اندیشه‌های نوین تربیتی
دورهٔ ۱۳، شمارهٔ ۴
دانشکدهٔ علوم تربیتی و روان‌شناسی دانشگاه الزهراء(س)
زمستان ۱۳۹۶
تاریخ دریافت:۱۳۹۵/۳/۲
تاریخ پذیرش:۱۳۹۶/۱۱/۱۵

# اثربخشی نوروفیدبک بر کارکردهای اجرایی دانش‌آموزان با اختلال ریاضی

سکینه سلطانی کوهبنانی*

**چکیده**

هدف اصلی پژوهش حاضر بررسی تأثیر آموزش نوروفیدبک بر کارکردهای اجرایی دانش‌آموزان با اختلال ریاضی بود، که به صورت نیمه آزمایشی انجام شد، این پژوهش شامل ۱۰ نفر از دانش‌آموزان با اختلال ریاضی دختر مرکز اختلالات یادگیری شهر تهران بود. آزمودنی‌ها به‌وسیلهٔ آزمون‌های عملکرد مداوم (رازولد، مرسکی، ساراسون، برنسوم و بک، ۱۹۶۵) نسخهٔ رایانه‌ای برج لندن، آزمون استروپ و آزمون حافظه کاری کورنولدی برای سنجش کارکردهای اجرایی ارزیابی شدند. گروه به صورت گمارش تصادفی به دو گروه آزمایش و گواه تقسیم شدند. گروه آزمایشی به مدت ۲۰ جلسه در طی ۴۵ روز آموزش نوروفیدبک را دریافت کردند وگروه گواه نیز طی ۲۰ جلسه جلوی مانیتور می‌نشستند، بدون اینکه آموزش نوروفیدبک دریافت کنند. پس‌آزمون نیز کارکردهای اجرایی دانش‌آموزان هر دو گروه اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از تحلیل کوواریانس تجزیه و تحلیل شدند. نتایج بیان‌کنندهٔ این بود که آموزش نوروفیدبک تأثیر معناداری بر کارکرد اجرایی دانش‌آموزان با اختلال ریاضی دارد.

***کلیدواژه‌ها:*** *نوروفیدبک، اختلال ریاضی، کارکردهای اجرایی*

پرتال جامع علوم انسانی

* استادیار دانشگاه فردوسی مشهد s.soltani@um.ac.ir

DOI: 10.22051/jontoe.2018.1224.

## مقدمه

کارکردهای اجرایی[1] مجموعه‌ای از فعالیت‌هایی هستند که مسئولیت راهنمایی، جهت‌دهی و مدیریت شناختی[2] و هیجانی و جزئیات عملکرد رفتاری را طی فعالیت حل مسئله به عهده دارند و عملکردها را به‌منظور پاسخ‌گویی در برمی‌گیرند. کارکرداجرایی اصطلاحی کلی است که تمامی فرایندهای شناختی پیچیده را که در انجام تکالیف هدف‌مدار[3] است (ولش و پنینگتون[4]، ۱۹۸۸). کارکردهای اجرایی کارکردهای عالی شناختی و فراشناختی هستند که این کارکردها مجموعه‌ای از توانایی‌های عالی شامل خودگردانی، بازداری، خودآغازگری، برنامه‌ریزی راهبردی، انعطاف شناختی و کنترل تکانه را به انجام می‌رسانند. در واقع کارکردهایی همچون سازماندهی، تصمیم‌گیری، حافظهٔ کاری، حفظ و تبدیل کنترل حرکتی، احساس و ادراک زمان، پیش‌بینی آینده، بازسازی، زبان درونی و حل مسأله را می‌توان از جمله مهم‌ترین کارکردهای اجرایی عصب شناختی دانست، شاید نقطهٔ اوج کارکردهای اجرایی برنامه‌ریزی باشد. چرا که برنامه‌ریزی یک قسمت حیاتی و حساس از رفتارهای هدف‌گراست. درواقع برنامه‌ریزی توانایی تنظیم اعمال و رفتارها برای راهیابی به اهداف بالاتر و بزرگ‌تر است. این مؤلّفه گرایش به سمت یک تکلیف سازمان یافته، راهبردی و روش کارآمد است(کارتیس و نورگیت[5]، ۲۰۰۹).

کارکرد اجرایی چیدمان پیچیده‌ای دارد که شامل مهارت‌های خودنظم‌جویی رفتارها و هیجان‌ها و فرایند تحول کارکردهای اجرایی در اوایل کودکی شکل گرفته و از پیش دبستان، تا بلوغ و بزرگسالی ادامه می‌یابد. حافظهٔ کاری غیرکلامی در چند ماه اول زندگی از ۱۲– ۲۴ ماهگی تحول می‌یابد. در سال‌های ابتدایی توانایی کنترل هیجان‌ها ارتقاء می‌یابد و هرچه تقاضا برای رفتارهای اجتماعی پیچیده بیشتر باشد، تحول کارکردهای‌های اجرایی نیز بیشتر رخ‌می‌دهد (استینبرگ و اسکات[6]، ۲۰۰۳). افزون بر آن تجربه نشان داده است که آسیب به

1. Executive functions
2. Cognitive management
3. Goul directed
4. Welsh & Penington
5. Curtis & Norgate
6. Steinberg & Scott

رشد مغز در مراحل متفاوت سازمان‌دهی از یک سلول تا کل سیستم مغز، باعث مشکلاتی در کارکردهای اجرایی می‌شود، این مشکلات عبارت هستند از: نارسایی در رفتارهای خودمهارگری، سندرم تورتو ضربه مغزی (سیگال و ریان[1]، ۱۹۸۹).

برای کارکردهای اجرایی و نقش آن در پیشرفت آموزشی، ارزش زیادی قائل هستیم. باتوجه به اهمیت کارکردهای اجرایی، روش‌های زیادی برای بهبود کارکردهای اجرایی افراد به کار گرفته شده که یکی از این شیوه‌ها نوروفیدبک[2] است. نوروفیدبک ابزار مناسبی برای بهبود فرایندهای شناختی است. نوروفیدبک، روشی ایمن و بدون درد است که کارکرد و خودکنترلی[3] مغز را به طرق مختلف بهبود می‌بخشد. مکانیسم زیربنایی آن شامل تقویت مکانیسم خودتنظیمی[4]مورد نیاز برای کارکرد مؤثر است(استاین برک[5]،۱۳۸۷). کارکردهای اجرایی نوعی مهارت شناختی عالی مغز و در بردارندهٔ کارکردهای کنترل هدفمند است. این مهارت‌ها و توانایی‌های شناختی برای رفتارهای هدفمند و سازگاری با تغییرات محیطی ضروری هستند و اغلب عهده‌دار مهارت‌های شناختی نظیر توجه، زبان، ادراک، ایجاد سطوح بالاتر، تفکّر خلّاق یا انتزاعی هستند( فریدمن[6]، ۲۰۰۸؛ گایلت یاکویچ[7]، ۲۰۰۸).

بیوفیدبک[8] الکترو انسفالوگرافی[9] یا( ای ای جی) این تکنیک در اوایل شکل‌گیری به نوروفیدبک معروف بود. نوروفیدبک تکنیکی است که در آن اشخاص یاد می‌گیرند به بیوفیدبک وسیلهٔشرطی‌سازی کنشگر، الگوی امواج مغزی خود را تغییر دهند(ماسترپسکو[10] و هیلی[11]، ۲۰۰۳؛ برنر[12] و همکاران، ۲۰۰۶.)

نوروفیدبک به دنبال آن است که به افراد آموزش دهد، واکنش امواج مغزی خود را نسبت

---

1. Segal & Rean
2. Neurofeedback
3. Self contoled
4. Self-regulation
5. Siegfried
6. Friedman
7. Gilit Yogev
8. EEG Biofeedback
9. Electroensfalography
10. Masterpasqua
11. Healey
12. Berner

به محرک‌ها، بهنجار کنند(مان[1] و همکاران، ۱۹۹۲ ). از نوروفیدبک می‌توان برای تحریک یا تنظیم فعالیت مغزی استفاده کرد. از نوروفیدبک برای افراد سالم نیز استفاده می‌شود(برنر[2] و همکاران، ۲۰۰۶). نوروفیدبک باعث بالا رفتن ظرفیت حافظهٔ کاری، دقت و توجه می‌شود(اگنر و گرازیلر[3]، ۲۰۰۴؛ ورنون[4] و دیگران، ۲۰۰۳).

امواج مغزی برحسب فرکانس به چهار دسته متفاوت تقسیم‌بندی می‌شود. این چهار دسته از بلندترین و آهسته‌ترین تا کوتاه‌ترین و سریع‌ترین به‌ترتیب عبارت هستند: از دلتا[5] (۱ – ۳ هرتز)، تتا[6](۴ – ۷ هرتز)، آلفا[7](۸ – ۱۳ هرتز) و بتا[8]( ۱۴ –۳۰ هرتز) است. فعالیت آلفا را زمانی شاهد خواهیم بود که فرد در آرامش است، اما بیدار است. اما زمانی که فرد درگیر یک فعالیت شناختی یا حل مسأله می‌شود، امواج بتا را مشاهده خواهیم کرد. امواج دلتا زمانی که شخص در یک خواب سنگین فرو رفته و اگر خواب فرد سبک باشد، تتا را می‌بینیم(دموس[9]، ۲۰۰۳).

در تحقیقی به ۳۲ دانشجوی پزشکی آموزش داده شد که فعالیت ریتم حسی- حرکتی (SMR)(12تا ۱۵ هرتز) یا فعالیت تتا( ۴ تا ۷ هرتز) را افزایش دهند. فقط گروه SMR تغییر در EEG و بهبود چشمگیر در تمرکز و حافظه کاری نشان دادند، در حالی که در گروه تتا تغییر در EEG و بهبود در توجه و تمرکز و حافظه کاری دیده نشد. بعد از ۸ جلسه نوروفیدبک گروه SMR در مقایسه با گروه کنترل قادر بود به طور انتخابی فعالیت SMR خود را افزایش دهد( این افزایش از طریق افزایش نسبت SMR به تتا و افزایش نسبت SMR به بتا مشخص می‌گردید( ورنون و همکاران، ۲۰۰۳).

نوروفیدبک یک مدل درمانی برای تغییر یا اصلاح فرآیندهای شناختی، احساسی و فیزیولوژیکال در بیماران است. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که نوروفیدبک طی جلسات

---

1. Mann
2. Berner
3. Agner & Grazilier
4. Vernon
5. Delta
6. Theta
7. Alpha
8. Beta
9. Demos

مختلف مغز را برای فعالیت یا الگوی مناسب پرورش می‌دهد. اگر چه مطالعات زیادی در خصوص بررسی نوروفیدبک در درمان اختلالات یادگیری انجام شده است. کوجزار[1] و همکاران(۲۰۰۹) در تحقیق خود اثربخشی نوروفیدبک بر کارکردهای اجرایی کودکان اتستیک را بررسی کردند و نتایج نشان داد که کارکردهای اجرایی بعد از جلسات نوروفیدبک بهبودی قابل ملاحظه‌ای پیدا کرد. در تحقیق وثوقی‌فرد، علیزاده زارعی، نظری و کمالی(۱۳۹۲) نیز تأثیر نوروفیدبک روی کارکردهای اجرایی کودکان اتیستیک نتایج خوبی را نشان داد. تحقیق یعقوبی، جزایری، خوشابی، دولتشاهی و نیکنام(۱۳۸۷) نشان داد که اگرچه اثربخشی ریتالین نسبت به نوروفیدبک بیشتر است، اما برای کنترل علائم فرد بیمار باید تا سالیان سال دارو مصرف کند تا بتواند بر علائم خود غلبه پیدا کند، اما اثرات طولانی مدت نوروفیدبک و نداشتن اثرات جانبی آسیب‌رسان این روش را ارجح می‌داند.

کارکردهای اجرایی نیاز به وجود ارتباطات گستردهٔ ساختاری و عملکردی بین نواحی مختلف لوب‌های مغزی دارد. تحقیقات اخیر نشان می‌دهند، شواهد مبنی بر گسستگی در لوب گیجگاهی میانی وجود دارد( کاپلان و سادوک[2]، ۱۳۸۲).

پروتکل آموزشی به این ترتیب خواهد بود که در ابتدا باند بتا(۱۵–۲۰ هرتز) به عنوان باند افزایشی و باندهای تتا و بتای بلند به عنوان باندهای کاهشی استفاده شدند و در نیمهٔ دوم درمان به جای باند بتا از باند بتای پایین (۱۲–۱۵) به عنوان باند افزایشی استفاده شد.

## روش

طرح مورد استفاده در این پژوهش نیمه آزمایشی است، دانش‌آموزان با اختلال ریاضی معرفی شده به مرکز اختلالات یادگیری شماره ۱ شهر تهران به روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شدند. معیارهای ورود شامل تشخیص اختلال ریاضی طبق DSM-IV و محدودهٔ سنی ۸–۱۰ سال با بهره هوشی ۸۰ طبق آزمون وکسلر که در پرونده دانش‌آموز ذکر شده است. پس از شناسایی دانش‌آموزان دارای معیارهای ورود، والدین آن‌ها در مرکز اختلال یادگیری حضور یافتند و پس از شنیدن توضیحات دربارهٔ شیوهٔ اجرای کار موافقت خود را اعلام کردند.

---

1. Kouijzer
2. Kaplan & Sadook

آزمون‌های ورودی برای سنجش کارکردهای اجرایی شامل آزمون‌های عملکرد مداوم، استروپ، برج لندن و کورنولدی ارزیابی شدند که همه در پژوهشکدهٔ علوم شناختی مورد هنجاریابی قرار گرفته‌اند( تهرانی دوست و همکاران، ۱۳۸۲).

سپس به صورت تصادفی به دو گروه آزمایش و گواه تقسیم شدند. گروه آزمایش به مدت ۲۰ جلسه ۳۰ دقیقه‌ای (هفته‌ای سه جلسه) درمان نوروفیدبک را دریافت کردند و گروه گواه فقط جلوی کامپیوتر به تصاویر بدون هدفی نگاه می‌کند. در پایان دوره، گروه‌ها در پس‌آزمون کنش‌های اجرایی شرکت کردند. پس از یک ماه نیز نتایج مورد پیگیری قرار گرفتند.

ابزارهای مورد استفاده در این پژوهش پرسشنامه دموگرافیک ( اطلاعات مربوط به سن، پایه تحصیلی و هوشبهر است).

**آزمون حافظه کاری کورنولدی:** کورنولدی و کیا[1] این آزمون به ماتریس حافظهٔ کاری معروف است (کورنولدی و وکیا، ۱۹۹۵).. در این تکلیف از یک ماتریس ۳ در ۳ استفاده می‌شود که تنها مربع قسمت چپ (قسمت پایین) آن به رنگ قرمز است. مربع قرمز به عنوان نقطهٔ شروع در نظر گرفته شده است. این آزمون شامل سه دستور است که از آزمودنی به صورت انفرادی خواسته می‌شود به آن‌ها پاسخ دهد. اعتبار این آزمون بر اساس محاسبهٔ ضریب آلفای کرونباخ ۰/۶۱ و پایایی آن ۰/۷۴ گزارش شده است (کاکاوند، ۱۳۸۲).

**نسخه رایانه‌ای برج لندن:** برج لندن ابتدا توسط شالیس[2] (۱۹۸۲) طراحی شد تا توانایی‌های برنامه‌ریزی را در بیماران با صدمه به لوب فرونتال را مشخص کند(موریس، احمد،استد و تون[3]، ۱۹۹۳). در این آزمون، دو ردیف نحوهٔ آرایش نشان داده می‌شود. در هر مرحلهٔ آزمون، نحوهٔ آرایش بالا (ردیف بالایی) ثابت می‌ماند و آرایش هدف را نشان می‌دهد و ردیف پایین شامل حلقه‌هایی است که آزمودنی، به منظور جور شدن با آرایش ردیف فوقانی بازآرایی می‌کند. جابه‌جایی حلقه‌ها با انتخاب اولیهٔ حلقه اتفاق می‌افتد. سپس انتخاب مقصد مورد نیاز میسر می‌شود. موقعیت هدف برای حلقه‌ها متغیر است، اما محل شروع ثابت نگه داشته می‌شود. هر چقدر تعداد حرکات کم‌تر باشد، آزمودنی نمرهٔ بیشتری کسب می‌کند(موریس،

1. Cornoldi & Vecchia
2. Shallice
3. Morris, Ahmed, Sted & Toone

راش، وودروف و مور[1]، ۱۹۹۵). متغیرها شامل سه مورد هستند: الف) تعداد حرکاتی که آزمودنی در طی آن مسئله را حل کرده است، به عنوان معیار کلی عملکرد در نظر گرفته می‌شود، ب) زمان برنامه‌ریزی، مدت زمان لازم برای لمس حلقه اول است و ج) زمان فکر کردن بعدی، که عبارت است از زمان بین انتخاب اولین حلقه و کامل کردن مسأله که از آن نیز می‌توان به عنوان معیار عملکرد استفاده کرد (موریس و همکاران، ۱۹۹۳). از آزمون برج لندن برای ارزیابی توانایی برنامه‌ریزی و سازمان‌دهی استفاده می‌شود که دارای حساسیت نسبت به عملکرد لوب فرونتال است. اعتبار آزمون ۰/۷۹ و پایایی آن ۰/۸۹گزارش شده است(اوون، دانز، ساکاهیان، پولکی و رابینز[2]، ۱۹۹۰؛ موریس و همکاران، ۱۹۹۳؛ پانتلس[3]و همکاران، ۱۹۹۷).

آزمون عملکرد مداوم: آزمون عملکرد مداوم را رازولد، مرسکی، ساراسون، برنسوم و بک[4] ۱۹۶۵) ساخته‌اند. این آزمون در دهۀ ۱۹۹۰ متداول‌ترین شیوۀ اندازه‌گیری بازداری و توجه بوده است. روش اصلی این است که محرک هدف روی صفحه و به‌طور تصادفی در میان محرک‌های مختلف به نمایش گذاشته می‌شود و به آزمودنی آموزش داده می‌شود تا هنگام ظاهر شدن هدف دکمه‌ای را فشار دهد. متغیرها عبارت هستند از: ۱. تعداد دفعات خطای انجام زمانی است که بین ارائۀ هدف تا پاسخ آزمودنی وجود دارد. اعتبار این آزمون از طریق اعتبار ملاکی مورد تأیید قرار گرفته و پایایی آزمون نیز ۰/۵۳ تا ۰/۹۳ گزارش شده است.

**آزمون استروپ:** آزمون استروپ (۱۹۳۵) برای اندازه‌گیری توجه و قابلیت جابه‌جایی و بازداری استفاده می‌شود؛ دارای سه کارت و اولین کارت، کارت نقاط است. در این کارت کلمه‌هایی به رنگ‌های سبز، آبی، قرمز و زرد چاپ شده است. از آزمودنی خواسته می‌شود که کلمه‌ها را بدون توجه به رنگ کلمه نام ببرد. کارت سوم، کارت رنگ‌ها است که در این کارت کلمه‌های سبز، قرمز، آبی و زرد با رنگ‌هایی غیر از رنگ خود کلمه چاپ شده است. از آزمودنی خواسته می‌شود که نام رنگ‌ها را بدون توجه به مفاهیم کلمه‌ها بیان کند. خطا و زمان لازم برای خواندن هر یک از کارت‌ها ثبت می‌شود. تفاوت زمان به کار رفته در کارت نقاط با

1. Rushe, Woodfuff & Murray
2. Owen, Downes, Sahakian, Polkey & Robbins
3. Pantelis
4. Rosvold, Mirsky, Sarason, Bransom & Beck

زمان به کار رفته در کارت رنگ‌ها به منزلهٔ شاخص تمایز است. اعتبار این آزمون بین ۰/۷۷ تا ۰/۸۰ گزارش شده است و پایایی نیز ۰/۸۶ تا ۰/۹۲ گزارش شده است.

دستگاه نوروفیدبک: به دو منظور ۱- ثبت امواج مغزی؛۲- ارائهٔ فیدبک استفاده شد. دستگاه مورد استفاده در این پژوهش دارای ۵ کانال تحت عنوان پروکامپ ۵ ساخت کشور کانادا بود و حساسیت نمونه‌برداری آن ۲۵۶ هرتز است.

یافته‌ها

جدول ۱: نتایج آزمون t وابسته بین متغیرهای پژوهش در نسخه رایانه‌ای برج لندن

| | گروه آزمایش (n = ۵) | | | | گروه گواه (n = ۵) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | M | | | | M | | | | | |
| متغیر | پیش‌آزمون | پس‌آزمون | پیگیری | SD | پیش‌آزمون | پس‌آزمون | پیگیری | SD | P | t |
| تعدادحرکات | | | | | | | | | | |
| سطح ۳ | ۳/۸۲ | ۲/۳۹ | ۳/۱۰ | ۳/۰۱ | ۱/۱۳ | ۳/۲۴ | ۳/۱۴ | ۲/۱۹ | ۰/۵۸ | ۰/۳۴ |
| سطح ۴ | ۹/۵۳ | ۶/۸ | ۶/۵۳ | ۱/۹۲ | ۲/۳۳ | ۸/۶۵ | ۸/۱۵ | ۸/۵۸ | ۰/۲۶ | ۰/۳۱ |
| سطح ۵ | ۲۵/۱۲ | ۲۷/۶ | ۲/۱۷ | ۲/۳۵ | ۲/۱۹ | ۹/۵۱ | ۹/۱۱ | ۱۰/۳۲ | *۰/۰۰ | ۱۰ |
| زمان‌فکرکردن | | | | | | | | | | |
| سطح۳ | ۱۸/۱۱ | ۴۱/۱۹ | ۴۰/۲۹ | ۰/۳۸ | ۰/۳۹ | ۲۱/۱۱ | ۲۳/۴۳ | ۲۶/۸۰ | *۰/۰۱ | ۲/۱۱ |
| سطح ۴ | ۲۱/۶۲ | ۳۵/۳۱ | ۳۴/۷۲ | ۱/۵۱ | ۱/۳۲ | ۳۷/۲۷ | ۳۲/۲۶ | ۳۳/۵۶ | ۰/۲۷ | ۰/۲۶ |
| سطح ۵ | ۳۸/۱۷ | ۵۸/۴۲ | ۵۹/۶۰ | ۱/۳۲ | ۱/۹۲ | ۴۵/۱۴ | ۳۸/۵۰ | ۳۹/۵۰ | * ۰/۰۰ | ۱۲ |
| زمان‌برنامه‌ریزی | | | | | | | | | | |
| سطح۳ | ۳/۳۹ | ۱۵/۰ | ۱/۹۲ | ۲/۴۲ | ۱۲/۵ | ۷/۰۹ | ۱/۶۶ | ۱/۱۳ | * ۰/۰۰ | ۶/۸ |
| سطح۴ | ۴/۶۱ | ۷۱/۱ | ۲/۶۵ | ۲/۷۸ | ۶۶/۳ | ۴/۷۵ | ۱/۲۳ | ۱/۶۷ | *۰/۰۰۰ | ۴۴/۷ |
| سطح۵ | ۶/۴۷ | ۶۹/۱ | ۱/۴۹ | ۳/۱۵ | ۱۱/۴ | ۶/۶۱ | ۰/۶۹ | ۰/۲۱ | *۰/۰۰۰ | ۵۲/۱۲ |

*P<۰/۰۵

نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که در قسمت تعداد حرکات سطح ۴ و ۳ چون هدف نوروفیدبک کاهش تعداد حرکات اضافی است، این کاهش تعداد حرکات طبیعی است. بین پس‌آزمون گروه آزمایش و گواه تفاوت وجود دارد، ولی این تفاوت از نظر آماری معنادار نیست. در سطح ۵ در زمان فکر کردن چون هدف اجرای برنامه کاهش زمان است. بنابراین، کم شدن عدد طبیعی و این تفاوت از نظر آماری معنادار است. در زمان فکر کردن نیز در سطح ۴ تفاوت

وجود دارد، اما این تفاوت معنادار نیست؛ ولی در مقایسهٔ پس‌آزمون گروه آزمایش و گواه در سطح ۳ و ۵ از نظر آماری تفاوت معنادار مشاهده می‌شود. در زمان برنامه‌ریزی نیز در سطح ۳و ۴ و ۵ از نظر آماری بین میانگین نمره‌های گروه پس‌آزمون و گواه، بعد ازنوروفیدبک آموزشی تفاوت معناداری مشاهده شد. نتایج نمره‌های دو گروه در پیش‌آزمون و پس‌آزمون اثربخشی نوروفیدبک را نشان می‌دهد. مقایسهٔ میانگین نمره‌های پس‌آزمون و پیگیری متغیرهای وابسته، تفاوت معنادار وجود ندارد. به این معنا که تغییرات ایجاد شده در مرحلهٔ پس‌آزمون، در مرحلهٔ پیگیری نیز باقی مانده است.

جدول ۲: نتایج آزمون t وابسته بین متغیرهای پژوهش در آزمون استروپ

| | گروه آزمایش (n = ۵) | | | | | | گروه گواه (n = ۵) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | M | | | | | | M | | | | | |
| متغیر | پیش‌آزمون | پس‌آزمون | پیگیری | SD | پیش‌آزمون | پس‌آزمون | پیگیری | SD | P | t |
| زمان | ۲۲ | ۱۹ | ۱۷ | ۳/۶۵ | ۳۶ | ۳۵ | ۲۹ | ۱/۹۲ | *۰/۰۰۰ | ۱۰/۹۱ |
| خطاها | ۰/۳۲ | ۰/۲۴ | ۰/۲۱ | ۰/۶۴ | ۰/۵۰ | ۰/۴۳ | ۰/۳۹ | ۱/۱۹ | ۰/۷۱ | ۰/۵۹ |
| زمان | ۲/۴۵ | ۲/۱۶ | ۲/۲۱ | ۲/۵۶ | ۱/۷۹ | ۱/۶۸ | ۵۴ | ۲/۰۲ | ۰/۵۳ | ۰/۴۳ |
| خطاها | ۲/۷۹ | ۲/۱۰ | ۲/۰۰ | ۱/۶۷ | ۲/۱۲ | ۰/۵۴ | ۱/۱۹ | ۲/۰۱ | *۰/۰۱۹ | ۲/۲۳ |
| زمان | ۲/۱۳ | ۱/۴۹ | ۱/۴۲ | ۲/۶۵ | ۲/۵۱ | ۲/۰۲ | ۲/۱۳ | ۵/۵۷ | ۰/۵۹ | ۰/۲۵ |
| خطاها | ۳/۰۳ | ۱/۳۴ | ۱/۲۵ | ۱/۲۳ | ۳/۶۱ | ۲/۶۴ | ۲/۲۱ | ۳/۴۸ | ۰/۷۸ | ۰/۸۲ |

*P<۰/۰۵

با توجه به نتایج جدول ۲، سنجش قابلیت توجه، بازداری و انعطاف‌پذیری نشان می‌دهد که زمان به‌کار رفته برای بردن رنگ‌های کارت نقاط در مقایسه با کارت لغات و کارت رنگ‌ها در دانش‌آموزان گروه آزمایش به طور قابل‌توجهی از گروه گواه بیشتر و این تفاوت از نظر آماری معنادار است. در کارت کلمات، بین مؤلّفهٔ خطای پس‌آزمون گروه آزمایش و گواه نیز تفاوت معنادار مشاهده می‌شود. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که نوروفیدبک توانسته است میزان خطاها را در کارت کلمات کاهش دهد. به عبارت دیگر، این مؤلّفه بازداری و توجه و انعطاف‌پذیری را بهبود بخشیده است. مقایسهٔ میانگین نمره‌های پس‌آزمون و پیگیری نیز حاکی

از عدم وجود تفاوت معنادار بین نتایج این دو مرحله است. به این معنا که تغییرات ایجاد شده در مرحلهٔ پس‌آزمون، تا مرحله پیگیری نیز تداوم یافته است.

میانگین، انحراف استاندارد و نتایج آزمون t وابسته در آزمون عملکرد مداوم در پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پیگیری دو گروه آزمایش و گواه در جدول ۳ به نمایش گذاشته شده است.

جدول ۳:خلاصهٔ نتایج آزمون t وابسته بین متغیرهای پژوهش بر مبنای آزمون عملکرد مداوم

| متغیر | گروه آزمایش (N = ۵) | | | | | گروه گواه (N = ۵) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | M | | | SD | | M | | | SD | |
| | پیش‌آزمون | پس‌آزمون | پیگیری | | | پیش‌آزمون | پس‌آزمون | پیگیری | | |
| تعداد خطای | ۲/۱۹ | ۱/۰۶ | ۱/۰۱ | ۰/۵۴ | | ۲/۸۱ | ۲/۶۲ | ۲/۵۸ | ۰/۶۳ | |
| تعداد حذف | ۱/۱۲ | ۰/۳۱ | ۰/۳۴۳ | ۰/۷۳ | | ۱/۴۳ | ۱/۲۶ | ۱/۲۵ | ۰/۵۳ | |
| زمان | ۹/۴۵ | ۵/۶۵ | ۵/۰۲ | ۰/۳۲ | | ۱۰/۲۸ | ۱۰/۹۱ | ۹/۶۱ | ۰/۷۱ | |

| t | P |
|---|---|
| ۳/۵ | ۰/۰۰۰ * |
| ۳/۹ | ۰/۰۰۰* |
| ۶/۲ | ۰/۰۰۰* |

*P<۰/۰۵

با توجه به نتایج جدول۳، در مرحلهٔ پس‌آزمون تعداد خطاها، تعداد حذف و زمان تصمیم‌گیری کارت‌ها، در دو گروه آزمایش و گواه تفاوت دارد و این تفاوت از نظر آماری معنادار است. یعنی نوروفیدبک بر بهبود بازداری و توجه در دانش‌آموزان با اختلال ریاضی مؤثر است. مقایسهٔ میانگین نمره‌های پس‌آزمون و پیگیری نیز نشان می‌دهد که تفاوت معناداری بین این دو مرحله وجود ندارد. به این معنا که تغییرات ایجاد شده در مرحلهٔ پس‌آزمون در مرحلهٔ پیگیری نیز باقی مانده است.

جدول۴: خلاصه نتایج آزمون t وابسته بین متغیرهای پژوهش بر مبنای آزمون حافظه کاری

| متغیر | گروه آزمایش (تعداد=۵ ) | | | | | گروه گواه (تعداد= ۵) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | M | | | SD | | M | | | SD | |
| | پیش‌آزمون | پس‌آزمون | پیگیری | | | پیش‌آزمون | پس‌آزمون | پیگیری | | |
| دستور اول | ۰/۵۴ | ۰/۷۵ | ۰/۷۶ | ۰/۵۴ | | ۰/۶۳ | ۰/۶۱ | ۰/۶۲ | ۰/۶۸ | |
| دستور دوم | ۰/۳۳ | ۰/۷۹ | ۰/۶۳ | ۰/۶۱ | | ۰/۴۹ | ۰/۲۴ | ۰/۲۱ | ۰/۱۶ | |
| دستور سوم | ۰/۲۵ | ۰/۶۵ | ۰/۶۵ | ۰/۱۹ | | ۰/۶۱ | ۰/۵۹ | ۰/۴۸ | ۰/۲۹ | |

| t | P |
|---|---|
| ۰/۹۲ | ۰/۱۶ |
| ۲/۹ | ۰/۰۰۰* |
| ۱/۴۹ | ۰/۰۴۴* |

*P<۰/۰۵

جدول ۴ مقایسهٔ میانگین نمره‌های حافظهٔ کاری دانش‌آموزان با اختلال ریاضی قبل و بعد از نوروفیدبک در نمونهٔ مورد بررسی را نشان می‌دهد. در دستور دوم و سوم آزمون، بین پس‌آزمون‌های دو گروه آزمایش و گواه، پس از نوروفیدبک، تفاوت معنادار مشاهده شد. بنابراین، با توجه به نتایج، نوروفیدبک توانسته است باعث ارتقاء حافظهٔ کاری در دانش‌آموزان با اختلال ریاضی شود. مقایسهٔ میانگین‌های پس‌آزمون و پیگیری تفاوت معناداری نداشت به این معنا که تغییرات ایجاد شده در پس‌آزمون، در مرحلهٔ پیگیری نیز باقی مانده است.

## بحث و نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده بیان‌کنندهٔ آن است که آموزش نوروفیدبک باعث بهبود کارکردهای اجرایی می‌شود. این نتایج با نتایج به‌دست آمده از تحقیق ورنون و همکاران ( ۲۰۰۳ ) همسو است. بخشی از پروتکل مورد استفاده در این تحقیق افزایش به طور همزمان بر Cz بود. در تبیین این یافته می‌توان گفت که آموزش نوروفیدبک در سه قشر حسی، حرکتی تأثیر می‌گذارد.

درمانگران توانستند با کاهش فعالیت تتا(۷-۱۲) فعالیت ریتم حسی-حرکتی در تغییر تمرکز توجه را افزایش دهند و گروه بهبود چشمگیری در کارکردهای اجرایی نشان دادند.

بعد از ۸ جلسه نورفیدبک، گروه در مقایسه با گروه کنترل، قادر بود به‌طور انتخابی فعالیت بتا مشخص SMR به تتا و افزایش نسبت SMR این افزایش از طریق افزایش نسبت بهبود معناداری در منحنی عملکرد SMR نشان دهد. نتایج بیان‌کنندهٔ آن بود که گروه یادآوری، تکالیف حافظه کاری معنایی و تمرکز توجه نشان دادند (ورنون و همکاران،۲۰۰۳).

اگنر و گرازلیر ( ۲۰۰۱ ) چنین فرض کردند که نوروفیدبک پردازش اطلاعات را تسهیل می‌کند، زیرا SMRکنترل ارادی فعالیت تداخل سیستم حرکتی روی پردازش اطلاعات شناختی را کاهش می‌دهد. بنابراین، نتایج به‌دست آمده حاکی از تأثیر آموزش نوروفیدبک بر افزایش کارکردهای اجرایی است. به عبارتی آموزش نوروفیدبک توانسته است کارکردهای اجرایی را در دانش‌آموزان گروه آزمایش افزایش دهد.

افزایش ریتم حسی - حرکتی از طریق نوروفیدبک، باعث بهبود حساسیت ادراکی و کاهش خطای ارتکاب توجه در تکلیف و تأثیر آن بر روی فعالیتSMR می‌شود. با وجود این ارتباط مستقیم بین فعالیت شناختی کاملاً مشخص نشده است(ورنون و همکاران، ۲۰۰۳).

قشرحسی حرکتی در رمزگردانی تکالیف فیزیکی و شناختی به قشر مغزی کمک می‌کند و این عملکرد کارکردهای اجرایی و قابل فهم است، چرا پیشگامان اولیه در حوزهٔ درمان عصبی فرایند آموزش را در طی قشر حسی حرکتی آغاز کرده‌اند. علاوه بر این ریتی[1] (۲۰۰۱) اضافه می‌کند «مدارهای مغز که برای نظم دادن، توالی و زمان‌بندی یک عمل ذهنی استفاده می‌شوند همانی است که برای نظم‌دهی، توالی و زمان‌بندی یک عمل فیزیکی استفاده می‌شود. یعنی این که قشر حسی حرکتی در رهبری فرایندهای فیزیکی و روانی هر دو به اشتراک عمل می‌کند. کار این قشر بیشتر از هدایت صرف کارکردهای حسی حرکتی است. بنابراین، درمانجوهایی که در درک توالی منطقی تکالیف شناختی مشکل دارند، می‌توانند از آموزش نوروفیدبک در فرایند درمان بهره‌مند شوند.

آموزش نوروفیدبک، سیستم‌هایی که با هیجان/احساس، توجه و حافظه کاری سروکار دارند، با یکدیگر به گونه‌ای تعامل نزدیک دارند که منبع انرژی، اعمال بیرونی (حرکت) و اعمال درونی (استدلال، تفکّر) را تشکیل می‌دهند (داماسیو[2]، ۱۹۹۴).

در ناحیهٔ SMRدر تبیینی دیگر برای یافته این پژوهش می‌توان گفت که افزایش باعث فعال شدن مدار نرونی دخیل در کارکردهای اجرایی می‌شود. تحقیقات قبلی نشان‌داده‌اند که حافظهٔ کاری مبتنی بر مداری نرونی است که حاصل تعامل بین سیستم کنترل توجه واقع در قشر پیش‌پیشانی و ذخیرهٔ اطلاعات حسی در قشر ارتباطی پشتی است(سارسین[3] و همکاران، ۱۹۹۸؛ وان استین[4] وهمکاران، ۱۹۹۹ و وان استین و سارسین، ۲۰۰۰ ).

بخشی از پروتکل مورد استفاده سرکوب تتا بود، تحقیقات بیان‌کنندهٔ این است که تتا با عملکرد ضعیف ارتباط دارد، نتایج بیان‌کنندهٔ آن بود که گروه سرکوب تتا در کشف، عملکرد بهتری داشتند و گروه افزایش تتا عملکرد ضعیفی داشتند. به عبارت دیگر آموزش نوروفیدبک تأثیرات مثبتی بر عملکرد ذهنی و پردازش شناختی افراد دارد، که یافته‌های هانس مایر[5] و

1. Ratey
2. Damasio
3. Sarnthein
4. Von Stein
5. Haness Mayer

همکاران، ۲۰۰۵، واتسون[1]، ۱۹۷۸ نقل از نوریس و کاریر[2] ۱۹۹۹، استرمن[3] و همکـاران، ۱۹۹۴؛ راسی[4] و همکاران، ۱۹۹۵؛ اسکالونو[5] و همکاران، ۲۰۱۳ و فیروز بختی و همکاران، ۲۰۱۳مؤید یافته‌های این پژوهش است.

نوروفیدبک به طرز جالبی بدون هیچگونه عارضه ای می‌توانـد بـالانس امـواج مغـز را بـه حالتی که دقت، یادگیری و تمرکزافزایش بدهد، تنظیم نماید و بـه شـخص تحـت درمـان یـاد میدهد که خود این امواج را به نحو مؤثری تنظیم کنـد. همـین عـدم تنظـیم امـواج مغـزی در اخـتلالات بـدخطی و (dysgraphia) و نـاتوانی ریاضـی و(dyslexia) و اخـتلال در دیکتـه نوشتن(جا انداختن کلمات) و..... نیز وجود دارد که به میزان زیادی توسـط نوروفیـدبک قابـل اصلاح هستند. با توجه به اهمیت ریاضیات در نظام آموزشی و ضرورت استفاده از روش‌هـای نوین در آموزش ریاضی و آماده‌سازی دانش‌آموزان برای یادگیری مؤثر، به نظر مـی‌رسـد ایـن امکانات می‌تواند کیّفیت آموزش در مدارس را افزایش دهد و نظام آموزشی مؤثرتر و مفیدتری را ایجاد خواهد کرد. فرایند مداخله‌های نوروفیدبک شرایط آماده‌سازی برای یادگیری و کاهش نقص کارکردهای اجرایی را فراهم می‌کند و معلمان فقط درگیر آموزش خواهند بود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1. Watson
2. Norris & Currieri
3. Sterman
4. Rasey
5. Escolano

## منابع


اشتاین برک، مارک و سیگفرید، اتمر (۱۳۸۷). *نوروفیدبک: افقی تازه به درمان کم توجهی/بیش فعالی*، ترجمهٔ رضا رستمی و علی نیلوفری، تهران: تبلور.

زیگلر، رابرت و آلیبالی، مارتا واگنر ( ۱۳۸۶ ). *تفکّر کودکان*، ترجمه و تلخیص کمال خرازی، تهران: جهاد دانشگاهی.

تهرانی دوست، مهدی.، رادگودرزی، رضا.، سپاسی، میترا و علاقبندراد، جواد (۱۳۸۲). نقایص کارکردهای اجرایی در کودکان مبتلا به اختلال نارسایی توجه/ بیش فعالی، *فصلنامهٔ علوم شناختی* ۵(۱): ۹-۱.

کاپلان، هرولد و سادوک، بنجامین جیمز (۱۳۸۲). *روان‌پزشکی بالینی و علوم رفتاری*، تهران: آینده سازان.

کاکاوند، علیرضا(۱۳۸۲). *بررسی و مقایسهٔ حافظهٔ فعال در دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری و عادی و اثربخشی فن خودپرسی بر میزان درک و فهم و یادگیری کودکان مبتلا به خواندن و عادی*، پایان نامه دکتری، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه علامه طباطبایی.

وثوقی فرد، فاطمه.، علیزاده، مهدی.، نظری، محمد علی و کمالی، محمد (۱۳۹۲). تأثیر نوروفیدبک و نوروفیدبک به همراه کاردرمانی مبتنی بر توانبخشی شناختی بر عملکردهای اجرایی کودکان اتیستیک، *مجله توانبخشی نوین*، دانشگاه علوم پزشکی تهران. ۷(۲): ۲۸-۳۵.

یعقوبی، حمید.، جزایری، علیرضا.، خوشابی، کتایون.، دولتشاهی، بهروز و نیکنام، بهروز (۱۳۸۷). مقایسهٔ اثربخشی نوروفیدبک، ریتالین و درمان ترکیبی در کاهش علائم کودکان مبتلا به اختلال بیش فعالی /کمبود توجه، *دوماهنامه علمی پژوهشی دانشگاه شاهد*، ۱۵(۳۱): ۸۴-۷۱.

Berner, M. Schabus, T. Wienerroither & W. Klimesch (2006). The Significance of Sigma Neurofeedback Trainingon Sleep Spindles and Aspects of Declarative Memory, *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 31( 2) June.

Cornoldi, C. & Vecchia, D. (1995) Visio-Spatial Working Memory Limitations in Low Visio-Spatial High Verbal Intelligence Children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 80(1): 44-57.

Curtis, C. & Norgate, R.(2007). An evaluation of the promoting alternative thinking strategies curriculum at key stage 1. *Educational Psychology in practice*, 23(1): 33-44.

Damasio A.A. (1994). *Descartes' Error: Emotion, Reason, and the Human Brain*.

New York: Quill.

Demos, N. John (2005). *Getting Started with Neurofeedback*, W.W. Norton& Company, NewYork.

Egner, T. & Gruzelier, J.H. (2004). EEG Biofeedback of Low Beta Components, Frequency-specific Effects on Variables of Attention and Event-related Brain Potentials, *Clinical Neurophysiology*, 115, 131–139.

Escolano C., Navarro-Gil M., Garcia-Campayo J. & Minguez J.(2013). EEG-based upper-alpha neurofeedback for cognitive enhancement in major depressive disorder: A preliminary, uncontrolled study. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 6293-6296.

Feizabadi Parastar M., Yazdchi M., Ghoshuni M. & Hashemian P. A(2013). Brief Study on EEG Signals of Dysgraphia Children in Relaxing and Writing Moods,

*International Journal of Biomedical Research* , 4(1)DOI: 10.7439/ijbr.v4i1 http://ijbr.ssjournals.com/index.php/journal/article/view/210

Friedman, et al (2008). Individual differences in executive functions are almost entirely genetic in origin. *Journal of experimental psychology*, 137(2): 201–10.

Gilit Yogev. (2008). The Vale of Executive Function and attention gait. *Journal of Movement disorders*. 7(23): 399-342.

Hanslmayr, S., Sauseng, P., Doppelmayr, M., Schabus, M. & Klimesch, W. (2005). Increasing Individual Upperalpha Power by Neurofeedback Improves Cognitive Performance in Human Subjects, *Applied Psychophysiologyand Biofeedback*, 30(1), 1–10.

Hoffmann, M. (2007). Transient environmental dependency syndrome due to phendimetrazine tartrate. *Eur Neurol*, 58(1):49–50.

Horn, David L. Rebecca A. o. David B. pisoni, and Richard T. Miyamoto. (2004(. Visuol motor integration ability of pre-ling ally deaf children predicts audio logical outcome with a cochlear implant. *Department of psychology. International congress series*. 1273, 356-359..

Kouijzer, MEJ., deMoor, JMH., Gerrits, BJI,., Congedo, M. & Vanschie, HT.(2009). NeurofeedBack improves executive functioning in children with autism spectrum disorders. *Research in Aytism Spectrum Disorder*. 3(1): 45-62.

Mann, C., Lubar. J., Zimmerman. A., Miller, C. & R. Muenchen. R. (1992). Quantitative analysis of EEG in boys with Attentiondeficit/ hyperactivity Disorder: A Controlled Study with Clinical Implication, *Pediatric Neurology*, 8.30-36.

Morris, R. G., Ahmed, S. L., Sted, G. M. & Toone, G. K. (1993). Neural correlates of planning ability: Frontal lobe activation during the Tower of London Test. *Neuropsychology*, 31, 1367-1378.

Morris, R. G., Rushe, T., Woodfuff, P. W. R. & Murray, R. M. (1995). Problem solving in schizopherenia: A specific deficit in planning ability. *Schizopherenia Research*, 14, 235-246.

Norris, S.L & Currieri, M. (1999). *Performance Enhancement Training Through Neurofeedback*, Introduction to Quantitative EEG and Neurofeedback, Academic press.

Owen, A. M., Downes, J. J., Sahakian, B. J., Polkey, C. E., & Robbins, T. W. (1990). Planning and spatial working memory following frontal lobe in man. *Neuropsychologia*, 28, 1021-1034.

Pantelis, C., Barnes, T. R. E., Nelson, H. E., Tanners, S., Weatherley, L., &Pennington, B. F. & Ozonoff, S. (1996). Executive function and developmental psychopathology. *Journal of child psychology and psychiatry*, 37, 51-87.

Rasey, H., Lubar, J.F., Mc Intryre, A., Zuffuto, A. & Abbot, P.L. (1996). EEG Biofeedback for the Enhancement of Attentional Processing in Normal College Students, *J. Neurother*, 21-15 (31).

Ratey, J.J. (2001). *A User's Guide to the Brain: Perception, Attention and the Four Theaters of the Brain*, NewYork: Vintage.

Rosvold, H., Mirsky, A., Sarason, I., Bransom, E. & Beck, L. H. (1965). A continues performance test of brain damage. *Journal of consulting Psychology*, 20, 343-345.

Shallice, T. (1982). Specific impairments of planning. Philosophical Transaction of Royal Society of London, 298, 199-209.

Siegl, L. S. & Ryan, E. B. (1989). The development of working memory in normally achieving and subtypes of learning disabled children. *Child Development, 60*, 973-980.

Steinberg, L., & Scott. E. (2003). Less guilty by reason of adolescence. *American psychologist*, *58*, 1009-1018.

Sterman, M.B., Mann, C.A., Kaiser, D.A. & Suyenobu, B.Y., & Brandall, Y. (1994). Multiband topographic EEG analysis of Simulated Visuomotor Aviation Task, Int. *J. Psychophysiol*, 16, 49-56.

Stroop, J. R. (1935). Studies of interference is serial verbal reaction. *Journal of Expermental Psyychology*, 18, 643-662

Vernon, D., Egner, T., Cooper, N., Compton, T., Neilands, C., Sheri, A. & et al. (2003). The Effect of Training Distincneurofeedback Protocols on Aspects of Cognitive Performance, *International Journal of Psychophysiology*, 47, 75–85.

VonStein, A., Rappelsberger, P., Sarnthein, J. & Petsche, H.,(1999). Synchronization between Yemporal and Parietal Cortex during Multimodal Object Processing in Man, *Cereb. Cortex* 9, 137–150.

Von Stein, A. & Sarnthein, J., (2000). Different Frequencies for Different Scales of Cortical Integration from Local Gamma to Long Range Alphaytheta Synchronisation. Int. *J. Psychophysiol*.38, 301–313.

Watson, C.G., Herder, J. & Passini, F.T. (1978). Alpha Biofeedback Therapy in Alcoholics: An 18-month Follow-up. J. *Clin. Psychol.* 34, 765-769.

Welsh, M. C., & Pennington, B. F. (1988). Assessing frontal lobe functioning in children: Views from developmental psychology. *Developmental Neurophysiology*, *4*, 199-230.

New Thoughts on Education
Faculty of Education and Psychology, Vol.13, No.4
Al-Zahrā University Winter 2018

# Effectiveness of Neuro-feedback on the Performance of Students with Mathematics Disorder

Sakineh Soltani Koohbanani[1]
Assistant professor, Ferdowsi University, Mashhad, Iran

**Abstract**

The aim of the present study was to examine the effectiveness of neuro-feedback training on the performance of children with mathematics disorder. A quasi-experimental research was conducted with 10 girl students having mathematics learning disabilities (dyscalculia) in Tehran. The data was collected using the continuous performance test (Rozvold, Mirsky, Sarason, Bransome, & Beck, 1965), the computerized version of the Tower of London task (Morris, Ahmed, Sted & Toone, 1993), the Stroop Test (Stroop, 1935) and a working memory test (Cornoldi & Vecchia, 1995). The students were randomly assigned to experimental and control groups. Data was analyzed using the analysis of covariance. The results indicated that neuro-feedback training had a significant effect on the performance of children with mathematics disorder.

*Keywords: Neuro-feedback, Mathematics disorder, Performance*

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1. s.soltani@um.ac.ir
received: 2013-11-04 accepted: 2018-02-04
DOI: 10.22051/jontoe.2018.1224.