

نقص یادگیری توالی حرکتی ضمنی در کودکان نارساخوان

عیسی حکمتی^{۱*}، حمیدرضا پوراعتماد^۲ و وحید نجاتی^۳

دریافت مقاله: ۸۹/۱۲/۱۸ دریافت نسخه نهایی: ۹۱/۶/۲۰ پذیرش مقاله: ۹۱/۷/۱۰

چکیده

هدف: مطالعه حاضر درصدد بررسی یادگیری توالی حرکتی ضمنی در کودکان دچار نارساخوانی و مقایسه آن با کودکان عادی بود. **روش:** روش پژوهش پس‌رویدادی و جامعه آماری، کلیه مراجعان مراکز توانبخشی اختلال‌های یادگیری شهر تبریز به تعداد ۷۴۰ دانش‌آموز نارساخوان در سال تحصیلی ۸۷-۸۸ بود. از بین آن‌ها ۲۰ نفر با تشخیص نارساخوانی از دو مرکز باغچه‌بان و سلیمان‌خاطر به‌روش دسترس انتخاب و با ۲۰ دانش‌آموز غیرنارساخوان گروه گواه بر اساس سن تقویمی، جنس، طبقه اجتماعی-اقتصادی و هوشبهر هم‌تا شدند. ابزارهای پژوهش شامل سیاهه نشانگان نارساخوانی میکاییلی و فراهانی (۱۳۸۵)، آزمون هوشی تجدیدنظرشده و کسلر کودکان (۱۳۸۵)، آزمون خواندن پوراعتماد (۱۳۸۰) و تکلیف کامپیوتری زمان واکنش متوالی نجاتی (۱۳۸۵) بود. **یافته‌ها:** نتایج نشان داد کودکان نارساخوان، در اثر سرعت (زمان واکنش) و اثر دقت (پاسخ درست) یادگیری توالی حرکتی ضمنی تفاوت معناداری با گروه گواه ندارند، اما مقایسه میانگین بلوک‌ها حاکی از تفاوت معنی‌دار کودکان نارساخوان و عادی در هر دو متغیر سرعت و دقت بود و کودکان نارساخوان عملکرد ضعیفی در هر دو شاخص یادگیری ضمنی حرکتی نشان دادند. **نتیجه‌گیری:** گرچه کودکان نارساخوان در زمینه توانایی‌های حرکتی مشکلاتی دارند، اما یادگیری توالی حرکتی ضمنی در آن‌ها سالم است. فقدان نقص در یادگیری ضمنی می‌تواند کاربردهایی در زمینه آموزش خواندن در کودکان نارساخوان داشته باشد.

کلیدواژه‌ها: توالی حرکتی، نارساخوانی، یادگیری ضمنی

*۱. نویسنده مسئول، دانشجوی دکترای روان‌شناسی دانشگاه تبریز Email: iesa.hekmati@gmail.com

۲. دانشیار دانشگاه شهید بهشتی

۳. استادیار دانشگاه شهید بهشتی

مقدمه

خواندن از مهم‌ترین جنبه‌های زبان به‌شمار می‌رود که اهمیت آن در جامعهٔ امروزی به‌واسطهٔ نیاز به نیروی کار باسواد، افزایش یافته است. توانایی روان خواندن در گام‌ها یا مراحل طی دوره‌ای طولانی در کودکی و از طریق آموزش و تمرین به‌دست می‌آید (اهری، ۱۹۹۹؛ نقل از رید، ۲۰۰۳). کودکان به‌هنگام یادگیری خواندن، ابعاد زبان را در بازنمایی واج‌شناختی زبان گفتاری بروز می‌دهند (زیگلر و گوسوامی، ۲۰۰۵). یادگیری خواندن شامل هردو فرایند صریح و ضمنی^۱ است، کودکان ابتدا به‌طور صریح نقشهٔ واج-نویسه^۲ را یاد می‌گیرند و سپس به یادگیری به‌صورت ضمنی ادامه می‌دهند (گمبرت، ۲۰۰۳). همچنین آن‌ها مطابقت املائی-معنایی^۳ را به‌طور صریح و از طریق مقایسهٔ تصویر-لغت^۴ و به‌طور ضمنی از طریق متن می‌آموزند (هوارد، هوارد، چاپیکز و ادن، ۲۰۰۶). با این حال کودکان دچار نارساخوانی^۵ با وجود شرایط محیطی مساعد، در زمینه خواندن نقص‌های قابل توجهی از خود نشان می‌دهند. البته امروزه نارساخوانی را فراتر از اختلال خواندن صرف می‌دانند و اغلب مطالعات نشان می‌دهند که این افراد مشکلاتی در دیگر زمینه‌ها به‌ویژه در زمینهٔ مهارت‌های حرکتی دارند، مثلاً فورمن و تورگستن (۲۰۰۱) و باباپور (۱۳۸۵) نشان داده‌اند که این کودکان در حرکات درشت، به‌ویژه ظریف نقص‌هایی دارند.

فرضیهٔ جدید در زمینهٔ نارساخوانی، نقص خودکاری^۶ است که توسط نیکولسون و فاوست (۱۹۹۰؛ نقل از رودنریس و دون، ۲۰۰۸) پیشنهاد شده است مبنی بر این که افراد نارساخوان در انجام هرگونه مهارت خودکار مثل خواندن و هجی کردن دچار نقص هستند و به همین جهت باید سخت‌تر کار کنند و راهبردهای جبرانی هشیار را برای بهبود عملکردشان به کار گیرند. مطابق این فرضیه، در افراد نارساخوان مخچه که نقش مهمی در خودکارشدن و کنترل حرکات دارد ناکارآمدی و فقدان بازنمایی واج‌شناختی این افراد ناشی از تولید ناکارآمد و تاخیری است. این نظریه با وجود اختلال‌های حرکتی در افراد نارساخوان تقویت می‌شود (راموس، روسن، داکین، دی، کاستلوت و وایت، ۲۰۰۳).

پردازش از یک‌سو، به‌واسطهٔ کنترل آگاهانه و از سوی دیگر به‌وسیلهٔ کنترل ناآگاهانه صورت می‌گیرد. شروع پردازش آگاهانه و نیازمند توجه است، ولی توالی فعالیت عصبی برای تکمیل، بدون هرگونه کنترل ارادی و به‌طور خودکار روی می‌دهد. پایه و اساس این پردازش‌های خودکار نتیجهٔ یادگیری ضمنی است که به توسعهٔ رفتار پیچیده و تخصصی کمک می‌کند. در

1. explicit and implicit
2. grapheme-phoneme
3. orthography-meaning
4. picture-word
5. dyslexia
6. automaticity deficit

نقص یادگیری توالی حرکتی ضمنی در کودکان نارساخوان

واقع یادگیری ضمنی، نوعی یادگیری ناآگاهانه است که در آن روابط رمزگذاری شده به- وسیله محرک‌ها، بر رفتار تاثیر می‌گذارد (گلاذول، ۲۰۰۵). تفاوت یادگیری ضمنی و صریح در این است که در یادگیری ضمنی به منابع توجهی نیاز نیست و محرک‌های هم‌زمان به‌طور خودکار رمزگذاری می‌شوند (کوهن، ایوری و کیل، ۱۹۹۰؛ نقل از نجاتی، عشایری، گروسی فرشی، و اقدسی، ۱۳۸۶b) البته لازم به ذکر است در هر تکلیف یادگیری حرکتی دوتی نوع پردازش به‌طور هم‌زمان، همیشه به درجه‌های مختلف وجود دارد (اوربان، لوناگو و دیوون، ۲۰۰۸).

شواهد اخیر حاکی از آن است که افراد نارساخوان، نقص‌هایی در یادگیری توالی حرکتی (اوربان و همکاران، ۲۰۰۸) به‌ویژه، در یادگیری توالی حرکتی ضمنی دارند (مثل ویکاری، ماراتو، مولارینی و پتروسینی، ۲۰۰۳؛ ویکاری، فینزی، منگینی، ماراتو، بالدی و پتروسینی، ۲۰۰۵؛ هوارد و همکاران، ۲۰۰۶)، هرچند در این زمینه اختلاف نظر است و نتایج برخی پژوهش‌ها چنین نقص‌هایی را نشان نداده‌اند (مثل کلی، گریفیت و اریب، ۲۰۰۲؛ وایر، مارکوس، فوربس، بیلینگز، ویلر، سورنسن و همکاران، ۲۰۰۳)؛ اما فولیا، اودن، فورکستام، اینگوار، هاگورت و پیترسون (۲۰۰۸) معتقدند که نقص احتمالی یادگیری ضمنی در افراد نارساخوان شاید مربوط به پارادایم‌هایی باشد که نیازمند پردازش متوالی باشد. با این حال، اغلب پژوهش‌هایی که یادگیری توالی حرکتی ضمنی را در این افراد بررسی کرده‌اند، دارای مشکلات روش‌شناختی بوده‌اند که مربوط به ملاک‌های تمیز یادگیری توالی حرکتی ضمنی از صریح است که به‌طور خلاصه به آن‌ها اشاره می‌شود.

مهم‌ترین عامل مؤثر بر شیوه یادگیری، آگاهی آزمودنی از مواد آموخته شده است. در واقع آگاهی درباره توالی شاید طی یادگیری غیرعمدی اتفاق بیفتد و بنابراین بهتر است آزمودنی در پایان تکلیف از طریق آزمون‌های مختلفی ارزیابی شود. در اکثر مطالعات که از تکلیف زمان واکنش متوالی استفاده کرده‌اند یادگیری غیرعمدی بوده و بهتر است آگاهی درباره توالی، در پایان آزمایش با استفاده از آزمون‌های بازشناسی و بازتولید، بررسی شود (دستربکز، پیگنوس، لائوریس، دوگلدز، دلفیور و همکاران، ۲۰۰۵).

عامل دیگر ساختار توالی در تکلیف حرکتی است. دو بعد متمایز ساختار توالی بر نحوه یادگیری آن تاثیر دارد: ماهیت کلی توالی مثل جبرگرایانه در مقابل احتمالاتی^۱ و انتقال عنصر به عنصر در توالی خاص. مطالعه‌های رفتاری پیشین نشان می‌دهد پردازش ضمنی در توالی‌ها غالب است، درحالی‌که پردازش صریح هنگامی که توالی‌ها جبرگرایانه هستند، به‌وقوع خواهد پیوست (جیمنز، واکور و لویپانز، ۲۰۰۶).

1. Deterministic / probabilistic

عامل سوم روش ارائه محرک‌ها است (ساختار بلوک‌ها). مثلاً ارائه بلوک‌های متوالی در بین بلوک‌های تصادفی، از آنجایی که در تناقض با اجرای پیاپی و مکرر بلوک‌های متوالی تکلیف است، به ما اطمینان می‌دهد که آزمودنی‌ها توالی‌ها را به‌طور صریح یاد نخواهند گرفت (توماس، هونت، ویزوتا، سومر و دورستون، ۲۰۰۴).

چهارمین عامل مؤثر در یادگیری حرکتی، استفاده از پارادایم تکلیف دوگانه است که در برخی مطالعه‌ها استفاده شده است. در چنین موقعیتی، یادگیری توالی حرکتی (تکلیف واحد) هم‌زمان با ارائه تکلیف حواسپرتی (مثل شمردن صداها یا خاص-تکلیف دوگانه) انجام می‌شود و شاید بر یادگیری تاثیر بگذارد (سیدلر، پوروشوتام، کیم، اوگوربیل، ویلینگهام و اش، ۲۰۰۵). در واقع، ضرورت انجام این مطالعه این است که در برخی از پژوهش‌های پیشین این عوامل کنترل نشده‌اند و شاید تناقض در نتایج ناشی از این عوامل باشد. علاوه‌براین هدف مطالعه حاضر، شناسایی یادگیری توالی حرکتی ضمنی در کودکان نارساخوان با رعایت مسائل روش-شناختی فوق و مقایسه آن با کودکان عادی بود و فرضیه‌ها عبارتند از:

۱. اثر سرعت و دقت یادگیری توالی حرکتی ضمنی کودکان نارساخوان و عادی تفاوت دارد.
۲. سرعت و دقت یادگیری توالی حرکتی ضمنی کودکان نارساخوان و عادی تفاوت دارد.

روش

مطالعه حاضر پس‌رویدادی و جامعه آماری کلیه مراجعان مراکز توانبخشی ویژه کودکان دچار اختلال یادگیری شهرستان تبریز در سال تحصیلی ۸۷-۸۸ به تعداد ۷۴۰ دانش‌آموز دوره ابتدایی با دامنه سنی ۷-۱۲ سال بود. از بین مراجعان دو مرکز باغچه‌بان و سلیمان خاطر وابسته به آموزش و پرورش استثنایی ۲۰ دانش‌آموز نارساخوان در دسترس انتخاب و با ۲۰ کودک عادی به‌عنوان گروه گواه براساس سن تقویمی، جنس، طبقه اجتماعی-اقتصادی و هوشبهر هم‌تاسازی شد. شرایط ورود به مطالعه در گروه کودکان نارساخوان دریافت تشخیص اختلال نارساخوانی توسط روان‌شناس مرکز و برای گروه گواه فقدان هرگونه اختلال در زمینه خواندن بود. همچنین راست‌دست‌بودن، هوشبهر متوسط و بالا (۹۰ و بالاتر)، وضعیت اجتماعی-اقتصادی متوسط، فقدان سابقه اختلال روانی، آسیب مغزی، مشکلات عصب‌شناختی، حسی-حرکتی و مشکلات خواندن قابل‌استناد به اختلال‌های عاطفی، جزو ملاک‌های ورود در هر دو گروه بود.

ابزار پژوهش*

۱. سیاهه نشانگان نارساخوانی. میکاییلی و فراهانی (۱۳۸۵) این ابزار را با بهره‌گیری از نشانگان پیشنهادی انجمن بین‌المللی نارساخوانی (۲۰۰۳-۲۰۰۴) و ویراست چهارم راهنمای تشخیصی و آماری بیماری‌های روانی تهیه کردند. این ابزار شامل ۱۵ گویه در مورد مشکلات رایج در کودکان نارساخوان است که توسط معلم و یا روان‌شناس دانش‌آموز تکمیل می‌شود. شیوه نمره‌گذاری به صورت پنج‌گزینه‌ای در مقیاس لیکرت است و یک نمره کلی از آن به دست می‌آید که کمترین نمره صفر و بیشترین نمره ۴۵ است. میکاییلی و فراهانی (۱۳۸۵) پایایی^۱ این سیاهه را از طریق آلفای کرونباخ برابر ۰/۸۲ گزارش کرده‌اند و روایی^۲ آن را متخصصان شاغل در مرکز ناتوانی‌های یادگیری تایید کرده‌اند. آلفای کرونباخ این ابزار در مطالعه حاضر برابر ۰/۸۶ بود.

۲. مقیاس هوشی تجدیدنظرشده وکسلر کودکان. این آزمون شامل سه شاخص هوش شامل مقیاس کلی، مقیاس کلامی و مقیاس عملی و دارای ۱۲ خرده‌آزمون است. مقیاس تجدیدنظرشده وکسلر کودکان روایی بالایی دارد. متوسط همسانی درونی گزارش‌شده توسط وکسلر (۱۹۹۱؛ نقل از گراث-مارنات، ۱۳۸۴) در ۱۱ گروه سنی برای مقیاس هوشبهر کلی، کلامی و عملی به ترتیب برابر ۰/۹۶، ۰/۹۵ و ۰/۹۱ است. همسانی درونی برای خرده‌آزمون‌های خاص تغییرپذیری بیشتری داشته و کمترین ضریب همسانی در مورد الحاق قطعات برابر ۰/۶۹ و بیشترین ضریب در مورد گنجینه لغات برابر با ۰/۸۷ و ضرایب پایایی برای خرده‌آزمون‌های کلامی بالاتر از عملی و پایایی بازآزمایی در فاصله زمانی متوسط ۲۳ روز برای هر گروه سنی برای مقیاس کلی ۰/۹۵ و برای مقیاس‌های کلامی و عملی به ترتیب ۰/۹۴ و ۰/۸۷ گزارش شده است (گراث-مارنات، ۱۳۸۴). در مورد ویژگی‌های روان‌سنجی این آزمون در ایران، شهیم (۱۳۸۵) برای تعیین پایایی از طریق بازآزمایی، آزمون را با ۱۲۰ کودک ۶ تا ۱۲ ساله، با فاصله زمانی ۴ تا ۶ هفته اجرا کرد که کمترین و بیشترین ضرایب پایایی در بین ۶ گروه سنی به ترتیب ۰/۴۴ و ۰/۹۴ بود. به منظور محاسبه روایی این آزمون، از همبستگی خرده‌آزمون‌ها با همدیگر، همبستگی خرده‌آزمون‌ها با هوشبهرها و همبستگی هوشبهرها با یکدیگر استفاده شده و روایی همزمان با استفاده از مقیاس هوشی بزرگسالان و پیش‌دبستانی بررسی شده که نتایج حاکی از روایی مطلوب این آزمون است.

*علاقه‌مندان می‌توانند جهت تهیه ابزارهای این پژوهش با نشانی الکترونیکی نویسنده مسئول مکاتبه کنند.

1. reliability
2. validity

۳. **آزمون خواندن پوراعتماد.** این آزمون طی مطالعه پوراعتماد و جهانی (۱۳۸۰) در مورد ۱۵۰۰ دانش‌آموز ابتدایی شهر قم اجرا و ویژگی‌های روان‌سنجی آن محاسبه شد. آزمون خواندن شامل ۱۱ متن فارسی و کارت شماره ۱ کارت تمرین است. هر پایه تحصیلی دو کارت دارد و اولین متن هر پایه، داستانی است که از داستان‌های آزمون «تحلیل توانایی خواندن نایل^۱» گرفته شده و بر اساس فهرست لغات کتاب‌های فارسی هر پایه بازنویسی و روایی صوری و محتوایی آن از طریق اظهار نظر تعدادی از معلمان پایه‌های اول، دوم و سوم تأیید شده است. دومین متن هر پایه از کتاب‌های درسی اقتباس و به‌منظور کاهش اثر محفوظه‌های گذشته در عملکرد فعلی آزمودنی، چندین کلمه یا عبارت در هر متن با کلمات یا عبارت در هر متن با کلمات یا عبارات دیگری جایگزین شده و این کلمات یا عبارات نیز از کتاب فارسی همان پایه و بر اساس نظر سنجی معلمان تاکنون دوبار تجدید نظر شده و در نهایت به‌عنوان مناسب‌ترین متن انتخاب شده است. علاوه بر سرعت خواندن، دو نمره دیگر برای هر آزمودنی مربوط به توانایی روخوانی و درک مطلب است. هر کدام از متن‌های آزمون خواندن از روایی (روایی سازه و همگرا) و پایایی (آلفای کرونباخ و موازی) بالایی برخوردار است (حسینی‌لر، پوراعتماد و حیدری، ۱۳۸۴). در این پژوهش از این آزمون برای سنجش توانایی خواندن گروه کودکان نارساخوان و عادی استفاده شد. در مطالعه حاضر نیز کمترین و بیشترین آلفای کرونباخ برای دقت، درک مطلب و سرعت به ترتیب ۰/۷۶ و ۰/۸۹، ۰/۶۶، ۰/۸۵، ۰/۵۶ و ۰/۶۷ به دست آمد.

۴. **تکلیف کامپیوتری زمان واکنش متوالی^۲:** روی صفحه نمایشگر، چهار مربع (قرمز، سبز، آبی و سبز) ظاهر می‌شود و روی صفحه کلید رایانه نیز چهار کلید با چهار رنگ مشابه متناسب با رنگ‌های ظاهر شده تعبیه می‌شود. رنگ‌های روی صفحه کلید به‌صورت زیر است: قرمز بر روی M، سبز بر روی Z، آبی بر روی P، زرد بر روی Q. در فواصل زمانی ثابت^۳ یکی از مربع‌ها (مثلاً رنگ قرمز) آشکار می‌شود و آزمودنی باید با سرعت و دقت هر چه تمام کلید متناسب با آن را فشار دهد. هر توالی آزمایش هشت تحریک (مربع رنگی) و در هر بلوک آزمایش ده توالی دارد. پس از پایان هر بلوک، آزمودنی یک دقیقه استراحت می‌کند. کل آزمایش ده بلوک دارد که تمامی مراحل به‌جز بلوک یک و شش از توالی رنگ‌ها تبعیت می‌کند و محرک‌ها در این دو بلوک به‌صورت تصادفی ظاهر می‌شوند. ترتیب ظاهر شدن مربع‌ها در بلوک‌های دارای توالی عبارت از زرد، سبز، زرد، آبی، قرمز، سبز، آبی و قرمز. آزمودنی‌ها، تکلیف را با انگشت نشانه و وسط دست غالب خود (دست راست) انجام می‌دهند. زمان هر بلوک (بر حسب میلی ثانیه) و تعداد پاسخ‌های درست به محرک‌های هدف توسط نرم‌افزار

1. Neal analyses of reading ability

2. serial reaction time task

3. inter-trial intervals

نقص یادگیری توالی حرکتی ضمنی در کودکان نارساخوان

کامپیوتری زمان واکنش متوالی اندازه‌گیری و ثبت می‌شود. کاهش زمان واکنش در طی بلوک‌ها معیاری از سرعت یادگیری و افزایش تعداد پاسخ‌های درست معیاری از دقت یادگیری در نظر گرفته می‌شود (نجاتی و همکاران، ۱۳۸۶a). قبل از شروع آزمایش، یک مرحله تمرین شامل ۳۰ محرک تصادفی برای اطمینان از درک دستورالعمل توسط آزمودنی اجرا و چهار ملاک تمیز یادگیری صریح و ضمنی که در مقدمه اشاره شد، در این نرم‌افزار کنترل شد.

شیوه اجرا: این پژوهش در ۲ گام انجام و هر گام طی یک جلسه برگزار شد. در گام اول کودکانی که برای دریافت درمان به مراکز توانبخشی اختلال یادگیری مراجعه کرده بودند، توسط روان‌شناس مرکز برای تشخیص نارساخوانی با استفاده از فهرست بازبینی نشانگان نارساخوانی ارزیابی و از نظر ملاک‌های ورود بررسی شدند. مدت زمان این جلسه حدود ۹۰ دقیقه بود. آزمودنی‌هایی که تشخیص نارساخوانی و ملاک‌های ورود را دریافت کردند، وارد گام دوم شدند. در این مرحله، ابتدا آزمون خواندن و سپس تکلیف کامپیوتری زمان واکنش متوالی به صورت انفرادی در مورد این کودکان اجرا شد. روش اجرای تکلیف یادگیری توالی حرکتی بدین صورت بود که آزمودنی‌ها در اتاقی با نور ملایم در مقابل یک رایانه با فاصله حدود ۹۰ سانتی‌متر می‌نشستند و تکلیف را انجام می‌دادند. از آزمودنی خواسته می‌شد به محض مشاهده هر مربع، کلید هم‌رنگ آن را فشار دهد. آزمودنی‌ها از وجود توالی آگاه نبودند. برای ایجاد انگیزه، آزمون‌گر با استفاده از جمله‌هایی، آزمودنی‌ها را در بین بلوک‌های دهگانه، برای انجام تکلیف تشویق می‌کرد. همچنین با توجه به مطالعه رودنریس و دون (۲۰۰۸)، برای اطمینان از ضمنی بودن یادگیری توالی حرکتی، از آزمون هشیاری استفاده شد. با استفاده از این آزمون می‌توان آزمودنی‌هایی را تشخیص داد که طی انجام تکلیف از وجود توالی آگاه شده‌اند و بنابراین یادگیری در آن‌ها به صورت صریح و نه ضمنی اتفاق افتاده است. این آزمون شامل یک سؤال یادآوری آزاد و ۴ سؤال بازشناسی بود و اگر آزمودنی به یادآوری آزاد و سه تا از این سؤال‌ها پاسخ درست می‌داد، یادگیری صریح قلمداد و از مطالعه کنار گذاشته می‌شد. از بین ۲۰ کودک نارساخوان این مطالعه، ۳ آزمودنی به دلیل کسب نمره بالاتر از آزمون آگاهی کنار گذاشته شدند. مدت زمان اجرای این جلسه به صورت متوسط ۸۰ دقیقه بود. شیوه اجرا برای گروه گواه مشابه گروه نارساخوان بود، به جز این‌که در زمینه ملاک ورود هوش، به دلیل کمبود وقت تنها از خرده‌مقیاس‌های اطلاعات و لغات در بخش هوش کلامی، و تنظیم تصاویر و تکمیل طرح‌ها در هوش عملی استفاده شد و مدت زمان اجرای آزمون‌ها در این گروه به صورت متوسط ۶۰ دقیقه بود.

یافته‌ها

آزمون t نشان داد گروه نارساخوان و عادی از نظر سنی و هوش تفاوت معناداری با یکدیگر ندارند، اما تفاوت بین دو گروه در متغیرهای مربوط به نشانگان نارساخوانی و در مؤلفه‌های آزمون خواندن (خطاها، درک مطلب و زمان) معنادار بود که این معناداری به نفع گروه گواه و یعنی عملکرد گروه نارساخوان در سه مؤلفه پایین‌تر از گروه گواه بود. برای مقایسه یادگیری توالی حرکتی ضمنی در کودکان نارساخوان و کودکان عادی داده‌های مربوط به اثر یادگیری تحلیل شد. اثر یادگیری از کسر میانگین نمره‌های بلوک‌های دارای توالی از میانگین بلوک-های تصادفی به دست آمد. بنابراین، با توجه به ابزار پژوهش، دو نوع اثر به دست آمد که عبارت از اثر سرعت (زمان واکنش) و دقت (پاسخ‌های درست) بود که برای بررسی آن‌ها از تحلیل واریانس چندمتغیره استفاده و قبل از انجام تحلیل واریانس، پیش‌فرض‌های آن بررسی شد که در این راستا نتایج آزمون M باکس (برای فرض یکسانی ماتریس کواریانس‌ها) و آزمون لون (برای یکسانی واریانس‌ها) نشان داد پیش‌فرض‌های مربوطه رعایت شده است. آزمون معناداری تحلیل واریانس نیز نشان داد میزان F شاخص ویلکز لامبدا در سطح $p < 0.05$ معنادار نیست.

جدول ۱. نتایج اثرات بین آزمودنی اثر سرعت و دقت یادگیری توالی حرکتی ضمنی

منبع تغییرات	متغیر وابسته	مجموع مجذورات	درجات آزادی	نسبت F
گروه	اثر سرعت	۹۱۲۲۶۷/۱۱	۱	۱/۶۷
	اثر دقت	۱۲/۳۹	۱	۱/۸۲
خطا	اثر سرعت	۱/۹۰۸ ۷۷	۳۵	
	اثر دقت	۲۳۷/۵۲	۳۵	
کل	اثر سرعت	۳/۲۲۷ ۷۷	۳۶	
	اثر دقت	۲۷۱/۲۹	۳۶	

مطابق جدول ۱ اثر سرعت و دقت یادگیری توالی حرکتی ضمنی در کودکان نارساخوان و عادی معنادار نیست. یعنی یادگیری ضمنی در کودکان نارساخوان و عادی یکسان بوده است. علاوه بر اثر یادگیری، تفاوت‌های کلی در شاخص سرعت و دقت تکلیف یادگیری توالی حرکتی بررسی و برای این منظور پس از بررسی پیش‌فرض‌ها، از تحلیل واریانس چندمتغیره استفاده شد. آزمون معناداری تحلیل واریانس چندمتغیره نشان داد شاخص ویلکز لامبدا با میزان F برابر با ۲۹/۱۲ در سطح $p < 0.001$ معنادار است.

جدول ۲. نتایج اثرات بین آزمودنی سرعت و دقت بلوک‌های ده‌گانه گروهها

متغیر وابسته	مجموع مجزورات	درجات آزادی	نسبت F
میانگین سرعت ۱۰ بلوک	۶/۹۷۱ E۹	۱	۳۳/۶۵**
میانگین دقت ۱۰ بلوک	۵۱/۶۵	۱	۲۱/۶۹**
خطا	۷/۲۴۹ E۹	۳۵	
میانگین دقت ۱۰ بلوک	۸۳/۳۳	۳۵	
کل	۳/۲۹۱ E۱۱	۳۷	
میانگین دقت ۱۰ بلوک	۱۷۰۳۴۰/۱۳	۳۷	

*P<۰/۰۵ **P<۰/۰۱

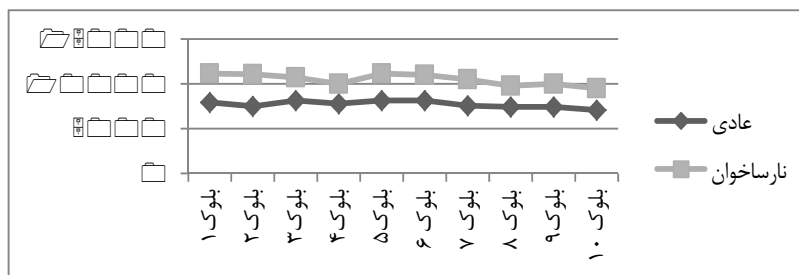
مطابق جدول ۲ تفاوت سرعت و دقت گروه نارساخوان و عادی در میانگین بلوک‌های ده‌گانه معنادار است. برای تعیین منبع این تفاوت‌ها از آزمون مقایسه جفت‌ها استفاده شد.

جدول ۳. آزمون مقایسه جفت‌ها در سرعت و دقت بلوک‌های ده‌گانه

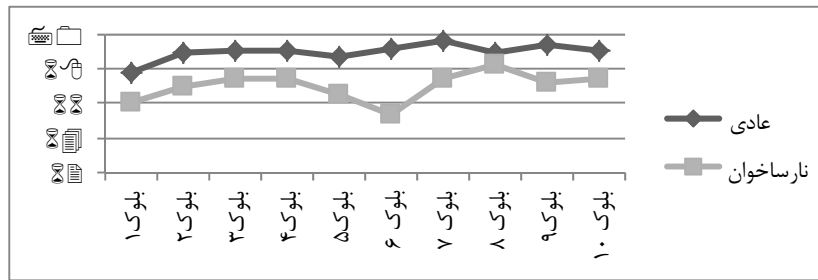
متغیر وابسته	گروه (ا)	گروه (د)	تفاوت میانگینها (I-J)	انحراف استاندارد
سرعت	نارساخوان	عادی	۲۵۷۵/۳۵**	۴۷۴/۷۵
دقت	نارساخوان	عادی	-۲/۳۷**	۰/۵۰۹

*P<۰/۰۵ **P<۰/۰۱

مطابق جدول ۳ در میانگین شاخص سرعت در بلوک‌های ده‌گانه، گروه کودکان نارساخوان زمان بیشتری برای پاسخ‌دادن به محرک‌ها صرف کرده‌اند. به‌همین‌روال، در شاخص دقت یا پاسخ درست نیز، گروه کودکان نارساخوان دقت کمتری نشان داده‌اند. در کل نتایج حاکی از این است زمینه یادگیری توالی حرکتی ضمنی کودکان نارساخوان و عادی تفاوت ندارد (اثر یادگیری)، اما کودکان نارساخوان در مقایسه با کودکان عادی در انجام تکلیف زمان واکنش متوالی (میانگین بلوک‌های ده‌گانه)، عملکرد کلی پایین‌تری نشان می‌دادند. برای درک بهتر این مسئله، وضعیت گروه‌ها در بلوک‌های ده‌گانه در نمودار ۱ و ۲ نشان داده شده است.



نمودار ۱. میانگین نمره‌های سرعت (زمان واکنش) بلوک‌ها در بین گروه‌ها



نمودار ۲. میانگین نمره‌های دقت (پاسخ درست) بلوک‌ها در بین گروه‌ها

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که با وجود نقص کلی در زمینه سرعت و دقت در کودکان نارساخوان، تفاوت بین دو گروه در متغیر اثر سرعت (زمان واکنش) یادگیری ضمنی معنادار نیست. تفاوت‌های معنادار بین دو گروه در سرعت و دقت حاکی از این است که کودکان نارساخوان، نسبت به کودکان عادی از همان بلوک‌های اول تکلیف، زمان بیشتری را صرف فشاردادن کلید متناسب با محرک می‌کنند و کندتر به محرک‌ها پاسخ می‌دهند و تا بلوک‌های آخر نیز این روند ادامه یافته و فاصله حفظ شده است. در واقع یادگیری به‌صورت یکسان در دو گروه به‌وقوع پیوسته یعنی، در هر دو گروه طی انجام تکلیف تدریجاً زمان کاهش یافته و این به‌معنای وقوع یادگیری توالی حرکتی ضمنی است. این نتیجه همسو با یافته‌های حاکی از عدم تفاوت یادگیری توالی حرکتی ضمنی بین نارساخوان‌ها و افراد عادی است. مثلاً رودنریس و دون (۲۰۰۸)، راسلر، گرت و مونت (۲۰۰۶) و کلی و همکاران (۲۰۰۲)، استودلی، هریسون و استین (۲۰۰۶) به این نتیجه دست یافتند که کودکان نارساخوان و عادی تفاوتی در زمان واکنش یادگیری توالی حرکتی ضمنی ندارند. البته رودنریس و دون (۲۰۰۸) و کلی و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کرده‌اند که کودکان نارساخوان در تکلیف زمان واکنش متوالی خیلی کندتر پاسخ می‌دهند، که هماهنگ با یافته‌های مطالعه حاضر در زمینه تفاوت‌های کلی و مطابق با این فرضیه است که کودکان نارساخوان دچار نقص کلی در سرعت طبقه‌بندی محرک‌ها هستند. با این حال، پژوهش حاضر با برخی مطالعه‌ها که حاکی از این هستند که کودکان نارساخوان در زمان واکنش یادگیری توالی حرکتی ضمنی دچار نقص هستند، ناهمسو است.

مثلاً ویکاری و همکاران (۲۰۰۳، ۲۰۰۵) هوارد و همکاران (۲۰۰۶) نتیجه‌گیری کرده‌اند که کودکان نارساخوان نقص ویژه‌ای در یادگیری ضمنی دارند. ویکاری و همکاران (۲۰۰۳) نسخه جایگزین زمان واکنش متوالی را به‌کار گرفته و به این نتیجه دست یافته‌اند که زمان

نقص یادگیری توالی حرکتی ضمنی در کودکان نارساخوان

واکنش یادگیری توالی حرکتی ضمنی در کودکان نارساخوان طی انجام تکلیف، با سرعت کمتری نسبت به کودکان عادی کاهش می‌یابد و این مسئله نشانگر نقص در یادگیری توالی حرکتی ضمنی در کودکان نارساخوان است. البته نکاتی در پژوهش مذکور وجود دارد که نتیجه‌گیری آن‌ها را با چالش روبه‌رو می‌سازد. در واقع تکلیفی که آن‌ها استفاده کردند، دایره-هایی رنگی (پنج دایره) بود که آزمودنی بایستی تنها به یکی از آن‌ها پاسخ می‌داد. درحالی‌که در مطالعه حاضر و برخی مطالعات دیگر که از تکلیف زمان واکنش متوالی کلاسیک استفاده شده است، آزمودنی‌ها باید به همه محرک‌ها (رنگ‌ها) پاسخ می‌دادند. چنانچه رودنریس و دون (۲۰۰۸) اشاره کرده‌اند، در تکلیفی که در مطالعه فوق به آن اشاره شد، ممکن است کودکان یاد بگیرند که محرک آماج در هر پنج محرک یک‌بار اتفاق می‌افتد و این مسئله به آن‌ها این اجازه را بدهد که بدون این‌که از توالی رنگ‌ها آگاه باشند، زمان واکنش را بهبود بخشند. این به آن معناست که حداقل برخی از کودکان از دانش صریح و نه ضمنی، طی یادگیری استفاده نموده‌اند، درحالی‌که آن‌ها تحت‌عنوان گروه یادگیری ضمنی طبقه‌بندی شده بودند. در مطالعه دیگری ویکاری و همکاران (۲۰۰۵) از دو تکلیف برای بررسی یادگیری ضمنی در کودکان نارساخوان و عادی استفاده کردند و نشان دادند کودکان نارساخوان در یادگیری ضمنی نقص دارند. تکلیف اول، تکلیف زمان واکنش متوالی کلاسیک بود، اما تکلیف دوم ترسیم آینه‌ای بود. درحالی‌که تکلیف ترسیم آینه‌ای ملاک‌های رایج برای یادگیری ضمنی را ندارد، این پژوهشگران از این تکلیف برای مطالعه یادگیری ضمنی استفاده کرده‌اند. این تکلیف غالباً به‌عنوان آزمون ضربه‌زدن حافظه روندی معرفی شده است و بنابراین نتیجه‌گیری آن‌ها در زمینه یادگیری ضمنی مبنی بر نقص در کودکان نارساخوان چندان درست به نظر نمی‌رسد. البته طراحی تکلیف زمان واکنش متوالی نیز به‌صورتی بوده است که می‌تواند در نوع فرایند درگیر در این تکلیف موثر باشد. چنانچه ذکر شد، ساختار توالی‌ها، متغیری است که می‌تواند در نوع یادگیری (ضمنی یا صریح بودن) مؤثر باشد. فاصله بین پاسخ آزمودنی و محرک بعدی در تکلیف زمان واکنش ۶۶۷ میلی‌ثانیه گزارش شده که به‌طور قابل-ملاحظه‌ای بیش از فاصله‌ای است که در مطالعات دست‌برگز و همکاران (۲۰۰۵) برای این تکلیف پیشنهاد شده است (۲۵۰ میلی‌ثانیه).

در مورد دقت (پاسخ درست) نیز نتایج مطالعه حاضر نشان داد که آزمودنی‌های گروه نارساخوان و گواه، در اثر دقت یادگیری توالی ضمنی تفاوت معناداری با یکدیگر نداشتند، گرچه تفاوت‌های کلی ذکر شده در یافته‌های جانبی معنادار بود. در واقع یافته‌های جانبی نشان داد کودکان نارساخوان، از همان بلوک‌های اول پاسخ‌های اشتباه بیشتری را نسبت به گروه مقایسه داشتند، و همین روند را تا آخر تکلیف ادامه دادند (نمودار شماره ۲)؛ اما از نظر اثر

یادگیری، یعنی کاهش تدریجی تعداد پاسخ‌های اشتباه طی بلوک‌های پیش‌رونده، خطاها در هر دو گروه به‌میزان یکسانی کاهش یافته و این بدان معنا است که یادگیری در هر دو گروه به‌طور یکسان اتفاق افتاده است. از آنجایی که در اغلب مطالعات، تنها به زمان واکنش در تکلیف زمان واکنش متوالی توجه شده، بنابراین مطالعات مبتنی بر دقت یا همان تعداد پاسخ‌های درست به‌ویژه در مطالعه یادگیری توالی حرکتی در افراد نارساخوان محدود است و تنها یک پژوهش در این زمینه یافت شد که نتایج مطالعه حاضر نیز با آن همسو بود. این مطالعه که توسط رودنریس و دون (۲۰۰۸) انجام شد، نشان داد که کودکان نارساخوان با وجود پاسخ‌کند به محرک‌های آماج، تفاوتی در دقت یادگیری توالی حرکتی ضمنی با گروه گواه ندارند. در مورد این یافته باید گفت که زمان واکنش یادگیری ضمنی در کودکان نارساخوان سالم است و در واقع تفاوت‌های روش‌شناختی و ابزارها، موجب نتیجه‌گیری در باب نقص یادگیری ضمنی در این افراد شده است. یعنی در مطالعاتی که گزارش کرده‌اند کودکان نارساخوان در یادگیری ضمنی دچار نقص هستند، چنانچه ذکر شد، اغلب مشکلات روش‌شناختی وجود داشته است.

در تبیین یافته‌های این مطالعه، باید به این نکته اشاره کرد که یکی از فرضیه‌های مطرح در زمینه نارساخوانی، نقصان مخچه‌ای است. نیکلسون، فاوست، بری، جنکیز، دین و بروکز (۱۹۹۹) گزارش کردند مطالعه یادگیری توالی حرکتی، کاهش فعالیت در مخچه در این افراد را نشان داده است. چنین یافته‌ای حاکی از آن است که شاید مخچه ساختار اساسی درگیر، در نارساخوانی باشد. نقش مخچه در هماهنگی و کنترل حرکتی اثبات شده است، اما علاوه بر آن، چنانچه راسلر و همکاران (۲۰۰۶) اشاره کرده‌اند، مخچه می‌تواند در پردازش متوالی و توالی حرکتی نیز درگیر باشد، به‌طوری‌که برخی گزارش‌ها حاکی از این است که افرادی که مخچه آن‌ها آسیب دیده است، در اکتساب ساختار متوالی مشکل دارند. گمز- بالدین و همکاران (۱۹۹۸) و هاللت و گرافمن (۱۹۹۷؛ نقل از راسلر و همکاران، ۲۰۰۶) گزارش کرده‌اند که مخچه در یادگیری روندی ضمنی نقش دارد. باین‌حال مطالعه حاضر و برخی از مطالعات پیشین نشان داده‌اند که کودکان نارساخوان شواهدی از نقص در یادگیری توالی ضمنی نشان نمی‌دهند. یکی از تبیین‌های احتمالی این نتایج متناقض، می‌تواند این باشد مخچه به‌میزانی که تأکید شده است در یادگیری توالی حرکتی نقش ندارد. مطالعات زیادی اثبات کرده‌اند که جسم مخطط^۱، مخچه و نواحی قشری مرتبط با حرکت، نقش عمده‌ای در یادگیری حرکتی دارند و انعطاف‌پذیری در درون و بین نظام‌های قشری-زیرقشری طی مرحله‌های مختلف یادگیری توالی حرکتی اتفاق می‌افتد. بنابراین هرگونه بدکارکردی مخچه به‌دلیل این انعطاف-

1. Striatum

نقص یادگیری توالی حرکتی ضمنی در کودکان نارساخوان

پذیری می‌تواند توسط ساختارهای دیگر جبران شود. علاوه بر این، ویلینگهام (۱۹۹۸) و منقینی، هالبرگ، کالتاگیرون، پتروسینی و ویکاری (۲۰۰۶) با استفاده از تکلیف زمان واکنش متوالی، اشاره می‌کنند مخرجه در یادگیری توالی حرکتی نقش چشمگیری ندارد.

ذکر این نکته نیز ضروری است که فرضیه نقصان مخرجه‌ای که توسط نیکلسون و فاوست در پژوهش در مورد افراد نارساخوان مطرح شده، با استفاده از تکلیف توالی حرکتی کوشش و خطا انجام گرفته است. به‌دین‌صورت که نیکلسون و فاوست (۱۹۹۹) که از پرتونگاری نشر پوزیترون^۱ برای مطالعه همبسته‌های عصبی یادگیری توالی حرکتی در نارساخوان‌ها استفاده کردند، نه از تکلیف زمان واکنش متوالی. بنابراین، گرچه از این دو تکلیف برای مطالعه یادگیری توالی حرکتی استفاده شده است، احتمال دارد مدارهای مغزی متفاوتی را فعال کند. بنابراین کودکان نارساخوان برخلاف نظریه نقصان خودکاری، مشکلی در کسب مهارت‌های خودکار ندارند که به‌نظر فاوست و نیکلسون مربوط به نقص مخرجه است، و بهتر است مطالعات کنترل شده دیگری در این مورد و همچنین مطالعات مشابهی در زیرگروه‌های نارساخوانی (ادراکی و زبانی) انجام شود. از نظر کاربردی فقدان نقص در یادگیری ضمنی حرکتی در این کودکان می‌تواند کاربردهایی در آموزش خواندن برای این کودکان داشته باشد. مثلاً شاید بتوان از طریق تمرکز بر ظرفیت یادگیری ضمنی، به بهبود برخی فرایندهای یادگیری صریح در آموزش خواندن همچون مطابقت واج با نویسه کمک کرد. به‌دین طریق روابطی که به‌صورت ضمنی یاد گرفته می‌شوند شاید یادگیری روابط صریح را تقویت و یا نقص در آن را جبران کنند.

منابع

- باباپور خیرالدین، جلیل. (۱۳۸۵). مقایسه مهارت‌های حرکتی دانش‌آموزان نارساخوان و عادی. *مجله پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تبریز*، ۲۸(۴): ۱۰-۷.
- پوراعتماد، حمیدرضا، و جهانی، محمد. (۱۳۸۰). شیوع اختلال خواندن در دانش‌آموزان ابتدایی شهرستان قم. *طرح پژوهشی، گروه روان‌شناسی دانشگاه پیام نور واحد شهرستان قم*.
- شهیم، شیما. (۱۳۸۵). *راهنمای آزمون هوش و کسلر کودکان*. شیراز: انتشارات دانشگاه شیراز.
- حسینی‌لر، فخرالسادات، پوراعتماد، حمیدرضا، و حیدری، محمود. (۱۳۸۴). مقایسه مهارت‌های واج‌شناختی در دو زیرگروه ادراکی و زبانی نارساخوانی. *تازه‌های علوم شناختی*، ۷(۳): ۳۴-۲۵.

1. positron emission tomography

مارنات- گراث، گری (۱۳۸۴). *راهنمای سنجش روانی برای روان‌شناسان بالینی، مشاوران و روان-پزشکان*. ترجمه حسن پاشاشریفی و محمدرضا نیکخو. تهران: انتشارات سخن. (تاریخ انتشار به زبان اصلی، ۲۰۰۳).

میکائیلی منیع، فرزانه، و فراهانی، محمدتقی. (۱۳۸۵). آیا مدل پردازش واج شناختی برای تبیین نارساخوانی در دانش آموزان نارساخوانی در دانش آموزان دوزبانه عادی و نارساخوان دبستانی مناسب است؟ *پژوهش در حیطه کودکان استثنایی*، ۶(۳): ۷۶۸-۷۳۵.

نجاتی، وحید، عشایری، حسن، گروسی فرشی، میر تقی، و اقدسی، محمدتقی. (۱۳۸۶a). وابستگی به توجه در یادگیری ضمنی توالی حرکتی در جوانان و سالمندان. *فصلنامه علمی-پژوهشی فیض*، ۱۱(۲): ۵۹-۵۳.

نجاتی، وحید، عشایری، حسن، گروسی فرشی، میر تقی، و اقدسی، محمدتقی. (۱۳۸۶b). اثر تداخلی تکلیف دوگانه در یادگیری صریح و ضمنی توالی حرکتی. *تازه‌های علوم شناختی*، ۹(۱): ۳۹-۳۳.

Destrebequez, A., Peigneux, P., Laureys, S., Deugeldre, C., DeFiore, G. & et al. (2005). The neural correlates of implicit and explicit sequence learning: interacting networks revealed by the process dissociation. *Learning and Memory*, 12(5): 480-490.

Folia, V., Udden, J., Forkstam, C, Ingvar, M., Haggort, P., & Petersson, KM. (2008). Implicit learning and dyslexia. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1145: 132-150.

Foorman, B. R. & Torgeston, J. (2001). Critical elements of classroom and small group instruction promote reading success in all children. *Learning Disabilities Research and Practice*, 16: 203-212.

Gladwell, M. B. (2005). The power of thinking without thinking. New York: little Brown. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1145.

Gombert, J. E. (2003). Implicit and explicit learning to reading: Implication as for subtype of dyslexia. *Current Psychology Letter: behavior, Brain and Cognition* 10(1).

Howard, J. H., Howard, D. V., Japikse, K. C., Eden, G. F. (2006). Dyslexic are impaired in implicit higher-order Sequence learning, but not on implicit spatial context learning. *Neuropsychologia* 44: 1131-1144.

Jimenez, L., Vaquero, J. M., & Lupianez, J. (2006). Qualitative difference between implicit and explicit sequence learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 32(3): 475-490.

Kelly, S. W., Griffith, S., Erith, U. (2002). Evidence for implicit sequence learning in dyslexia. *Dyslexia*, 8(1): 43-52.

Menghini, D., Hagberg, G. E., Caltagirone, C., Petrosini, L., Vicari, s. (2006). Implicit learning deficits in dyslexic adults: An fMRI Study. *NeuroImage*, 33: 1218-1226.

- Nicolson, R. I., & Fawcett, A. J. (1999). Developmental dyslexia: the role of cerebellum. *Dyslexia*, 5: 155-177.
- Nicolson, R. I., Fawcett, A. J., Berry, E. L., Jenkins, I. H., Dean, P., & Brooks, D. J., (1999). Association of abnormal cerebellar activation with motor learning difficulties in dyslexic adults. *Lancet*, 353(9165): 1662-1667.
- Orban, P., Lunagu, O., & Doyon, J. (2008). Motor sequence learning and developmental dyslexia. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1145: 151-172.
- Ramus, F., Rosen, S., Dakin, S.C., Day, B.L., Castellote, J.M., White, S., Frith, U. (2003). Theories of developmental dyslexia: insights from a multiple case study of dyslexic adults. *Brain*, 126: 841-865.
- Reid, G. (2003). *Dyslexia: A Practitioners Handbook* (3rd Ed). John Wiley & sons Ltd.
- Roodenrys, S., & Dunn, N. (2008). Unimpaired Implicit Learning in children with Developmental Dyslexia. *Dyslexia*, 14: 1-15.
- Russeler, J., Gerth, I., & Munte, F. T. (2006). Implicit learning is intact in adult developmental dyslexic reader: Evidence from Serial Reaction Time Task and Article Grammar Learning. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 28: 808-827.
- Seidler, R. D., Purushotham, A., Kim, S. G., Ugurbil, K., Willingham, D., & Ashe, J. (2005). Neural correlate of encoding and expression in implicit sequence learning. *Experimental Brain Research*, 165(1): 114-124.
- Stoodley, C. J., Harrison, E. P., Stein, J. F. (2006). Implicit motor learning deficits in dyslexic adults. *Neuropsychologia*, 44: 795-798.
- Thomas, K. M., Hunt, R. H., Vizueta, N., Sommer, T., Durston, S., et al (2004). Evidence of developmental difference in implicit sequence learning: An fMRI study of children and adults. *Journal of Cognitive Neuroscience* 16(8): 1339-1351.
- Vicari, S., Finzi, A., Menghini, D., Marotta, L., Baldi, S & Petrosini, L. (2005). Do children with developmental dyslexia have an implicit learning deficit? *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 76: 1392-1397.
- Vicari, S., Marotta, L., Molinari, M., & Petrosini, L. (2003). Implicit learning deficit in children with developmental dyslexia. *Neuropsychologia*, 41(1): 108-114.
- Waber, D. P., Marcus, D. J., Forbes, P. W., Bellinger, D. C., Weiler, M. D., Sorenson, L. G., et al (2003). Motor sequence learning and reading ability: is poor reading associated with sequencing deficit? *Journal of Experimental Child Psychology*, 84(4): 338-354.
- Willingham, D. B. (1998). A Neuropsychological theory of motor skill learning. *Psychological Review*, 105: 558-584.
- Zeigler, J. C., & Goswami, U. (2005). Reading acquisition, developmental dyslexia, and skilled reading across languages: a psycholinguistic grain size theory. *Psychological Bulletin*, 131: 3-29