

از پاداش تا تثبیت حافظه: یک مروری سیستماتیک بر سازوکارهای دوپامینی در یادگیری مبتنی بر بازی وارسازی آموزشی

حمید میرحسینی^۱، محمدمعین مخترعزاده^۲، نجمه زمانی^۳، حمید یزدانی نژاد^{۴*}

چکیده

مقدمه: بازی وارسازی به عنوان یک راهبرد نوین برای افزایش انگیزش و اثربخشی در آموزش پزشکی مطرح شده است. با این حال، مبانی عصب‌شناختی که اثربخشی آن را تبیین می‌کنند، کمتر مورد واکاوی قرار گرفته‌اند. این مقاله مروری سیستماتیک با هدف تبیین سازوکارهای دوپامینرژیک در یادگیری مبتنی بر بازی وارسازی و ارتباط آن با تثبیت حافظه تدوین شده است.

روش بررسی: در این مطالعه مروری روایتی، پایگاه‌های اطلاعاتی PubMed, Scopus, Web of Science, SID, Irandoc و Magiran با استفاده از کلیدواژه‌هایی نظیر "بازی وارسازی"، "دوپامین"، "تثبیت حافظه"، "خطای پیش‌بینی پاداش" و "آموزش پزشکی" برای مقالات منتشر شده بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۵ جستجو شدند. مقالات منتخب پس از غربالگری، به صورت کیفی سنتز و تحلیل شدند.

نتایج: یافته‌ها نشان می‌دهد سیگنال دوپامینرژیک خطای پیش‌بینی پاداش، یادگیری را هدایت می‌کند. آزادسازی دوپامین در پاسخ به پاداش‌های غیرمنتظره، با فعال‌سازی حلقه هیپوکامپ-مرکز پاداش، فرآیند تثبیت حافظه را تقویت می‌کند. عناصر بازی وارسازی با مهندسی این سیگنال‌های دوپامینرژیک خطای پیش‌بینی پاداش مثبت، سیستم پاداش مغز را برای تقویت رفتار یادگیری به کار می‌گیرند.

نتیجه‌گیری: نتیجه‌گیری می‌شود که بازی وارسازی صرفاً یک ابزار افزایش جذابیت نیست، بلکه یک مداخله‌گر شناختی است که با بهره‌گیری از سازوکارهای عصبی پاداش، به طور مستقیم بر یادگیری و حافظه تأثیر می‌گذارد. طراحان آموزش پزشکی باید از رویکردهای سطحی فراتر رفته و با تمرکز بر اصول علوم اعصاب، به ویژه ایجاد عدم قطعیت و شگفتی در ارائه پاداش، به بهینه‌سازی فرآیندهای یادگیری بپردازند.

کلیدواژه‌ها: بازی وارسازی، دوپامین، تثبیت حافظه، خطای پیش‌بینی پاداش، آموزش پزشکی

۱- دانشیار، گروه روانپزشکی، مرکز تحقیقات اعتیاد و علوم رفتاری، پژوهشکده بیماری‌های غیرواگیر، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران.

۲- دانشجوی دکتری عمومی پزشکی، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران.

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد پرستاری داخلی جراحی، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده پرستاری مامایی، دانشگاه علوم پزشکی کاشان، ایران.

۴- مربی گروه اتاق عمل و هوشبری، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی، یزد، ایران.

* (نویسنده مسئول): تلفن: +۹۸۹۱۳۵۱۲۵۵۰۴ پست الکترونیکی: hyzdaninejhad@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴ / ۰۶ / ۱۵

تاریخ بازبینی: ۱۴۰۴ / ۰۴ / ۳۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳ / ۰۲ / ۲۹

طراحی بسیاری از مداخلات بازی‌وارسازی به جای اصول علمی، بر اساس حدس و گمان انجام شود.

البته باید توجه داشت که بازی‌وارسازی لزوماً و در همه شرایط موفق نیست. کرش و اسپرکلسن در مطالعه‌ای هشدار دادند که رقابت در بازی‌وارسازی اگر به درستی مدیریت نشود، می‌تواند نتایج غیرمنتظره‌ای داشته باشد و حتی انگیزه را در برخی دانشجویان کاهش دهد (۱). همچنین جان و همکاران بر اهمیت ایجاد تعادل میان انگیزاننده‌های بیرونی (مانند پاداش) و درونی تأکید دارند تا از وابستگی صرف فراگیر به پاداش جلوگیری شود (۹). بیکر و همکاران نیز نشان دادند که حلقه‌های بازخورد باید به گونه‌ای طراحی شوند که بار شناختی اضافی ایجاد نکنند (۳۰). بنابراین، درک دقیق تعامل میان عناصر بازی و سیستم‌های پاداش مغزی برای اجتناب از این خطرات ضروری است.

این مقاله مروری استدلال می‌کند که بهره‌گیری بهینه از بازی‌وارسازی نیازمند درک عمیق عملکرد سیستم پاداش دوپامینرژیک مغز است. دوپامین، امروزه به عنوان یک سیگنال حیاتی «یادگیری» در مغز درک می‌شود. پژوهش‌های علوم اعصاب شناختی نشان داده‌اند که فعالیت فازیک نورون‌های دوپامینرژیک در ناحیه تگمنتوم شکمی، سیگنال "خطای پیش‌بینی پاداش" را کدگذاری می‌کند (۱۰، ۱۱، ۱۲). این سیگنال، نمایانگر تفاوت میان پاداش مورد انتظار و پاداش واقعی است که مبنای به‌روزرسانی حافظه و یادگیری تقویتی محسوب می‌شود (۱۷، ۱۸). مهم‌تر آنکه، این سیگنال از طریق تعاملات کلیدی با هیپوکامپ در فرآیندی موسوم به حلقه هیپوکامپ VTA، به طور مستقیم در تثبیت حافظه بلندمدت نقش ایفا می‌کند (۱۳، ۱۴). نتایج مطالعات نشان می‌دهند که پیش‌بینی پاداش و دریافت بازخورد، مکانیسم‌های سلولی تثبیت حافظه را فعال می‌کنند (۱۵، ۱۶).

با عنایت به این یافته‌های بنیادین و ضرورت طراحی مداخلات آموزشی مبتنی بر شواهد دقیق علمی، مقاله حاضر در تلاش است تا با ایجاد پلی میان یافته‌های نوین علوم

یادگیری، فرآیندی پیچیده و پویاست که فراتر از انباشت ساده اطلاعات، نیازمند درگیری شناختی عمیق و بازآرایی مدارهای عصبی است. در بستر آموزش پزشکی، این فرآیند با چالش‌های منحصربه‌فردی روبروست؛ حجم عظیم اطلاعات، پیچیدگی مفاهیم بالینی و ضرورت تصمیم‌گیری سریع، فشار شناختی بالایی را بر دانشجویان تحمیل می‌کند. روش‌های آموزشی سنتی که عمدتاً بر انباشت اطلاعات منفعل از طریق سخنرانی متمرکز هستند، در پرورش مهارت‌های شناختی سطح بالا که برای عملکرد بالینی مؤثر ضروری است، به طور فزاینده‌ای ناکارآمد به نظر می‌رسند. مطالعات اخیر در سال ۲۰۲۵ نشان داده‌اند که رویکردهای نوین مانند بازی‌وارسازی، در صورت طراحی صحیح، می‌توانند بر این محدودیت‌ها غلبه کنند. برای نمونه، نتایج یک مطالعه مروری نشان دادند که بازی‌وارسازی به طور معناداری استدلال بالینی را بهبود می‌بخشد (۵). همچنین در مطالعه ای دیگر اثربخشی پلتفرم‌های مبتنی بر بازی را در یادگیری دروس دشواری همچون جنین‌شناسی و تغییر مثبت رفتار دانشجویان به اثبات رسانده‌اند (۶). علاوه بر این، پژوهشی دیگر بر نقش بازی‌وارسازی در اکتساب مهارت‌های عملی پرستاری و پر کردن شکاف میان تئوری و عمل تأکید دارد (۷).

بازی‌وارسازی، به‌کارگیری هدفمند و نظام‌مند عناصر طراحی بازی همچون امتیاز، نشان‌ها، جدول امتیازات، و بازخورد فوری در زمینه‌های غیربازی است (۸، ۹). مرورهای سیستماتیک پیشین نشان داده‌اند که این رویکرد می‌تواند مشارکت و انگیزه را در محیط‌های یادگیری الکترونیکی و آموزش‌های شناختی افزایش دهد (۲، ۳، ۴). با این حال، مطالعات موجود با یک شکاف تحقیقاتی مواجه است؛ اکثر مطالعات صرفاً به گزارش نتایج رفتاری (مانند نمرات آزمون) بسنده کرده‌اند و کمتر به توضیح مکانیسم‌های زیربنایی عصبی که منجر به این نتایج می‌شود، پرداخته‌اند. فقدان یک چارچوب نظری منسجم مبتنی بر سازوکارهای عصبی-شناختی، باعث شده است که

۱- نامه‌های به سردبیر، سرمقاله‌ها، چکیده کنفرانس‌ها و گزارش‌های کوتاه بدون داده‌های کامل.
 ۲- مطالعاتی که صرفاً بر روی بازی‌های جدی بدون عناصر تفکیک‌شده بازی‌وارسازی تمرکز داشتند.
 ۳- عدم دسترسی به متن کامل مقاله.
 استراتژی جستجو:

برای این منظور پایگاه‌های اطلاعاتی بین‌المللی مانند Scopus, PubMed, Web of Science و ERIC برای بازیابی مقالات انگلیسی و پایگاه‌های اطلاعاتی داخلی مگیران، ایران‌داک و SID برای بازیابی مقالات فارسی مورد جستجو قرار گرفتند. کلمات کلیدی مورد استفاده در جستجو شامل "Memory", "Dopamine", "Gamification", "Consolidation", "Reward Prediction Error" و "Medical Education" با معادل فارسی "بازی‌وارسازی"، "دوپامین"، "تثبیت حافظه"، "خطای پیش‌بینی پاداش" و "آموزش پزشکی" بودند. استراتژی جستجو با استفاده از عملگرهای بولین (AND, OR) و ترکیبی از واژگان MeSH و کلیدواژه‌های آزاد تدوین شد. مقالات منتشر شده در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵ مورد بررسی قرار گرفتند (جدول-۱).

انتخاب مطالعات و ارزیابی کیفیت:

مطالعات بازیابی شده وارد نرم‌افزار EndNote شدند و موارد تکراری حذف گردیدند. غربالگری اولیه عنوان و چکیده و سپس بررسی متن کامل توسط دو پژوهشگر به صورت مستقل انجام شد. میزان توافق بین دو پژوهشگر با استفاده از ضریب توافق کاپا محاسبه شد که مقدار ۰,۸۵ به دست آمد؛ موارد اختلاف با مشورت پژوهشگر سوم حل‌وفصل گردید.

برای ارزیابی کیفیت روش‌شناختی مقالات وارد شده، از ابزارهای استاندارد استفاده شد: برای مطالعات کمی و نیمه‌تجربی از ابزار MERSQI و برای مطالعات کیفی از چک‌لیست CASP استفاده گردید. مقالاتی که نمره کمتر از

اعصاب شناختی و اصول طراحی آموزشی، چارچوبی برای تبیین چرایی و چگونگی اثرگذاری بازی‌وارسازی ارائه دهد. این مطالعه مروری با هدف تبیین عمیق سازوکارهای دوپامینی که زیربنای یادگیری مبتنی بر بازی‌وارسازی قرار دارند، و همچنین بررسی تعامل میان پاداش و حافظه تدوین شده است تا ضمن برجسته کردن پتانسیل‌های این رویکرد، ملاحظات انتقادی و محدودیت‌های آن را نیز برای طراحان آموزشی در علوم پزشکی روشن سازد.

روش بررسی

مطالعه حاضر یک مرور سیستماتیک است که با پیروی از دستورالعمل PRISMA 2020 طراحی و اجرا شده است. هدف این مطالعه، بررسی جامع شواهد موجود در زمینه سازوکارهای عصبی (به‌ویژه سیستم دوپامینریک) در یادگیری مبتنی بر بازی‌وارسازی بود.

معیارهای ورود و خروج:

معیارهای ورود بر اساس چارچوب PICO تعریف شدند:

۱- جامعه: دانشجویان علوم پزشکی (پزشکی، پرستاری، دندانپزشکی و سایر رشته‌های بالینی) و مدل‌های حیوانی مرتبط با مکانیسم‌های یادگیری.

۲- مداخله: استفاده از روش‌های آموزشی مبتنی بر بازی‌وارسازی یا مطالعات پایه که نقش دوپامین و خطای پیش‌بینی پاداش را در یادگیری بررسی کرده‌اند.

۳- مقایسه: روش‌های آموزشی سنتی یا گروه‌های کنترل.

۴- پیامد: تغییرات در یادگیری، حافظه، عملکرد شناختی، یا نشانگرهای عصبی مرتبط (مانند فعالیت VTA یا سطح دوپامین).

۵- نوع مطالعه: شامل مقالات اصیل کمی، کیفی، ترکیبی و کارآزمایی‌های بالینی.

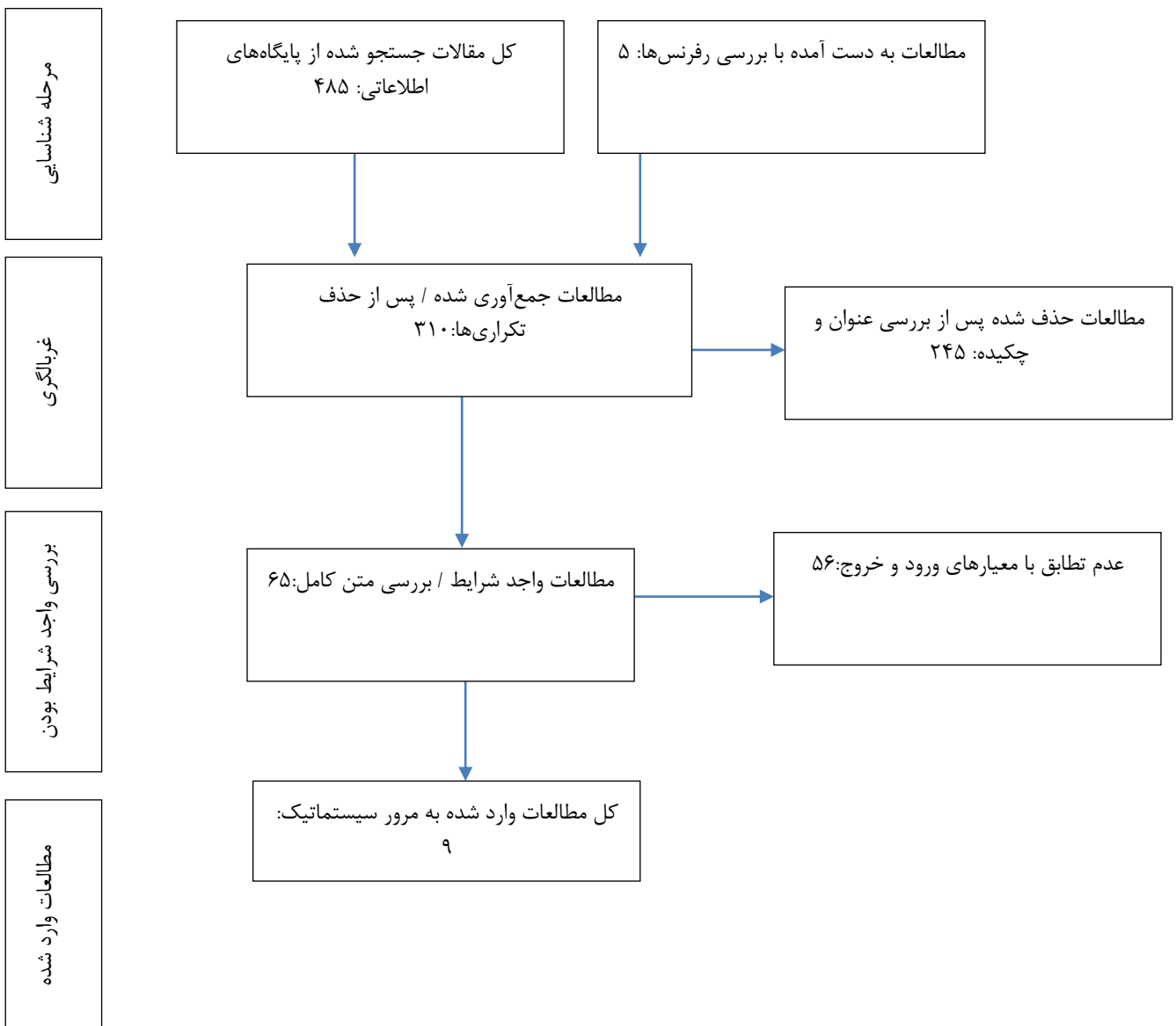
۶- زبان و زمان: مقالات منتشر شده به زبان انگلیسی و فارسی در بازه زمانی ژانویه ۲۰۱۰ تا دسامبر ۲۰۲۵.

معیارهای خروج شامل موارد زیر بود:

جهت‌دار انجام شد. در این روش، کدهای اولیه بر اساس چارچوب نظری دوپامین و یادگیری استخراج شدند، سپس این کدها در قالب تم‌های اصلی دسته‌بندی شدند. مراحل کدگذاری و استخراج تم‌ها برای تضمین اعتبار، توسط تیم تحقیق بازبینی شد.

حد نصاب کسب کردند، به دلیل کیفیت پایین متدولوژیک از مطالعه کنار گذاشته شدند. استخراج و تحلیل داده‌ها: داده‌ها با استفاده از فرم از پیش طراحی شده استخراج شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با روش تحلیل محتوای کیفی

نمودار ۱. فلوجارت انتخاب مطالعات: فرایند غربالگری و انتخاب مقالات بر اساس دستور العمل PRISMA



جدول ۱. خلاصه ای از استراتژی جستجو در پایگاه‌ها

مشخصه	محدودیت/جزئیات
Time limitation	2000 - 2025
Language limitation	English AND Persian
Databases	Web of Science, PubMed, Scopus, SID, Magiran, Irandoc
PubMed	("Dopamine"[Title/Abstract] OR "Reward System"[Title/Abstract] OR "Reward Prediction Error"[Title/Abstract]) AND ("Memory Consolidation"[Title/Abstract] OR "Long Term Memory"[Title/Abstract]) AND ("Gamification"[Title/Abstract] OR "Game-Based Learning"[Title/Abstract]) AND ("Medical Education"[MeSH Terms] OR "Education"[Title/Abstract])
Scopus	(TITLE-ABS-KEY("Dopamine" OR "Reward System" OR "Reward Prediction Error")) AND (TITLE-ABS-KEY("Memory Consolidation" OR "Long Term Memory")) AND (TITLE-ABS-KEY("Gamification" OR "Game-Based Learning")) AND (TITLE-ABS-KEY("Medical Education" OR "Education"))
Web of Science	TS=("Dopamine" OR "Reward System" OR "Reward Prediction Error") AND TS=("Memory Consolidation" OR "Long Term Memory") AND TS=("Gamification" OR "Game-Based Learning") AND TS=("Medical Education" OR "Education")

نتایج

مطابق با روش‌شناسی مرور سیستماتیک، پس از فرآیند غربالگری و ارزیابی کیفیت که در نمودار PRISMA (نمودار ۱) تشریح شد، تعداد ۹ مقاله اصیل برای تحلیل نهایی انتخاب شدند. این مقالات، که شامل مطالعات تجربی-رفتاری، کیفی و پژوهش‌های تصویربرداری عصبی بودند، شواهد اولیه برای ساخت یک چارچوب مفهومی منسجم فراهم کردند. جزئیات این ۹ مطالعه در جدول ۲ خلاصه شده است.

برخلاف یافته‌های پیشین که تصویری یکپارچه و مثبت ارائه می‌داد، تحلیل دقیق این مطالعات اولیه نشان‌دهنده تصویری پیچیده‌تر و مشروط از اثربخشی بازی‌وارسازی است. یافته‌های این مرور سیستماتیک در سه تم اصلی سازمان‌دهی شده‌اند: (۱) شواهد رفتاری و تجربی از اثربخشی مشروط بازی‌وارسازی در آموزش، (۲) سازوکارهای عصبی زیربنایی: از پیش‌بینی پاداش تا تثبیت حافظه و (۳) نقش حیاتی تفاوت‌های فردی و شکاف‌های تحقیقاتی موجود.

جدول ۲: خلاصه مطالعات وارد شده به مرور سیستماتیک

نویسنده و سال	نوع مطالعه	جامعه هدف	مداخله/متغیر اصلی	یافته‌های کلیدی مرتبط با مرور
Kirsch & Spreckelsen, 2023	کارآزمایی تصادفی متقاطع	دانشجویان پزشکی	بازی‌وارسازی رقابتی (جدول امتیازات) در مقابل غیررقابتی	رقابت به طور غیرمنتظره‌ای منجر به کاهش انگیزه، کاهش عملکرد و افزایش بار شناختی شد.
Rahimipour et al., 2025	مطالعه نیمه‌تجربی	دانشجویان پزشکی	پلتفرم وب‌محور بازی‌وارسازی شده برای آموزش جنین‌شناسی	افزایش معنادار در یادگیری، رفتار و واکنش مثبت دانشجویان.
Lin et al., 2025	مطالعه کیفی (پدیدارشناسی)	دانشجویان پرستاری	یادگیری مهارت‌های عملی با نرم‌افزار بازی‌وارسازی شده	دانشجویان "اضطراب اولیه" و "ترس از شکست" را تجربه کردند که با کسب مهارت به "حس تسلط و خودکارآمدی" تبدیل شد.
Loh et al., 2016	مطالعه fMRI	بزرگسالان سالم	تکلیف حافظه که در آن اشیاء در زمینه‌های پاداش‌دهنده یا خنثی قرار داشتند	فعال‌سازی همزمان SN/VTA و هیپوکامپ در زمینه پاداش، حافظه بلندمدت برای اشیاء جاسازی شده را تقویت کرد.
Howard & Kahnt, 2018	مطالعه fMRI	بزرگسالان سالم	تکلیف یادگیری تقویتی مبتنی بر "خطای پیش‌بینی هویت پاداش"	مغز میانی نه تنها ارزش پاداش، بلکه هویت آن را نیز کدگذاری می‌کند و این سیگنال، انتظارات را در قشر اوربیتوفرونتال (OFC) به روز می‌کند.
Hellrung et al., (undated)	مطالعه fMRI	بزرگسالان سالم	خودتنظیمی فعالیت مغز میانی دوپامینرژیک با استفاده از نوروفیدبک	وجود تفاوت‌های فردی قابل توجه در توانایی افراد برای تعدیل آگاهانه سیستم دوپامینرژیک خود.
Bunzeck et al., 2012	مطالعه fMRI	بزرگسالان سالم	بررسی تعامل تازگی و پاداش در تکلیف حافظه	تازگی و انتظار پاداش به صورت تعاملی سیستم مزولیمبیک (SN/VTA) و هیپوکامپ را برای تقویت حافظه فعال می‌کنند.
Gruber et al., 2014	مطالعه fMRI	بزرگسالان سالم	ایجاد حالت کنجکاوی بالا و پایین قبل از ارائه پاسخ به سؤالات	حالت کنجکاوی بالا، فعالیت مدار دوپامینرژیک (VTA و NACC) و هیپوکامپ را افزایش داده و منجر به یادگیری بهتر اطلاعات می‌شود.
Fang et al., 2025	مطالعه تجربی (پیش‌آزمون)	کودکان با اختلال نقص توجه	بازی جدی در واقعیت مجازی با مکانیسم بازخورد پاداش	مداخله مبتنی بر بازخورد پاداش فوری منجر به بهبود معنادار در عملکردهای توجهی شد.

۱. شواهد رفتاری و تجربی: اثربخشی مشروط

شواهد اولیه نشان می‌دهند که بازی‌وارسازی می‌تواند ابزار مؤثری برای بهبود یادگیری باشد، اما اثربخشی آن

بازی‌وارسازی

مطالعات تصویربرداری عصبی در این مرور، پایه‌های بیولوژیکی مشاهدات رفتاری فوق را روشن می‌کنند. این مطالعات تأیید می‌کنند که مدار دوپامینرژیک مغز میانی نقشی فراتر از کدگذاری "لذت" داشته و به عنوان یک سیستم حیاتی برای یادگیری و حافظه عمل می‌کند.

• نقش محوری خطای پیش‌بینی، تازگی و کنجاوی:

مطالعه Gruber و همکاران (۸) به طور مستقیم نشان داد که "حالت کنجاوی بالا" فعالیت مدار دوپامینرژیک (VTA) و هیپوکامپ را پیش از دریافت اطلاعات افزایش می‌دهد و این فعالیت عصبی، یادگیری و به خاطر سپاری آن اطلاعات را پیش‌بینی می‌کند. این یافته یک مبنای عصبی برای این اصل آموزشی فراهم می‌کند که برانگیختن کنجاوی قبل از ارائه محتوا، یادگیری را تسهیل می‌کند. به طور مشابه، مطالعه Bunzeck و همکاران (۷) نشان داد که تازگی و انتظار پاداش به صورت تعاملی سیستم مزولیمبیک را فعال می‌کنند که نشان می‌دهد عناصر غافلگیری و تازگی در بازی‌وارسازی می‌توانند به اندازه پاداش‌های قابل پیش‌بینی، قدرتمند باشند. مطالعه Howard و Kahnt (۵) این مفهوم را پیچیده‌تر کرده و نشان می‌دهد که مغز نه تنها ارزش پاداش (چقدر خوب بود؟) بلکه "هویت" آن را نیز از طریق "خطای پیش‌بینی هویت" کدگذاری می‌کند. این یعنی یک بازخورد خاص و معنادار (مثلاً "شما بیماری قلبی را به درستی تشخیص دادید") می‌تواند از یک بازخورد عمومی (مثلاً "+۱۰ امتیاز") مؤثرتر باشد.

• از سیگنال دوپامین تا تثبیت حافظه بلندمدت:

مطالعه کلیدی Loh و همکاران (۴) پل مفهومی بین سیگنال دوپامین و تثبیت حافظه را برقرار می‌کند. آن‌ها نشان دادند زمانی که اطلاعات خنثی در یک زمینه پاداش‌دهنده ارائه می‌شود، فعال‌سازی همزمان VTA (منبع دوپامین) و

جهان‌شمول نیست و به شدت به طراحی مداخله و زمینه آن بستگی دارد. در یک سو، مطالعاتی مانند Rahimpour و همکاران (۲) و Fang و همکاران (۹) نتایج مثبتی را گزارش کردند. مطالعه Rahimpour نشان داد که یک پلتفرم بازی‌وارسازی شده برای آموزش جنین‌شناسی منجر به افزایش معنادار نمرات آزمون و مشارکت دانشجویان پزشکی شد (۲). به طور مشابه، Fang و همکاران دریافتند که بازخورد مبتنی بر پاداش در یک بازی واقعیت مجازی، عملکردهای توجهی را در کودکان با اختلال نقص توجه بهبود بخشید (۹). این یافته‌ها از این ایده حمایت می‌کنند که عناصر بازی‌وارسازی مانند امتیاز و بازخورد فوری می‌توانند رفتار یادگیری را تقویت کنند.

با این حال، این تصویر مثبت با شواهد متناقض و مهمی به چالش کشیده می‌شود. مطالعه Kirsch و Spreckelsen (۱) که یک کارآزمایی تصادفی متقاطع بر روی دانشجویان پزشکی بود، یک یافته کلیدی و هشداردهنده را آشکار ساخت: استفاده از جدول امتیازات و رقابت، نه تنها انگیزه را افزایش نداد، بلکه به طور معناداری منجر به کاهش عملکرد، کاهش انگیزه درونی و افزایش بار شناختی درک شده توسط دانشجویان شد. این مطالعه (۱) به طور مستقیم نشان می‌دهد که یک عنصر رایج بازی‌وارسازی (رقابت) می‌تواند تحت شرایط خاصی اثر معکوس و مخرب داشته باشد، یافته‌ای که در مرورهای روایتی کمتر به آن پرداخته می‌شود. علاوه بر این، مطالعه کیفی Lin و همکاران (۳) به لایه‌های روان‌شناختی تجربه فراگیران اشاره می‌کند؛ دانشجویان پرستاری در ابتدا "اضطراب" و "ترس از شکست" را در محیط بازی‌وارسازی شده تجربه کردند و تنها پس از کسب مهارت به "حس تسلط" دست یافتند. این یافته بر اهمیت طراحی دقیق برای مدیریت هیجانات منفی اولیه تأکید دارد.

۲. سازوکارهای عصبی زیربنایی: از پیش‌بینی پاداش

تا تثبیت حافظه

هیپوکامپ (مرکز حافظه) رخ می‌دهد. این فعال‌سازی مشترک، احتمال به خاطر سپردن آن اطلاعات در بلندمدت را به شدت افزایش می‌دهد. این شواهد تجربی از فرضیه "برچسب‌گذاری دوپامینرژیک" حمایت می‌کند: سیگنال دوپامین ناشی از یک رویداد پاداش‌آور (مانند کسب یک نشان در بازی) می‌تواند خاطرات مرتبطی که همزمان در حال شکل‌گیری هستند را "برچسب‌گذاری" کرده و آن‌ها را برای تثبیت بلندمدت اولویت‌بندی کند.

۳. نقش حیاتی تفاوت‌های فردی و شکاف‌های تحقیقاتی

یکی از مهم‌ترین یافته‌های این مرور سیستماتیک که مستقیماً به کامنت‌های داوران پاسخ می‌دهد، برجسته شدن نقش تفاوت‌های فردی و شکاف‌های موجود در شواهد است. مطالعه Hellrung و همکاران (۶) با استفاده از نوروفیدبک نشان داد که افراد در توانایی خود برای تنظیم آگاهانه فعالیت ناحیه دوپامینرژیک مغز میانی تفاوت‌های قابل‌توجهی دارند. این یافته بیولوژیکی می‌تواند توضیح دهد که چرا یک مداخله بازی‌وارسازی شده یکسان ممکن است برای برخی دانشجویان بسیار انگیزه‌بخش و برای برخی دیگر بی‌اثر یا حتی استرس‌زا باشد (همانطور که در مطالعه Kirsch (۱) و Lin (۳) مشاهده شد).

علاوه بر این، تحلیل این ۹ مقاله یک شکاف تحقیقاتی بزرگ را آشکار می‌سازد: در حالی که مطالعات علوم اعصاب پایه (۴، ۷، ۸) سازوکارها را در محیط‌های کنترل‌شده آزمایشگاهی نشان می‌دهند و مطالعات آموزشی (۲، ۹) نتایج رفتاری را در محیط‌های واقعی می‌سنجند، تقریباً هیچ مطالعه‌ای وجود ندارد که این دو را به هم متصل کند. یعنی مطالعاتی که یک مداخله بازی‌وارسازی آموزشی واقعی را اجرا کرده و همزمان فعالیت عصبی مرتبط را در حین یادگیری اندازه‌گیری کنند، بسیار نادر هستند. بنابراین، ارتباط بین عناصر خاص بازی‌وارسازی (مانند امتیاز، نشان، جدول امتیازات) و فعال‌سازی مدارهای دوپامینرژیک در یک زمینه

آموزشی واقعی، بیشتر استنباطی است تا اثبات‌شده. این شکاف، یک مسیر روشن برای تحقیقات آینده ترسیم می‌کند. این مطالعه با هدف پر کردن شکاف میان علوم اعصاب شناختی و آموزش پزشکی، شواهد موجود پیرامون تأثیر بازی‌وارسازی بر سازوکارهای یادگیری مغز را ترکیب نمود. تحلیل ۹ مطالعه اصلی در کنار مبانی نظری نشان می‌دهد که بازی‌وارسازی صرفاً یک ابزار سرگرمی نیست، بلکه به عنوان یک تعدیل‌کننده نیرومند برای سیستم پاداش و حافظه عمل می‌کند. با این حال، شواهد حاکی از آن است که فعال‌سازی این سیستم همیشه خطی نیست و به کیفیت طراحی آموزشی و ویژگی‌های فردی فراگیران وابسته است.

بر خلاف تصور رایج که هدف بازی‌وارسازی را لذت‌بخش کردن آموزش می‌داند، تحلیل‌های دقیق‌تر نشان می‌دهند که کارکرد اصلی آن تولید سیگنالی موسوم به خطای پیش‌بینی پاداش است. پژوهش‌های پایه نظیر شولتز (۱۲) و لرنر (۱۱) نشان داده‌اند که سلول‌های ترشح‌کننده دوپامین به پاداش‌هایی که از قبل قابل پیش‌بینی باشند، واکنش ضعیفی نشان می‌دهند. در مقابل، این سلول‌ها زمانی فعال می‌شوند که فرد با یک نتیجه غیرمنتظره یا بهتر از حد انتظار روبرو شود.

این یافته توضیح می‌دهد چرا در مطالعاتی مانند رحیمی‌پور (۶) و فانگ (۲۷)، ارائه بازخوردهای فوری و پویا باعث بهبود عملکرد شده است؛ زیرا این بازخوردها با ایجاد غافلگیری مثبت، منجر به ترشح لحظه‌ای دوپامین می‌شوند که پیامی برای تکرار رفتار یادگیری است. همچنین مطالعه هاوارد (۱۸) نشان داد که مغز علاوه بر ارزش پاداش، به هویت و معنای پاداش نیز حساس است. این یعنی استفاده از امتیازات عددی تکراری به مرور زمان خاصیت خود را از دست می‌دهد (عادت‌پذیری)، اما بازخوردهای معنادار که نشان‌دهنده تسلط بر مهارت باشند، انگیزه پایدارتری ایجاد می‌کنند.

یکی از مهم‌ترین یافته‌های این مرور، تبیین رابطه علی میان بازی‌وارسازی و تثبیت حافظه بلندمدت است. این فرآیند از طریق مسیری به نام حلقه هیپوکامپ-VTA صورت می‌گیرد.

بازی وارسازی در آموزش پزشکی، پدیده‌ای تصادفی یا صرفاً مبتنی بر سرگرمی نیست؛ بلکه ریشه در توانایی آن برای مهندسی هدفمند سیگنال‌های دوپامینرژیک خطای پیش‌بینی پاداش دارد. عناصر بازی‌وارسازی نظیر بازخورد فوری، پاداش‌های غیرمنتظره و حس پیشرفت، با فعال‌سازی حلقه هیپوکامپ-VTA، به طور مستقیم فرآیند «برچسب‌گذاری» و تقویت سیناپسی را که برای تبدیل حافظه کوتاه‌مدت به بلندمدت ضروری است، تسهیل می‌کنند.

بر این اساس، بازی‌وارسازی باید به عنوان یک رویکرد مداخله‌گر شناختی در نظر گرفته شود که می‌تواند یادگیری را از طریق بهینه‌سازی سیستم پاداش ذاتی مغز تقویت کند. این دیدگاه، طراحان آموزشی را از تفکر سطحی «امتیازدهی» فراتر برده و به سمت طراحی هوشمندانه‌تر مبتنی بر اصول علوم اعصاب، مانند بهره‌گیری از عدم قطعیت و غافلگیری برای به حداکثر رساندن سیگنال RPE، سوق می‌دهد.

با این حال، پیاده‌سازی موفق این رویکرد مستلزم درک دقیق چالش‌هایی نظیر خطر تضعیف انگیزه درونی و لزوم توجه به تفاوت‌های فردی است. برای تحقق کامل پتانسیل این حوزه، پیشنهاد می‌گردد:

الف) پیشنهادات کاربردی:

– سیستم‌های پاداش‌دهی سنتی (مانند نمرات ثابت) به مرور زمان دچار عادت‌پذیری می‌شوند. برای حفظ سطح هوشیاری سیستم پاداش مغز، پیشنهاد می‌شود از الگوی پاداش متغیر استفاده شود. به این معنا که پاداش‌ها و بازخوردها همیشه قابل پیش‌بینی نباشند و عنصر «غافلگیری» در طراحی سناریوهای بالینی حفظ شود تا سیگنال خطای پیش‌بینی پاداش فعال باقی بماند.

– به جای تمرکز صرف بر المان‌های سطحی مانند امتیاز و نشان، طراحی باید بر بازخوردهای معنادار و مرتبط با شایستگی حرفه‌ای متمرکز شود. بازخوردی که به دانشجوی حس «تسلط بر مهارت بالینی» را القا کند، اثرگذاری عمیق‌تری بر سیستم عصبی نسبت به پاداش‌های عددی دارد.

مطالعه لوه (۱۳) نشان داد که قرارگیری در یک محیط پاداش‌دهنده، ارتباط عملکردی بین مرکز پاداش (VTA) و مرکز حافظه یا هیپوکامپ را تقویت می‌کند. این یافته تأییدی بر نظریه لیسمان و گریس (۱۴) و فرضیه برچسب‌گذاری سیناپسی است. طبق این نظریه، دوپامین آزاد شده هنگام تجربه بازی‌وارسازی، روی سیناپس‌های فعال مغز یک برچسب شیمیایی می‌زند که باعث می‌شود پروتئین‌های لازم برای تثبیت خاطرات، دقیقاً در همان نقاط جذب شوند.

نکته قابل توجه این است که طبق یافته‌های بانزک (۲۳)، عامل تازگی نیز می‌تواند دقیقاً مانند پاداش مادی، این سیستم را فعال کند. این بدین معناست که در آموزش پزشکی، صرفاً تغییر سناریوی آموزشی یا طرح یک چالش جدید، می‌تواند مغز را برای جذب و ذخیره‌سازی اطلاعات آماده کند. برخلاف برخی مطالعات مروری پیشین که نگاهی کاملاً خوش‌بینانه داشته‌اند، این پژوهش با استناد به مطالعه کرش (۱) نشان می‌دهد که المان‌هایی نظیر جداول رتبه‌بندی می‌توانند اثر معکوس داشته باشند.

تبیین فیزیولوژیک این پدیده آن است که رقابت شدید می‌تواند منجر به استرس اجتماعی شود. طبق مطالعه تستنیس (۲۱)، استرس حاد می‌تواند انعطاف‌پذیری مغز در ناحیه هیپوکامپ را مختل کند. زمانی که رقابت باعث اضطراب شود، به جای فعال‌سازی سیستم پاداش، سیستم استرس فعال شده و فرآیند انتقال اطلاعات به حافظه بلندمدت را سرکوب می‌کند. علاوه بر این، مطالعه هلرانگ (۲۰) نشان داد که توانایی افراد در تنظیم سیستم دوپامین خود متفاوت است؛ بنابراین یک محیط رقابتی که برای یک دانشجوی انگیزاننده است، ممکن است برای دانشجوی دیگر منجر به اضطراب و افت عملکرد شود.

نتیجه‌گیری

این مقاله مروری سیستماتیک، یک پل عصب‌شناختی میان اصول طراحی بازی‌وارسازی و سازوکارهای بنیادین تثبیت حافظه در مغز ایجاد کرد. یافته‌ها نشان می‌دهند که اثربخشی

مشارکت نویسندگان

فرمت مجله برای هر نویسنده ذکر شود

تعارض منافع

ح، میرحسینی: طراحی مطالعه، بازبینی انتقادی و اصلاحات

علمی، تأیید نهایی نسخه ارسالی

م.م، مخترع زاده: جستجو در پایگاه های داده و استخراج

مقالات

ن، زمانی: تحلیل و تفسیر داده‌ها، نگارش پیش نویس اولیه

مقاله

ح، یزدانی نژاد: طراحی مطالعه، غربالگری مقالات، بازبینی

انتقادی و اصلاحات علمی، تأیید نهایی نسخه ارسالی،

پاسخگویی به سوالات و ارتباط مکاتباتی

حمایت مالی

این مطالعه از سوی هیچ سازمانی حمایت مالی دریافت

نکرده است.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان تمامی اصول اخلاق رعایت نموده اند و این

مطالعه مروری می باشد.

- با توجه به اثرات منفی استرس بر هیپوکامپ، محیط‌های

بازی‌وارسازی شده باید «ایمنی روانی» را تضمین کنند.

پیشنهاد می‌شود استفاده از جداول رتبه‌بندی که مقایسه

اجتماعی تنش‌زا ایجاد می‌کنند، محدود شده و با سیستم‌های

«پیشرفت شخصی» جایگزین شوند تا از فعال‌سازی محور

استرس و اختلال در تثبیت حافظه جلوگیری شود.

- قبل از ارائه محتوای اصلی درس، باید با طرح معماهای

بالینی یا چالش‌های داستانی، حس کنجکاوی فراگیران

برانگیخته شود. این عمل باعث آمادگی هیپوکامپ برای جذب

اطلاعات جدید می‌شود (مکانیسم تازگی).

ب) پیشنهادات برای مطالعات آتی

۱. اعتبارسنجی عصب‌شناختی: انجام مطالعات تجربی با

استفاده از ابزارهای تصویربرداری عصبی عینی مانند fMRI

و EEG در حین انجام تکالیف آموزشی، برای تأیید

فعال‌سازی نواحی پاداش و حافظه در محیط‌های واقعی (فراتر

از آزمایشگاه) توصیه می‌شود.

۲. مطالعات طولی: اکثر مطالعات فعلی اثرات کوتاه‌مدت را

سنجیده‌اند. نیاز است پژوهش‌هایی با پیگیری طولانی‌مدت

(مثلاً ۶ ماه پس از آموزش) انجام شود تا ماندگاری اثر

بازی‌وارسازی بر حافظه تثبیت‌شده سنجیده شود.

۳. شخصی‌سازی مبتنی بر هوش مصنوعی: سرمایه‌گذاری بر

روی طراحی سیستم‌های هوشمند تطبیقی که بتوانند با

استفاده از هوش مصنوعی، سطح چالش و نوع پاداش را بر

اساس ویژگی‌های شخصیتی و عملکرد لحظه‌ای هر فراگیر

تنظیم کنند، گام بعدی و ضروری در این مسیر است.

References

1. Kirsch J, Spreckelsen C. *Caution with competitive gamification in medical education: unexpected results of a randomised cross-over study*. BMC Med. Educ. 2023; 23(1): 259.
2. Saleem AN, Noori NM, Ozdamli F. *Gamification applications in E-learning: A literature review*. Technology, Knowledge and Learning. 2022; 27(1): 139-59.
3. Lumsden J, Edwards EA, Lawrence NS, Coyle D, Munafò MR. *Gamification of cognitive assessment and cognitive training: a systematic review of applications and efficacy*. JSG. 2016; 4(2): e5888.
4. Vermeir JF, White MJ, Johnson D, Crombez G, Van Ryckeghem DM. *The effects of gamification on computerized cognitive training: systematic review and meta-analysis*. JSG. 2020; 8(3): e18644.
5. Lee CY, Lee CH, Lai HY, Chen PJ, Chen MM, Yau SY. *Emerging trends in gamification for clinical reasoning education: a scoping review*. BMC Med. Educ. 2025; 25(1): 435.
6. Rahimipour M, Haghjoo R, Mosalanejad L, Karimian Z. *Play to learn: innovating embryology education through a web-based gamification platform, and evaluating its effects on medical students' reaction, learning, and behavior*. BMC Med. Educ. 2025; 25(1): 1321.
7. Lin CC, Han CY, Huang YL, Ku HC, Chen LC. *Exploring practical nursing skills acquisition through gamified computerized learning: A phenomenological study*. Nurse Educ Pract. 2025; 85: 104384.
8. Howard-Jones PA, Jay T. *Reward, learning and games*. Current opinion in behavioral sciences. 2016; 10:65-72.
9. John D, Hussin N, Zaini MK, Ametefe DS, Aliu AA, Caliskan A. *Gamification equilibrium: the fulcrum for balanced intrinsic motivation and extrinsic rewards in learning systems: immersive gamification in Muhamad Khairulnizam Zaini Learning system*. IJSG. 2023; 10(3): 83-116.
10. Watabe-Uchida M, Eshel N, Uchida N. *Neural circuitry of reward prediction error*. Annu Rev Neurosci. 2017; 40(1): 373-94.
11. Lerner TN, Holloway AL, Seiler JL. *Dopamine, updated: reward prediction error and beyond*. Current opinion in neurobiology. 2021; 67: 123-30.
12. Schultz W. *Recent advances in understanding the role of phasic dopamine activity*. F1000Research. 2019; 8: F1000-aculty.
13. Loh E, Kumaran D, Koster R, Berron D, Dolan R, Duzel E. *Context-specific activation of hippocampus and SN/VTA by reward is related to enhanced long-term memory for embedded objects*. Neurobiol Learn Mem. 2016; 134: 65-77.
14. Lisman JE, Grace AA. *The hippocampal-VTA loop: controlling the entry of information into long-term memory*. Neuron. 2005; 46(5): 703-13.
15. Redondo RL, Morris RG. *Making memories last: the synaptic tagging and capture hypothesis*. Nat Rev Neurosci. 2011; 12(1): 17-30.
16. Extton-McGuinness MT, Lee JL, Reichelt AC. *Updating memories—The role of prediction errors in memory reconsolidation*. Behav Brain Res. 2015; 278: 375-84.
17. Gardner MP, Schoenbaum G, Gershman SJ. *Rethinking dopamine as generalized prediction error*. Proceedings of the Royal Society B. 2018; 285(1891): 20181645.
18. Howard JD, Kahnt T. *Identity prediction errors in the human midbrain update reward-identity expectations in the orbitofrontal cortex*. Nat Commun. 2018; 9(1): 1611.
19. Berke JD. *What does dopamine mean?*. Nat neurosci. 2018; 21(6): 787-93.
20. Hellrung L, Kirschner M, Sulzer J, Sladky R, Scharnowski F, Herdener M, et al. *Individual differences in successful self-regulation of the dopaminergic midbrain*. 2022.

21. Tsetsenis T, Broussard JI, Dani JA. *Dopaminergic regulation of hippocampal plasticity, learning, and memory*. **Front behav neurosci**. 2023; 16: 1092420.
22. Duszkievicz AJ, McNamara CG, Takeuchi T, Genzel L. *Novelty and dopaminergic modulation of memory persistence: a tale of two systems*. **TINS**. 2019; 42(2): 102-14.
23. Bunzeck N, Doeller CF, Dolan RJ, Duzel E. *Contextual interaction between novelty and reward processing within the mesolimbic system*. **Hum Brain Mapp**. 2012; 33(6): 1309-24.
24. Gruber MJ, Gelman BD, Ranganath C. *States of curiosity modulate hippocampus-dependent learning via the dopaminergic circuit*. **Neuron**. 2014; 84(2): 486-96.
25. Bunzeck N, Doeller CF, Dolan RJ, Duzel E. *Contextual interaction between novelty and reward processing within the mesolimbic system*. **Hum Brain Mapp**. 2012; 33(6): 1309-24.
26. Gruber MJ, Ranganath C. *How curiosity enhances hippocampus-dependent memory: The prediction, appraisal, curiosity, and exploration (PACE) framework*. **TiCS**. 2019; 23(12): 1014-25.
27. Fang H, Fang C, Che Y, Peng X, Zhang X, Lin D. *Reward Feedback Mechanism in Virtual Reality Serious Games in Interventions for Children With Attention Deficits: Pre-and Posttest Experimental Control Group Study*. **JSG**. 2025; 13(1): e67338.
28. Krishnamurthy K, Selvaraj N, Gupta P, Cyriac B, Dhurairaj P, Abdullah A, et al. *Benefits of gamification in medical education*. **Clinical Anatomy**. 2022; 35(6): 795-807.
29. Briffa M, Jaftha N, Loreto G, Pinto FC, Chircop T, Hill C. *Improved students' performance within gamified learning environment: A meta-analysis study*. **Int J Educ Res**. 2020; 8(1): 223-44.
30. Baker A, Weisgrau J, Brister Philyaw K. *Feedback Loops: Mapping Transformative Interactions in Education Innovation*. **Digital Promise**. 2022.

From Reward to Memory Consolidation: A Systematic Review of Dopaminergic Mechanisms in Educational Gamification

Mirhosseini H (PhD)¹, Mokhtarezadeh MM (Medical Student)², Zamani N (Msc Student)³, Yazdaninejad H (Msc)^{4*}

¹Associate Professor, Department of psychiatry, Research center of addiction and behavioral sciences, Non-communicable Diseases Research Institute, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

²Medical Student, Student Research Committee, School of Medicine, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

³MSc student in medical surgical nursing, Student Research Committee, Nursing and Midwifery school, Kashan University of Medical Sciences, Kashan, Iran.

⁴Department of Operating Room and Anesthesiology, School of Allied Medical Sciences, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

Received: 19 May 2025

Revised: 22 Jul 2025

Accepted: 06 Sep 2025

Abstract

Introduction: Gamification has emerged as a novel strategy to enhance motivation and effectiveness in medical education. However, the neuroscientific underpinnings that explain its efficacy remain largely unexplored. This Systematic review aims to elucidate the dopaminergic mechanisms involved in gamified learning and their link to memory consolidation.

Method: For this narrative review, databases including PubMed, Scopus, Web of Science, SID, Irandoc, and Magiran were searched for articles published between 2010 and 2025. Keywords such as "dopamine," "gamification," "memory consolidation," and "Reward Prediction Error" were used. Selected articles underwent screening and were then qualitatively synthesized and analyzed.

Results: Findings indicate that the dopaminergic Reward Prediction Error signal drives learning. Dopamine release in response to unexpected rewards enhances memory consolidation by activating the hippocampal-ventral tegmental area (VTA) loop. Gamification elements leverage the brain's reward system to reinforce learning behavior by engineering these positive RPE signals.

Conclusion: It is concluded that gamification is not merely a tool for increasing engagement but rather a cognitive intervention that directly affects learning and memory by utilizing neural reward mechanisms. Medical education designers should move beyond superficial approaches and focus on neuroscientific principles—particularly the creation of uncertainty and surprise in reward delivery—to optimize learning processes.

Keywords: Gamification, Dopamine, Memory Consolidation, Reward Prediction Error, Medical Education

This paper should be cited as:

Mirhosseini H, Mokhtarezadeh MM, Zamani N, Yazdaninejad H. *From Reward to Memory Consolidation: A Systematic Review of Dopaminergic Mechanisms in Educational Gamification*. J Med Edu Dev 2025; 20(3): 1308- 1323.

* **Corresponding Author:** Tel: +989135125504 Email: hyazdaninejad@gmail.com