

The Effectiveness of Neurocognitive Rehabilitation On the Math Performance and Working Memory of Students with Dyscalculia

Fatemeh Bazzaz Monsef^{1*}, Mehran Soleimani¹, Behzad Shalchi¹

¹Department of Psychology,
Faculty of Psychology &
Educational Sciences,
Azarbaijan Shahid Madani
University, Tabriz, Iran.

***Corresponding Author:**
Fatemeh Bazzaz Monsef,
Department of Psychology,
Faculty of Psychology &
Educational Sciences,
Azarbaijan Shahid Madani
University, Tabriz, Iran.

Email:
moonsef.f121@yahoo.com

Received: 19 Apr, 2016

Accepted: 2 Aug, 2016

Abstract

Background and Objectives: Cognitive functions are one of the most important effective factors in students with dyscalculia. The present research aims to investigate the effectiveness of neurocognitive rehabilitation program on math performance and working memory of students with dyscalculia.

Methods: This study was a quasi-experimental study with pretest-posttest design. Thirty elementary students with dyscalculia were selected using convenience sampling, and then the experimental and control groups (each 15 individuals), were matched in terms of age, gender, intelligence, and school grade. The subjects of the experimental group received twenty 45-minute sessions of neurocognitive rehabilitation. To collect the data, Wechsler Intelligence Scale (WISC-R) test, Iran Key Math Diagnostic test, Digit Span test, Counting Span task, and Corsi Blocks task, were used.

Results: In this study, the results of covariance analysis showed that the scores of the experimental group in working memory (digit span, counting span) posttest and in Key-Math posttest, were higher than the control group.

Conclusion: The results of this study is indicative of the effectiveness of cognitive rehabilitation in working memory (phonological loop, central executive) and math performance (operation and applications) in students with dyscalculia.

Keywords: Rehabilitation; Dyscalculia; Memory, Short-Term.

تأثیر برنامه توانبخشی عصب‌شناختی بر ریاضی و حافظه کاری کودکان با اختلال ریاضی عملکرد

فاطمه بزازمنصف^{۱*}، مهران سلیمانی^۱، بهزاد شالچی^۱

چکیده

زمینه و هدف: کارکردهای شناختی، یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در دانش‌آموزان با اختلال ریاضی است. پژوهش حاضر با هدف بررسی اثرگذاری برنامه توانبخشی عصب‌شناختی بر عملکرد ریاضی و حافظه کاری دانش‌آموزان با اختلال ریاضی انجام شد.

روش بررسی: این مطالعه به روش نیمه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون - پس‌آزمون انجام گرفت. ۳۰ دانش‌آموز مقطع ابتدایی با اختلال ریاضی؛ به صورت نمونه‌گیری در دسترس، انتخاب و سپس در دو گروه آزمایش و کنترل (هرکدام ۱۵ نفر)؛ از لحاظ سن، جنس، هوش و پایه تحصیلی هم‌تا شدند. آزمودنی‌های گروه آزمایش در ۲۰ جلسه ۴۵ دقیقه‌ای، توانبخشی عصب‌شناختی را دریافت کردند. برای جمع‌آوری داده‌ها از آزمون هوشی و کسلر (WISC-R)، آزمون تشخیصی ایران کی‌مت، آزمون فراخوانی ارقام، فراخوانی شمارش و آزمون بلوک‌های کرسی استفاده شد.

یافته‌ها: در این مطالعه براساس نتایج حاصل از تحلیل کوواریانس؛ نمرات گروه آزمایش در پس‌آزمون حافظه کاری (فراخوانی ارقام، فراخوانی شمارش) و در پس‌آزمون کی‌مت، بیشتر از گروه کنترل بود.

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه، نشان‌دهنده تأثیر توانبخشی شناختی بر حافظه کاری (حلقه واج‌شناختی، مجری مرکزی) و عملکرد ریاضی (بخش عملیات و کاربرد) کودکان با اختلال ریاضی می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: توانبخشی؛ اختلال ریاضی؛ حافظه کاری؛ حافظه کوتاه‌مدت.

گروه روانشناسی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران.

*نویسنده مسئول مکاتبات:

فاطمه بزازمنصف، گروه روانشناسی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران؛

آدرس پست الکترونیکی:

monsef.f121@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۵/۱/۳۰

تاریخ پذیرش: ۹۵/۵/۱۱

لطفاً به این مقاله به صورت زیر استناد نمایید:

Bazzaz Monsef F, Soleimani M, Shalchi B. The effectiveness of neurocognitive rehabilitation on the math performance and working memory of students with dyscalculia. Qom Univ Med Sci J 2017;11(5):63-75. [Full Text in Persian]

مقدمه

ناتوانی یادگیری ریاضی (Mathematic Learning Disabilit)، یکی از اختلالات یادگیری بوده که به صورت ناتوانی در انجام مهارت‌های مربوط به حساب مشخص می‌شود (۶-۱). در اختلال ریاضی محض، هیچ‌گونه همبودی با اختلالات رشدی دیگر وجود ندارد. هوش نیز نرمال بوده و فقط در زمینه ریاضی ضعف دیده می‌شود (۶). نظریه نوروساینس غالب در زمینه DD (Developmental Dyscalculia)، بیان‌کننده این مطلب است که این اختلال در ارتباط با نقص در بازنمایی اندازه MR (Magnitude representation) که اغلب از آن به عنوان سیستم عددی تقریب

ANS (Approximate Number System) (۷) و یا مدول عددی (Number Module) (۸) یاد می‌شود، در IPS مغزی قرار دارد. این نظریه نشان می‌دهد نقص در MR منجر به اختلال مهارت‌های عددی مربوط به مشکل ریاضی می‌گردد (۷، ۸). همچنین تحقیقات مربوط به تصویربرداری‌های مغزی

(MRI, FMRI) (۹-۱۱) نشان داده‌اند رشد غیرطبیعی ساختار آهیانه‌ای مغز، به خصوص IPS راست (۱۲)، ممکن است باعث تضعیف رشد طبیعی توانایی ریاضی شود. اگرچه در حال حاضر، نظریه MR در مورد اختلال ریاضی به عنوان رویکرد غالب در نوروساینس شناخته شده، ولی تحقیقات رفتاری نیز چندین عملکرد شناختی مهم را در رشد مهارت ریاضی معرفی کرده‌اند:

۱- حجم زیادی از تحقیقات مربوط به نقص کلامی و دیداری - فضایی حافظه کاری (WM) در DD می‌باشد (۱۷-۱۳). حافظه کاری مجموعه‌ای از فرآیندهایی است که به فرد اجازه می‌دهد تا اطلاعات را به گونه‌ای در ذهن خود نگهداری کند که دسترسی فوری به آنها امکان‌پذیر باشد (۱۸)؛ به عبارت دیگر، حافظه کاری به عنوان یک ظرفیت محدود فضای کاری ذهنی برای بازیابی حقایق عددی که حتی باید در طول ساده‌ترین محاسبات نیز بسیج شوند گفته می‌شود (۱۹، ۲۰). از این رو اختلال حافظه کاری می‌تواند پیامدهای مخرب در عملکرد ریاضی داشته باشد (۲۱، ۲۲)؛ ۲- برخی از مطالعات مشکلات مربوط به پردازش فضایی را در DD گزارش کرده‌اند (۲۳، ۲۴) که ممکن است مرتبط با مشکلات مربوط به حافظه کاری دیداری - فضایی باشد؛

۳- یافته‌های دیگری نیز اشاره به نقص عملکرد بازداری در DD دارند (۳۰-۲۵) و ۴- یافته‌ها مربوط به نتایج مشابه‌ای بوده که بر توجه تأکید کرده‌اند (۳۲-۳۱). به طور یقین، همه عملکردهای شناختی مطرح‌شده در ارتباط با IPS می‌باشد. از این رو نقص در هر یک از عملکردهای شناختی اشاره‌شده می‌تواند عملکرد غیرطبیعی IPS در DD را توضیح دهد (۳۳). در این حیطه، چندین تحقیق نشان داده‌اند فعالیت IPS با انجام تکالیف مربوط به حافظه کاری (۳۸-۳۴)، توجه (۳۵)، کنترل مهاری (۳۹) و پردازش فضایی (۴۰)؛ تعدیل (Modulated) شده است. پس با توجه به پژوهش‌های انجام‌شده و نقش و اهمیت عملکردهای شناختی در کودکان با اختلال ریاضی، یک‌سری مداخلات و توانبخشی شناختی می‌تواند در جهت کمک به این کودکان مؤثر باشد؛ به طوری که با توجه به یافته‌های پژوهشی مبنی بر انعطاف‌پذیری عملکردهای شناختی و قابلیت ارتقا و بهبود عملکرد آنها (۴۱)، برنامه‌هایی در زمینه ارتقای مهارت‌های شناختی در قالب گوناگون طراحی شده که از جمله می‌توان به برنامه‌های رایانه‌ای شناختی اشاره کرد. اساس نظری این برنامه‌های شناختی، مفهوم پلاستیسیته سیناپس و حفظ شناخت است (۴۲). براساس مطالعات عصب‌شناختی، مغز در صورت تحریکات بیشتر قوی‌تر عمل خواهد کرد و سلول‌های مغزی با تحریک زیاد دارای شعبات دندریت و آکسون بیشتری می‌شوند و شبکه‌های ارتباطی پیچیده‌تری در آنها ایجاد شده و قدرت شناختی افزایش می‌یابد. با توجه به مطالعات ذکرشده مبنی بر عملکرد ضعیف کارکردهای اجرایی، به خصوص حافظه در دانش‌آموزان با مشکلات ریاضی و به رغم گرایش فزاینده به سمت توانبخشی رایانه‌ای مهارت‌های شناختی، از یک سو، یافته‌های علمی تکنیک توانبخشی شناختی رایانه‌ای را هنوز جزء روش‌های مبتنی بر شواهد علمی قلمداد نمی‌کنند و بر ضرورت انجام پژوهش در این زمینه تأکید دارند و از سوی دیگر، اغلب پژوهش‌های انجام‌شده در حیطه توانبخشی شناختی رایانه‌ای در کشورهای غربی بوده و شواهد تجربی مربوط به این حیطه در ایران در آغاز راه است. بنابراین، پژوهش حاضر در پی پاسخ دادن به این سؤال است که آیا برنامه توانبخشی شناختی رایانه‌ای بر عملکرد ریاضی و حافظه کاری کودکان با اختلال ریاضی تأثیرگذار است؟

روش بررسی

مطالعه حاضر به صورت نیمه آزمایشی با طرح پیش‌آزمون - پس‌آزمون با گروه کنترل انجام شد. جامعه آماری را تمامی کودکان دبستانی مبتلا به اختلال ریاضی شهر تبریز (در سال تحصیلی ۱۳۹۴-۱۳۹۳) که به مراکز اختلال‌های یادگیری شهر تبریز مراجعه کرده بودند تشکیل می‌دادند. نمونه این پژوهش شامل ۳۰ دانش‌آموز مبتلا به اختلال ریاضی بود که از میان ۴۸ دانش‌آموز با اختلال ریاضی، به صورت نمونه‌گیری در دسترس انتخاب و سپس از لحاظ سن، جنس، هوش و پایه تحصیلی هم‌تا شدند و به طور تصادفی در دو گروه آزمایش (۱۵ نفر) و کنترل (۱۵ نفر) قرار گرفتند. لازم به ذکر است مداخلات به صورت انفرادی انجام شد و امکان انتخاب حجم نمونه به تعداد بیشتر امکان‌پذیر نبود (انتخاب این تعداد حجم نمونه براساس امکان‌ات تیم تحقیق بوده است). برنامه مداخله به صورت ۲۰ جلسه (۴۵ دقیقه‌ای) در کلاسی ساکت به آزمودنی‌های گروه آزمایش ارائه گردید، درحالی‌که گروه کنترل، برنامه‌های آموزشی معمول خود را دنبال می‌کردند.

معیارهای ورود به مطالعه شامل: داشتن توافق آگاهانه (جهت شرکت در پژوهش)، تشخیص اختلال توسط متخصصین در این حیطه، برخورداری از توانایی هوشی متوسط، داشتن سن بین ۷-۱۱ سال، عدم مصرف دارو، عدم وجود مشکلات شنیداری - دیداری، حرکتی و ارتباطی بود.

معیارهای خروج از مطالعه عبارت بودند از: همبودی اختلال ریاضی با سایر اختلالات از قبیل بیش‌فعالی، عدم پیگیری جلسات درمان بیش از دو جلسه متوالی و وجود مشکلات شنیداری - دیداری، حرکتی و ارتباطی.

پرسشنامه محقق‌ساخته: این پرسشنامه از برخی اطلاعات دموگرافیک (نظیر سن، پایه تحصیلی، معدل سال/ترم قبل، مصرف دارو و غیره) تشکیل شده بود.

آزمون ایران کی‌مت (Iran Key Math Diagnostic Test): این آزمون در سال ۱۹۷۶ توسط Connolly (۴۳)، به منظور تعیین نقاط قوت و ضعف دانش‌آموزان در حوزه‌های مختلف ریاضی، طراحی و تهیه شد و برای دانش‌آموزان ۶-۱۱ سال کاربرد دارد. این آزمون از لحاظ موضوع و توالی شامل: سه بخش مفاهیم

اساسی، عملیات و کاربردها می‌باشد. هر بخش به سه یا چهار حیطه تقسیم می‌شود. حوزه مفاهیم اساسی از سه آزمون فرعی شمارش، اعداد گویا و هندسه، حوزه عملیات از جمع، تفریق، ضرب، تقسیم، محاسبه ذهنی و حوزه کاربرد از پرسشهایی برای اندازه‌گیری زمان، پول، تخمین، تفسیر داده‌ها و حل مسئله تشکیل شده است. این آزمون در ایران برای دانش‌آموزان، ۶/۶-۱۱/۸ توسط محمد اسماعیل و هومن هنجاریایی شده و اعتبار آن با استفاده از روش آلفای کرونباخ، برآورد و میزان آن در پنج پایه بین ۸۴-۸۰٪ گزارش شده است (۴۴).

آزمون فراخنای شمارش (Counting Span Task): از این آزمون برای سنجش مؤلفه مجری مرکزی حافظه کاری استفاده می‌شود. در این آزمون کودک در صفحه مانیتور، کارت‌هایی با نقطه‌های سبز و زرد مشاهده می‌کند. سپس از کودک خواسته می‌شود تا نقاط سبزرنگ را شمرده و سعی کند مجموع نقطه‌های سبزرنگ موجود در هر کارت را با یاد بیاورد به عنوان مثال زمانی که کودک در مانیتور یک کارت با ۸ نقطه سبزرنگ و سپس کارت دیگری با ۵ نقطه سبزرنگ مشاهده کرد باید به ترتیب عدد ۸ و ۵ را یادآوری کند. آزمون با یک کارت شروع شده و سپس تعداد کارت‌های بیشتری داده می‌شود؛ به طوری که یک زنجیره ۵-۲ کارتی به کودک ارائه می‌گردد. مجموعه‌ها از دو کارت شروع شده و پس از ۳ بار کوشش در هر مجموعه، یک کارت به مجموعه اضافه شده تا جایی که آخرین مجموعه، حداکثر ۵ کارت داشته باشد. آزمون زمانی قطع می‌شود که کودک به هر ۳ کوشش یک مجموعه، پاسخ نادرست بدهد. نمره عملکرد به صورت تعداد کل کوشش‌ها (حداکثر ۱۲ کوشش) که درست یادآوری شوند، محاسبه می‌گردد (۴۵).

آزمون فراخنای مستقیم ارقام (Digit span task): آزمای‌شگر یک سری اعداد تک‌رقمی تصادفی را می‌خواند و آزمودنی باید اعداد را به همان ترتیب گفته شده تکرار کند. سری اعداد ابتدا ۲ رقم دارند و بعد از هربار ارائه، یک رقم به زنجیره اعداد اضافه می‌شود تا حداکثر، زنجیره ۷ رقمی گردد. آزمون زمانی قطع می‌گردد که کودک ۲ بار متوالی، یک زنجیره را نادرست تکرار کند. عملکرد (تعداد کل سری‌هایی که به درستی یادآوری شده‌اند)، نمره‌گذاری می‌شود.

اعتبار آزمون - بازآزمون فراخنای ارقام، ۸۱٪ است. از این آزمون به‌طور گسترده برای سنجش حلقه واج‌شناختی حافظه کاری استفاده می‌شود (۴۵).

آزمون بلوک‌های کرسی (Corsi Blocks): آزمون بلوک‌های کرسی در اوایل سال ۱۹۷۰، طراحی و مورد استفاده قرار گرفت (۴۶). این آزمون براساس آزمون فراخنای ارقام طراحی شده، ولی به جای فرم کلامی موجود در آزمون فراخنای ارقام، در این آزمون نیاز به استفاده از حافظه کاری دیداری - فضایی است. فرآیند آزمون کرسی بدین‌گونه است که آزمودنی در صفحه رایانه، ۹ بلوک را می‌بیند که در هر کوشش چند تا از این بلوک‌ها با توالی خاص روشن می‌شود. تکلیف آزمودنی این است که توالی روشن‌شدن بلوک‌ها را به یاد بسپارد و بعد از اتمام روشن‌شدن بلوک‌ها، آزمودنی با کلیک کردن روی بلوک‌ها، توالی را تکرار کند. این آزمون ابتدا از ۲ بلوک تشکیل شده و کم‌کم به تعداد بلوک‌های روشن در هر کوشش افزوده می‌شود. آزمون تا ۹ بلوک ادامه می‌یابد و در صورت ۲ بار اشتباه در یک توالی به پایان می‌رسد و طولانی‌ترین توالی یادآوری شده توسط آزمودنی ثبت می‌گردد. به‌طور کلی میانگین یادآوری برای افراد عادی ۵ بلوک می‌باشد (۴۷).

آزمون وکسلر چهار: مقیاس هوش وکسلر چهار (WISC-IV): ادامه مقیاس هوشی وکسلر کودکان است. در واقع چهارمین ویرایش مقیاس هوشی وکسلر WISC-IV کودکان بوده که در سال ۲۰۰۳ منتشر شده است. در آزمون وکسلر ۴، ۵ نوع هوش‌بهر محاسبه می‌شود که عبارت‌اند از: درک مطلب کلامی، استدلال ادراکی، حافظه فعال، سرعت پردازش و هوش بهرکل (۴۸، ۴۹).

برنامه مداخله‌ای: برنامه مورد استفاده در این پژوهش، برنامه Cogniplus (۵۰) و برنامه توانبخشی حافظه کاری است. برنامه Cogniplus براساس یافته‌های اخیر متخصصان عصب‌شناختی و

روان‌شناسی، طراحی و شامل آموزش ۶ حیطه اصلی و چند خرد مجموعه است که بر ۱۶ کارکرد شناختی متمرکز بوده و هدف آن ارتقای توانمندی‌های شناختی است. در این پژوهش؛ قسمت بازداری پاسخ، کدگذاری فضایی، توجه انتخابی و توجه متمرکز این نرم‌افزار مورد استفاده قرار گرفت. به‌منظور آموزش حافظه فعال، یکی از ابزارهای جامع تحت عنوان "Robomemo" را Klingberg و همکاران (۴۱) طراحی کردند. به دلیل عدم مطابقت‌نداشتن این نرم‌افزار با زبان فارسی، نسخه فارسی نرم‌افزار حافظه کاری در ایران با الگوبرداری از نرم‌افزار Robomemo (شرکت Cogmed) (۴۱)، توسط خدادادی و همکاران طراحی شده است (۵۱).

در پژوهش حاضر داده‌ها در دو بخش توصیفی و استنباطی با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ و آزمون تی مستقل و کوواریانس تحلیل شدند.

یافته‌ها

در این مطالعه، گروه آزمایش و کنترل از نظر متغیر سن (میانگین گروه کنترل=۹/۲، میانگین گروه آزمایش=۹/۵ و سطح معنی‌داری $p=0/46$)، هوش‌بهر (میانگین گروه کنترل=۹۴/۹، میانگین گروه آزمایش=۹۲/۲ و سطح معنی‌داری $p=0/27$)، پایه تحصیلی (در هر گروه: ۳ نفر کلاس دوم، ۴ نفر کلاس سوم، ۸ نفر کلاس چهارم)، جنسیت (هر گروه: ۷ دختر و ۸ پسر)، همچنین از نظر عملکرد ریاضی با هم هم‌تا بودند.

گروه کنترل و آزمایش در هر سه بخش عملکرد ریاضی، قبل از ارائه مداخله با هم هم‌تا بودند؛ به‌طوری‌که بین دو گروه آزمایش و کنترل در هر سه بخش مفاهیم، عملیات و کاربردها، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($p>0/05$) (جدول شماره ۱).

جدول شماره ۱: نتایج آزمون تی مستقل برای سه بخش عملکرد ریاضی

متغیر	گروه آزمایش	گروه کنترل	آماره t	سطح معنی‌داری
	میانگین $\pm$ انحراف معیار	میانگین $\pm$ انحراف معیار		
مفاهیم	۱۴/۴ $\pm$ ۱/۳	۱۴/۳ $\pm$ ۱/۲	۰/۲	۰/۷۸
عملیات	۱۴/۶ $\pm$ ۱/۵	۱۴/۵ $\pm$ ۱/۵	۰/۲	۰/۸۱
کاربردها	۱۵/۴ $\pm$ ۰/۹	۱۵/۸ $\pm$ ۰/۸	-۱/۱	۰/۲۴

جهت بررسی اثرگذاری توانبخشی شناختی و حذف اثر پیش‌آزمون، مقایسه دو گروه در پس‌آزمون‌ها با استفاده از تحلیل کوواریانس انجام شد. قبل از انجام تحلیل کوواریانس، تحلیل مربوط به پیش‌فرض‌های آماری، ازجمله بررسی همگنی رگرسیون صورت گرفت. نتایج مربوط به همگنی رگرسیون هم در بخش‌های مربوط به عملکرد ریاضی (مفاهیم $p=0/17$)، عملیات $p=0/43$ ، کاربردها $p=0/96$ و هم در بخش‌های مختلف مربوط به حافظه کاری {دیداری - فضایی ($p=0/22$)، حلقه واج‌شناختی ($p=1/1$)، مجری مرکزی ($p=0/42$)}، نشان‌دهنده

همگنی رگرسیون بود ($p>0/05$). بنابراین با برقراری مفروضات آماری، امکان استفاده از روش تحلیل کوواریانس وجود داشت. باتوجه به مقایسه میانگین نمرات بخش مفاهیم آزمون کی‌مت؛ آزمودنی‌های گروه آزمایش و کنترل در پیش‌آزمون - پس‌آزمون، عملکرد مشابه‌ی همدیگر داشتند. همچنین براساس مقایسه میانگین‌ها نمرات بخش عملیات و کاربرد آزمون کی‌مت؛ آزمودنی‌های گروه آزمایش و کنترل در پیش‌آزمون، عملکرد مشابه‌ی همدیگر داشتند، اما در پس‌آزمون، میانگین نمرات گروه آزمایش، بیشتر از گروه کنترل بود (جدول شماره ۲).

جدول شماره ۲: مقایسه میانگین دو گروه آزمایش و کنترل در بخش مفاهیم، عملیات و کاربردهای آزمون کی‌مت

متغیرها	پیش‌آزمون گروه آزمایش	پیش‌آزمون گروه کنترل	پس‌آزمون گروه آزمایش	پس‌آزمون گروه کنترل		
	SD	M	SD	M	SD	M
مفاهیم	۱۴/۴	۱/۳	۱۴/۳	۱/۲	۱۴/۲	۰/۹
عملیات	۱۴/۶	۱/۵	۱۴/۵	۱/۵	۱۴/۶	۱/۸
کاربردها	۱۵/۴	۰/۹	۱۵/۸	۰/۸	۱۵/۶	۰/۷

برای بررسی معنی‌داری تفاوت بین میانگین‌ها، از روش آماری تحلیل کوواریانس استفاده گردید (جدول شماره ۳).

با در نظر گرفتن نمرات پیش‌آزمون به‌عنوان متغیر همپراش (کمکی)، مداخلات توانبخشی شناختی، منجر به تفاوت معنی‌دار بین گروه‌های آزمایش و کنترل در بخش مفاهیم آزمون کی‌مت نشد ($p>0/05$). همچنین با در نظر گرفتن نمرات پیش‌آزمون به‌عنوان متغیر همپراش (کمکی)؛ مداخلات توانبخشی شناختی باعث تفاوت معنی‌دار بین گروه‌های آزمایش و کنترل در بخش عملیات و کاربردها گردید ($p<0/05$).

میزان تأثیر در بخش عملیات، $0/16$ بود؛ یعنی 16% واریانس پس‌آزمون (بخش عملیات آزمون کی‌مت) مربوط به مداخلات توانبخشی شناختی بوده است. همچنین در بخش کاربردها، میزان تأثیر $0/17$ بود؛ یعنی 17% واریانس پس‌آزمون (بخش کاربرد آزمون کی‌مت) مربوط به مداخلات توانبخشی شناختی بوده است. بنابراین، مداخلات توانبخشی شناختی بر بهبود عملکرد بخش مفاهیم آزمون کی‌مت کودکان با اختلال ریاضی عملکرد با اختلال ریاضی مؤثر نبوده، ولی این مداخلات موجب بهبود عملکرد بخش عملیات و کاربردهای آزمون کی‌مت کودکان با اختلال ریاضی شده است (جدول شماره ۳).

جدول شماره ۳: تحلیل کوواریانس بخش مفاهیم، عملیات و کاربردهای آزمون کی‌مت

منابع	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	سطح معنی‌داری	مجذورات انا
پیش‌آزمون	۰/۰	۱	۰/۰	۰/۰	۰/۸۳	۰/۰۰
گروه	۲/۶	۱	۲/۶	۲/۳	۰/۱۳	۰/۰۸
خطا	۳۰/۶	۲۷	۱/۱			
پیش‌آزمون	۹/۵	۱	۹/۵	۴/۷	۰/۰۳	۰/۱۵
گروه	۱۰/۴	۱	۱۰/۴	۵/۲	۰/۰۳	۰/۱۶
خطا	۵۴/۱	۲۷	۲			
پیش‌آزمون	۵/۸	۱	۵/۸	۷/۳	۰/۰۱	۰/۲۱
گروه	۴/۶	۱	۴/۶	۵/۸	۰/۰۲	۰/۱۷
خطا	۲۱/۳	۲۷	۰/۷			

مقایسه میانگین‌های نمرات آزمون حافظه کاری دیداری - فضایی نشان داد آزمودنی‌های گروه کنترل و گروه آزمایش در پیش‌آزمون - پس‌آزمون، عملکرد تقریباً مشابه همدیگر داشته‌اند، اما با توجه به مقایسه میانگین نمرات آزمون حلقه واج‌شناختی و مجری مرکزی حافظه کاری، آزمودنی‌های گروه آزمایش و کنترل در پیش‌آزمون، عملکرد مشابه همدیگر داشتند. ولی در پس‌آزمون؛ میانگین نمرات گروه آزمایش، بیشتر از گروه کنترل بود (جدول شماره ۴).

جدول شماره ۴: مقایسه میانگین دو گروه آزمایش و کنترل در بخش دیداری - فضایی، مجری مرکزی و حلقه واج‌شناختی حافظه کاری

متغیرها	پیش‌آزمون گروه آزمایش		پیش‌آزمون گروه کنترل		پس‌آزمون گروه آزمایش		پس‌آزمون گروه کنترل	
	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M
دیداری فضایی	۳/۳	۱/۱	۳/۶	۰/۸	۳/۵	۳/۵	۰/۸	۰/۸
واج‌شناختی	۴/۵	۱/۳	۴/۰	۰/۸	۴/۲	۱/۳	۰/۹	۰/۹
مجری مرکزی	۶/۲	۲/۱	۵/۴	۲	۵/۸	۲/۵	۲/۶	۲/۶

جهت بررسی معنی‌داری تفاوت بین میانگین‌ها، از روش آماری تحلیل کوواریانس استفاده گردید.

با در نظر گرفتن نمرات پیش‌آزمون به‌عنوان متغیر همپراش (کمکی)، مداخلات توانبخشی شناختی منجر به تفاوت معنی‌دار بین گروه‌های آزمایش و کنترل در بخش دیداری - فضایی حافظه کاری نشد ($p < 0/05$). همچنین با در نظر گرفتن نمرات پیش‌آزمون به‌عنوان متغیر همپراش (کمکی)، مداخلات توانبخشی شناختی باعث تفاوت معنی‌دار بین گروه‌های آزمایش و کنترل در بخش واج‌شناختی و مجری مرکزی حافظه کاری گردید ($p < 0/05$).

میزان تأثیر در بخش واج‌شناختی، ۰/۱۵ بود؛ یعنی ۱۵٪ واریانس پس‌آزمون (حلقه واج‌شناختی حافظه کاری) مربوط به مداخلات توانبخشی شناختی بوده و میزان تأثیر در بخش مجری مرکزی، ۰/۳۴ بود؛ یعنی ۳۴٪ واریانس پس‌آزمون (مجری مرکزی حافظه کاری) مربوط به مداخلات توانبخشی شناختی بوده است. بنابراین، مداخلات توانبخشی شناختی بر بهبود حافظه کاری دیداری - فضایی کودکان با اختلال ریاضی کودکانه با اختلال ریاضی مؤثر نبوده، اما این مداخلات موجب بهبود عملکرد حلقه واج‌شناختی و عملکرد مجری مرکزی حافظه کاری کودکان با اختلال ریاضی شده است (جدول شماره ۵).

جدول شماره ۵: تحلیل کوواریانس بخش دیداری - فضایی، حلقه واج‌شناختی و مجری مرکزی حافظه کاری

منابع	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	سطح معنی‌داری	مجدورات
پیش‌آزمون	۸/۷	۱	۸/۷	۲۲/۶	۰/۰۰	۰/۴۵
دیداری - فضایی	گروه	۱	۰/۵	۱/۴	۰/۲۳	۰/۰۵
	خطا	۲۷	۰/۳			
پیش‌آزمون	۱۹/۶	۱	۱۹/۶	۲۵/۶	۰/۰۰	۰/۴۸
حلقه واج‌شناختی	گروه	۱	۳/۶	۴/۷	۰/۰۳	۰/۱۵
	خطا	۲۷	۰/۷			
پیش‌آزمون	۱۵۱/۸	۱	۱۵۱/۸	۱۰۲/۱	۰/۰۰	۰/۷۹
مجری مرکزی	گروه	۱	۲۰/۸	۱۴	۰/۰۰	۰/۳۴
	خطا	۲۷	۱/۴			

بحث

پژوهش حاضر با هدف مطالعه تعیین اثربخشی برنامه توانبخشی شناختی رایانه‌ای بر عملکرد ریاضی، حافظه کاری و کودکان با اختلال ریاضی انجام گرفت. نتایج تحلیل کوواریانس نشان داد مداخلات توانبخشی شناختی بر بهبود عملکرد بخش مفاهیم آزمون کی‌مت کودکان با اختلال ریاضی مؤثر نبوده است. اما این مداخلات موجب بهبود عملکرد کودکان در بخش عملیات و کاربرد آزمون کی‌مت شده است. این یافته‌ها همسو با نتایج Brosnan و همکاران (۵۲)، Izawa (۵۳)، Dehn (۵۴)، Malhotra و همکاران (۵۵)، Räsänen و همکاران (۵۶)، Hadwin و Roughan (۵۷) می‌باشد. Brosnan و همکاران (۵۲) در پژوهشی، خود به آموزش بازداری پاسخ، توجه پایدار و حافظه کاری براساس فعالیت‌های حسی - حرکتی در کودکان با اختلال یادگیری پرداختند. نتایج آموزش چند ماهه در آنها نشان‌دهنده، بهبود نمره‌های تحصیلی و تقویت کارکردهای اجرایی در این دانش‌آموزان بود. همچنین Hadwin و Roughan (۵۷) در پژوهش خود به این نتیجه دست یافتند که برنامه‌های آموزشی متمرکز بر حافظه نه تنها به‌طور مستقیم بهبود عملکرد حافظه را در پی دارد؛ بلکه به‌صورت غیرمستقیم نیز بر بهبود عملکرد تحصیلی، کاهش مشکلات تحصیلی؛ حتی کاهش مشکلات سلامت روان مؤثر بوده، همچنین بر روی بازداری رفتاری و مشکلات رفتاری، تأثیر مثبتی به جا گذاشته است. در پژوهشی Rasanen و همکاران (۵۶) به بررسی اثربخشی مداخله به کمک رایانه برای کودکان با مهارت عددی پایین پرداختند. در این پژوهش، مهارت کودکان در توانایی مقایسه اعداد بهبود یافت، اما هیچ تغییری در سایر مهارت‌های عددی ایجاد نشد. باتوجه به مطالب و تحقیقات ارائه‌شده می‌توان گفت کارکردهای اجرایی (به‌ویژه حافظه کاری و توجه) در آموزش و یادگیری، از عوامل تأثیرگذار و مهم است. بالطبع با افزایش حافظه کاری، پیشرفت تحصیلی نیز بهبود می‌یابد؛ به‌طوری‌که برخی از پژوهش‌ها بیان می‌کنند بهبود کارکردهای اجرایی، به‌خصوص حافظه بر روی یادگیری و متعاقباً پیشرفت تحصیلی، تأثیر مثبتی خواهد داشت؛ از این جهت که حافظه، پشتیبانی‌کننده یادگیری است.

به عبارتی، حافظه منجر به افزایش تمرکز بر روی تکلیف شده، بازداری از اطلاعات نامرتبط را در حین یادگیری به عهده داشته و یک‌پارچه‌سازی اطلاعات مرتبط را نیز در پی دارد که این موارد در کنار هم تسهیل یادگیری را به‌دنبال خواهد داشت (۵۳، ۵۴). همچنین نتایج تحلیل کوواریانس نشان داد مداخلات توانبخشی شناختی بر بهبود حافظه کاری دیداری - فضایی کودکان با اختلال ریاضی مؤثر نبوده است. این یافته همسو با یافته‌های Malhotra و همکاران (۵۵)، Thurstone (۵۸) و با نتایج Alloway و همکاران (۵۹)، Dahlin (۶۰)، Holmes و همکاران (۶۱)، همخوانی نداشت. در بررسی پیشینه پژوهشی در این حیطه، عقاید متفاوتی مبنی بر توان افزایش مهارت‌های دیداری - فضایی به چشم می‌خورد. برای مثال Thurstone (۵۸) بر غیرقابل‌تغییر بودن مهارت‌های دیداری - فضایی تأکید می‌کند. شواهدی نیز نشان می‌دهد ظرفیت حافظه کاری، بین یک تا چهار تکه اطلاعات است (۵۳).

علاوه بر این، برخی دیگر از پژوهشگران ازجمله Vanderberg (۶۲)، گزارش کردند ارائه تمرین‌های مربوط به حافظه منجر به ارتقای عملکرد آن می‌شود. در مقابل برخی دیگر از پژوهشگران، حافظه کاری را به‌عنوان یک ویژگی، به‌شدت قابل توارث می‌دانند (۶۳) که به تجارب خارجی مقاوم است.

در تبیین تفاوت موجود در یافته‌های تجربی در این زمینه، می‌توان گفت به‌نظر می‌رسد نقص در بازداری با نقص در حافظه کاری مرتبط است (۲۷). Engle (۶۷)، معتقد است تفاوت‌های فردی در حافظه کاری هیچ ارتباطی با اینکه افراد چه مقدار آیت‌ها را می‌توانند در ذهن ذخیره کنند، ندارد؛ بلکه با کنترل توجه و حفظ اطلاعات در یک حالت فعال و قابل‌بازیابی مرتبط بوده و کنترل توجه نیز با توانایی بازداری ارتباط دارد. کنترل ناقص بازداری اجرایی می‌تواند توانایی حافظه کاری را به خطر بیندازد و به تخریب حافظه کاری کودکان و تداخل در برنامه‌ریزی و سازماندهی رفتار آنان منجر گردد. از آنجایی‌که ناتوانی در بازداری در بسیاری از کودکان مبتلا به اختلالات روان‌شناختی ازجمله کودکان مبتلا به اختلال یادگیری دیده می‌شود، پس می‌توان گفت توانبخشی بازداری بر عملکرد حافظه کاری نیز تأثیر دارد.

یکی دیگر از دلایل وجود چنین تناقضی در نتایج پژوهشی، به تفاوت‌های فردی آزمودنی‌ها و برنامه شناختی مورد استفاده برمی‌گردد. بررسی شواهد تجربی نقش متغیرهای فردی را در میزان اثرگذاری برنامه توانبخشی شناختی، برجسته و مورد تأکید قرار داده است. عوامل فردی مانند سطح عملکرد شناختی اولیه فرد، سن و مقطع تحصیلی می‌تواند نقش مهمی در میزان اثربخشی تمرین‌های شناختی برای افراد داشته باشد. افزون بر این، مدت زمان ارائه تمرین‌ها و جلسه‌های مداخله‌ای نیز اهمیت زیادی دارد؛ حتی می‌توان قانون "هرچه بیشتر، بهتر" را بیان کرد. در پژوهش حاضر مدت زمان و تعداد جلسات توانبخشی به دلیل تعطیلی مدارس و مراکز اختلالات یادگیری، ۲۰ جلسه بود که این موارد می‌تواند بخشی از تفاوت موجود در پیشینه و تفاوت یافته‌ها با نتایج پژوهش حاضر را تبیین کند.

همچنین نتایج تحلیل کوواریانس نشان داد مداخلات توانبخشی شناختی بر بهبود عملکرد حلقه واج‌شناختی حافظه کاری کودکان با اختلال ریاضی مؤثر بوده است. این یافته با نتایج Klingberg و همکاران (۴۱)، Hadwin و Roughan (۵۷)، Holmes و همکاران (۶۱)، Vandierendonck و همکاران (۶۴) و همخوانی داشت. در تأیید اثربخشی آموزش رایانه‌ای شناختی بر روی حافظه کاری، به‌ویژه از منظر عصب‌شناختی می‌توان به پژوهش Klingberg و همکاران (۴۱) اشاره کرد که در مطالعه خود با استفاده از MRI به‌منظور بررسی عملکرد حافظه، نشان دادند در زمان انجام تکلیف حافظه برخی از نواحی خاص مرتبط با حافظه، فعالیت بیشتری را نشان می‌دهند. تبیین تأثیر برنامه شناختی بر بهبود عملکرد حلقه واج‌شناختی حافظه کاری را می‌توان از دیدگاه عصب‌شناختی بررسی کرد. در این دیدگاه، اثر تمرین‌های شناختی را به دو دسته اثر انتقالی نزدیک (Near transfer Effects) و اثر انتقالی دور (Far Transfer Effects) تقسیم‌بندی می‌کنند. اثر انتقال نزدیک؛ به شباهت و نزدیکی بین حیطه مورد سنجش و حیطه مورد آموزش که در تمرین‌های بازپروری شناختی ارائه‌شده، اشاره دارد، درحالی‌که اثر انتقال دور؛ به تفاوت بین تمرین‌های ارائه‌شده و حیطه موردسنجش اشاره می‌کند (۶۵).

در پژوهش حاضر، تمرین‌های مربوط به حلقه واج‌شناختی حافظه کاری ارائه گردید و سپس همان حیطه مورد آزمون قرار گرفت (اثر انتقال نزدیک). همچنین نتایج تحلیل کوواریانس نشان داد مداخلات توانبخشی شناختی بر بهبود عملکرد مجری مرکزی حافظه کاری کودکان با اختلال ریاضی مؤثر بوده است. این یافته همسو با نتایج Klingberg و همکاران (۴۱)، Hadwin و Roughan (۵۷)، Holmes و همکاران (۶۱)، Vandierendonck و همکاران (۶۴) و Gholson و همکاران (۶۶) بود. همکاران (۶۶) در پژوهش خود نشان دادند رایانه در دانش‌آموزان اختلال یادگیری، ایجاد انگیزه می‌کند و نتیجه کار فرد را در اختیار او قرار می‌دهد، همچنین اطلاعات را در دو بُعد شنیداری و دیداری ارائه داده و ظرفیت حافظه کاری را افزایش می‌دهد. پس می‌توان گفت استفاده از برنامه‌های شناختی متنوع در پژوهش حاضر می‌تواند بخشی از نتایج موجود مبنی بر اثرگذاری تمرین‌های شناختی بر افزایش نمرات حافظه کاری را تبیین کند. در پژوهش حاضر با توجه به محدودیت زمانی جهت اتمام پژوهش، امکان انجام مرحله پیگیری در مدت زمان طولانی‌تر مقدور نبود. لذا پیشنهاد می‌گردد پژوهش‌های آتی، در حجم نمونه بزرگتر و با انجام مراحل پیگیری صورت گیرد. همچنین توصیه می‌شود برنامه توانبخشی با جلسات بیشتر و در صورت امکان، روزانه انجام گیرد و اثرات انتقال برنامه شناختی بر سایر جنبه‌های شناختی مثل توجه و حل مسئله ارزیابی شود.

نتیجه‌گیری

در پایان می‌توان گفت پیشرفت در تکنولوژی این امکان را فراهم آورده که برنامه‌های تمرینی متمرکز بر رشد شناخت، به‌علت ماهیت سرگرم‌کننده خود سبب افزایش انگیزه در افراد، برای شرکت در جلسات توانبخشی شود و مهم‌تر اینکه فرد بتواند بعد از اولین جلسه تمرین، سایر تمرینات را به تنهایی و یا به کمک یکی از افراد خانواده در منزل خود انجام دهد. پس با توجه به نتایج این پژوهش، با تمرکز بر مداخلات مربوط به توانبخشی عملکردهای شناختی، می‌توان کارکردهای شناختی و حتی عملکردهای جانبی

لذا توجه به مداخلات عصب‌شناختی به مثابه مهارت‌های زیربنایی یادگیری ریاضی می‌تواند رویکردی مؤثر در درمان ناتوانی‌های یادگیری ریاضی باشد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از همه کودکان و خانواده‌های آنها که با انگیزه در این پژوهش شرکت کردند و از همه مدیران و معلمان مدارس اختلالات یادگیری تبریز و مسئولان آموزش و پرورش تبریز، همچنین از حمایت‌های ستاد توسعه علوم و فناوری‌های شناختی، کمال تشکر را داریم.

همچون عملکرد تحصیلی را با کمک گرفتن از تکنولوژی بهبود بخشید. در مطالعه حاضر برای ایجاد یک تأثیر ماندگار و قوی، نیاز به مداخلات طولانی‌مدت بود. از نتایج چنین تحقیقاتی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که بهتر است مدیران و معلمان دبستان‌ها با همکاری متخصصان، محیط‌های آموزشی غنی همراه با بازی‌های آموزشی طراحی کنند تا کودکان حداکثر استفاده را در جهت تقویت و بهبود پیش‌نیازهای یادگیری ریاضی همچون کارکردهای اجرایی ببرند.

References:

1. Geary DC, Hoard MK. Numerical and arithmetical deficits in learning-disabled children: Relation to dyscalculia and dyslexia. *Aphasiology* 2001;15(7):635-47.
2. Ginsburg HP. Mathematics learning disabilities A view from developmental psychology. *J Learn Disabil* 1997;30(1):20-33.
3. Jordan NC, Montani TO. Cognitive arithmetic and problem solving a comparison of children with specific and general mathematics difficulties. *J Learn Disabil* 1997;30(6):624-34, 684.
4. Kirb JR, Becker LD. Cognitive components of learning problems in arithmetic. *Remedial Spec Educ* 1988;9(5):7-15.
5. Russell RL, Ginsburg HP. Cognitive analysis of children's mathematics difficulties. *Cogn Instruc* 1984;1(2):217-44.
6. Shalev RS, Gross-Tsur V. Developmental dyscalculia. *J Child Neurol* 2004;19(10):765-71.
7. Piazza M, Facoetti A, Trussardi AN, Berteletti I, Conte S, Lucangeli D, et al. Developmental trajectory of number acuity reveals a severe impairment in developmental dyscalculia. *Cognition* 2010;116(1):33-41.
8. Landerl K, Bevan A, Butterworth B. Developmental dyscalculia and basic numerical capacities: A study of 8-9-year-old students. *Cognition* 2004;93(2):99-125.
9. Isaacs E, Edmonds C, Lucas A, Gadian D. Calculation difficulties in children of very low birthweight. *Brain* 2001;124(9):1701-7.
10. Rotzer S, Kucian K, Martin E, Von Aster M, Klaver P, Loenneker T. Optimized voxel-based morphometry in children with developmental dyscalculia. *Neuroimage* 2008;39(1):417-22.
11. Rykhlevskaia E, Uddin LQ, Kondos L, Menon V. Neuroanatomical correlates of developmental dyscalculia: combined evidence from morphometry and tractography. *Front Hum Neurosci* 2009;3:51.
12. Mussolin C, De Volder A, Grandin C, Schlögel X, Nassogne MC, Noël MP. Neural correlates of symbolic number comparison in developmental dyscalculia. *J Cogn Neurosci* 2010;22(5):860-74.
13. Hitch GJ, McAuley E. Working memory in children with specific arithmetical learning difficulties. *Br J Psychol* 1991;82(Pt3):375-86.

14. Passolunghi MC, Siegel LS. Short-term memory, working memory, and inhibitory control in children with difficulties in arithmetic problem solving. *J Exp Child Psychol* 2001;80(1):44-57.
15. Bull R, Espy KA, Wiebe SA. Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: Longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Dev Neuropsychol* 2008;33(3):205-28.
16. Swanson HL. Working memory, attention, and mathematical problem solving: A longitudinal study of elementary school children. *J Educ Psychol* 2011;103(4):821.
17. Geary DC. Mathematics and learning disabilities. *J Learn Disabil* 2004;37(1):4-15.
18. Leroux JR, Turgay A, Quinn D. Advances in ADHD treatment. *Can J Diagn* 2009;26:49-52.
19. Geary DC. Mathematical disabilities: Cognitive, neuropsychological, and genetic components. *Psychol Bull* 1993;114(2):345-62.
20. Ashcraft MH. Cognitive psychology and simple arithmetic: A review and summary of new directions. *Mathemat Cogn* 1995;1(1):3-34.
21. Geary DC. Cognitive predictors of achievement growth in mathematics: A 5-year longitudinal study. *Dev Psychol* 2011;47(6):1539-52.
22. Passolunghi MC, Lanfranchi S. Domain-specific and domain-general precursors of mathematical achievement: A longitudinal study from kindergarten to first grade. *Br J Educ Psychol* 2012;82 (Pt 1):42-63.
23. Rourke BP, Conway JA. Disabilities of arithmetic and mathematical reasoning perspectives from neurology and neuropsychology. *J Learn Disabil* 1997;30(1):34-46.
24. Rourke BP. Arithmetic disabilities, specific and otherwise a neuropsychological perspective. *J Learn Disabil* 1993;26(4):214-26.
25. Bull R, Scerif G. Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, switching, and working memory. *Dev Neuropsychol* 2001;19(3):273-93.
26. Pasolunghi MC, Cornoldi C, De Liberto S. Working memory and intrusions of irrelevant information in a group of specific poor problem solvers. *Memory Cogn* 1999;27(5):779-90.
27. Passolunghi MC, Siegel LS. Working memory and access to numerical information in children with disability in mathematics. *J Exp Child Psychol* 2004;88(4):348-67.
28. McKenzie B, Bull R, Gray C. The effects of phonological and visual-spatial interference on children's arithmetical performance. *Educ Child Psychol* 2003;20(3):93-108.
29. Espy KA, McDiarmid MM, Cwik MF, Stalets MM, Hamby A, Senn TE. The contribution of executive functions to emergent mathematic skills in preschool children. *Dev Neuropsychol* 2004;26(1):465-86.
30. Blair C, Razza RP. Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Dev* 2007;78(2):647-63.
31. Ashkenazi S, Rubinsten O, Henik A. Attention, automaticity, and developmental dyscalculia. *Neuropsychology* 2009;23(4):535-40.
32. Hannula MM, Lepola J, Lehtinen E. Spontaneous focusing on numerosity as a domain-specific predictor of arithmetical skills. *J Exp Child Psychol* 2010;107(4):394-406.
33. Szucs D, Devine A, Soltesz F, Nobes A, Gabriel F. Developmental dyscalculia is related to visuo-spatial memory and inhibition impairment. *Cortex* 2013;49(10):2674-88.

34. Culham JC, Kanwisher NG. Neuroimaging of cognitive functions in human parietal cortex. *Curr Opin Neurobiol* 2001;11(2):157-63.
35. Coull J, Frith C. Differential activation of right superior parietal cortex and intraparietal sulcus by spatial and nonspatial attention. *Neuroimage* 1998;8(2):176-87.
36. Linden DE, Bittner RA, Muckli L, Waltz JA, Kriegeskorte N, Goebel R, et al. Cortical capacity constraints for visual working memory: Dissociation of fMRI load effects in a fronto-parietal network. *Neuroimage* 2003;20(3):1518-30.
37. Todd JJ, Marois R. Capacity limit of visual short-term memory in human posterior parietal cortex. *Nature* 2004;428(6984):751-4.
38. Dumontheil I, Klingberg T. Brain activity during a visuospatial working memory task predicts arithmetical performance 2 years later. *Cereb Cortex* 2012;22(5):1078-85.
39. Mecklinger A, Weber K, Gunter TC, Engle R. Dissociable brain mechanisms for inhibitory control: effects of interference content and working memory capacity. *Brain Res Cogn Brain Res* 2003;18(1):26-38.
40. Yang J, Han H, Chui D, Shen Y, Wu J. Prominent activation of the intraparietal and somatosensory areas during angle discrimination by intra-active touch. *Hum Brain Mapp* 2012;33(12):2957-70.
41. Klingberg T, Forssberg H, Westerberg H. Training of working memory in children with ADHD. *J Clin Exp Neuropsychol* 2002;24(6):781-91.
42. Owen AM, Hampshire A, Grahn JA, Stenton R, Dajani S, Burns AS, et al. Putting brain training to the test. *Nature*. 2010;465(7299):775-8.
43. Connolly AJ. Keymath revised; A Diagnostic inventory of essential mathematics. New York: American Guidance Service Pub; 1988.
44. Mohammadmaeil E, Homan HA. Adaptation and standardization of mathematics Iran Key-Math test. *J Except Child* 2003;2(6):323-32. [Full Text in Persian]
45. Conway AR, Kane MJ, Bunting MF, Hambrick DZ, Wilhelm O, Engle RW. Working memory span tasks: A methodological review and user's guide. *Psychon Bull Rev* 2005;12(5):769-86.
46. Corsi PM. Human Memory and the medial temporal region of the brain. [PhD Thesis]. Canada: McGill University; 1972.
47. Kessels RP, Van Zandvoort MJ, Postma A, Kappelle LJ, De Haan EH. The Corsi block-tapping task: Standardization and normative data. *Appl Neuropsychol* 2000;7(4):252-8.
48. Wechsler D. WISC-IV: Administration and scoring manual. 4th ed. New York: Psych Corp; 2003.
49. WISC-IV Wechsler Intelligence Scale for Children: Technical and Interpretative: Manual. 4th ed. New York: Psych Corp; 2003.
50. Karch D, Albers L, Renner G, Lichtenauer N, von Kries R. The efficacy of cognitive training programs in children and adolescents. *Dtsch Arztebl Int* 2013;110(39):643-52.
51. Maleki ZH, Mashhadi A, Soltanifar A, Moharreri F, Ghamanabad AG. Barkley's parent training program, working memory training and their combination for children with ADHD: Attention deficit hyperactivity disorder. *Iran J Psychiatry* 2014;9(2):47-54.
52. Brosnan M, Demetre J, Hamill S, Robson K, Shepherd H, Cody G. Executive functioning in adults and children with developmental dyslexia. *Neuropsychologia* 2002;40(12):2144-55.
53. Izawa C, Ohta N, editors. Human Learning and Memory: Advances in Theory and Applications: The 4th Tsukuba international conference on memory. New York: Psychology Press; 2014.

54. Dehn MJ. Working memory and academic learning: Assessment and intervention. New York: John Wiley & Sons; 2011.
55. Malhotra S, Rajender G, Sharma V, Singh T. Efficacy of cognitive retraining techniques in children with learning disability. *Delhi Psychiatry J* 2009;12(2):100-6.
56. Räsänen P, Salminen J, Wilson AJ, Aunio P, Dehaene S. Computer-assisted intervention for children with low numeracy skills. *Cogn Develop* 2009;24(4):450-72.
57. Roughton L, Hadwin JA. The impact of working memory training in young people with social, emotional and behavioural difficulties. *Learn Individ Diff* 2011;21(6):759-64.
58. Thurstone L. Some primary abilities in visual thinking. *Proc Am Philosophical Society* 1950;94(6):517-21.
59. Alloway TP, Bibile V, Lau G. Computerized working memory training: Can it lead to gains in cognitive skills in students? *Comput Hum Behav* 2013;29(3):632-8.
60. Dahlin KI. Working memory training and the effect on mathematical achievement in children with attention deficits and special needs. *J Educ Learn* 2013;2(1):118.
61. Holmes J, Gathercole SE, Dunning DL. Adaptive training leads to sustained enhancement of poor working memory in children. *Dev Sci* 2009;12(4):F9-15.
62. Vandenberg SG, Kuse AR. Mental rotations, a group test of three-dimensional spatial visualization. *Percept Mot Skills* 1978;47(2):599-604.
63. Kremen WS, Jacobsen KC, Xian H, Eisen SA, Eaves LJ, Tsuang MT, et al. Genetics of verbal working memory processes: A twin study of middle-aged men. *Neuropsychology* 2007;21(5):569-80.
64. Vandierendonck A, Kemps E, Fastame MC, Szmalec A. Working memory components of the Corsi blocks task. *Br J Psychol* 2004;95(Pt 1):57-79.
65. Melby-Lervåg M, Hulme C. Is working memory training effective? A meta-analytic review. *Dev Psychol* 2013;49(2):270-91.
66. Gholson B, Craig SD. Promoting constructive activities that support vicarious learning during computer-based instruction. *Educ Psychol Rev* 2006;18(2):119-39.
67. Engle RW. Working memory capacity as executive attention. *Curr Direct Psychol Sci* 2002;11(1):19-23.