

اثربخشی بازی رایانه ای شناختی لوموسیتی بر حافظه کاری و سرعت پردازش در دانش آموزان دختر مقطع ابتدایی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۲۵ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۱۲

خلاصه

مقدمه: بازی های شناختی_ رایانه ای یک شیوه جدید و برانگیزاننده برای دانش آموزان می باشد که می تواند علاوه بر جنبه های سرگرم کننده، به آن ها کمک کند تا کارکردهای شناختی خود را اعم از سرعت پردازش، توجه انتخابی و حافظه کاری را تقا بخشند که ارتباط نزدیکی با موفقیت تحصیلی آنها در سال های مدرسه دارد.

هدف: هدف از انجام تحقیق حاضر اثربخشی بازی رایانه ای شناختی لوموسیتی بر حافظه کاری و سرعت پردازش در دانش آموزان دختر مقطع ابتدایی بود.

روش کار: پژوهش حاضر از لحاظ هدف کاربردی و از لحاظ روش از دسته تحقیقات نیمه آزمایشی با گروه کنترل و هدف بود. جامعه آماری پژوهش حاضر شامل تمامی دانش آموزان دختر دبستان شهید دانش جنتی شهرستان رشت بود. از این میان تعداد ۳۴ نفر از دانش آموزان دختر مقطع دبستان به صورت نمونه گیری در دسترس انتخاب و به صورت تصادفی در دو گروه آزمایشی (۱۷ نفر) و گواه (۱۷ نفر) گمارده شد. آزمون مرتب کردن حروف - ارقام، آزمون رمز نویسی و نمادیابی و کسler و آزمون فراخوانی ارقام، قبل و بعد از دوره انجام تحقیق از آزمودنی های گروه آزمایش و کنترل گرفته شد. به منظور تجزیه و تحلیل داده ها از روش های آمار توصیفی مثل میانگین واریانس و انحراف استاندارد و همچنین از روش های آمار استنباطی مثل تحلیل واریانس یک طرفه آزمون برابری لوین به منظور برابری و همسانی گروه آزمایش و گواه و کوواریانس برای بررسی تفاوت نمرات پیش آزمون - پس آزمون و تفاوت گروه ها استفاده شد.

نتایج: بررسی تحلیل کوواریانس در متغیرهای حافظه کاری و سرعت پردازش بین گروه های آزمایش و گواه تفاوت معنی داری را نشان داد که ناشی از بازی رایانه ای_ شناختی، لوموسیتی بود.

نتیجه گیری: راساس نتایج تحقیق حاضر، آگاهی دادن به والدین، معلمان مربیان ارائه راهکارهای عملی به مسئولین مدارس اطلاع رسانی به کارشناسان سازمان آموزش و پرورش روانشناسان و متخصصان درباره نقش و اهمیت بازیهای رایانه ای شناختی، تأثیر به سزایی در بهبود توانمندیهای شناختی از جمله حافظه کاری در کودکان با عملکرد بالا خواهد داشت.

کلمات کلیدی: بازی لوموسیتی، حافظه کاری، سرعت پردازش.

سارا همت پور چناری^۱

طاهره حمزه پور حقیقی^{*۲}

^۱گروه روانشناسی، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران.

^۲گروه روانشناسی، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران. (نویسنده مسئول)

نویسنده مسئول: طاهره حمزه پور حقیقی، گروه روانشناسی، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران.

Email: Hamzehpoor.tahereh@iau.ac.ir

مقدمه

دوران دبستان یک دوره بحرانی برای رشد فرایندهای عصب روانشناختی محسوب می‌شود که زیربنای کارکردهای شناختی عالی و رفتار اجتماعی و هیجانی شکل می‌گیرد. کارکردهای شناختی از کودکی تا نوجوانی گسترش می‌یابد. این کارکردها نقشی کلیدی در رشد کودکان دارد و مهارت‌هایی هستند که به دانش آموزان کمک می‌کند تا به جنبه‌های مهم تکلیف توجه کند و برای اتمام آن برنامه ریزی نماید (۱). کارکردهای شناختی برای بسیاری از مهارت‌های شناختی هیجانی و اجتماعی کودکان، بنیادی است و با نابهنجاری‌هایی در قشر پیشانی و دیگر بخش‌های قشری و زیر قشری ارتباط دارد (۲). یکی از مهم‌ترین کارکردهای شناختی مؤثر بر عملکرد تحصیلی دانش آموزان، حافظه کاری می‌باشد که ذخیره سازی موقت و پردازش اطلاعات در آن صورت می‌گیرد. این فضا نقش بنیادین در پردازش اطلاعات ذخیره شده و یا تازه دریافت شده و به کارگیری آن‌ها جهت رسیدن به اهداف خاص شناختی، استدلال، پردازش زبانی، برنامه ریزی و پردازش فضایی ایفا می‌کند (۳). حافظه کاری به عنوان یک نظام ذهنی دخیل در اندوزش و پردازش موقتی اطلاعات برای انجام تکالیف پیچیده شناختی می‌باشد (۴). یافته‌های پژوهش‌ها نشان می‌دهند که اندازه‌گیریهای حافظه کاری در داوطلبان ورود به مدرسه پیش بینی‌کننده‌ی بسیار قوی‌تر نسبت به هوش در موفقیت‌های کودکان در ارزشیابی‌های سراسری و پیشرفتهای تحصیلی در سه سال بعدی باشد (۵).

مبنای اساسی کارکردهای شناختی مغز سرعت پردازش می‌باشد. سرعت پردازش یکی از قدرتمندترین عوامل پیش‌بینی وضعیت عصب شناختی افراد می‌باشد. هر گونه مشکل در سرعت پردازش مبنای اغلب آسیب‌ها در کارکردهای شناختی می‌باشد (۶). سرعت پردازش اطلاعات عاملی کلیدی برای تکالیف تحصیلی و زندگی روزمره و انجام تکالیف شناختی سطح بالا مثل موفقیت در حل مسائل ریاضی می‌باشد. آسیب در کارکردهای شناختی دانش آموزان به عنوان یکی از بزرگترین

تهدیدات برای عملکرد تحصیلی آن‌ها تلقی می‌گردد. مشخص کردن سطوح مختلف توانایی پردازش اطلاعات در دانش آموزان به پیشرفت و بهبود عملکرد تحصیلی آن‌ها کمک شایانی می‌کند (۷). یکی از دیگر مؤلفه‌های مهم کارکردهای شناختی که از عوامل تبیین‌کننده مکانیسم زیربنایی حافظه کاری نیز می‌باشد، توجه انتخابی می‌باشد. توجه اجرایی به فرد امکان می‌دهد همزمان یا سرکوب اطلاعات نامربوط و مزاحم شامل محرک‌های شنیداری و دیداری بیرونی در محیط و افکار مزاحم یا پاسخ‌های عاداتی درونی، درون دادهای بیشتری را برای پردازش انتخاب و بر آن تمرکز کنند (۸).

کارکردهای اجرایی عاملی معنادار و پیش‌بینی‌کننده برای توانایی و پیشرفت تحصیلی در آینده است. کودکانی که در سنین دبستان، سطوح بالایی از مهارت‌های کارکردهای شناختی نشان می‌دهند، صلاحیت اجتماعی، بیشتر مشکلات دارویی کمتر و محکومیت قضایی کمتری در دبستان، نوجوانی و بزرگسالی نشان می‌دهند (۹). به همین دلیل نیاز به تقویت کارکردهای شناختی کودکان در سنین دبستان از اولویت بالایی برخوردار است.

وضعیت اقتصادی-اجتماعی خانواده و میزان دسترسی کودکان به منابع آموزشی و عدم دسترسی به فناوری روز نقش مهمی در پیشبینی‌کنندگی ظرفیت‌های شناختی دارد و در فرهنگ‌هایی که والدین و معلمان به عنوان راهنمایان اصلی در استفاده از فناوری شناخته می‌شوند و نگرش مثبت در استفاده از منابع دیجیتال وجود دارد، نظارت و هدایت اصولی می‌تواند به بهبود مهارت‌های شناختی اعم از حافظه کاری در دانش آموزان کمک کند (۹).

از سویی دیگر، طی چند دهه‌ی گذشته بازی‌های رایانه‌ای به شکل گسترده‌ای متداول شده‌اند و جالب اینکه اخیراً توجه زیادی به تأثیر بازی‌ها در بهبود یادگیری و شناخت در گروه‌های سنی مختلف شده و ادعاهای بسیار زیادی راجع به قدرت بازیهای دیجیتالی برای متحول کردن آموزش مطرح کرده‌اند (۱۰). کودکان که فقط برای سرگرمی به بازی‌های

که اینگونه بازی ها انجام نداده بودند، نمره بهتری کسب کرده بودند در مقابل فراتحلیل دیگری (۱۶) انجام شده نشان می دهد که انجام یازی های ویدیویی تأثیر ناچیزی روی مهارت های توجه ادراکی دارد و همچنین انجام این بازی ها، تأثیر ناچیز یا منفی روی دیگر مهارت های شناختی مانند کارکردهای اجرایی حافظه و توانایی های استدلالی دارند. بنابراین هنوز به طور دقیق مشخص نیست که بازی ویدیویی یا رایانه ای چه نقشی در رشد مهارت های شناختی دارد.

باید توجه داشت بسیاری از افرادی که دچار جرم و بزه می شوند در زمان دانش آموزی دچار اختلالات شناختی بودند و یا دانش آموزی که دچار اختلال یادگیری شود در کارکردهای شناختی و اجرایی هم دچار اختلال می شود، علیرغم تحقیقات متعدد انجام شده در حوزه تأثیر بازی بر بهبود متغیرهای تحقیق حاضر هنوز مشخص نیست که بازی ویدیویی چه نقشی در رشد مهارت های شناختی کودکان و نوجوانان دارند. بنابراین انجام پژوهش حاضر می تواند به رفع ابهامات تحقیقات قبلی کمک و اطلاعات مفیدی در حیطه بهبودی روش های یادگیری، افزایش انگیزه برای دانش آموزان، ارتقای مهارت ها و عملکرد شناختی، توسعه راهکارهای نوین آموزشی، جایگزینی مناسب برای بازی های غیرآموزشی و ارتباط گیری با علوم اعصاب شناختی کمک کند و کاربرد بازی های رایانه ای را از جنبه سرگرمی به ابزاری برای بهبود توانایی های ذهنی دانش آموزان تبدیل کند. بنابراین، پژوهش حاضر به دنبال پاسخگویی به این سؤال است که آیا بازی رایانه ای- شناختی لوموسیتی بر حافظه کاری و سرعت پردازش در دانش آموزان دختر مقطع ابتدایی اثربخش می باشد؟

روش کار

پژوهش حاضر از لحاظ هدف کاربردی و از لحاظ روش از دسته تحقیقات نیمه آزمایشی با گروه کنترل و هدف بود. جامعه آماری پژوهش حاضر شامل تمامی دانش آموزان دختر دبستان شهید دانش حجتی شهرستان رشت بود. از این میان تعداد ۳۴ نفر از دانش آموزان دختر مقطع دبستان به صورت نمونه گیری در دسترس انتخاب و به صورت تصادفی در دو گروه آزمایشی

رایانه ای می پردازند شاید چیزهایی را یاد بگیرند که از رهگذر آن مهارت های خاصی را فراگیرند که زمینه ای دیگری از کاربری سودمند رایانه باشد (۱۱). یکی از به روز ترین بازی های رایانه ای- شناختی، لوموسیتی می باشد. این بازی پنج مهارت اساسی حافظه، توجه، سرعت انعطاف پذیری و مهارت های حل مسئله را در برمی گیرد. و یکی از ویژگی های آن تحت وب بودن است. برای مهارت های ذکر شده، بازی های متنوعی در نظر گرفته شده که آن ها را تقویت می کند؛ این بازی ها شامل ۵ مرحله است که هر مرحله شامل ۴ قسمت می باشد. مرحله اول، حافظه است که شامل: ۱- به یاد سپردن نامها بعد از تعاریف آنها ۲- نگهداری توالی چندین عقیده به طور همزمان ۳- فراخوانی مکان اشیاء ۴- یادگیری موضوعات تازه به طور دقیق و صحیح. مرحله توجه شامل: ۱- بهبود باورها در محل کار و خانه ۲- جلوگیری از حواس پرتی ۳- نگهداری و تداوم توجه و تمرکز بر روی تکالیف مهم در طول روز ۴- تمرکز به هنگام یادگیری موضوعات تازه می باشد. مرحله بعد سرعت می باشد که سرعت پردازش شناختی، تصمیم گیری در موقعیت های حساس، سازگاری با تغییر محیط و سرعت عکس العمل را در برمی گیرد (۱۲).

شواهد پژوهشی حاکی از آن است که انجام یازی های ویدیویی رایانه ای در برگیرنده ی مجموعه ای از فرصتها و تهدیدها هستند. که یکی از مهمترین این فرصتها اثرات شناختی این یازی هاست و در یک بازی رایانه ای مهارت افراد مانند دقت سرعت عمل و غیره به چالش کشیده میشود. به نظر می رسد بازی های رایانه ای دریچه ی جدیدی در توسعه ی مهارت کودکان باشد و بتواند بر روی مهارت های شناختی و رفتاری کودکان تأثیرگذار باشد. برخی از پژوهش ها نشان داده اند. که بازی های ویدیویی منجر به بهبود توجه، حافظه کاری و کارکردهای اجرایی می- شود (۱۳)، درحالی که پژوهش هایی هستند که به چنین نتایجی دست نیافته اند (۱۴) از طرفی شواهد بیشتر از یک فراتحلیل (۱۵) به دست آمده است؛ آنها در پژوهش خود نشان دادند افرادی که بازی ویدیویی اکشن یمدت حداقل ۸ ساعت بازی کرده بودند در آزمون های توجه ادراکی و توانایی فضایی نسبت به افرادی

(۱۷ نفر) و گواه (۱۷ نفر) گمارده شد. سپس از شرکت کنندگان گروه کنترل خواسته شد در طی انجام تحقیق هیچ گونه بازی رایانه ای، کامپیوتری یا موبایلی انجام ندهند. در این مدت مجموعه بازی های شناختی لوموسیتی طی ۱۴ جلسه ی یک ساعته در مدرسه در اختیار شرکت کنندگان گروه آزمایش گذاشته شد لازم به ذکر است یک جلسه معارفه و پیش آزمون و ۱۴ جلسه بازی های شناختی لوموسیتی و یک جلسه هم پس آزمون اجرا شد. ابزار استفاده شده در پژوهش عبارت بودند از: خرده آزمون توالی حرف-عدد؛ با توجه به اینکه شاخص حافظه کاری از طریق دو خرده آزمون فراخنای ارقام و توالی حرف-عدد تشکیل میشود. در پژوهش حاضر برای سنجش حافظه کاری از خرده مقیاس توالی حرف-عدد نیز استفاده شد. این خرده آزمون از ۱۰ سؤال تشکیل شده است. هر سؤال سه کوشش را در برمیگیرد. در هر کوشش آزمونگر اعداد و حروف را برای شرکت کننده میخواند و شرکتکننده باید موارد خوانده شده را با رعایت فرایند توالی سازی بازگو نماید. در اولین مرتبه، اعداد از کوچک به بزرگ و پس از آن، حروف با نظم الفبایی بیان میشوند؛ سپس حروف با نظم الفبایی و پس از آن، اعداد از کوچک به بزرگ عنوان میگردند. به هر کوشش، یک نمره تعلق میگیرد. حاصل جمع نمرات کوششها نمره خام توالی عدد-حرف را میدهد حداکثر نمره برای این آزمون، ۳۰ میباشد. نمرات خام با توجه به سن کودک از جدول مخصوص به نمره معیار تبدیل میشود در پژوهش حاضر از نمرات معیار استفاده شد. ضرایب اعتبار این خرده آزمون با استفاده از روش بازآزمایی و روش دو نیمه سازی ۰/۷۲ گزارش شده است. همبستگی این خرده آزمون با سایر آزمونها و مقیاس های نسخه چهارم ۰/۴۰ - ۰/۸۹ می باشد (۱۷).

آزمون رمز نویسی و نمادیابی و کسلر: به منظور ارزیابی سرعت پردازش اطلاعات از دو خرده آزمون هوش و کسلر کودکان شامل آزمون رمز نویسی و نمادیابی استفاده خواهد شد. دو خرده آزمون رمز نویسی و نمادیابی در کنار هم سرعت پردازش اطلاعات را می-سنجند. کسب نمره بالا در این آزمون بدین معناست که فرد می-تواند با سرعت زیادی اطلاعات را جذب و

پردازش کند و آن-ها را یکپارچه نماید و کسلر برای بررسی ضریب اعتبار این دو خرده آزمون با استفاده از روش دو نیمه سازی و بازآزمایی اعتبار این آزمون-ها را تأیید کرد و آن-ها را به ترتیب ۰/۸۰ و ۰/۹۲ گزارش کرد (۱۷).

آزمون فراخنای ارقام: این آزمون توسط وکسلر (۱۹۸۷) ساخته شده است و خرده مقیاس فراخنای ارقام آزمون هوشی و کسلر کودکان به منظور ارزیابی حافظه کاری مورد استفاده قرار می گیرد. این خرده آزمون فراخنای ارقام یکی از خرده آزمون های اصلی شاخص حافظه کاری در آزمون هوش و کسلر کودکان ویرایش چهارم محسوب می شود این خرده آزمون از دو بخش تشکیل شده است ارقام مستقیم رو به جلو و ارقام معکوس (وارونه) که هر یک از این دو بخش شامل دو کوشش و ۸ سؤال می باشند. به هر کوشش نمره، شکست در یادآوری یا یادآوری صحیح اختصاص می یابد. در این خرده آزمون فهرست هایی از ۳ تا ۹ رقم به صورت کلامی ارائه می شوند و شرکت کننده آموزش می بیند تا پس از شنیدن ارقام آنها را از حفظ بازگو کند. در بخش دوم این خرده آزمون شرکت باید ارقامی که می شنود (۲) تا ۸ رقم به طور معکوس بازگو نماید. نمرات خام با توجه سن کودک از طریق جدول آزمون وکسلر به نمرات معیار تبدیل میشود در پژوهش حاضر از نمرات معیار استفاده شد. اعتبار باز آزمایی این خرده آزمون بعد از بازه زمانی ۴ تا ۶ هفته ای ۸۸ به دست آمده است. همسانی درونی برای نمره های این خرده آزمون برای تمامی گروه های سنی بین ۰/۷۴ تا ۰/۹۳ برآورده شده است. وکسلر (۲۰۰۰) ضریب آلفای

کرونباخ این آزمون را با بین ۰/۸۶ گزارش کرده است (۱۸). بعد از اجرای آزمون های نام برده، از ترکیب نمرات خرده آزمون فراخنای ارقام و خرده آزمون توالی حرف و عدد هر آزمودنی، شاخص حافظه کاری و از ترکیب نمرات خرده آزمون های نمادیابی و رمز نویسی و کسلر کودکان، شاخص سرعت پردازش بدست آمد. محتوای مجموعه بازی های شناختی لوموسیتی در جدول زیر آورده شده است.

جدول پروتکل اجرای مجموعه بازی های شناختی لوموسی

جلسه	محتوای جلسه
۱	آشنایی با اعضای گروه و دسته بندی آنان به دو گروه کنترل و آزمایش و انجام پیش آزمون، شرح هدف از انجام تحقیق و آشنایی با بازی های شناختی لوموسی
۲	معرفی بازی شناختی لوموسی Memory matrix به آزمودنی های گروه آزمایش و انجام بازی به مدت ۱ ساعت
۳	ادامه بازی شناختی لوموسی Memory matrix در آزمودنی های گروه آزمایش و انجام بازی به مدت ۱ ساعت
۴	معرفی بازی شناختی لوموسی pinball recal به آزمودنی های گروه آزمایش و انجام بازی به مدت ۱ ساعت
۵	ادامه بازی شناختی لوموسی pinball recal به در آزمودنی های گروه آزمایش و انجام بازی به مدت ۱ ساعت
۶	معرفی بازی شناختی لوموسی River Ranger به آزمودنی های گروه آزمایش و انجام بازی به مدت ۱ ساعت
۷	ادامه بازی شناختی لوموسی River Ranger در آزمودنی های گروه آزمایش و انجام بازی به مدت ۱ ساعت
۸	معرفی بازی شناختی لوموسی eagle eye به آزمودنی های گروه آزمایش و انجام بازی به مدت ۱ ساعت
۹	ادامه بازی شناختی لوموسی eagle eye در آزمودنی های گروه آزمایش و انجام بازی به مدت ۱ ساعت
۱۰	معرفی بازی شناختی لوموسی Asist Ants به آزمودنی های گروه آزمایش و انجام بازی به مدت ۱ ساعت
۱۱	ادامه بازی شناختی لوموسی Asist Ants در آزمودنی های گروه آزمایش و انجام بازی به مدت ۱ ساعت
۱۲	ادامه بازی شناختی لوموسی River Ranger به آزمودنی های گروه آزمایش و انجام بازی به مدت ۱ ساعت
۱۳	ادامه بازی شناختی لوموسی pinball recall در آزمودنی های گروه آزمایش و انجام بازی به مدت ۱ ساعت
۱۴	ادامه بازی شناختی لوموسی River Ranger به آزمودنی های گروه آزمایش و انجام بازی به مدت ۱ ساعت
۱۵	ادامه بازی شناختی لوموسی Asist Ants در آزمودنی های گروه آزمایش و انجام بازی به مدت ۱ ساعت
۱۶	انجام پس آزمون در گروه های کنترل و آزمایش

نتایج

در توصیف جمعیت شناختی نمونه آماری پژوهش بر اساس توزیع نمونه آماری بر حسب سن بدست آمد که بیشتر آزمودنی ها ۹ ساله بودند. همچنین کمترین آزمودنی ها ۸ ساله بوده اند. بررسی توصیفی متغیرهای پژوهش در جدول ۱ ارایه شده است:

جدول ۱. بررسی توصیفی متغیرهای مورد مطالعه

متغیر	مرحله	گروه	میانگین	انحراف معیار
حافظه کاری	پیش	کنترل	۹۰/۱۳	۳/۴۸
	آزمون	آزمایش	۹۳/۱۰	۳/۵۱
	پس آزمون	کنترل	۸۷/۱۲	۳/۰۶
سرعت پردازش	پیش	آزمایش	۹۸/۱۴	۴/۰۸
	آزمون	کنترل	۸۸/۰۲	۵/۱۰
	پس آزمون	آزمایش	۸۷/۴۱	۳/۰۰
	پس آزمون	کنترل	۸۸/۸۹	۴/۴۱
		آزمایش	۹۹/۳۶	۵/۰۲

نمره متعیر حافظه کاری و سرعت پردازش در گروه آزمایش بهبود یافته است.

پیش از بررسی فرضیه های پژوهش از آزمون شاپیرو ویلک برای بررسی نرمال بودن توزیع نمرات آزمودنی ها در متغیرهای مورد مطالعه استفاده شد نتایج آزمون شاپیرو-ویلک نشان داد که نمرات مربوط به متغیرهای تحقیق دارای توزیع نرمال هستند. برای پیش فرض بررسی همگنی واریانس ها از آزمون لوین استفاده شد در نمره های حافظه کاری و سرعت پردازش سطوح معناداری محاسبه شده F لوین از ۰/۰۵ بزرگتر بود لذا فرض صفر (واریانس های دو گروه با هم برابرند) F لوین در این نمره ها تایید شد. همچنین برای بررسی فرض همگنی ماتریس واریانس - کوواریانس متغیرهای وابسته در گروه های مورد پژوهش نیز از آزمون باکس استفاده شد که نتایج گویای آن بود شرط همگنی ماتریس واریانس - کوواریانس به خوبی رعایت شده است.

بر اساس اطلاعات بدست آمده درمورد متغیر وابسته مشاهده می شود که با اعمال مداخله بازی شناختی بر روی گروه آزمایش

حافظه کاری دانش آموزان دختر تحلیل کوواریانس تک متغیره روی حافظه کاری انجام گرفت.

برای مقایسه گروه‌های آزمایش و کنترل بر اساس نمرات پس آزمون بعد از کنترل اثر پیش آزمون، جهت تعیین میزان اثربخشی استفاده از بازی شناختی- رایانه‌ای لوموسیتی بر بهبود

جدول ۲. نتایج تحلیل کوواریانس تک متغیره روی نمره پس آزمون حافظه کاری در گروه آزمایش و کنترل

مولفه	گروه	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی داری	مجذور اتا
حافظه کاری	گروه	۳۸۸/۰۹	۱	۳۸۸/۰۹	۱۱/۵۸	۰/۰۰۸	۰/۲۳۶
	پیش آزمون	۲۶۳/۴۱	۱	۲۶۳/۴۱	۸/۴۲	۰/۰۰۴	۰/۶۶۵
	خطا	۹۴۲/۱۰	۳۳	۳۲/۴۹			

برای مقایسه گروه‌های آزمایش و کنترل بر اساس نمرات پس آزمون بعد از کنترل اثر پیش آزمون، جهت تعیین میزان اثربخشی استفاده از بازی شناختی- رایانه‌ای لوموسیتی بر بهبود سرعت پردازش دانش آموزان دختر تحلیل کوواریانس تک متغیره روی سرعت پردازش انجام گرفت. نتایج تحلیل کوواریانس در جدول ۳ آمده است.

بر اساس نتایج تحلیل کوواریانس جدول ۲ نشان می‌دهد بین نمره حافظه کاری گروه آزمایش و کنترل تفاوت معنی داری وجود دارد ($F=11/58, P<0/01$). مجذور اتا تقریباً ۰/۲۴ بدست آورده شده است. بدین معنی که ۲۴ درصد واریانس نمره حافظه کاری مربوط به بازی های شناختی است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که این فرضیه تایید می‌شود.

جدول ۳. نتایج تحلیل کوواریانس تک متغیره روی نمره پس آزمون سرعت پردازش در گروه آزمایش و کنترل

مولفه	گروه	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی داری	مجذور اتا
سرعت پردازش	گروه	۴۵۶/۲۳	۱	۴۵۶/۲۳	۱۲/۷۱	۰/۰۰۱	۰/۳۲۱
	پیش آزمون	۲۸۵/۶۳	۱	۲۸۵/۶۳	۸/۲۷	۰/۰۰۲	۰/۵۴۲
	خطا	۱۴۵۲/۳۲	۳۳	۳۲/۵۲			

ابتدایی تأثیر دارد، نتایج نشان داد بازی شناختی- رایانه ای لوموسیتی بر بهبود حافظه کاری دانش آموزان دختر مقطع ابتدایی موثر است.

حق نظری و همکاران (۱۹) در پژوهشی به بررسی اثربخشی تقویت حافظه کاری با آموزش رایانه‌ای بر توجه مداوم دانش آموزان پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که پس از دوره آموزش حافظه کاری، توجه مداوم و حافظه کاری کلامی، شرکت کنندگان گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل بهبود معنادار یافته‌اند، اما تغییری در حافظه کوتاه مدت کلامی به وجود

بر اساس نتایج تحلیل کوواریانس جدول ۳ نشان می‌دهد بین نمره سرعت پردازش گروه آزمایش و کنترل تفاوت معنی داری وجود دارد ($F=12/71, P<0/01$). مجذور اتا تقریباً ۰/۳۲ بدست آورده شده است. بدین معنی که ۳۲ درصد واریانس نمره سرعت پردازش مربوط به بازی شناختی است.

بحث و نتیجه گیری

در بررسی فرضیه پژوهش مبنی بر اینکه بازی شناختی- رایانه ای لوموسیتی بر بهبود حافظه کاری دانش آموزان دختر مقطع

نیامده است. عبدی و همکاران (۲۰) نیز اثربخشی بازی‌های رایانه‌ای شناختی بر بهبود حافظه کاری، توجه و انعطاف‌پذیری شناختی در کودکان مبتلا به بیش‌فعالی/نقص توجه را بررسی نمود. نتایج نشان داد که دو گروه در حافظه کاری، توجه و انعطاف‌پذیری شناختی با یکدیگر تفاوت معناداری دارند.

در تبیین این یافته می‌توان گفت حافظه کاری توصیفی از توانایی ذخیره سازی اطلاعات و دستکاری اطلاعات در یک زمان است. به عبارت دیگر حافظه کاری سیستم پویایی است برای اندوختن و دست کاری کردن موقت اطلاعات و انجام فعالیت‌های شناختی پیچیده مانند استدلال، یادگیری، تفکر و ادراک به کار می‌رود. بدلی حافظه کاری را دارای ۳ مؤلفه می‌داند حلقه واج شناختی، الگوی دیداری-فضایی و مجری مرکزی. پژوهش‌های گوناگون نشان داده است که حافظه کاری در موقعیت‌های مختلف زندگی روزمره و تحصیلی حائز اهمیت است (۲۱).

با توجه به پژوهش حاضر بازی‌های لوموسیتی طوری طراحی شده‌اند که چالش‌های شناختی و حافظه‌ای را به تدریج افزایش می‌دهند. این افزایش تدریجی دشواری‌ها باعث می‌شود که مغز کودک به طور مداوم برای حل مشکلات جدید و پیچیده‌تر تلاش کند و همین امر می‌تواند موجب تقویت حافظه کاری شود. در توجیه اثربخشی بازی‌های رایانه‌ای-شناختی بر روی حافظه کاری در کودکان می‌توان گفت که این بازی‌ها به دلیل اینکه مهارت‌های جهت‌یابی، بازداری پاسخ، دستورات چند مرحله‌ای و حافظه شنیداری و بینایی را آموزش می‌دهد، می‌تواند حافظه کاری کودکان را تقویت کند. همچنین این بازی‌ها مهارت‌های به یاد سپردن نام‌ها، نگهداری توالی، فراخوانی مکان اشیا و یادگیری موضوعات تازه را تقویت می‌بخشد و این منجر به تقویت حافظه کاری می‌شود.

در این بازی‌ها، بازیکنان باید اطلاعات جدید را به سرعت پردازش کنند و آن‌ها را در حافظه کاری خود نگه دارند تا در مراحل بعدی بازی از آن‌ها استفاده کنند. این نوع فعالیت‌ها به

طور مستقیم به تقویت حافظه کاری کمک می‌کنند، زیرا بازیکن مجبور است اطلاعات را در ذهن خود نگه دارد و پردازش کند. بازی‌های لوموسیتی برای تقویت مهارت‌های مختلف مغزی، به ویژه حافظه کاری، طراحی شده‌اند که به صورت فعال مناطقی از مغز را که مسئول پردازش و نگهداری اطلاعات هستند، تحریک می‌کنند. این فعالیت‌ها می‌توانند با تحریک شبکه‌های عصبی مغز، ارتباطات جدیدی ایجاد کنند که در طول زمان عملکرد حافظه کاری را بهبود می‌بخشد (۲۲).

یکی از دلایلی که بازی‌های شناختی مانند لوموسیتی بهبود عملکرد حافظه کاری را فراهم می‌آورند، اثر تمرین مداوم است؛ این اثر به این معناست که وقتی یک فرد در یک حوزه خاص (مثلاً حافظه) تمرین می‌کند، این مهارت‌ها می‌توانند به سایر حوزه‌های شناختی نیز منتقل شوند. تحقیقات نشان داده‌اند که تمرین‌های حافظه‌ای به خصوص به افزایش توانایی در زمینه‌های مختلف حافظه و حتی سرعت پردازش اطلاعات کمک می‌کنند (۲۳).

و از طرفی در پی افزایش عملکرد حافظه کاری از طریق بازی‌های شناختی و هدفمند لوموسیتی، تغییرات مهمی در ساختار و عملکرد مغز بوجود می‌آید. این تغییرات شامل تقویت ارتباطات عصبی، افزایش فعالیت مناطق مرتبط با حافظه، بهبود انعطاف‌پذیری عصبی و افزایش هماهنگی بین نواحی مختلف مغزی می‌شود. بدین صورت که قشر جلوی (پیش) پیشانی که نقش کلیدی در حافظه کاری ایفا می‌کند به عنوان یک دروازه مرتبه بالا یا یک مکانیزم فیلتر کردن، عمل می‌کند که باعث تقویت فعالیت‌های هدف و مهارت‌های نامناسب می‌شود. این مکانیزم فیلتر کردن، باعث کنترل اجرایی در سطوح مختلف پردازش، از جمله انتخاب، نگهداری، به روز رسانی و تغییر مسیر فعال سازی، می‌شود (۲۴).

مطالعات تصویربرداری مغزی نشان داده‌اند که هنگام تمرینات و بازی‌های شناختی مرتبط با حافظه کاری، فعالیت قشر پیش‌پیشانی افزایش می‌یابد. وقتی افراد در معرض تمرینات حافظه کاری قرار می‌گیرند، جریان خون و متابولیسم گلوکز در این ناحیه افزایش می‌یابد، که نشان‌دهنده تقویت عملکرد آن است.

بین دو گروه تفاوتی نداشت. در نهایت این پژوهشگران بدین نتیجه دست یافتند که به نظر می‌رسد انجام بازی‌های ویدیویی شناختی برخی از جنبه‌های مهارت‌های شناختی و حرکتی و سرعت پردازش را بهبود می‌بخشد.

در تبیین این یافته از تحقیق حاضر می‌توان گفت سرعت پردازش یکی از ابزارهای اندازه‌گیری توانایی و مهارت روانشناختی است. و شامل توانایی انجام نسبتاً آسان عملکردهای ساده و یا تکالیف آموخته شده به صورت اتوماتیک و روان به ویژه زمانی که به کارایی بالای مغزی نیاز باشد، است. یعنی برای تکالیف ساده به توجه و تمرکز کمتری نیاز است. و آن به توانایی پردازش خودکار و سریع اطلاعات بدون تفکر عمدی نیاز دارد. اگر سرعت پردازش در کودکی پایین باشد به این معناست که آن کودک کمی دیرتر از همسالان خود به توانایی فهم اطلاعات نائل می‌آید. این به این معنی است که احتمالاً در تطبیق حرف زدن و نوشتن و یا در اتمام تست و پاسخ دادن به سوالات دچار مشکل‌کنندگی شود (۳۰).

با این حال بازی‌های لوموسیتی که در دسته بازی‌های شناختی دیجیتال قرار دارند، به تقویت مهارت‌های مختلف شناختی از جمله سرعت پردازش اطلاعات کمک می‌کنند. بدین صورت که به گونه‌ای طراحی شده‌اند که چالش‌های شناختی را به طور تدریجی افزایش می‌دهند. این بازی‌ها از طریق تمرینات انطباقی سطح دشواری بازی را با توجه به پیشرفت فرد تنظیم می‌کنند. به این ترتیب، مغز کودک به طور مداوم با اطلاعات جدید مواجه می‌شود و باید تصمیمات سریع‌تری بگیرد. این نوع تمرینات به بهبود سرعت پردازش اطلاعات کمک می‌کنند (۳۱).

این بازی به طور خاص طراحی شده‌اند تا کودکان را مجبور به پردازش سریع اطلاعات در مدت زمان کوتاه کنند و تمرین‌های آن از جمله بازی‌هایی هستند که در آن‌ها کودکان باید به سرعت به تصاویر یا نشانه‌ها پاسخ دهند یا اطلاعات را پردازش کرده و در حافظه کوتاه‌مدت نگه دارند. چنین فعالیت‌هایی می‌توانند به تقویت مسیرهای عصبی در مغز کمک کنند که مسئول پردازش سریع و واکنش به اطلاعات هستند. مطالعات تصویربرداری مغزی نشان داده‌اند که بازی‌های شناختی باعث

تمرینات شناختی باعث افزایش چگالی سیناپسی و تقویت ارتباطات عصبی در این ناحیه می‌شوند (۲۵). مطالعات نشان داده‌اند که افزایش عملکرد حافظه کاری در پی تمرینات و بازی‌های رایانه‌ای و هدفمند شناختی می‌تواند منجر به افزایش حجم ماده خاکستری در نواحی مرتبط با پردازش حافظه شود، به‌ویژه در قشر پیش‌پیشانی، قشر جداری، و هیپوکامپ. این تغییرات نشان‌دهنده تقویت اتصالات عصبی و افزایش توان پردازشی مغز هستند (۲۶).

از طرفی طبق شواهد علمی در پی تمرینات حافظه کاری و شناختی، انعطاف‌پذیری عصبی حاصل می‌گردد که به توانایی مغز در ایجاد و تقویت مسیرهای عصبی جدید در پاسخ به یادگیری و تمرین اشاره دارد؛ افزایش اتصالات سیناپسی و تقویت کارایی ارتباطات بین نورون‌ها، کاهش زوال شناختی در سالمندان و بهبود عملکرد شناختی در کودکان از دیگر نتایج تمرینات و بهبود حافظه کاری می‌باشد (۱). در نهایت تمرینات و بازی‌های شناختی باعث افزایش ترشح دوپامین در قشر پیش‌پیشانی شده که می‌تواند ظرفیت حافظه کاری را از طریق بهبود ارتباطات عصبی، افزایش دهد (۲۷).

همچنین در بررسی فرضیه پژوهش مبنی بر این که بازی شناختی - رایانه‌ای لوموسیتی بر بهبود سرعت پردازش دانش آموزان دختر مقطع ابتدایی تأثیر دارد، نتایج نشان داد بازی شناختی - رایانه‌ای لوموسیتی بر بهبود سرعت پردازش دانش آموزان دختر مقطع ابتدایی موثر است.

امیری و همکاران (۲۸) تأثیر بازی لوموسیتی بر بهبود مهارت‌های شناختی (سرعت پردازش و توجه) در دانش آموزان ابتدایی مبتلا به ام اس (M.S) را بررسی کردند. یافته‌ها نشان دادند که آموزش بازی لوموسیتی بر بهبود مهارت‌های شناختی سرعت پردازش و توجه در دانش آموزان ابتدایی مبتلا به ام اس (M.S) شهر شیراز موثر بوده است. همچنین ایرماک و همکاران (۲۹) نشان داد نوجوانانی که بازی‌های شناختی انجام می‌دهند در مقایسه با دیگر نوجوانان، زمان واکنش دیداری و شنیداری کوتاه‌تری دارند. همچنین، در چندین خرده‌آزمون مهارت، قابلیت حرکتی بازیکنان پایین‌تر بود، در حالی که حافظه کاری

منتقل کنند که می تواند منجر به افزایش فعالیت الکتریکی در مغز شود (۲۲).

تقدیر و تشکر

"این مقاله مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول در واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران می- باشد. و دارای کد اخلاق به شناسه IR.IAU.TON.REC.1403.160 از کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن می باشد." در پایان از تمامی شرکت کنندگان در این پژوهش کمال تشکر و قدردانی را داریم.

تعارض در منافع

نویسندگان اظهار می دارند هیچ گونه تعارض منافی در مورد این مقاله وجود ندارد.

افزایش فعالیت در نواحی خاص مغز، از جمله قشر جلوی پیشانی و قشر جداری، می شوند. این نواحی مسئول پردازش اطلاعات و تصمیم گیری های سریع هستند. افزایش فعالیت در این نواحی می تواند به بهبود سرعت پردازش اطلاعات کمک کند (۲۶). سرعت پردازش اطلاعات به شدت با حافظه کاری مرتبط است. بازی های لوموسیتی با تقویت حافظه کاری می توانند توانایی کودکان را در پردازش سریع تر اطلاعات تقویت کنند. حافظه کاری به کودکان کمک می کند تا اطلاعات را به صورت موقت در ذهن خود نگه دارند و به سرعت آن ها را پردازش کنند تا به تصمیمات فوری برسند. یکی از دیگر مزایای بازی های شناختی مانند لوموسیتی، افزایش انعطاف پذیری عصبی است. این انعطاف پذیری باعث می شود مغز بتواند به اطلاعات سریع تر پاسخ دهد. تمرینات این بازی ها موجب تقویت اتصالات عصبی و تسهیل پردازش اطلاعات می شود و همچنین فعالیت نورون ها افزایش می یابد که باید با سرعت بالاتری سیگنال ها را

References

1. Semeraro C, Giofrè D, Coppola G, Lucangeli D, Cassibba R. The role of cognitive and non-cognitive factors in mathematics achievement: The importance of the quality of the student-teacher relationship in middle school. *Plos one*. 2020, 20;15(4): e0231381.
2. Willingham DT. Why don't students like school?: A cognitive scientist answers questions about how the mind works and what it means for the classroom. John Wiley & Sons; 2021, 27.
3. Nelwan M, Friso-van den Bos I, Vissers C, Kroesbergen E. The relation between working memory, number sense, and mathematics throughout primary education in children with and without mathematical difficulties. *Child neuropsychology*. 2022, 17;28(2):143-70.
4. Ranjbar, J., Bagherian, S., Ranjbar, M.J. The effectiveness of training executive brain functions on working memory of students with mathematical learning disorder. *Research in Child and Adolescent Psychotherapy*, 1401; 1(1): 43-53.
5. Reynolds MR, Niileksela CR, Gignac GE, Sevilano CN. Working memory capacity development through childhood: A longitudinal analysis. *Developmental psychology*. 2022;58(7):1254.
6. Taylor SE, Crocker J. Schematic bases of social information processing. In *Social cognition 2022*, 1 (pp. 89-134). Routledge.
7. Renninger KA, Hidi SE. Interest development, self-related information processing, and practice. *Theory into practice*. 2022;61(1):23-34.
8. Hassani Rad, M. Arjomandnia, A. R., Bagheri, F. Comparison of visual perception skills and selective attention of elementary school students with and without reading disorders. *Empowerment of Exceptional Children*, 2016, 7(20):24-33.
9. Pereira A, Miranda S, Teixeira S, Mesquita S, Zanatta C, Rosário P. Promote selective attention in 4th-grade students: lessons learned from a school-based intervention on self-regulation. *Children*. 2021, 1;8(3):182.
10. Sun L, Guo Z, Hu L. Educational games promote the development of students' computational thinking: a meta-analytic review. *Interactive Learning Environments*. 2023;31(6):3476-90.

11. Almulla AA, Khasawneh MA, Abdel-Hadi SA, Jarrah HY. Influence of non-linear storytelling in video games on cognitive development among students with learning disabilities. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*. 2024;23(1):84-97.
12. Dong X, Liang H, Ding X, Zhang Y. Enhancing children's cognitive skills: An experimental study on virtual reality-based gamified educational practices. *Education and Information Technologies*. 2024;29(6):7569-94.
13. Saqib Ray Shirazi, M., Fanaei, H., Mosuli, A., Madadi S., Hafezi, H. Prevalence of computer game addiction and its effects among paramedical students of Hormozgan University of Medical Sciences. *Modern Medical Information*, 1402, 9(1):56-69.
14. Bediou B, Adams DM, Mayer RE, Tipton E, Green CS, Bavelier D. Meta-analysis of action video game impact on perceptual, attentional, and cognitive skills. *Psychological bulletin*. 2018;144(1):77.
15. Sala G, Tatlidil KS, Gobet F. Video game training does not enhance cognitive ability: A comprehensive meta-analytic investigation. *Psychological bulletin*. 2018;144(2):111.
16. Chou CC, Kao SC, Pan CC, McCullick B, Fu HL, Wang CH. Cognitively engaging movement games improve interference control and academic performance in overweight children: A randomized control trial. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2023;33(4):521-34.
17. Redlinger E, Glas B, Rong Y. Impact of visual game-like features on cognitive performance in a virtual reality working memory task: within-subjects experiment. *JMIR Serious Games*. 2022 ;10(2): e35295.
18. Rahman, Md Waseq Ur, Maxwell Foxman, and David M. Markowitz. "Games as Cognitive Recreation: User Perspectives on Brain-Training Apps." *International Journal of Human-Computer Interaction* (2024): 1-11.
19. Haq Nazari, Farzin, Nejati, O., Pouremet, H.R. The effectiveness of enhancing working memory with computer training on students' sustained attention. *Scientific and Research Bimonthly of Rehabilitation Medicine*, 1401, 1(11), 2-13.
20. Abdi, et al. "The effectiveness of cognitive computer games on improving working memory, attention, and cognitive flexibility in children with ADHD." *Journal of Exceptional Children* 14.1 (2014): 19-34.
21. Ahmadshahi Tayyebbeh, Hosseini Farideh Sadat, and Rajabi Soran. "The Effectiveness of Cognitive Computer Games on Executive Functions and Creativity of Preschool Children." (2020): 52-70.
22. Anguera JA, Reuter-Lorenz PA, Willingham DT, et al. Contributions of cognitive training to neuroplasticity and brain function. *Neuron*. 2013; 78(3): 386-398. doi:10.1016/j.neuron.2013.03.016.
- 23.. Klingberg T. The Overflow of Working Memory and Cognitive Training. *Trends Cogn Sci*. 2010; 14(7): 317-324.
24. Fuster, J. M.; Bodner, M.; Kroger, J. K. (2000-05-18). "Cross-modal and cross-temporal association in neurons of frontal cortex". *Nature*. 405 (6784): 347–351. doi:10.1038/35012613. ISSN 0028-0836. PMID 10830963.
25. Klingberg T. Training and plasticity of working memory. *Trends Cogn Sci*. 2010;14(7):317-324.
26. Takeuchi H, Taki Y, Kawashima R. Effects of working memory training on the gray matter volume in young adults. *NeuroImage*. 2010; 53(4):1337-1343.
27. McNab F, Varrone A, Farde L, et al. Changes in cortical dopamine D1 receptor binding associated with cognitive training. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2009;106(30):12445-12450.
28. Amiri, Medina and Noshadi, Yousef and Karimi, Parvin and Mohammadnia, Sedighe and Tahmasbi, Mahparvin, Investigation of the effect of Lumosity game on improving cognitive skills (processing speed and attention) in elementary school students with multiple sclerosis (MS), Sixth National Congress of Data Analysis in Humanities, Tehran, 1402.
29. Irmak AY, Çelikkalp Ü, Özdemir G, Yiğit Ş. Comparison of Reaction Time, Manual Dexterity, and Working Memory Levels of Adolescent Video Game Players and Non-Players. *Clinical and Experimental Health Sciences*. 2022;12(2):493-8.
30. Rafique, Ammara. "Complementary interventions for cognitive rehabilitation in patients with cerebral palsy: a single-center study." *Bulletin of Faculty of Physical Therapy* 29.1 (2024): 84.
31. Olesen PJ, Westerberg H, Klingberg T. Increased prefrontal and parietal activity after training of working memory. *Nat Neurosci*. 2004;7(1):75-79.

*Original Article***The effectiveness of the cognitive computer game Lumosity on working memory and processing speed in female elementary school students**

Received: 16/07/2025 - Accepted: 03/09/2025

Sara Hematpour chenari¹
Tahereh HamzehPoor Haghighi^{2*}¹Department of Psychology, La.C.,
Islamic Azad University, Lahijan, Iran.² Department of Psychology, La.C.,
Islamic Azad University, Lahijan, Iran.
(Corresponding author)**Corresponding author:** Tahereh
HamzehPoor Haghighi, Department
of Psychology, La.C., Islamic
Azad University, Lahijan, Iran.Email:
Hamzehpoor.tahereh@iau.ac.ir**Abstract****Introduction:** Cognitive computer games are a new and stimulating method for students that, in addition to being entertaining, can help them improve their cognitive functions, including processing speed, selective attention, and working memory, which are closely related to their academic success in school years. The aim of the present study was to determine the effectiveness of the Lumosity cognitive computer game on working memory and processing speed in elementary school female students**Methods:** The present study was applied in terms of purpose and semi-experimental research with a control and target group in terms of method. The statistical population of the present study included all female students of Shahid Danesh Hojjati Elementary School in Rasht City. Of these, 34 female elementary school students were selected through convenience sampling and randomly assigned to two experimental (17 people) and control (17 people) groups. The letter-digit sorting test, Wechsler coding and symbol recognition test, and digit span test were administered to the subjects in the experimental and control groups before and after the research period. In order to analyze the data, descriptive statistical methods such as mean variance and standard deviation, as well as inferential statistical methods such as one-way analysis of variance, Levine's equality test, were used to determine the equality and similarity of the experimental and control groups, and covariance was used to examine the difference in pre-test-posttest scores and the differences between the groups.**Findings:** The analysis of covariance in the variables of working memory and processing speed between the experimental and control groups showed a significant difference, which was due to the cognitive computer game, Lumosity.**Conclusion:** Based on the results of the present study, informing parents, teachers, and coaches, providing practical solutions to school officials, and informing experts from the Education Organization, psychologists, and specialists about the role and importance of cognitive computer games will have a significant impact on improving cognitive abilities, including working memory, in high-functioning children.**Keywords:** Lumosity game, working memory, processing speed