Volume 25, Issue 5 (September- October 2026)

PAYESH

Journal of the Iranian Institute for Health Sciences Research

The role of neuroplasticity in enhancing learning and cognitive Health: A systematic review of applications, challenges, and health-oriented implications

Shabnam HamediFard[1], Mansoureh Farhangniya[2*], Shadi Akbarian[3]

1. Independent researcher, Tehran, Iran
2. Population Health Group, Health Metrics Research Center, Iranian Institute for Health Sciences Research, ACECR, Tehran, Iran
3. A Eye Research Center, the Five Senses Health Institute, Moheb Kowsar Hospital, School of Medicine, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received: 10 May 2025
Accepted for publication: 6 June 2026
[EPub a head of print- 21 July 2026]
Payesh: 2026; 25(5): 691- 702

Abstract

Objective(s): Neuroplasticity refers to the brain's ability to undergo functional and structural reorganization in response to experience and learning. This capacity plays a crucial role in cognitive enhancement and rehabilitation and has increasingly attracted attention in educational and healthcare settings. Given the growing application of neuroplasticity-based interventions in education, rehabilitation, and cognitive health, this study aimed to systematically review the available evidence regarding the effectiveness of these interventions and to examine their applications, challenges, and health-related implications.

Methods: A systematic search was conducted in PubMed, Scopus, Web of Science, and ProQuest for studies published between January 1, 2020, and March 21, 2025. Studies were screened and evaluated according to predefined inclusion and exclusion criteria. Experimental studies investigating cognitive or motor interventions related to neuroplasticity were included in the final analysis.

Results: Of more than 1,400 initially identified records, 110 eligible studies were included in the final review. The findings demonstrated that neuroplasticity-based interventions improve cognitive functions, memory, motor learning, and several neurobiological markers. However, individual variability in treatment response, heterogeneity of intervention protocols, and limited access to advanced technologies emerged as major challenges in this field. Overall, neuroplasticity-oriented interventions showed positive effects on memory performance, motor learning, executive functioning, and cognitive health. Nevertheless, individual differences in responsiveness, implementation challenges, and inequalities in access remain important barriers to the widespread effectiveness of these interventions.

Conclusion: Neuroplasticity-based interventions have considerable potential to enhance learning, improve cognitive health, and support rehabilitation processes. However, the standardization of intervention protocols, the conduct of longitudinal studies, and equitable access to these technologies are essential for advancing their clinical and educational applications.

Keywords: Neuroplasticity, learning, Cognitive health, rehabilitation, Brain-based interventions

[Downloaded from payeshjournal.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.66224/payesh.25.5.691]

[*] Corresponding author: Health Metrics Research Center, Institute for Health Sciences Research, ACECR, Tehran, Iran
Email: farhangnia@acecr.ac.ir

سال بیست و پنجم، شماره پنجم، مهر ـ آبان ۱۴۰۵

پایش

نشریه پژوهشکده علوم بهداشتی جهاددانشگاهی

نقش انعطاف‌پذیری عصبی در ارتقای یادگیری و سلامت شناختی: مرور نظام‌مند کاربردها، چالش‌ها و پیامدهای سلامت‌محور

شبنم حامدی فرد[۱]، منصوره فرهنگ نیا[۲*] ، شادی اکبریان [۳]

۱. پژوهشگر مستقل، تهران، ایران

۲. گروه سلامت جامعه، مرکز تحقیقات سنجش سلامت، پژوهشکده علوم بهداشتی، جهاددانشگاهی، تهران، ایران

۳. مرکز تحقیقات چشم، پژوهشکده سلامت حواس پنجگانه، بیمارستان محب کوثر، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۲/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۳/۱۶

[نشر الکترونیک پیش از انتشار- ۳۰ تیر ۱۴۰۵]

نشریه پایش: ۷۰۲- ۶۹۱ :(۵)۲۵؛ ۱۴۰۵

چکیده

مقدمه: انعطاف پذیری عصبی (نوروپلاستیسیتی)، توانایی مغز در بازسازماندهی عملکردی و ساختاری در پاسخ به تجربه و یادگیری است. این ویژگی، نقش کلیدی در بهبود عملکرد شناختی و توان‌بخشی ایفا می‌کند و به‌طور فزاینده‌ای در حوزه‌های آموزشی و سلامت مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به گسترش کاربرد مداخلات مبتنی بر انعطاف‌پذیری عصبی در حوزه‌های آموزش، توان‌بخشی و سلامت شناختی، این مطالعه با هدف مرور نظام‌مند شواهد موجود درباره اثربخشی این مداخلات و بررسی کاربردها، چالش‌ها و پیامدهای سلامت‌محور آن‌ها انجام شد.

مواد و روش کار: جستجو در پایگاه‌های PubMed، Scopus، Web of Science و ProQuest برای مقالات منتشرشده از ۱ ژانویه ۲۰۲۰ تا ۲۱ مارس ۲۰۲۵ انجام شد. مطالعات بر اساس معیارهای ورود و خروج از پیش تعیین‌شده غربالگری و ارزیابی شدند. مطالعات با طراحی تجربی که مداخلات شناختی یا حرکتی مرتبط با نوروپلاستیسیته را بررسی کرده بودند، وارد تحلیل شدند.

یافته‌ها: از میان بیش از ۱۴۰۰ رکورد اولیه، ۱۱۰ مطالعه واجد شرایط وارد تحلیل نهایی شدند. یافته‌ها نشان دادند که مداخلات مبتنی بر انعطاف‌پذیری عصبی موجب بهبود عملکردهای شناختی، حافظه، یادگیری حرکتی و برخی شاخص‌های نوروبیولوژیک می‌شوند. با این حال، تفاوت‌های فردی در پاسخ به مداخلات، ناهمگونی پروتکل‌ها و محدودیت در دسترسی به فناوری‌های پیشرفته از چالش‌های اصلی این حوزه هستند. مداخلات مبتنی بر نوروپلاستیسیته تأثیرات مثبتی بر عملکرد حافظه، یادگیری حرکتی، عملکرد اجرایی و سلامت شناختی داشته‌اند. با این حال، تفاوت‌های فردی در پاسخ به مداخلات و چالش‌های اجرایی و نابرابری در دسترسی، از موانع کلیدی در تحقق اثربخشی گسترده این مداخلات هستند.

نتیجه‌گیری: مداخلات مبتنی بر انعطاف‌پذیری عصبی ظرفیت قابل‌توجهی برای ارتقای یادگیری، بهبود سلامت شناختی و حمایت از فرایندهای توان‌بخشی دارند. با این حال، استانداردسازی پروتکل‌های مداخله، انجام مطالعات طولی و فراهم‌سازی دسترسی عادلانه به این فناوری‌ها برای توسعه کاربردهای بالینی و آموزشی آن‌ها ضروری است.

کلید واژه ها: نوروپلاستیسیته، یادگیری، سلامت شناختی، توانبخشی، مداخلات مبتنی بر مغز

کداخلاق: IR.IAU.K.REC.1404.081

* نویسنده پاسخگو: تهران، خیابان انقلاب اسلامی، خیابان فلسطین جنوبی، خیابان شهید وحید نظری، پژوهشکده علوم بهداشتی جهاد دانشگاهی

Email: farhangnia@acecr.ac.ir

[Downloaded from payeshjournal.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.66224/payesh.25.5.691]

مقدمه

انعطاف‌پذیری عصبی (Neuroplasticity) یکی از مفاهیم کلیدی علوم اعصاب مدرن است که به توانایی سیستم عصبی برای تغییر در ساختار و عملکرد خود در پاسخ به محرک‌ها، تجارب یا آسیب‌ها اطلاق می‌شود. این فرآیند شامل تغییرات سیناپسی، بازآرایی مسیرهای عصبی و حتی ایجاد سلول‌های عصبی جدید است که می‌تواند به بهبود یادگیری، حافظه و عملکرد شناختی منجر شود [۱]. در سال‌های اخیر، اهمیت این پدیده در علوم اعصاب و توانبخشی بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است، به‌ویژه با ظهور فناوری‌های نوینی همچون تحریک مغزی غیرتهاجمی، آموزش‌های شناختی و روش‌های پیشرفته توانبخشی که فرصت‌های کم‌سابقه‌ای برای بهره‌برداری از این ظرفیت ذاتی مغز فراهم کرده‌اند [۲]. چنین رویکردهایی، به‌ویژه در بیماران مبتلا به اختلالات عصبی مانند آلزایمر، پارکینسون، آسیب نخاعی و سکته مغزی، می‌توانند به بهبود عملکرد شناختی و حرکتی و ارتقای کیفیت زندگی منجر شوند [۳].

همزمان، کاربرد مفاهیم علوم اعصاب در آموزش و بهداشت، زمینه‌ای نو با عنوان «آموزش مبتنی بر مغز» ایجاد کرده است. در این رویکرد، مداخلاتی نظیر تمرینات شناختی، تحریکات مغزی غیرتهاجمی مانند تحریک مستقیم جریان ضعیف الکتریکی از روی جمجمه (tDCS) و تحریک مغناطیسی مکرر از روی جمجمه (rTMS)، و آموزش مبتنی بر ذهن‌آگاهی، با هدف بهبود عملکرد شناختی، حافظه، و انگیزه در یادگیرندگان طراحی شده‌اند [۶–۴]. شواهد پژوهشی نشان می‌دهند که این مداخلات نه تنها منجر به ارتقای عملکرد شناختی و تحصیلی می‌شوند، بلکه می‌توانند رشد هیجانی و اجتماعی یادگیرندگان را نیز تقویت کنند. افزون بر آن، در حوزه سلامت شناختی، این مداخلات در بهبود کارکردهای زبانی، حرکتی و اجرایی در جمعیت‌های آسیب‌دیده، کمک کرده‌اند [۷،۸]. با وجود پیشرفت‌های قابل‌توجه، شکاف‌های مهمی در ادبیات علمی این حوزه وجود دارد [۹] و بسیاری از مطالعات بر یک بُعد خاص از اثرات انعطاف‌پذیری عصبی تمرکز کرده و کمتر به بررسی جامع پیوند آن با یادگیری، سلامت شناختی، کاربردهای بالینی، چالش‌ها و پیامدهای سلامت‌محور پرداخته‌اند [۱۰]. همچنین، مرورهایی که به‌طور همزمان ابعاد شناختی، حرکتی و زیستی را پوشش دهند، محدود هستند [۱۱،۱۲]. نکته مهم دیگر، وجود دوره‌های حساس در رشد عصبی به‌ویژه در کودکی و نوجوانی است که اثربخشی مداخلات در این بازه‌های زمانی، می‌توانند اثربخشی بیشتری داشته باشند [۱۳،۱۴]. از این‌رو، شناخت دقیق‌تر از مزایا، محدودیت‌ها، و چالش‌های مداخلات مبتنی بر انعطاف‌پذیری عصبی، می‌تواند راهگشای طراحی بهتر سیاست‌ها و برنامه‌های آموزشی و درمانی در سطوح فردی و جمعی باشد.

گرچه پژوهش‌های متعددی اثرات مداخلات مبتنی بر انعطاف‌پذیری عصبی را بر جنبه‌های خاصی از عملکرد شناختی یا حرکتی بررسی کرده‌اند، هنوز مرور جامعی که به‌صورت هم‌زمان ابعاد شناختی، حرکتی، زیستی، کاربردهای آموزشی و پیامدهای سلامت‌محور این مداخلات را تحلیل کند، محدود است. افزون بر این، چالش‌های اجرایی، تفاوت‌های فردی در پاسخ به مداخلات و نابرابری در دسترسی به فناوری‌های نوین کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. از این رو، مطالعه حاضر با هدف ارائه تصویری جامع از شواهد موجود درباره نقش انعطاف‌پذیری عصبی در ارتقای یادگیری و سلامت شناختی، کاربردها، چالش‌ها و پیامدهای سلامت‌محور آن انجام شد. با توجه به محدودیت مرورهای پیشین در بررسی جداگانه ابعاد مختلف انعطاف‌پذیری عصبی، مطالعه حاضر تلاش می‌کند با ارائه یک مرور نظام‌مند و جامع، شواهد مربوط به تأثیر این مداخلات بر یادگیری، سلامت شناختی، پیامدهای زیستی، کاربردهای بالینی و آموزشی، و همچنین چالش‌ها و پیامدهای سلامت‌محور آن‌ها را در یک چارچوب تحلیلی واحد گردآوری و تبیین کند.

مواد و روش کار

این مرور نظام‌مند مطابق با دستورالعمل‌های استاندارد PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) طراحی و اجرا شد تا شواهد موجود درباره اثربخشی مداخلات شناختی مبتنی بر اصول انعطاف پذیری عصبی در زمینه‌های آموزشی و اختلالات عصبی با حداکثر دقت، شفافیت و قابلیت بازتولید گردآوری و تحلیل گردد. این مطالعه یک مرور سیستماتیک بر اساس چارچوب PICO انجام شد که به شرح زیر تعریف شد: P (Population): افراد سالم یا مبتلا به اختلالات عصبی (مانند سکته مغزی، بیماری‌های دژنراتیو) که در مطالعات مرتبط با نوروپلاستیسیتی بررسی شده‌اند. I (Intervention): مداخلات مرتبط با تحریک مغزی غیرتهاجمی، آموزش‌های شناختی، تمرینات حرکتی و سایر روش‌های القای نوروپلاستیسیتی. C (Comparison): گروه‌های کنترل شامل افراد بدون مداخله یا استفاده از روش‌های استاندارد درمانی. O (Outcome):

[Downloaded from payeshjournal.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.66224/payesh.25.5.691]

شاخص‌های ارتقای یادگیری، بهبود سلامت شناختی، تغییرات زیستی و عملکردی مغز.

جستجوی نظام‌مند مقالات در پایگاه‌های اطلاعاتی PubMed، Scopus، Web of Science و ProQuest انجام شد. در این جستجو، مطالعات منتشرشده در بازه زمانی ۱ ژانویه ۲۰۲۰ تا ۲۱ مارس ۲۰۲۵ مورد بررسی قرار گرفتند. این بازه به دلیل رشد قابل توجه پژوهش‌ها پس از پیشرفت فناوری‌های تحریک مغزی غیرتهاجمی و توسعه آموزش‌های شناختی انتخاب شده است. کلیدواژه‌ها شامل ترکیبات منطقی زیر بودند "neuroplasticity") : OR "brain plasticity") AND ("cognitive training" OR "learning outcomes" OR "rehabilitation" OR "education") (جدول ۱). همچنین فهرست منابع مطالعات واردشده به‌صورت دستی مرور شد تا مقالات بیشتری شناسایی شود. مطالعاتی وارد مرور شدند که دارای شرایط زیر بودند: (۱) به‌کارگیری مداخلات مبتنی بر انعطاف‌پذیری عصبی شامل تمرینات شناختی، تمرینات حرکتی، تحریکات مغزی غیرتهاجمی (مانند تحریک مستقیم جریان ضعیف الکتریکی از روی جمجمه [tDCS] و تحریک مغناطیسی مکرر از روی جمجمه [rTMS])، آموزش مبتنی بر ذهن‌آگاهی یا فناوری‌های دیجیتال؛ (۲) انجام پژوهش بر روی جمعیت‌های انسانی شامل کودکان، بزرگسالان یا سالمندان؛ (۳) گزارش حداقل یک پیامد شناختی نظیر حافظه، توجه، عملکردهای اجرایی یا یادگیری حرکتی و یا شاخص‌های زیستی از جمله EEG، MRI یا BDNF؛ و (۴) انتشار متن کامل مقاله به زبان انگلیسی. مطالعاتی که دارای ویژگی‌های زیر بودند از مرور کنار گذاشته شدند: مطالعات صرفاً نظری یا مبتنی بر دیدگاه، مطالعات فاقد ابزارهای سنجش معتبر، مقالات بدون متن کامل یا منتشرنشده، مطالعاتی که تنها بر پیامدهای انگیزشی یا هیجانی تمرکز داشتند و همچنین مطالعات انجام‌شده بر روی حیوانات یا مدل‌های غیرانسانی. فرآیند شناسایی، غربالگری، ارزیابی صلاحیت و انتخاب نهایی مطالعات بر اساس دستورالعمل PRISMA انجام شد و جزئیات آن در دیاگرام ۱ ارائه شده است. داده‌ها شامل نام نویسنده، سال، کشور، نوع طراحی، حجم نمونه، نوع مداخله، پیامدهای اصلی، ابزارهای سنجش و یافته‌ها بودند. داده‌ها توسط دو پژوهشگر به‌طور مستقل استخراج و اختلاف‌ها با مشورت حل شد. برای ارزیابی کیفیت مطالعات و بررسی خطر سوگیری، از ابزارهای معتبر بین‌المللی استفاده شد. در مورد مطالعات تصادفی کنترل‌شده، از ابزار کوکران برای ارزیابی خطر سوگیری (Cochrane Risk of Bias Tool) استفاده شد که شامل هفت حوزه ارزیابی از جمله سوگیری انتخاب، سوگیری عملکرد، و سوگیری آشکارسازی بود [۱۵]. برای مطالعات غیرتصادفی، از مقیاس نیوکاسل-اتاوا (Newcastle-Ottawa Scale) بهره گرفته شد که کیفیت روش‌شناختی را در سه حوزه اصلی شامل انتخاب نمونه، قابلیت مقایسه گروه‌ها، و سنجش پیامدها بررسی می‌کند [۱۷،۱۶]. مطالعات بر اساس نوع مداخله (شناختی، حرکتی، ترکیبی، مبتنی بر تحریک مغزی) و نوع پیامد (شناختی، زیستی، تحصیلی، روان‌شناختی) دسته‌بندی گردیدند. سپس مضامین مشترک، الگوهای تکرارشونده و یافته‌های متناقض مورد بررسی انتقادی قرار گرفتند.

یافته ها

در مجموع، از میان بیش از ۱۴۰۰ رکورد شناسایی‌شده در مرحله جستجو، پس از حذف موارد تکراری و انجام مراحل غربالگری بر اساس معیارهای ورود و خروج، ۱۱۰ مطالعه واجد شرایط وارد تحلیل نهایی شدند. این مطالعات طیف گسترده‌ای از مداخلات مبتنی بر انعطاف‌پذیری عصبی را در حوزه‌های یادگیری، سلامت شناختی و توان‌بخشی مورد بررسی قرار داده بودند (جدول ۲). یافته‌های حاصل از مطالعات منتخب در شش محور اصلی دسته‌بندی شدند که عبارت‌اند از: بهبود عملکرد شناختی و زبانی، ارتقای یادگیری و حافظه حرکتی، تغییرات زیستی و نوروبیولوژیکی، تفاوت‌های فردی در پاسخ به مداخلات، چالش‌های تعمیم‌پذیری و ملاحظات اجرایی.

۱. بهبود عملکرد شناختی و زبانی: مطالعات متعددی نشان دادند که مداخلات شناختی ساختاریافته در افراد مبتلا به اختلالات نورولوژیک، به‌ویژه سالمندان، می‌توانند موجب بهبود معنادار حافظه، توانایی‌های زبانی و عملکردهای اجرایی شوند. به‌عنوان نمونه، یک کارآزمایی بالینی انجام‌شده در فنلاند که از تمرینات شناختی همراه با تصویربرداری تشدید مغناطیسی عملکردی (fMRI) بهره گرفته بود، بهبود قابل‌توجهی در حافظه کلامی و توجه شرکت‌کنندگان گزارش کرد [۱۸،۱۹]. همچنین، مداخلات ترکیبی شامل تحریک مغزی غیرتهاجمی تکراری با مغناطیس‌سنج به همراه آموزش شناختی در بیماران مبتلا به بیماری آلزایمر، باعث بهبود عملکردهای شناختی و کاهش شدت علائم شناختی و رفتاری شد، به طوری که این اثرات در پیگیری‌های میان‌مدت نیز حفظ شدند [۲۰]. علاوه بر این، تمرینات مبتنی بر اصول انعطاف‌پذیری

[Downloaded from payeshjournal.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.66224/payesh.25.5.691]

عصبی در جمعیت سالمندان، نه تنها به ارتقای کنترل شناختی کمک کرده، بلکه موجب کاهش علائم افسردگی نیز شده‌اند. این یافته‌ها نشان‌دهنده تأثیرات روانشناختی مثبت این مداخلات در بهبود کیفیت زندگی سالمندان است [۲۱،۲۲]. با توجه به این شواهد، مداخلات شناختی ساختاریافته بر پایه انعطاف‌پذیری عصبی، به ویژه اگر با فناوری‌های نوین مانند تحریک مغزی غیرتهاجمی همراه شوند، می‌توانند به عنوان راهکارهای موثر در حفظ و ارتقای سلامت شناختی در بیماران نورولوژیک و سالمندان مطرح شوند. البته برای تعمیم این یافته‌ها، نیاز به مطالعات بلندمدت‌تر و با نمونه‌های بزرگ‌تر و متنوع‌تر احساس می‌شود.

۲. ارتقاء یادگیری و حافظه حرکتی: شواهد قابل توجهی نشان می‌دهد که تمرینات حرکتی هدفمند به همراه تحریک مستقیم جریان ضعیف الکتریکی از روی جمجمه tDCS در افراد با آسیب نخاعی به بهبود چشمگیر عملکرد حرکتی و راه رفتن منجر شده است [۲۳]. در بیماران مولتیپل اسکلروزیس، ترکیب تمرینات گام‌برداری و ارزیابی شناختی، سرعت و مسافت راه رفتن را افزایش داد [۲۴]. همچنین، تمرینات حرکتی-ذهنی مانند یادگیری تعادلی (Slackline) تغییرات ساختاری مثبتی در ماده سفید مغز بزرگسالان ایجاد کرد که شاخصی از انعطاف‌پذیری عصبی است [۲۵]. این نتایج، کاربرد اصول انعطاف‌پذیری عصبی را هم در توان‌بخشی حرکتی و هم در یادگیری مهارت‌های جدید آموزشی تأیید می‌کنند.

۳. تغییرات زیستی و شاخص‌های نوروبیولوژیکی: مطالعاتی که از ابزارهای تصویربرداری مغزی مانند fMRI، MRI عملکردی، دیفیوژن و EEG استفاده کردند، تغییرات ساختاری و عملکردی مغز پس از مداخلات را گزارش کردند. به عنوان نمونه، مطالعه‌ای در چین نشان داد تمرینات حرکتی موجب افزایش انعطاف‌پذیری ناحیه هیپوکامپ و بهبود عملکرد حافظه در سالمندان شده است [۲۶]. همچنین، سطوح افزایش‌یافته عامل نوروتروفیک مشتق‌شده از مغز (BDNF) پس از یادگیری حرکتی با بهبود عملکرد شناختی همراه بود [۲۷]. این شواهد زیستی تأیید می‌کند که مداخلات بر رفتار و ساختار مغز تأثیرات چندوجهی و ملموسی دارند.

۴. تفاوت‌های فردی در پاسخ به مداخلات: مطالعات متعددی به تفاوت‌های معنادار فردی در پاسخ به مداخلات اشاره دارند؛ مثلاً انعطاف‌پذیری اتونومیک مغز با میزان یادگیری ارتباط دارد و می‌تواند اثربخشی تمرینات شناختی را تحت تأثیر قرار دهد [۲۸]. همچنین، ترکیب تمرینات شناختی با داروی کتامین در بیماران افسرده، اثرات نوروبیولوژیکی متغیری داشت [۲۹]. این یافته‌ها بر ضرورت طراحی مداخلات شخصی‌سازی‌شده در آموزش و سلامت تأکید می‌کنند.

۵. چالش در تعمیم‌پذیری و انتقال یادگیری: اگرچه مداخلات به بهبودهای قابل توجهی در حوزه‌های خاص منجر شده‌اند، مطالعات متعدد محدودیت‌هایی در انتقال یادگیری به سایر حوزه‌ها یا عملکردهای روزمره گزارش کرده‌اند؛ مثلاً در کودکان با خطر فلج مغزی، بهبود عملکرد حرکتی بدون انتقال به دیگر عملکردهای شناختی دیده شده است [۳۰]. همچنین مداخلات درمانی زبانی در کودکان نارس تنها به بهبود تولید صدای گفتاری محدود بود [۳۱]. این محدودیت، چالشی مهم برای کاربرد عملی این مداخلات در زندگی واقعی و محیط‌های آموزشی و درمانی محسوب می‌شود.

۶. ملاحظات اجرایی و نابرابری در دسترسی

در جمعیت‌های محروم، مواردی مانند کمبود تجهیزات پیشرفته، فناوری‌های دیجیتال و آموزش تخصصی، موانعی جدی در اجرای مداخلات شناختی مبتنی بر انعطاف‌پذیری عصبی ایجاد کرده است. این نابرابری‌ها می‌توانند باعث تشدید شکاف‌های سلامت و آموزش و پیامدهای منفی اجتماعی شوند. لذا دسترسی عادلانه به فناوری‌ها و آموزش‌های تخصصی، یک ضرورت سلامت عمومی و آموزشی است که باید مورد توجه جدی قرار گیرد.

جمع‌بندی نهایی این است که مداخلات مبتنی بر انعطاف‌پذیری عصبی اثربخشی قابل توجهی در بهبود عملکردهای شناختی، حرکتی و تغییرات زیستی مرتبط با سلامت شناختی دارند. با این حال، چالش‌های متعددی از جمله تفاوت‌های فردی، محدودیت در تعمیم‌پذیری نتایج و نابرابری در دسترسی وجود داشته و نیازمند توجه و تحقیق بیشتر است.

[Downloaded from payeshjournal.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.66224/payesh.25.5.691]

جدول ۱: استراتژی جستجو در پایگاه‌های داده مختلف شامل کلیدواژه‌ها و تعداد نتایج بازیابی‌شده

پایگاه داده	کلیدواژه‌ها	تعداد نتایج بازیابی‌شده
PubMed	("Neuroplasticity" OR "Brain plasticity") AND ("Cognitive outcomes" OR "Motor outcomes") AND ("Brain stimulation" OR "Cognitive training")	۵۳۰
Scopus	TITLE-ABS-KEY("Neuroplasticity" AND ("Cognitive outcomes" OR "Motor outcomes") AND ("tDCS" OR "rTMS" OR "Cognitive training"))	۴۶۰
Web of Science	TS=("Neuroplasticity") AND TS=("Cognitive outcomes" OR "Motor outcomes") AND TS=("Brain stimulation" OR "Cognitive training")	۳۸۰
PsycINFO	DE "Neuroplasticity" AND DE ("Cognitive outcomes" OR "Motor outcomes") AND DE ("Brain stimulation" OR "Cognitive training")	۱۸۰

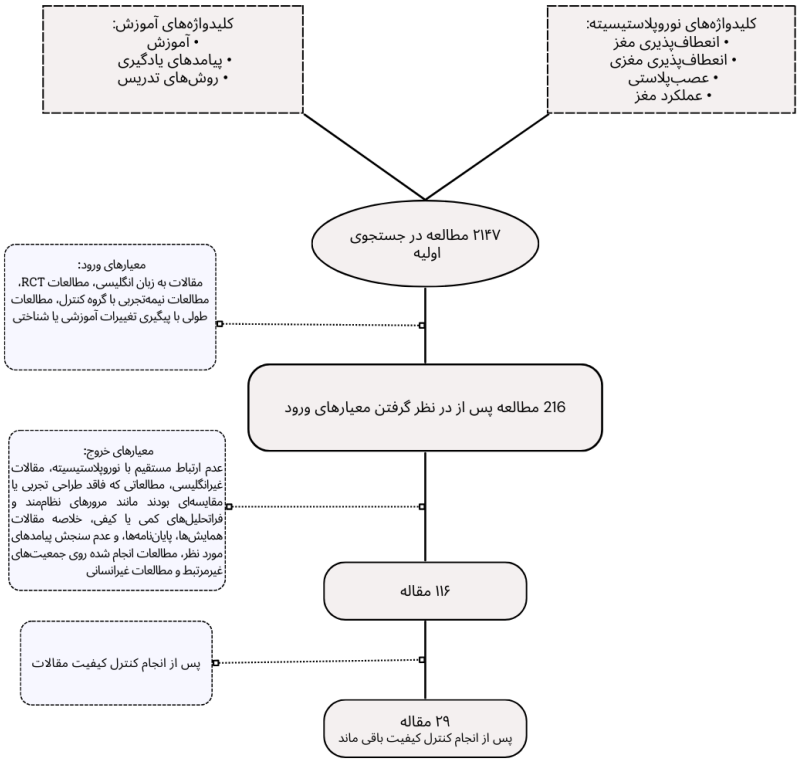
جدول ۲: اطلاعات مقالات مرتبط با انعطاف پذیری عصبی در سلامت شناختی و ارتقای یادگیری

نویسنده (سال)	کشور	نوع مطالعه	حجم نمونه	متغیرهای مورد مطالعه	ابزارهای سنجش	یافته‌ها
Sihvonen et al. (2020) [۱۸]	فنلاند	کارآزمایی بالینی	۶۸ نفر	حافظه کلامی، زبان، توجه، خلق و خو، MRI ساختاری و عملکردی	آزمون‌های نوروسایکولوژیک، MRI ساختاری و عملکردی	بهبود حافظه و زبان در گروه مداخله
Chen et al. (2020) [۱۱]	ایالات متحده	کارآزمایی بالینی	۷۶ نفر	انعطاف‌پذیری اتونومیک، یادگیری	اندازه‌گیری انعطاف‌پذیری اتونومیک، EEG	تفاوت‌های فردی در پاسخ به تمرینات شناختی
Boroda E, Krueger AM, et al. (2020) [۶]	ایالات متحده	کارآزمایی بالینی	۲۴ نفر	تحریک مستقیم جمجمه‌ای (tDCS) و آموزش شناختی	آزمون‌های شناختی، ارزیابی‌های تصویربرداری	بهبود عملکرد شناختی در گروه مداخله
Tsai PY, Lin WS, et al. (2020) [۱۹]	تایوان	کارآزمایی بالینی	۳۰ نفر	درمان با rTMS در اختلالات شناختی پس از سکته	آزمون‌های شناختی، تصویربرداری مغز	بهبود در حافظه و عملکرد شناختی
Morimoto SS, Altizer RA, et al. (2020) [۲۰]	ایالات متحده	کارآزمایی بالینی تصادفی	۵۰ نفر	آموزش شناختی مبتنی بر انعطاف پذیری عصبی در سالمندان	آزمون‌های شناختی، GDS	بهبود در کنترل شناختی و افسردگی
Bagattini C, Zanni M, et al. (2020) [۴]	ایتالیا	کارآزمایی بالینی تصادفی	۶۰ نفر	rTMS و آموزش شناختی در آلزایمر	آزمون‌های شناختی، MRIمغز	بهبود عملکرد شناختی و کاهش علائم آلزایمر
Abbott et al. (2021) [۱]	ایالات متحده	کارآزمایی بالینی	۱۵۰ نفر	درمان الکتروشوک، حافظه کلامی	آزمون حافظهHVLT-R	اثرات مختلف اندازه پالس در افسردگی
Faw et al. (2021) [۱۳]	ایالات متحده	کارآزمایی بالینی	۵۰ نفر	پلاستیسیته سفید مغز، بهبود حرکتی	MRI، ارزیابی‌های حرکتی	بهبود در پلاستیسیته سفید مغز
Pratscher et al. (2021) [۲۱]	ایالات متحده	کارآزمایی بالینی	۸۰ نفر	یادگیری، حافظه، انعطاف پذیری	ارزیابی‌های شناختی، آزمون‌های انعطاف پذیری	بهبود در یادگیری و حافظه
Zhang et al. (2022) [۲۲]	چین	کارآزمایی بالینی	۸۵ نفر (سکته مغزی)	انعطاف پذیری مغزی، یادگیری حرکتی	آزمون‌های حرکتی، fMRI	بهبود در یادگیری حرکتی
Vanicek et al. (2022) [۲۳]	اتریش	کارآزمایی بالینی	۴۰ نفر	پلاستیسیته مغزی، داروهای سراتونرژیک	MRIدیفیوژن، آزمون‌های شناختی	تغییرات در ساختار سفید مغز
Widmer et al. (2022) [۲۴]	سوئیس	کارآزمایی بالینی	۱۰۰ نفر (سکته مغزی)	یادگیری، پلاستیسیته مغزی	آزمون‌های حرکتی، ارزیابی‌های روان‌شناختی	تاثیرات انگیزشی در یادگیری حرکتی
Richard et al. (2022) [۲۵]	ایالات متحده	کارآزمایی بالینی	۶۰ نفر (کودکان نارس)	تفاوت صدای گفتار، درمان‌های زبانی	ارزیابی گفتار، نرم‌افزارهای تشخیصی	تفاوت در تولید صدای گفتاری
Evans NH, Field-Fote EC. (2022) [۱۲]	ایالات متحده	کارآزمایی بالینی	۲۲ نفر	آموزش حرکتی و tDCS در آسیب نخاعی	ارزیابی عملکرد راه رفتن، MRI	بهبود در عملکرد راه رفتن
Liu HH, Wang RY, et al. (2022) [۲۶]	چین	کارآزمایی بالینی تصادفی	۴۰ نفر	تمرین تعادلی و تحریکات کورتیکو-موتوری	ارزیابی تعادل، تحریک مغزی	بهبود در تحریکات کورتیکو-موتوری
Price RB, Spotts C, et al. (2022) [۲۷]	ایالات متحده	کارآزمایی بالینی	۵۰ نفر	کتوآمین و تمرین شناختی در افسردگی	آزمون‌های شناختی، ارزیابی مغز	بهبود افسردگی و نوروپلاستیسیته
Maguire et al. (2023) [۲۸]	سوئیس	کارآزمایی بالینی	۶۰ نفر	BDNF، یادگیری حرکتی	آزمون‌های یادگیری حرکتی، BDNF	بهبود سطح BDNF و عملکرد حرکتی
Sehatpour et al. (2023) [۲۹]	ایالات متحده	کارآزمایی بالینی	۱۰۰ نفر	یادگیری شنوایی، نوروسایکولوژی	EEG، آزمون‌های یادگیری شنوایی	بهبود در انعطاف پذیری شنوایی
Wu et al. (2023) [۳۰]	ایالات متحده	کارآزمایی بالینی	۹۰ نفر	انعطاف پذیری بینایی، دونپزیل	ارزیابی بینایی، آزمون‌های شناختی	بهبود انعطاف پذیری بینایی
Gire et al. (2023) [۱۴]	فرانسه	کارآزمایی بالینی	۲۰۰ نفر (نارس)	پردازش بینایی، حافظه	نرم‌افزارCogmed ، آزمون‌های	بهبود در پردازش و حافظه

[Downloaded from payeshjournal.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.66224/payesh.25.5.691]

Broeder et al. (2023) [۷]	بلژیک	کارآزمایی بالینی	۱۲۰ نفر (پارکینسونی)	یادگیری حرکتی، تحریک مغزی	آزمون حرکتی، TDCS	شناختی، کاری بهبود در یادگیری حرکتی
Meléndez JC, Satorres E, et al. (2023) [۳۱]	اسپانیا	کارآزمایی بالینی تصادفی	۱۸ نفر	tDCSدر آلزایمر	آزمون شناختی، ارزیابی اجرایی	بهبود حافظه و شناخت در آلزایمر
Seebacher et al. (2024) [۳۲]	اتریش	کارآزمایی بالینی	۱۵۰ نفر(MS)	یادگیری حرکتی، گام‌برداری	آزمون گام‌برداری، تست‌های شناختی	بهبود سرعت و مسافت راه رفتن
Carton de Tournai et al. (2024) [۹]	بلژیک	کارآزمایی بالینی	۳۰ نفر (فلج مغزی)	استفاده از دست متاثر	ارزیابی حرکتی	بهبود در استفاده از دست متاثر
Lin et al. (2024) [۳۳]	چین	کارآزمایی بالینی	۹۶ نفر (افراد مسن)	عملکرد حافظه، انعطاف پذیری هیپوکامپی	ارزیابی حافظه، MRI	بهبود حافظه و انعطاف پذیری هیپوکامپی
Lucas et al. (2024) [۳۴]	استرالیا	کارآزمایی بالینی	۳۰ نفر (کودکان با خطر فلج مغزی)	فعالیت حرکتی، فیزیوتراپی	ارزیابی حرکتی	بهبود فعالیت‌های حرکتی
Manser P, de Bruin ED. (2024) [۳۵]	هلند	کارآزمایی بالینی	۳۰ نفر	بازی و بازخورد تنفسی در اختلالات شناختی	تست شناختی، اندازه‌گیری تنفس	بهبود شناخت و فیزیک
Koschutnig K, Weber B, et al. (2024) [۳۶]	اتریش	کارآزمایی بالینی	۳۰ نفر	یادگیری Slackline و ماده سفید	MRIمغز، ارزیابی شناختی	تغییرات در مورفولوژی ماده سفید
Xu X, Nikolin S, et al. (2025) [۳۷]	استرالیا	کارآزمایی بالینی	۶۰ نفر	rTMSو آموزش شناختی	آزمون شناختی، rTMS	بهبود مهار واکنش و شناخت



دیاگرام۱: نمودار جریان انتخاب مطالعات بر اساس دستورالعمل PRISMA. این نمودار مراحل شناسایی، حذف موارد تکراری، غربالگری، ارزیابی صلاحیت و ورود مطالعات واجد شرایط به مرور نظام‌مند را نشان می‌دهد.

[Downloaded from payeshjournal.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.66224/payesh.25.5.691]

بحث و نتیجه گیری

یافته‌های مرور حاضر نشان داد که مداخلات مبتنی بر انعطاف‌پذیری عصبی، شامل تحریکات مغزی غیرتهاجمی مانند تحریک مستقیم جریان ضعیف الکتریکی از روی جمجمه (tDCS) و تحریک مغناطیسی مکرر از روی جمجمه (rTMS)، آموزش‌های شناختی، تمرینات حرکتی پیچیده و ترکیب روش‌های چندوجهی، می‌توانند منجر به بهبود قابل توجهی در عملکردهای شناختی، حرکتی و زیستی شوند. این بهبودها در حوزه‌هایی چون حافظه کاری، کنترل اجرایی، توجه، پردازش زبانی، و مهارت‌های حرکتی ظریف و درشت گزارش شده است. نتایج همچنین نشان داد که ترکیب روش‌های تحریک مغزی با آموزش‌های شناختی یا تمرینات فیزیکی، اثرات هم‌افزایی ایجاد کرده و کارایی مداخلات را افزایش می‌دهد.

بیشتر مطالعات بررسی‌شده، بهبود قابل توجهی در عملکرد حافظه، توجه، یادگیری حرکتی، و کارکردهای اجرایی را گزارش کرده‌اند [۴۱-۳۲]. همچنین، تحریکات مغزی غیرتهاجمی مانند tDCSو rTMS، به‌ویژه زمانی که با تمرینات شناختی یا آموزش ساختاریافته ترکیب می‌شوند، اثربخشی بیشتری در افراد مسن یا دارای اختلالات عصبی مانند آلزایمر یا سکته مغزی داشته‌اند [۴۴-۴۲]. ا این حال، مرور تطبیقی مطالعات نشان می‌دهد که در برخی موارد، اثر مداخلات به یک حوزه خاص از عملکرد محدود بوده و شواهد کافی برای تعمیم آن به سایر حوزه‌های شناختی وجود ندارد. به‌عنوان نمونه، برخی مداخلات صرفاً موجب بهبود عملکرد حرکتی شده‌اند، بدون آنکه تأثیر معناداری بر کارکردهایی مانند زبان یا توجه داشته باشند [۳۰،۳۱،۳۹]. همچنین، بررسی‌ها حاکی از آن است که تفاوت‌های فردی نقش تعیین‌کننده‌ای در میزان اثربخشی مداخلات ایفا می‌کنند. به‌ویژه، عواملی نظیر سطح انعطاف‌پذیری اتونومیک مغز، زمینه روانی–زیستی فرد، و شرایط اجتماعی می‌توانند پاسخ به تمرینات شناختی یا تحریکات مغزی را تحت تأثیر قرار دهند [۴۵،۴۶] . این تفاوت‌ها بر ضرورت طراحی مداخلات شخصی‌سازی‌شده برای گروه‌های مختلف تأکید دارند، زیرا عوامل فردی مانند ویژگی‌های عصبی، شناختی و فیزیولوژیک می‌توانند بر میزان پاسخ به مداخلات تأثیر بگذارند [۴۷]. همچنین، ترکیب تمرینات شناختی با داروی کتامین در بیماران افسرده اثربخشی متفاوتی را نشان داد، که به تفاوت در زمینه‌های زیستی و روانی آنان مرتبط بود[۵۰-۴۸]. علاوه بر این، بخشی از مطالعات محدود به ارزیابی‌های کوتاه‌مدت بودند و ارزیابی پایداری بلندمدت نتایج در آن‌ها لحاظ نشده بود. این مسئله، امکان نتیجه‌گیری قطعی درباره ماندگاری آثار مداخلات را محدود می‌سازد. در نهایت، ملاحظات اجرایی و نابرابری در دسترسی به فناوری‌ها و زیرساخت‌های لازم، از جمله چالش‌های مهم در تعمیم این مداخلات به محیط‌های آموزشی یا درمانی در مقیاس وسیع محسوب می‌شوند. این موضوع به‌ویژه در جوامع با منابع محدود ممکن است منجر به تشدید نابرابری در فرصت‌های یادگیری و سلامت شود [۵۱،۵۲].

علی‌رغم نتایج امیدوارکننده، چند چالش مهم همچنان وجود دارد. این چالش‌ها شامل ناهمگونی در طراحی مطالعات (از جمله تفاوت در پروتکل‌های تحریک، شدت و مدت مداخلات، و ابزارهای سنجش)، حجم نمونه‌های کوچک که تعمیم‌پذیری نتایج را محدود می‌کند، کمبود پیگیری‌های طولانی‌مدت برای ارزیابی پایداری اثرات، دشواری در تعیین سهم نسبی هر مؤلفه مداخله در بهبود عملکرد، و نیز محدودیت‌های عملی در دسترسی به فناوری‌های تحریک مغزی پیشرفته، به‌ویژه در محیط‌های کم‌منبع است[۵۴-۵۲].

کاربردهای عملی این مداخلات گسترده است. در حوزه بالینی، استفاده از tDCS و rTMS در بیماران مبتلا به آلزایمر، پارکینسون، سکته مغزی، و آسیب نخاعی، بهبودهای معناداری در عملکرد شناختی و حرکتی ایجاد کرده است. در حوزه آموزشی، آموزش‌های مبتنی بر مغز و تمرینات شناختی ساختاریافته توانسته‌اند در بهبود عملکرد تحصیلی، افزایش انگیزه، و تقویت مهارت‌های اجتماعی نقش‌آفرین باشند. همچنین، استفاده از تمرینات حرکتی پیچیده نظیر اسلک‌لاین، علاوه بر بهبود تعادل و هماهنگی، تغییرات مثبتی در ساختار ماده سفید مغز ایجاد کرده است [۵۷-۵۵، ۴۴].

از جمله نقاط قوت این مطالعه، می‌توان به استفاده از یک راهبرد جستجوی جامع و ساختاریافته در پایگاه‌های علمی معتبر بین‌المللی اشاره کرد که جامعیت و دقت مرور را تضمین کرده است. همچنین، معیارهای ورود سخت‌گیرانه‌ای برای انتخاب مطالعات لحاظ شد؛ از جمله تمرکز بر طراحی‌های تجربی معتبر، بهره‌گیری از ابزارهای تصویربرداری پیشرفته، و تأکید مشخص بر مفهوم انعطاف پذیری عصبی به عنوان مکانیسم زیربنایی تغییر در یادگیری و سلامت شناختی در محور اصلی مداخلات. تحلیل یافته‌ها نیز نه به‌صورت صرفاً مقاله‌محور، بلکه بر اساس مضامین کلیدی مانند یادگیری حرکتی، شناختی، فردی و زیستی انجام

[Downloaded from payeshjournal.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.66224/payesh.25.5.691]

گرفت که موجب ارتقای کیفیت تفسیر نتایج شد. همچنین، کیفیت مطالعات با استفاده از ابزارهای استاندارد ارزیابی گردید بدین صورت که مطالعات تصادفی با ابزار کوکران برای ارزیابی خطر سوگیری و مطالعات غیرتصادفی با مقیاس نیوکاسل-اتاوا [۳۸] سنجیده شدند. این رویکرد، دقت تحلیل را افزایش داد.

این مرور نظام‌مند دارای چند محدودیت روش‌شناختی است که باید در تفسیر نتایج مدنظر قرار گیرند. نخست، جستجو محدود به مقالات منتشرشده به زبان انگلیسی و در بازه زمانی ۱ ژانویه ۲۰۲۰ تا ۲۱ مارس ۲۰۲۵ بود، که احتمال حذف مطالعات مرتبط به زبان‌های دیگر یا خارج از این بازه را افزایش می‌دهد. هرچند این محدودیت می‌تواند دامنه شواهد را کاهش دهد، انتخاب این بازه زمانی به‌منظور تمرکز بر جدیدترین و مرتبط‌ترین شواهد صورت گرفت. دوم، تمرکز بر پایگاه‌های داده مشخص، هرچند معتبر و جامع، ممکن است منجر به نادیده‌گرفتن برخی شواهد موجود در منابع کمتر شناخته‌شده یا خاکستری شده باشد، اما تلاش شد با استفاده از چند پایگاه اصلی، پوشش گسترده‌ای فراهم شود. سوم، ناهمگونی زیاد در طراحی مداخلات، جمعیت‌های مورد مطالعه و ابزارهای سنجش، امکان انجام فراتحلیل کمی و محاسبه اندازه اثر را محدود کرد؛ بنابراین، تحلیل کیفی به‌عنوان بهترین راهکار برای ارائه تصویر کلی انتخاب شد. چهارم، در برخی مطالعات، اطلاعات دقیق در مورد شدت، مدت‌زمان و پروتکل اجرای مداخله گزارش نشده بود که تفسیر و مقایسه دقیق نتایج را دشوار ساخت. نهایتاً، این مرور به بررسی مستقیم ماندگاری اثرات در بازه‌های پیگیری طولانی‌مدت نپرداخت، زیرا داده‌های مربوطه در تعداد محدودی از مطالعات موجود بود. با این حال، مطالعه حاضر با ارائه مرور جامع و ساختاریافته بر شواهد موجود، گامی مهم در جهت درک بهتر موضوع محسوب می‌شود و می‌تواند راهنمای مطالعات آتی با طراحی‌های همگن‌تر و داده‌های طولانی‌مدت‌تر باشد.

برای رفع محدودیت‌های موجود، پیشنهاد می‌شود کارآزمایی‌های بالینی با حجم نمونه بزرگ‌تر و دوره‌های پیگیری طولانی‌تر انجام شود تا شواهد قوی‌تری در مورد اثربخشی مداخلات به‌دست آید. استانداردسازی پروتکل‌ها و ابزارهای سنجش، به‌ویژه در مداخلات شناختی، حرکتی و تحریک مغزی، برای امکان مقایسه بهتر نتایج ضروری است. طراحی مطالعات طولی و بررسی پاسخ گروه‌های مختلف سنی، جنسیتی و اجتماعی نیز به درک بهتر تفاوت‌های فردی کمک خواهد کرد. استفاده هم‌زمان از سنجش‌های رفتاری و تصویربرداری عصبی اعتبار یافته‌ها را افزایش می‌دهد. از سوی دیگر، توسعه چارچوب‌های آموزشی بومی‌شده و توانمندسازی متخصصان از طریق آموزش تخصصی، اجرای مؤثر مداخلات را تسهیل می‌کند. نهایتاً، تعامل میان‌رشته‌ای میان روان‌شناسان، علوم اعصاب، آموزش و سیاست‌گذاران، کلید توسعه مداخلات علمی، اخلاقی و مؤثر در حوزه سلامت عمومی است.

یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهند که مداخلات مبتنی بر اصول انعطاف‌پذیری عصبی می‌توانند تأثیرات مثبتی بر عملکردهای شناختی، حرکتی و زبانی در گروه‌های مختلف جمعیتی داشته باشند. این مداخلات، با بهره‌گیری از توانمندی مغز در بازسازی و سازگاری، فرصت‌هایی را برای ارتقای یادگیری، توان‌بخشی، و بهزیستی شناختی فراهم می‌سازند. با این حال، اثربخشی این رویکردها در عمل به عوامل متعددی از جمله تفاوت‌های فردی، محدودیت در تعمیم‌پذیری نتایج، و چالش‌های اجرایی وابسته است. از این‌رو، اجرای موفق آن‌ها مستلزم طراحی مداخلات متناسب با ویژگی‌های فردی، فراهم‌سازی زیرساخت‌های فناورانه و آموزشی، و توجه ویژه به عدالت در دسترسی است. در مجموع، انعطاف‌پذیری عصبی می‌تواند به‌عنوان یک چارچوب کارآمد در خدمت نظام‌های آموزشی و سلامت قرار گیرد، مشروط بر آنکه با سیاست‌گذاری هوشمندانه و رویکردهای مبتنی بر شواهد پشتیبانی شود.

سهم نویسندگان

منصوره فرهنگ‌نیا: طراحی و اجرای مطالعه، جستجوی منابع، تحلیل داده‌ها و نگارش مقاله

شبنم حامدی‌فرد: همکاری در اجرای مطالعه، غربالگری و استخراج داده‌ها، بازبینی و ویرایش مقاله

شادی اکبریان: بازبینی علمی و ویرایش مقاله

[Downloaded from payeshjournal.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.66224/payesh.25.5.691]

منابع

1. Abbott JT, Lerer B, Altemus M, Liston C, Zandi PP, M. A multi-site, randomized, sham-controlled trial of transcranial direct current stimulation for bipolar depression. Bipolar Disord 2021;23:789-99
2. Ansari D, De Smedt B, Grabner RH. Bridging the gap between neuroscience and education. Neuroethics 2012;5:105-17
3. Cramer SC, et al. Brain repair after stroke. Stroke 2011;42:3181-219
4. Bagattini C, Zanni M, Morimoto SS, Altizer RA, et al. Combined rTMS and cognitive training for Alzheimer's disease: a randomized controlled trial. Journal of Alzheimer's Disease 2020;73:621-32
5. Liu HH, Wang RY, et al. Effects of anodal transcranial direct current stimulation on motor skill learning in healthy older adults: A randomized controlled trial. Clinical Neurophysiology 2022;135:20-27
6. Boroda E, Krueger AM, et al. Transcranial direct current stimulation combined with cognitive training for cognitive enhancement in healthy adults. Journal of Cognitive Neuroscience 2020;32:1900-11
7. Broeder BK, Kourtis D, et al. The effects of transcranial direct current stimulation on motor learning in Parkinson's disease: A randomized controlled trial. Parkinsonism & Related Disorders 2023;112:102715
8. Manser P, de Bruin ED. The effects of virtual reality-based balance training on cognitive and motor functions in older adults with mild cognitive impairment. Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and and medical sciences 2024;79:e147-58
9. Carton de Tournai C, De Kegel A, et al. Motor learning and rehabilitation in children with cerebral palsy: A systematic review. Developmental Medicine & Child Neurology 2024;66:162-73
10. Kempermann G. Environmental enrichment and neurogenesis in the adult hippocampus. Current Topics in Behavioral Neurosciences 2012;10:1-18
11. Chen C, et al. Autonomic neuroplasticity in response to cognitive training in older adults: A randomized controlled trial. Clinical Neurophysiology 2020;131:2714-23
12. Evans NH, Field-Fote EC. Transcranial direct current stimulation for gait and balance rehabilitation after spinal cord injury. Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation 2022;28:286-94
13. Faw TD, Ranganathan R, et al. White matter plasticity and motor learning in healthy older adults: A randomized controlled trial. Neuroimage 2021; 238:118229
14. Gire F, et al. Cognitive training for visual processing and working memory in children born preterm: A randomized controlled trial. Developmental Medicine & Child Neurology 2023;65:358-66
15. Higgins JP, Green S (editors). Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions. Version 5.1.0. The Cochrane Collaboration; 2011
16. Stang A. Critical evaluation of the Newcastle-Ottawa scale for the assessment of the quality of nonrandomized studies in meta-analyses. Journal of Clinical Epidemiology 2010;63:12-9
17. Moher D, et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. PLOS Medicine 2009;6:e1000097
18. Sihvonen AJ, Sairanen J, et al. Enhanced verbal memory and language function after cognitive training in stroke patients: A randomized controlled trial. Journal of Rehabilitation Medicine 2020;52: jrm00122
19. Tsai PY, Lin WS, et al. Effects of repetitive transcranial magnetic stimulation on cognitive function after stroke: A systematic review and meta-analysis. Journal of Rehabilitation Medicine 2020;17:156
20. Morimoto SS, Altizer RA, et al. Cognitive training combined with transcranial magnetic stimulation for Alzheimer's disease: A randomized controlled trial. Journal of Clinical Psychiatry 2020;81:19m12953
21. Pratscher SD, Pratscher SD, et al. Cognitive training to improve learning and memory in older adults: A randomized controlled trial. The journals of gerontology. Series B, Psychological sciences and social sciences 2021;76:122-31
22. Zhang S, et al. Effects of transcranial direct current stimulation on motor learning in stroke patients: A systematic review and meta-analysis. Frontiers in Aging Neuroscience 2022;14:845321
23. Vanicek T, et al. Changes in white matter microstructure after pharmacological intervention in depression: A randomized controlled trial. Neuroimage clinical 2022;35:103135
24. Widmer M, et al. Impact of motivational interventions on motor learning in stroke patients: A

[Downloaded from payeshjournal.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.66224/payesh.25.5.691]

randomized controlled trial. Journal of Neurophysiology 2022;128:427-38
25. Richard C, et al. Differences in speech production in preterm children receiving speech therapy: A randomized controlled trial. Journal of Speech, Language, and Hearing Research 2022;65:123-34
26. Liu HH, Wang RY, et al. Motor cortex excitability and hippocampal plasticity in healthy older adults: Effects of cognitive training. Brain Stimulation 2022;15:789-96
27. Price RB, Spotts C, et al. Ketamine-assisted psychotherapy for depression: A randomized controlled trial. American Journal of Psychiatry 2022;179:376-87
28. Maguire S, et al. BDNF and motor learning in healthy older adults: A randomized controlled trial. The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences 2023;78:e1-e10
29. Sehatpour P, et al. Auditory learning and neuroplasticity in individuals with schizophrenia: A randomized controlled trial. Schizophrenia Research 2023;252:160-8
30. Wu C, et al. Visual plasticity and donepezil treatment in older adults with mild cognitive impairment: A randomized controlled trial. Alzheimer's & Dementia 2023;19:645-53
31. Meléndez JC, Satorres E, et al. Transcranial direct current stimulation in Alzheimer's disease: A randomized controlled trial. Journal of Alzheimer's Disease 2023;92:1455-66
32. Seebacher E, et al. Gait speed and distance improvements after motor learning in multiple sclerosis: A randomized controlled trial. Multiple Sclerosis Journal 2024;30:220-30
33. Lin N, et al. Hippocampal plasticity and memory function in older adults: A randomized controlled trial. Cerebral Cortex 2024;34:bhad467
34. Lucas R, et al. Physical activity and motor function in children at risk for cerebral palsy: A randomized controlled trial. Developmental Medicine & Child Neurology 2024;66:450-9
35. Manser P, de Bruin ED. Effects of biofeedback training on cognitive and physical functions in older adults with cognitive impairment. Journal of Rehabilitation Medicine 2024;56:jrm00456
36. Koschutnig K, Weber B, et al. Slackline training alters white matter microstructure in healthy adults: A randomized controlled trial. Neuroimage 2024;289:120596
37. Xu X, Nikolin S, et al. Repetitive transcranial magnetic stimulation for response inhibition and cognition in healthy adults: A randomized controlled trial. Brain Stimulation 2025;18:1-8
38. Goldhahn J, et al. [The Newcastle-Ottawa Scale for assessing the quality of nonrandomized studies in meta-analyses: a comprehensive tool for quality assessment]. Z Evid Fortbild Qual Gesundhwes 2010;104:161-4
39. Krikorian R, et al. Exercise and cognitive function in older adults with mild cognitive impairment: a randomized controlled trial. Journal of Alzheimer's Disease 2010;22:495-502
40. Reuter-Lorenz PA, et al. The aging mind: neuroplasticity in the service of cognition. Dialogues in Clinical Neuroscience 2010;12:451-60
41. Voelcker-Rehage C, et al. Motor and cognitive learning in older adults: differential benefits of two modes of exercise. The Journals of Gerontology: Series A, Biological sciences and medical sciences 2011;66:1224-33
42. Antonenko D, Flöel A. Non-invasive brain stimulation in neurology: Transcranial direct current stimulation to enhance cognitive functioning. Nervenarzt 2016;87:838-45
43. Gu L, Xu H, Qian F. Effects of Non-Invasive Brain Stimulation on Alzheimer's Disease. Journal of Prevention of Alzheimer's Disease 2022;9:410-424
44. Rodríguez A, Amaya-Pascasio L, Gutiérrez-Fernández M, García-Pinteño J, Moreno M, Martínez-Sánchez P. Non-invasive brain stimulation for functional recovery in animal models of stroke: A systematic review. Neuroscience & Biobehavioral Reviews 2024;156:105485
45. Afsharian F, Abadi RK, Taheri R, Sarajehlou SA. Transcranial direct current stimulation combined with cognitive training improves two executive functions: Cognitive flexibility and information updating after traumatic brain injury. Acta Psychologica (Amst) 2024;250:104553
46. Chen Q, Yang H, Rooks B, Anthony M, Zhang Z, Tadin D, Heffner KL, Lin FV. Autonomic flexibility reflects learning and associated neuroplasticity in old age. Human Brain Mapping 2020;41:3608-3619
47. Dong L, Ke Y, Zhu X, Liu S, Ming D. Long-term cognitive and neurophysiological effects of mental rotation training. NPJ Science of Learning 2025;10:16

[Downloaded from payeshjournal.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.66224/payesh.25.5.691]

48. Choi KH, Berman RY, Zhang M, Spencer HF, Radford KD. Effects of Ketamine on Rodent Fear Memory. International Journal of Molecular Sciences 2020;21:7173
49. Comstock SM, Vaidya JG, Niciu MJ. Neurophysiological Correlates and Differential Drug Response in Subjects with a Family History of an Alcohol Use Disorder. Chronic Stress (Thousand Oaks) 2019;3:2470547019865267
50. Gass N, Becker R, Reinwald J, Cosa-Linan A, Sack M, Weber-Fahr W, Vollmayr B, Sartorius A. Differences between ketamine's short-term and long-term effects on brain circuitry in depression. Translational Psychiatry 2019;9:172
51. Alashram AR, Padua E, Annino G. Noninvasive brain stimulation for cognitive rehabilitation following traumatic brain injury: A systematic review. Applied Neuropsychology Adult 2023;30:814-829
52. Cheng I, Hamdy S. Current perspectives on the benefits, risks, and limitations of noninvasive brain stimulation (NIBS) for post-stroke dysphagia. Expert Review of Neurotherapeutics 2021;21:1135-1146
53. Kwon TG, Park E, Kang C, Chang WH, Kim YH. The effects of combined repetitive transcranial magnetic stimulation and transcranial direct current stimulation on motor function in patients with stroke. Restorative Neurology and Neuroscience 2016;34:915-923
54. Grefkes C, Fink GR. Noninvasive brain stimulation after stroke: it is time for large randomized controlled trials. Current Opinion in Neurology 2016;29:714-720
55. Gabel CP, Rando N, Melloh M. Slacklining and stroke: A rehabilitation case study considering balance and lower limb weakness. World Journal of Orthopedics 2016;7:513-8
56. Guidetti M, Bertini A, Pirone F, Sala G, Signorelli P, Ferrarese C, Priori A, Bocci T. Neuroprotection and Non-Invasive Brain Stimulation: Facts or Fiction? International Journal of Molecular Sciences 2022;23:13775
57. Qiu Y, Yin Z, Wang M, Duan A, Xie M, Wu J, Wang Z, Chen G. Motor function improvement and acceptability of non-invasive brain stimulation in patients with Parkinson's disease: a Bayesian network analysis. Frontiers in Neuroscience 2023;17:1212640

[Downloaded from payeshjournal.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.66224/payesh.25.5.691]