).

در سال‌های اخیر، تحول پارادایمی مهمی در علوم تربیتی رخ داده است؛ به‌گونه‌ای که آموزش صرفاً انتقال محتوا تلقی نمی‌شود، بلکه توسعه مهارت‌های تفکر خلاق و حل مسئله به عنوان هدف اصلی آموزش مطرح شده است (Larraz, 2021). خلاقیت امروزه به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مهارت‌های قرن بیست‌ویکم شناخته می‌شود و نقش تعیین‌کننده‌ای در پیشرفت تحصیلی، سازگاری شناختی و موفقیت فردی دارد (Souri et al., 2024). پژوهش‌ها نشان داده‌اند دانش‌آموزانی که از سطح خلاقیت بالاتری برخوردارند، توانایی بیشتری در تحلیل مسائل، انعطاف شناختی و یادگیری عمیق دارند (Bai et al., 2020). همچنین خلاقیت نه‌تنها نتیجه یادگیری بلکه عامل تقویت‌کننده آن محسوب می‌شود و می‌تواند فرایندهای شناختی مرتبط با انگیزش، توجه و یادگیری معنادار را فعال سازد (Azizinejad & Dioband, 2022).

از منظر روان‌شناسی شناختی، خلاقیت یک سازه چندبعدی شامل سیالی، ابتکار، انعطاف‌پذیری و بسط شناختی است که با فرایندهای فراشناختی و تنظیم شناختی در ارتباط قرار دارد (Salarifar et al., 2021). آموزش‌هایی که سطح درگیری شناختی و هیجانی دانش‌آموزان را افزایش می‌دهند، می‌توانند خلاقیت هیجانی و شناختی را بهبود بخشند و در نتیجه موجب ارتقای یادگیری شوند (Hasani et al., 2021). در همین راستا، رویکرد طراحی تفکر یا Design Thinking نیز خلاقیت را راهکاری بنیادین برای حل مسائل آموزشی پیچیده معرفی کرده است (Herniksen et al., 2017). بنابراین، توجه به خلاقیت نه یک گزینه مکمل بلکه ضرورتی اساسی برای اصلاح نظام‌های آموزشی تلقی می‌شود.

پیشرفت علوم اعصاب شناختی موجب شده است که مطالعه خلاقیت از سطح نظری فراتر رفته و به بررسی سازوکارهای مغزی آن پرداخته شود. یافته‌های تصویربرداری مغزی نشان می‌دهد خلاقیت حاصل تعامل شبکه‌های عصبی گسترده در مغز است و فعالیت هماهنگ مناطق پیشانی، آهیانه‌ای و پس‌سری نقش اساسی در تولید ایده‌های نو دارد (Miura et al., 2024). پژوهش‌های جدید حتی نقش شبکه پیش‌فرض مغز (DMN) را در شکل‌گیری ایده‌ها و فرایند آفرینش ذهنی برجسته کرده‌اند (Svanishvili, 2025). همچنین تجربه‌های زیبایی‌شناختی و ادراکی می‌توانند شبکه‌های مغزی مرتبط با خلاقیت را فعال کرده و ظرفیت نوآوری شناختی را افزایش دهند (Huo, 2025).

بررسی فعالیت الکتریکی مغز نشان داده است که الگوهای خاص امواج مغزی در تفکر همگرا و واگرا تفاوت دارند و خلاقیت با سازمان‌دهی عملکردی متفاوت نواحی مغزی همراه است (Razumnikova, 2000).

مطالعات EEG بر هنرمندان و افراد خلاق نیز ارتباط گسترده میان قشر پیشانی و پس‌سری را در هنگام فعالیت خلاقانه نشان داده‌اند (De Smedt et al., 2016). افزون بر این، میزان ارتباط بین نیمکره‌های مغز با مؤلفه‌های تفکر واگرا رابطه مستقیم دارد (Moore et al., 2009). چنین یافته‌هایی بیانگر آن است که خلاقیت نتیجه عملکرد یک نیمکره خاص نیست بلکه محصول تعامل شبکه‌ای کل مغز است؛ موضوعی که دیدگاه ساده‌انگارانه «چپ‌مغز یا راست‌مغز بودن» را به چالش کشیده است (Allen & van der Zwan, 2019).

با وجود رد دیدگاه دوگانگی مطلق نیمکره‌ها، پژوهش‌ها همچنان نشان می‌دهند هر نیمکره در پردازش اطلاعات نقش‌های کارکردی متفاوت اما مکمل دارد. نیمکره چپ بیشتر با پردازش تحلیلی، زبان و منطق مرتبط است، در حالی که نیمکره راست در پردازش فضایی، شهودی و خلاق نقش پررنگ‌تری دارد (Beyki et al., 2022). مطالعات تصویربرداری عصبی نیز نشان داده‌اند تفاوت‌های ساختاری و عملکردی مغز میان افراد با سطوح مختلف خلاقیت وجود دارد (Maanavifar & Ashrafifar, 2021). بنابراین، رویکردهای آموزشی که تعامل و یکپارچگی دو نیمکره را تقویت کنند، می‌توانند بستر مناسبی برای رشد خلاقیت فراهم آورند.

یکی از رویکردهای نوین در این زمینه، آموزش دو نیمکره مغز است که با هدف فعال‌سازی همزمان مسیرهای حسی–حرکتی و شناختی طراحی شده است. این روش با تمرین‌های حرکتی متقاطع، تحریک حسی، فعالیت‌های دیداری–فضایی و هماهنگی شناختی، ارتباط بین نیمکره‌ها را تقویت می‌کند (Nabizadeh Nodehi et al., 2019). پژوهش‌ها نشان داده‌اند چنین تمرین‌هایی موجب بهبود مهارت‌های خواندن، کارکردهای اجرایی و یادگیری در دانش‌آموزان دارای مشکلات تحصیلی می‌شود (Pournasai et al., 2019). همچنین توانبخشی‌های عصب‌روان‌شناختی مبتنی بر یکپارچگی حسی می‌توانند عملکردهای اجرایی مغز را ارتقا دهند و زمینه بهبود یادگیری را فراهم کنند (Pirkhaefi & Akbarvand, 2016).

از سوی دیگر، پیشرفت فناوری‌های عصب‌درمانی منجر به توسعه روش‌هایی همچون نوروفیدبک شده است. نوروفیدبک نوعی آموزش خودتنظیمی مغز است که فرد با دریافت بازخورد لحظه‌ای از امواج مغزی خود، الگوهای فعالیت عصبی را اصلاح می‌کند (Ghiyasi Gishi et al., 2018). این روش در بهبود حافظه کاری، توجه و عملکرد شناختی کودکان مؤثر گزارش شده است (Alidadi Taimeh et al., 2019). پژوهش‌ها همچنین نشان داده‌اند آموزش نوروفیدبک می‌تواند حافظه بلندمدت اپیزودیک و معنایی را تقویت کند (Tseng et al., 2021) و توانایی‌های شناختی مرتبط با حل مسئله را ارتقا دهد (Zandkarimi et al., 2022). علاوه بر این، کاهش اضطراب و استرس تحصیلی از پیامدهای مثبت این مداخله گزارش شده است (Foroughi et al., 2023).

کاربرد نوروفیدبک در حوزه خلاقیت نیز مورد توجه قرار گرفته است. برخی پژوهش‌ها افزایش انعطاف‌پذیری شناختی و خلاقیت دانش‌آموزان پس از آموزش نوروفیدبک را گزارش کرده‌اند (Rahmati et al., 2014). با این حال، نتایج مطالعات همواره یکسان نبوده و میزان اثربخشی این روش به عوامل متعددی از جمله نوع پروتکل، سن شرکت‌کنندگان و ترکیب آن با مداخلات شناختی وابسته دانسته شده است. همین مسئله ضرورت مقایسه تجربی نوروفیدبک با سایر مداخلات عصب–آموزشی را برجسته می‌سازد.

در کنار مداخلات فناورانه، رویکردهای آموزش مبتنی بر مغز نیز به‌عنوان راهبردی مهم در بهبود یادگیری معرفی شده‌اند. آموزش مبتنی بر مغز با ایجاد تجارب یادگیری چندحسی و فعال، پیامدهای شناختی و عاطفی یادگیری را بهبود می‌بخشد (Habibnejad Allameh et al., 2023). چنین رویکردهایی می‌توانند کاستی‌های ناشی از عوامل محیطی یا آموزشی را جبران

کنند و زمینه رشد شناختی پایدار را فراهم آورند. در همین راستا، تحلیل فعالیت مغزی هنگام تفکر طراحی نشان داده است که افزایش همزمان فعالیت مناطق مختلف مغز با بروز تفکر خلاق مرتبط است (Movahedi & Pourmohammadi, 2017).

مطالعات حوزه آموزش خلاقیت نیز نشان داده‌اند که برنامه‌های آموزشی ساختاریافته می‌توانند مؤلفه‌های فراشناختی تفکر خلاق را به‌طور معناداری ارتقا دهند (Pirkhaefi et al., 2009). همچنین مقایسه روش‌های مختلف پرورش خلاقیت نشان داده است که مداخلات فعال و مبتنی بر تجربه اثربخشی بیشتری نسبت به روش‌های سنتی دارند (Sharifi & Davari, 2009). از منظر عصب‌شناسی شناختی، این یافته‌ها قابل تبیین است؛ زیرا یادگیری زمانی پایدار می‌شود که شبکه‌های عصبی متعدد به‌طور همزمان درگیر شوند (Yarmohammadi et al., 2021).

در مجموع، شواهد نظری و تجربی نشان می‌دهد که خلاقیت حاصل تعامل پیچیده فرایندهای آموزشی، شناختی و عصبی است. اگرچه آموزش دو نیمکره مغز و نوروفیدبک هر دو با هدف بهبود عملکرد مغزی طراحی شده‌اند، اما سازوکارهای اثرگذاری آن‌ها متفاوت است و هنوز مشخص نیست کدام یک در ارتقای خلاقیت دانش‌آموزان دارای افت تحصیلی اثربخشی بیشتری دارد. با توجه به اهمیت کاهش افت تحصیلی و ضرورت استفاده از رویکردهای نوین مبتنی بر علوم اعصاب در آموزش، انجام پژوهش‌های مقایسه‌ای در این حوزه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

بنابراین، هدف پژوهش حاضر تعیین و مقایسه اثربخشی آموزش دو نیمکره مغز و درمان نوروفیدبک بر خلاقیت دانش‌آموزان دارای افت تحصیلی است.

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نوع هدف یک پژوهش کاربردی و از نظر جمع آوری داده‌ها مطالعه‌ای نیمه آزمایشی با طرح پیش آزمون – پس آزمون و پیگیری با گروه کنترل بود. جامعه آماری دربرگیرنده تمامی دانش آموزان مقطع ابتدایی شهر اصفهان در سال ۱۴۰۲-۱۴۰۱ که دارای افت تحصیلی بود. روش نمونه‌گیری در مرحله اول به‌صورت هدفمند انجام شد. پژوهشگر ابتدا از میان مدارس ابتدایی شهر اصفهان، ۶ دبستان را انتخاب و سپس با مراجعه به این مدارس تمامی دانش آموزان دارای افت تحصیلی به عنوان نمونه انتخاب شد. در ادامه، تعداد ۴۵ دانش آموز که نمره برش (۰/۲۵) در آزمون خلاقیت دارند، به‌عنوان نمونه انتخاب شدند و به طور تصادفی در سه گروه، آزمایش اول (۱۵ نفر)، آزمایش دوم (۱۵ نفر) و گواه (۱۵ نفر) جایگزین شدند. برای گروه آزمایش اول و دوم به ترتیب اعمال روش نوروفیدبک و آموزش دو نیمکره مغز، اجرا شد و گروه گواه هیچ گونه آموزشی دریافت نکرد. بعد از برگزاری دوره‌های آموزشی، مجددا سه گروه مورد مطالعه توسط آزمون خلاقیت مورد سنجش قرار گرفتند. برای جمع آوری اطلاعات پژوهش از ابزارهای زیر استفاده شده است:

آزمون خلاقیت تورنس فرم ب (کودکان): آزمون تورنس که حاصل ۹ سال کار تورنس و همکارانش در مورد رفتار خلاق آن است در مطالعات بسیاری به عنوان ملاکی برای اندازه گیری خلاقیت به کار رفته است. تورنس وگف (۱۹۸۹) به نقل از شریفی و داوری (۱۳۸۸) اظهار می‌دارد از بین آزمون‌های موجود برای اندازه گیری خلاقیت، آزمون تورنس بالاترین کاربرد را داشته است و این آزمون بیش از هر آزمون دیگر در پژوهش‌ها و اندازه گیری‌های تربیتی مورد استفاده قرار گرفته است. تا کنون در بیش از دو هزار پژوهش که نتایج آن در جملات بهتر علمی چاپ شده از آزمون تورنس به عنوان وسیله اندازه گیری خلاقیت استفاده شده است. آزمون سنجش خلاقیت

تورنس فرم ب تصویری: که شامل سه فعالیت است و میزان وقت هر فعالیت ۱۰ دقیقه است. این فعالیت‌ها عبارتند از: فعالیت تصویر سازی: در این فعالیت تولید بر مبنای ابتکار و بسط ارزیابی می‌شود. تکمیل تصاویر : شامل ۱۰ تصویر ناقص است که کودک باید در زمان ۱۰ دقیقه آن‌ها را به تصاویر مختلف تبدیل کند. تولیدات دراین فعالیت برمبنای انعطاف پذیری، ابتکار، بسط و سیالی برای هر تصویر کامل شده ارزیابی می‌شود. فعالیت دایره‌ها: شامل ۳۶ دایره است که کودک باید آنها را به تصاویر دارای مفهوم تبدیل کند. تولیدات این فعالیت نیز بر اساس هر چهار مؤلفه خلاقیت ارزیابی می‌شود (پیرخائفی، برجعلی، دلاور و اسکندری ، ۱۳۸۸). تورنس[1] (۱۳۹۰) همبستگی بین نمرات افراد آموزش دیده و آموزش ندیده را بین ضریب همبستگی ۰/۸۶ تا ۰/۹۹ گزارش داده است سیالی ۰/۷۸ ابتکار ۰/۷۴ انعطاف پذیری ۰/۸۱ / و بسط ۰/۸۱ گزارش داده است (پیرخائفی و همکاران، ۱۳۸۸ و شریفی و داوری، ۱۳۸۸). همچنین، فرم ب خلاقیت تورنس در پژوش‌های بسیاری از جمله (قاسمی، سعیدی و خرازیان، ۱۳۹۶) در ایران انجام گرفته است که نشان دهنده روایی خوب این آزمون است.

پایایی آزمون خلاقیت که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت، توسط پژوهشگر با روش آلفای کرونباخ محاسبه گردید که آلفای کرونباخ آن ۰/۷۸ محاسبه گردید.

ساختار جلسات، درمان نوروفیدبک: یکی دیگر از مداخلات درمانی در این پژوهش درمان نوروفیدبک همراه با تمرین‌های شناختی رایانه‌ای می‌باشد. درمان نوروفیدبک دارای روایی قابل قبولی است و میزان اثر بخشی این برنامه آموزشی توسط محققان بررسی و تایید شده است (علیدادی، ستوده اصل و کرمی، ۱۳۹۸). نوروفیدبک بر پایه نظریه شرطی سازی عامل است که مغز به تدریج با تمرین و تکرار می‌آموزد برای نیل به هدف چه باید انجام دهد که این امر منجربه تنظیم امواج خود شود (زندکریمی، فضلعلی و حسنوند، ۱۴۰۱). در این پژوهش، برای مداخله با نوروفیدبک از دستگاه دو کاناله ProComp2 استفاده شد. ارزیابی اولیه بر اساس خط پایه چهار فعالیتی مبتنی بر سیستم ۲۰-۱۰ جهانی و بر نقطه Cz برای هر کودک صورت گرفت. سپس هر جلسه از درمان به صورت تک قطبی و به مدت ۳۰ دقیقه همراه با تمرین‌های یک سویه و دو سویه و نیز DVD بر نقطه Fcz و مبتنی بر پروتکل ایلی مقدم، جاجرمی و قشونی (۱۳۹۹) در ۳۱ جلسه (هفته‌ای سه جلسه) انجام شد. در این روش درمانی از سه پروتکل A، B و C استفاده می‌شود. در پروتکل A به منظور بهبود مهارت یادگیری و بر روی نقطه ی Cz (نقطه ی مرکزی سر) سعی بر کاهش موج Theta(۸-۴ هرتز)،افزایش SMR (۱۵-۱۲ هرتز) و کاهش HighBeta (۳۵-۲۱ هرتز)، در پروتکل B برای افزایش خلاقیت و بر روی نقطه ی Cz سعی بر کاهش موج Beta و افزایش Alpha(۱۲-۸ هرتز) و در پروتکل C برای مهارت حل مسئله و روی نقطه ی Pz سعی بر افزایش موج Beta و کاهش Theta داریم. در این پروتکل‌ها سعی بر آن است تا با تمرین و شرطی سازی فرد میزان امواج مغزی او به حد تعادل و مطلوب نزدیک شود. به این صورت که مثلا در پروتکل A با قرار دادن الکترود فعال در نقطه Cz، الکترود رفرنس روی گوش راست و الکترود گراند روی گوش چپ دو موج Theta و HighBeta را کاهش و موج SMR را افزایش دهیم. این کار به مرور زمان و در طی ۱۰ جلسه خواهد بود و ما طی مراحل درمان و هر جلسه اهداف خاصی را دنبال خواهیم کرد. در این روش درمانی ما میزان امواج را در هر جلسه یادداشت و سعی می‌کنیم در جلسه ی بعدی میزان موج را در جهت درمانی مشخص شده (در نرم افزار جهت درمان برای هر موج با یک فلش مشخص شده است) کاهش یا افزایش دهیم. به طور مثال اگر میزان موج Theta در جلسه ی اول ۱۰۰ میکرو ولت باشد، ما سعی

[1] - Torens

کردیم با توجه به جهت درمانی برای این موج که در اینجا کاهشی می‌باشد، این میزان را بعد از حدود ۱۵ الی ۲۰ جلسه به ۷۰ میلی ولت برسانیم. این پروسه با دریافت پاداش توسط فرد (که همان پیشروی بازی می‌باشد) و در واقع شرطی سازی انجام می‌شود. بدین صورت که اگر فرد بتواند میزان امواج را طی جلسه ی درمانی به حد مشخص شده و دلخواه ما برساند بازی پیش می‌رود و اگر موفق به انجام این کار نشود در بازی پیشروی نخواهد داشت. تنها کاری که مراجع در طی این مدت باید انجام دهد تمرکز بر روی به پیش بردن بازی می‌باشد. سپس از پروتکل‌های B و C نیز به همین ترتیب و از هر کدام ۱۰ جلسه استفاده شد که در مجموع کل جلسات درمانی به عدد ۳۰ رسید. در کنار جلسات نوروفیدبک نیز و پس از هر جلسه تمرین‌های مشخص شده برای فرد انجام شد. در طی جلسات درمان از طریق خود فرد، والدین و مدرسه پیگیر روند درمانی شدیم. همین طور جهت پیگیری بهتر در جلسات ۱۵ و ۳۱ دوباره ثبت‌های تخیصی را تکرار کرده تا از بهبودی کامل فرد اطمینان حاصل کنیم.

پروتکل مداخله آموزش دو نیمکره‌های مغز بر اساس برنامه درمانی نبی‌زاده نودهی، برجعلی، استکی و فرخی (۱۳۹۸) طراحی و در قالب ۱۶ جلسه ساختاریافته اجرا شد. در این مداخله، مجموعه‌ای از تمرین‌های حرکتی، حسی، شناختی و ادراکی با هدف فعال‌سازی همزمان دو نیمکره مغز و تقویت یکپارچگی عصبی مورد استفاده قرار گرفت. جلسات اولیه با معرفی برنامه و انجام حرکات پایه شامل راه رفتن در جهات مختلف، حرکات متقاطع دست و پا، پرش، شمارش مستقیم و معکوس و تمرین‌های هماهنگی انگشتان آغاز شد. در ادامه، تمرین‌های تنفسی متناوب، ترسیم اشکال با هر دو دست، نوشتن و لمس واژه‌ها با مواد مختلف، خواندن کلمات با اندازه‌ها و شکل‌های متفاوت و تمرین‌های دیداری–حرکتی برای تحریک همزمان دو نیمکره اجرا گردید. در جلسات میانی، فعالیت‌هایی نظیر گوش دادن هدفمند به موسیقی، راه رفتن با چشم بسته، تشخیص اشیا از طریق لامسه، انجام حرکات ایروبیک متقاطع، نقاشی خلاقانه، حل پازل، جدول و سودوکو، تمرین‌های تعادلی و فعالیت‌های ریتمیک به منظور افزایش هماهنگی شناختی و حرکتی به کار گرفته شد. همچنین تمرین‌های اختصاصی برای تقویت نیمکره ضعیف شامل تعقیب محرک‌های دیداری، تشخیص بوها، آوازهای گروهی، حرکات کششی و فعالیت‌های چندحسی انجام شد. در جلسات پایانی، تمرین‌های ورزش مغز همراه با موسیقی، ترسیم همزمان اشکال متقارن، فعالیت‌های تقویت بازتاب‌های حرکتی، تمرین‌های وستیبولار، داستان‌سازی خلاقانه، حل مسئله، تخمین‌زدن و فعالیت‌های بدنی هماهنگ اجرا شد تا یکپارچگی عملکردی مغز، انعطاف شناختی و پردازش خلاق تقویت گردد. تمامی جلسات با مرور تکالیف جلسه قبل و تثبیت یادگیری‌ها پایان می‌یافت و تمرین‌ها به‌صورت تدریجی از فعالیت‌های ساده حرکتی به فعالیت‌های پیچیده شناختی–خلاقانه پیش می‌رفت.

در این پژوهش جهت تجزیه و تلحیل داده‌ها از تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر و آزمون تعقیبی در نرم افزار SPSS استفاده گردید.

یافته‌ها

یافته‌های حاصل از توصیف داده‌ها حاکی از آن است که میانگین خلاقیت در پیش آزمون برای گروه آموزش نیم کره‌ای (۱۸/۵۳)، برای گروه نوروفیدبک (۱۶/۸۰) و برای گروه کنترل (۱۸/۵۲) بوده است. در مرحله پس آزمون میانگین خلاقیت برای گروه آموزش نیم کره‌ای (۲۲/۳۳)، برای گروه نوروفیدبک (۱۹/۲۶) و برای گروه کنترل (۱۹/۰۶) بوده است و درنهایت میانگین خلاقیت در پیگیری برای گروه آموزش نیم کره‌ای (۲۱/۴۶)، برای گروه نوروفیدبک (۱۷/۸۰) و برای گروه کنترل (۱۸/۲۶) بوده است. توصیف کامل داده‌ها در جدول ۱ قابل مشاهده است.

جدول ۱. میانگین و انحراف استاندارد خلاقیت در سه مرحله آزمون به تفکیک گروه پژوهشی

مرحله	متغیر	زیر مقیاس	گروه آموزش	نیم کره ای		گروه	نوروفیدبک		گروه	گواه	
			میانگین	انحراف استاندارد		میانگین	انحراف استاندارد		میانگین	انحراف استاندارد	
پیش آزمون	خلاقیت	تکمیل تصاویر	۱۸/۵۳	۲/۴۷		۱۶/۸۰	۲/۸۰		۱۸/۵۳	۳/۶۰	
پس آزمون		تکمیل تصاویر	۲۲/۳۳	۲/۵۵		۱۹/۲۶	۲/۸۶		۱۹/۰۶	۳/۴۵	
پیگیری		تکمیل تصاویر	۲۱/۴۶	۲/۴۷		۱۷/۸۰	۲/۸۳		۱۸/۲۶	۳/۴۷	

همان گونه که در جدول ۱ قابل مشاهده است، یافته‌های توصیفی حاکی از آن است که متغیر خلاقیت در مرحله پس آزمون و پیگیری در مقایسه با پیش آزمون در گروه آموزش نیم کره‌ای افزایش محسوسی داشته است.

در مرحله استنباطی، به منظور تحلیل داده‌ها از آزمون تحلیل واریانس با اندازه گیری‌های مکرر و آزمون تعقیبی LSD برای مقایسه اثربخشی دو روش آموزش نیم کره‌ای و نوروفیدبک استفاده شد. در ابتدا پیش فرض‌های لازم برای استفاده از تحلیل واریانس با اندازه گیری‌های مکرر بررسی شد. نتیجه آزمون M-Box برای متغیر خلاقیت از ۰/۰۵ بیشتر بود در نتیجه فرض صفر پذیرفته می‌شود بدین معنا که ماتریس‌های کوواریانس مشاهده شده بین گروه‌های مختلف با هم برابر هستند (P=۰/۳۹۶، F=۱/۷۲۰). به منظور بررسیکرویت ماتریس واریانس-کوواریانس متغیر وابسته، از آزمون کرویت موچلی استفاده شد. نتایج این آزمون نشان داد که میزان معنی داری برای متغیر خلاقیت بیشتر از ۰/۰۵ است در نتیجه فرض صفر تایید می‌شود و کرویت ماتریس واریانس-کوواریانس برای زیر مقیاس تکمیل تصاویر را می‌توان پذیرفت (P=۰/۰۵۱). جهت سنجش برابری واریانس‌های خطای متغیر زمان در سه مرحله آزمون نیز از آزمون لوین استفاده شد. نتایج این آزمون نشان داد که فرض برابری واریانس برای زیر مقیاس تکمیل تصاویر در هر سه مرحله زمانی بیش تر از ۰/۰۵ بوده و در نتیجه معنی دار بوده است (پیش آزمون، P=۰/۳۷۹؛ پس آزمون، P=۰/۶۰۹؛ و پیگیری، P= ۰/۳۷۶).

جدول ۲. آزمون اثرات بین گروهی برای متغیر خلاقیت

متغیر	منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	مقدار معنی داری	اندازه اثر
	عرض از مبدا	۴۹۳۴۴/۸۹۶	۱	۴۹۳۴۴/۸۹۶	۱۹۰۶/۷۲۷	<۰/۰۰۱	۰/۹۹۹
خلاقیت	گروه	۱۹۵/۸۳۷	۲	۹۷/۹۱۹	۳/۷۸۴	۰/۰۳۱	۰/۶۵۸
	خطا	۱۰۸۶/۹۳۳	۴۲	۲۵/۸۷۹			

همان گونه که در جدول ۲ قابل مشاهده است، متغیر خلاقیت معنی داری کمتر از ۰/۰۵ را کسب کرد که یعنی تفاوت معنی داری بین میانگین آن در گروه‌های مورد مطالعه وجود دارد.

برای مشخص شدن اینکه این اختلاف معنی دار حاصل تفاوت کدامیک از گروه‌ها است باید میانگین گروه‌ها در سه زمان مختلف (پیش آزمون، پس آزمون و پیگیری) و با در نظر گرفتن گروه ها، به صورت جفتی با یکدیگر مقایسه شوند که در چنین مواردی از آزمون‌های تعقیبی استفاده می‌شود. آزمون تعقیبی مناسب برای این مطالعه از جهت این که سه گروه مطالعه موجود است و تعداد آزمودنی‌ها هر سه گروه با هم مساوی هستند (هر گروه ۱۵ نفر)، از

آزمون تعقیبی LSD استفاده می‌شود که در ادامه نتایج این آزمون در جدول زیر گزارش شده است.

جدول ۳. آزمون تعقیبی مقایسه خلاقیت در اثر متقابل زمان و گروه

متغیر	زمان	گروه (I)	گروه (J)	اختلاف میانگین (I–J)	خطای استاندارد	معنی داری
	پیش	آموزش نیم کره ای	نوروفیدبک	۱/۷۳۳	۱/۰۹۵	۰/۱۲۱
	آزمون		گواه	-۷/۸۸۳	۱/۰۹۵	۰/۹۹۹
		نوروفیدبک	آموزش نیم کره ای	-۱/۷۳۳	۱/۰۹۵	۰/۱۲۱
			گواه	-۱/۷۳۳	۱/۰۹۵	۰/۱۲۱
		گواه	آموزش نیم کره ای	۷/۸۸۳	۱/۰۹۵	۰/۹۹۹
			نوروفیدبک	۱/۷۳۳	۱/۰۹۵	۰/۱۲۱
	پس	آموزش نیم کره ای	نوروفیدبک	۳/۰۶۷	۱/۰۸۷	۰/۰۰۷
	آزمون		گواه	۳/۲۶۷	۱/۰۸۷	۰/۰۰۵
		نوروفیدبک	آموزش نیم کره ای	-۳/۰۶۷	۱/۰۸۷	۰/۰۰۷
			گواه	۰/۲۰۰	۱/۰۸۷	۰/۸۵۵
		گواه	آموزش نیم کره ای	-۳/۲۶۷	۱/۰۸۷	۰/۰۰۵
			نوروفیدبک	-۰/۲۰۰	۱/۰۸۷	۰/۸۵۵
	پیگیری	آموزش نیم کره ای	نوروفیدبک	۳/۶۶۷	۱/۰۷۹	۰/۰۰۲
			گواه	۳/۲۰۰	۱/۰۷۹	۰/۰۰۵
		نوروفیدبک	آموزش نیم کره ای	-۳/۶۶۷	۱/۰۷۹	۰/۰۰۲
			گواه	-۰/۴۶۷	۱/۰۷۹	۰/۶۶۸
		گواه	آموزش نیم کره ای	-۳/۲۰۰	۱/۰۷۹	۰/۰۰۵
			نوروفیدبک	۰/۴۶۷	۱/۰۷۹	۰/۶۶۸

با توجه به جدول ۳، در مرحله پس آزمون، تفاوت معنی داری بین میانگین خلاقیت بین گروه آموزش نیم کره‌ای و نوروفیدبک وجود دارد، همچنین تفاوت معنی داری بین میانگین گروه آموزش نیم کره‌ای با گروه گواه وجود دارد ولی بین گروه نوروفیدبک و گروه گواه تفاوت معنی داری وجود ندارد؛ در نتیجه، اثر روش آموزش نیم کره‌ای به تنهایی در پس آزمون اثربخش بوده است. در مرحله پیگیری، تفاوت معنی داری بین میانگین خلاقیت بین گروه آموزش نیم کره‌ای و نوروفیدبک وجود دارد، همچنین تفاوت معنی داری بین میانگین گروه آموزش نیم کره‌ای با گروه گواه وجود دارد ولی بین گروه نوروفیدبک و گروه گواه تفاوت معنی داری وجود ندارد؛ در نتیجه، اثر روش آموزش نیم کره‌ای به تنهایی در پس آزمون اثربخش بوده است.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف پژوهش حاضر هم‌سنجی اثربخشی دو روش آموزش نیمکره‌های مغز و درمان نوروفیدبک بر خلاقیت دانش‌آموزان دارای افت تحصیلی بود. نتایج تحلیل‌های استنباطی نشان داد که آموزش نیمکره‌های مغز موجب افزایش معنادار خلاقیت در مرحله پس‌آزمون و پیگیری شده است، در حالی‌که درمان نوروفیدبک در مقایسه با گروه گواه تفاوت معناداری ایجاد نکرد. همچنین برتری آموزش نیمکره‌ای نسبت به نوروفیدبک در هر دو مرحله زمانی مشاهده شد. این یافته نشان می‌دهد که مداخلات آموزشی مبتنی بر فعال‌سازی همزمان فرایندهای حرکتی، شناختی و حسی ممکن است نسبت

به مداخلات صرفاً تنظیمی مغز، تأثیر عمیق‌تری بر خلاقیت دانش‌آموزان دارای افت تحصیلی داشته باشند.

یافته نخست پژوهش نشان داد آموزش دو نیمکره مغز باعث افزایش خلاقیت دانش‌آموزان شد. این نتیجه با دیدگاه‌های نوین علوم تربیتی که خلاقیت را پیامد تعامل فعال یادگیرنده با محیط یادگیری می‌دانند همسو است. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که یادگیری مؤثر زمانی رخ می‌دهد که دانش‌آموز درگیر پردازش‌های شناختی چندبعدی شود و بتواند اطلاعات را به شیوه‌ای انعطاف‌پذیر سازمان‌دهی کند (Larraz, 2021). خلاقیت نه تنها مهارتی شناختی بلکه عاملی اساسی برای بهبود عملکرد تحصیلی و کاهش فرسودگی آموزشی محسوب می‌شود (Rafigh Iranian et al., 2024). بنابراین افزایش خلاقیت مشاهده‌شده در گروه آموزش نیمکره‌ای می‌تواند بیانگر فعال شدن سازوکارهای یادگیری عمیق در دانش‌آموزان باشد.

از منظر عصب‌شناختی، نتایج پژوهش حاضر با مطالعاتی که نقش تعامل شبکه‌های مغزی در خلاقیت را برجسته می‌کنند هماهنگ است. تحقیقات تصویربرداری مغزی نشان داده‌اند که خلاقیت حاصل فعالیت هماهنگ چندین شبکه عصبی است و افزایش ارتباطات بین نواحی مغزی با تفکر واگرا ارتباط مستقیم دارد (Miura et al., 2024). همچنین پژوهش‌های جدید نشان داده‌اند شبکه پیش‌فرض مغز در تولید ایده‌ها و فرایند شکل‌گیری خلاقیت نقش محوری دارد (Svanishvili, 2025). تمرین‌های آموزش نیمکره‌های مغز به دلیل ماهیت چندحسی و حرکتی خود احتمالاً موجب فعال‌سازی همزمان این شبکه‌ها شده و در نتیجه خلاقیت را افزایش داده‌اند.

یافته‌های این پژوهش همچنین با نتایج تحقیقات مربوط به آموزش مبتنی بر مغز همسو است که نشان می‌دهد تحریک همزمان مسیرهای شناختی و حرکتی موجب بهبود پیامدهای شناختی و عاطفی یادگیری می‌شود (Habibnejad Allameh et al., 2023). تمرین‌های متقاطع حرکتی، هماهنگی دیداری–حرکتی و فعالیت‌های حسی مورد استفاده در آموزش نیمکره‌ای می‌توانند ارتباطات سیناپسی جدید ایجاد کنند و انعطاف‌پذیری عصبی را افزایش دهند؛ فرآیندی که اساس یادگیری و خلاقیت محسوب می‌شود.

پژوهش حاضر همچنین یافته‌های مطالعات پیشین درباره نقش یکپارچگی نیمکره‌های مغز در کارکردهای شناختی را تأیید می‌کند. مطالعات نشان داده‌اند که عملکردهای تحلیلی و خلاقانه به صورت مکمل در دو نیمکره سازماندهی شده‌اند و تعامل مؤثر میان آن‌ها موجب ارتقای کارکرد شناختی می‌شود (Beyki et al., 2022). هرچند دیدگاه ساده‌انگارانه چپ‌مغز/راست‌مغز مورد نقد قرار گرفته است، اما هماهنگی شبکه‌ای مغز همچنان عامل مهمی در خلاقیت محسوب می‌شود (Allen & van der Zwan, 2019). بنابراین، افزایش خلاقیت در گروه آموزش نیمکره‌ای احتمالاً ناشی از تقویت هماهنگی عملکردی بین نیمکره‌ها بوده است.

نتیجه حاضر با پژوهش‌هایی که اثر آموزش دو نیمکره مغز بر مهارت‌های شناختی دانش‌آموزان دارای مشکلات یادگیری را گزارش کرده‌اند نیز همخوانی دارد. آموزش نیمکره‌ای توانسته است مهارت‌های خواندن و درک مطلب دانش‌آموزان نارساخوان را بهبود بخشد (Nabizadeh Nodehi et al., 2019) و الگوهای عصب‌روان‌شناختی مرتبط با خلاقیت را فعال کند (Pournasai et al., 2019). همچنین توانبخشی‌های مبتنی بر یکپارچگی حسی موجب ارتقای کارکردهای اجرایی مغز شده‌اند (Pirkhaefi & Akbarvand, 2016). از آنجا که کارکردهای اجرایی با خلاقیت رابطه مستقیم دارند، می‌توان افزایش خلاقیت مشاهده‌شده را پیامد بهبود این کارکردها دانست.

از منظر شناختی، خلاقیت ارتباط نزدیکی با فراشناخت و تنظیم شناختی دارد. پژوهش‌ها نشان داده‌اند دانش فراشناختی و باورهای فراشناختی نقش

مهمی در خلاقیت هیجانی و شناختی ایفا می‌کنند (Salarifar et al., 2021). آموزش‌های فعال و مشارکتی نیز توانسته‌اند خلاقیت هیجانی دانش‌آموزان را افزایش دهند (Hasani et al., 2021). تمرین‌های آموزش نیمکره‌ای که شامل حل مسئله، فعالیت‌های حرکتی و ادراکی بودند احتمالاً موجب فعال شدن فرایندهای فراشناختی شده‌اند و این امر افزایش خلاقیت را توضیح می‌دهد.

نتیجه دیگر پژوهش حاضر نشان داد نوروفیدبک به‌تنهایی تفاوت معناداری با گروه کنترل ایجاد نکرد. این یافته در نگاه نخست ممکن است با برخی مطالعات که اثر مثبت نوروفیدبک را گزارش کرده‌اند متفاوت به نظر برسد. برای مثال، پژوهش‌ها نشان داده‌اند نوروفیدبک می‌تواند حافظه کاری و عملکرد شناختی کودکان را بهبود دهد (Alidadi Taimeh et al., 2019) و موجب ارتقای عملکرد تحصیلی شود (Ghiyasi Gishi et al., 2018). همچنین افزایش حافظه بلندمدت پس از آموزش نوروفیدبک گزارش شده است (Tseng et al., 2021). با این حال، بسیاری از پژوهشگران تأکید کرده‌اند که اثر نوروفیدبک بیشتر بر فرایندهای تنظیم توجه و خودکنترلی متمرکز است تا تولید مستقیم ایده‌های خلاقانه.

یکی از تبیین‌های احتمالی برای عدم معناداری اثر نوروفیدبک در این پژوهش آن است که خلاقیت سازه‌ای پیچیده و چندعاملی است و تنها تنظیم امواج مغزی بدون درگیری فعال شناختی ممکن است برای ایجاد تغییر پایدار کافی نباشد. مطالعات علوم اعصاب نشان داده‌اند خلاقیت نیازمند تعامل فعال شبکه‌های شناختی، هیجانی و حرکتی است (Huo, 2025). بنابراین مداخلاتی که مشارکت فعال یادگیرنده را افزایش می‌دهند احتمالاً اثربخشی بیشتری دارند.

همچنین برخی پژوهش‌ها نشان داده‌اند نوروفیدبک زمانی بیشترین اثربخشی را دارد که با آموزش‌های شناختی یا تحریک‌های مکمل ترکیب شود (Zandkarimi et al., 2022). در پژوهش حاضر، نوروفیدبک به‌صورت مستقل اجرا شد و همین امر می‌تواند دلیل تفاوت نتایج با برخی مطالعات پیشین باشد. علاوه بر این، نوروفیدبک بیشتر در کاهش اضطراب و استرس تحصیلی مؤثر گزارش شده است (Foroughi et al., 2023) و شاید اثر آن بر خلاقیت نیازمند دوره‌های طولانی‌تر یا ترکیب با مداخلات آموزشی باشد.

از دیدگاه عصب‌شناسی، فعالیت خلاقانه با الگوهای خاص امواج مغزی مرتبط است و تغییرات این الگوها نیازمند تمرین‌های شناختی فعال است (Razumnikova, 2000). مطالعات EEG بر افراد خلاق نیز نشان داده‌اند که ارتباط گسترده میان نواحی مغزی در هنگام فعالیت خلاقانه افزایش می‌یابد (De Smedt et al., 2016). در نتیجه، احتمالاً آموزش نیمکره‌ای به دلیل ماهیت فعال و چندبعدی خود توانسته است چنین الگوهای شبکه‌ای را تقویت کند، در حالی که نوروفیدبک به‌تنهایی این سطح از درگیری شناختی را ایجاد نکرده است.

نتایج پژوهش حاضر همچنین نشان می‌دهد خلاقیت مهارتی اکتسابی است که از طریق آموزش قابل ارتقاست؛ موضوعی که با یافته‌های پژوهش‌های آموزش خلاقیت همسو است (Sharifi & Davari, 2009). طراحی برنامه‌های آموزشی مبتنی بر تفکر خلاق و تجربه‌محور می‌تواند ظرفیت‌های شناختی دانش‌آموزان را فعال کند (Herniksen et al., 2017). افزون بر این، فعالیت‌های مغزی مرتبط با خلاقیت شامل همکاری گسترده نواحی مغزی است (Yarmohammadi et al., 2021) و آموزش‌های چندوجهی بهتر می‌توانند این همکاری را تقویت کنند.

در مجموع، یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد آموزش نیمکره‌های مغز نسبت به نوروفیدبک تأثیر قوی‌تر و پایدارتری بر خلاقیت دانش‌آموزان دارای افت تحصیلی دارد. این نتیجه اهمیت استفاده از رویکردهای آموزشی فعال، چندحسی و مبتنی بر علوم اعصاب را در نظام آموزشی برجسته می‌سازد.

خلاقیت زمانی رشد می‌کند که یادگیری از حالت منفعل خارج شده و مغز در سطح شبکه‌ای و یکپارچه درگیر فعالیت شود؛ موضوعی که می‌تواند مسیر جدیدی برای مداخلات آموزشی و توانبخشی تحصیلی فراهم آورد.

یکی از محدودیت‌های این پژوهش حجم نمونه نسبتاً محدود و اجرای مطالعه در یک شهر بود که تعمیم‌پذیری نتایج را محدود می‌کند. همچنین تفاوت‌های فردی دانش‌آموزان از نظر ویژگی‌های شناختی، انگیزشی و خانوادگی به طور کامل کنترل نشد. مدت زمان اجرای مداخله نیز می‌تواند بر میزان اثربخشی نوروفیدبک اثر گذاشته باشد. استفاده از یک ابزار سنجش خلاقیت و تمرکز بر یک پایه تحصیلی نیز از دیگر محدودیت‌های پژوهش محسوب می‌شود.

پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده با نمونه‌های بزرگ‌تر و در مناطق جغرافیایی مختلف انجام شوند تا قابلیت تعمیم نتایج افزایش یابد. همچنین بررسی اثر ترکیبی آموزش نیمکره‌های مغز و نوروفیدبک می‌تواند مسیر پژوهشی ارزشمندی باشد. مطالعه طولی برای بررسی پایداری اثرات مداخلات، استفاده از روش‌های تصویربرداری عصبی و بررسی متغیرهای واسطه‌ای مانند توجه، انگیزش و کارکردهای اجرایی نیز می‌تواند به درک دقیق‌تر سازوکارهای اثرگذاری این مداخلات کمک کند.

نتایج پژوهش نشان می‌دهد استفاده از تمرین‌های آموزش نیمکره‌های مغز می‌تواند به‌عنوان برنامه‌ای مکمل در مدارس ابتدایی برای دانش‌آموزان دارای افت تحصیلی مورد استفاده قرار گیرد. پیشنهاد می‌شود معلمان و مشاوران آموزشی از فعالیت‌های حرکتی متقاطع، تمرین‌های چندحسی و آموزش‌های خلاقیت‌محور در کلاس درس بهره بگیرند. همچنین طراحی بسته‌های آموزشی مبتنی بر علوم اعصاب و آموزش معلمان در زمینه یادگیری مبتنی بر مغز می‌تواند به ارتقای کیفیت یادگیری و افزایش خلاقیت دانش‌آموزان کمک کند.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافعی وجود ندارد.

حمایت مالی

این پژوهش حامی مالی نداشته است.

موازین اخلاقی

در انجام این پژوهش تمامی موازین و اصول اخلاقی رعایت گردیده است.

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله تمامی نویسندگان نقش یکسانی ایفا کردند.

تشکر و قدردانی

از تمامی کسانی که در طی مراحل این پژوهش یاری رساندند تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

Alidadi Taimeh, F., Sotudeh Asl, N., & Karami, A. (2019). The effectiveness of cognitive rehabilitation and neurofeedback on improving working memory of children with attention deficit/hyperactivity disorder. *Journal of Rehabilitation Research in Nursing*, *6*(1), 26-33. https://ijrn.ir/article-1-421-fa.html

Allen, K.-A., & van der Zwan, R. (2019). The Myth of Left-vs Right-Brain Learning. *International Journal of Innovation, Creativity and Change*, *5*(1), 189-200. https://research.monash.edu/en/publications/the-myth-of-the-left-vs-right-brain-learning/

Azizinejad, B., & Dioband, A. (2022). Causal model of the mediating role of creativity in the effect of parenting styles on academic achievement and academic conformity of students. *Journal of School Psychology*, *11*(4), 106-118. https://jsp.uma.ac.ir/%20http:/jsp.uma.ac.ir/%20http:/journal.uma.ac.ir/article_1608.html?lang=fa

Bai, H. H., Duan, H. J., Kroesbergen, E. H., Leseman, P. P. M., & Hu, W. P. (2020). The benefits of the learn to think program for preschoolers' creativity: an explorative study. *Journal of Creative Behaviour*, *54*(3), 699-711. https://doi.org/10.1002/jocb.404

spectroscopy study. *NeuroImage Journal*, *297*, 1-12. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2024.120714

Mohsenizadeh, M., & Andishmand, V. (2020). Problems of children with specific learning disorder in the category of executive functions. *New Advances in Psychology, Educational Sciences and Education*, *2*(21), 75-82. https://ensani.ir/fa/article/421623/

Moore, D. W., Bhadelia, R. A., Billings, R. L., & Fulwiler, C. (2009). Hemispheric connectivity and the visual-spatial divergent-thinking component of creativity. *Brain and Cognition*, *70*(10), 267-272. https://doi.org/10.1016/j.bandc.2009.02.011

Movahedi, Y., & Pourmohammadi, M. (2017). Analysis of brain cognitive activity during design thinking based on creativity. *Quarterly Journal of Cognitive Psychology*, *6*(2), 1-8. https://www.sid.ir/fa/VEWSSID/J_pdf/4041813970201.pdf

Nabizadeh Nodehi, R., Borjali, A., Estaki, M., & Farrokhi, N. (2019). Comparison of the effectiveness of two-hemisphere training on reading and reading comprehension of students with dyslexia of visual and auditory types. *Journal of Psychological Sciences*, *17*(71), 775-782. https://www.sid.ir/paper/92954/fa

Pirkhaefi, A., & Akbarvand, T. (2016). The effectiveness of the sensory integration neuropsychological rehabilitation model on improving executive functions of brain in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Journal of Neuropsychology*, *1*(1), 26-40. https://www.sid.ir/Paper/177050/

Pirkhaefi, A., Borjali, A., Delavar, A., & Eskandari, H. (2009). The effect of creativity training on metacognitive components of students' creative thinking. *Journal of Educational Leadership and Management*, *3*(2), 51-61. https://clpsy.journals.pnu.ac.ir/article_2418_244.html?lang=en

Pournasai, G. S., Pirkhaefi, A., & Sedaghatifard, M. (2019). The effectiveness of the neuropsychological model of mind creativity on improving perceptual-motor, visual-spatial functions and memory of students with dyscalculia in first to fifth grade of elementary school. *Quarterly Journal of Exceptional Children*, *20*(3), 99-112. https://www.sid.ir/paper/1060544/fa

Rafigh Iranian, S., Narimani, M., & Nokhostin Goldoust, A. (2024). The effectiveness of academic burnout reduction training package on reducing psychological distress and improving academic achievement of female high school students. *Journal of School Psychology*, *13*(2), 1-12. https://jsp.uma.ac.ir/%20http:/jsp.uma.ac.ir/article_3155.html

Rahmati, N., Rostami, R., Zali, M. R., & Zarei, J. (2014). The effectiveness of neurofeedback training on creativity of elementary school students in Tehran: A case study. *Scientific-Research Quarterly of Innovation and Creativity in Human Sciences*, *4*(2), 73-92. https://www.sid.ir/fa/VEWSSID/J_pdf/6008913930204.pdf

Razumnikova, O. M. (2000). Functional organization of different brain areas during convergent and divergent thinking: An EEG investigation. *Cognitive Brain Research*, *10*(1-2), 11-18. https://doi.org/10.1016/S0926-6410(00)00017-3

Salarifar, M. H., Salehi, M., & Mazdi, M. (2021). The role of metacognitive knowledge, metacognitive state, and metacognitive beliefs in emotional creativity. *Journal of*

Beyki, F., Mohammadkochaki, G., & Taghavi, A. (2022). Investigating the relationship between left and right brain hemispheres and field of study of students of Golestan University of Medical Sciences. *Biannual Journal of Medical Education*, *11*(1), 7-16. https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=23224940&AN=163181530&h=904ZjVqk%2FrOrAgNRhxIMIUx0p%2FUaEYXUJbfwg%2BapxdaS6dGdkMq25OsWnLdjYmTXeH2GSWEwUmNWUdGMRUF9eQ%3D%3D&crl=c

De Smedt, T., Heremans, P., Lechat, L., & Menschaert, L. (2016). An EEG study of creativity in expert classical musicians. *Quantitative Biology*, *26*(2), 140-153. https://arxiv.org/abs/1612.06719

Foroughi, M. R., Keyhani, H., Adl Hoorlar, M., & Eghbali, S. (2023). The effect of neurofeedback on students' stress and anxiety. https://civilica.com/doc/2122929

Ghiyasi Gishi, M., Mashhadi, A., & Ghanaei Chamanabad, A. (2018). The effectiveness of executive functions training and neurofeedback on improving students' academic performance. *Journal of School Psychology*, *7*(2), 177-195. https://jsp.uma.ac.ir/%20http:/jsp.uma.ac.ir/%20http:/journal.uma.ac.ir/article_699.html

Habibnejad Allameh, A., Hashemi, T., & Ghaffari, O. (2023). The effectiveness of brain-based learning training on cognitive and affective learning outcomes in student teachers. https://civilica.com/doc/1998814/

Hasani, F., Dortaj, F., Bagheri, F., & Saadati Shamir, A. (2021). Academic engagement training on students' emotional creativity. *Journal of School Psychology*, *10*(3), 6-17. https://jsp.uma.ac.ir/%20http:/jsp.uma.ac.ir/%20http:/journal.uma.ac.ir/article_1339.html?lang=fa

Herniksen, D., Richardson, C., & Mehta, R. (2017). Design thinking: a creative approach to educational problems of practice. *Thinking Skills and Creativity*, *26*(2), 140-153. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2017.10.001

Huo, C. (2025). Mapping the Brain Networks Underlying Creativity Enhancement via Aesthetic Experience. *European Journal of Medical Research*, *30*(1). https://doi.org/10.1186/s40001-025-03155-5

Larraz, N. (2021). Development of Creative Thinking Skills in the Teaching-Learning Process. In. https://doi.org/10.5772/intechopen.97780

Maanavifar, D., & Ashrafifar, A. (2021). Structural and functional comparison of the brain in three groups of people with different levels of creativity. *Quarterly Journal of Analytical-Cognitive Psychology*, *12*(46), 19-26. https://sanad.iau.ir/fa/Journal/psy/DownloadFile/866553

Mecias, L. L., & Palaoag, T. D. (2022). Assessment in Students' Performance and Behavior towards the Use of Online Platform through Data Analysis. In. In O. Noroozi & I. Sahin (Eds.), Studies on Education, Science, and Technology (pp. 311-330). https://www.researchgate.net/profile/Omid-Noroozi/publication/362594331_Studies_on_Education_Science_and_Technology_2022/links/62f3a06db8dc8b4403d26d9c/Studies-on-Education-Science-and-Technology-2022.pdf#page=329

Miura, H., Ono, Y., Suzuki, T., Ogihara, Y., Imai, Y., Watanabe, A., Tokikuni, Y., Sakuraba, S., & Sawamura, D. (2024). Regional brain activity and neural network changes in cognitive-motor dual-task interference: A functional near-infrared

School Psychology, *10*(4), 86-98. https://jsp.uma.ac.ir/%20http:/jsp.uma.ac.ir/%20http:/journal.uma.ac.ir/article_1503.html

Sharifi, A. A., & Davari, R. (2009). Comparison of the effect of three creativity training methods on increasing creativity of second grade middle school students. *Iranian Journal of Psychiatry and Clinical Psychology (Thought and Behavior)*, *15*(1), 57-62. https://sid.ir/paper/17182/fa

Souri, M., Khoshghadam Shahrakfori, L., & Khoshghadam Shahrakfori, F. (2024). Increasing students' creativity and analytical power: Strategies and educational methods. https://civilica.com/doc/2114107

Svanishvili, G. (2025). Real-Time Brain Feedback Reveals the DMN's Role in Creativity and Idea Formation. *Premier Journal of Neuroscience*. https://doi.org/10.70389/pjn.100006

Tseng, Y., Tamura, K., & Okamoto, T. (2021). Neurofeedback training improves episodic and semantic long-term memory performance. *Scientific reports*, *11*(10), 1-12. https://doi.org/10.1038/s41598-021-96726-5

Yarmohammadi, Z., Yaghoubi, A., Rashid, K., & Kord Noghabi, R. (2021). Investigating brain regions related to Gardner's logical-mathematical intelligence core skills using functional magnetic resonance imaging (case study). *Journal of Psychology and Psychiatry Cognition*, *8*(6), 83-97. https://www.sid.ir/paper/1076175/

Zandkarimi, G., Fazlali, F., & Hasanvand, M. B. (2022). Enhancing cognitive abilities in mathematical problem-solving through combined neurofeedback and transcranial electrical stimulation therapy. *Shefaye Khatam Neuroscience Journal*, *10*(4), 20-31. https://shefayekhatam.ir/article-1-2314-fa.html