

تحلیل و ارزیابی نقش قسمت‌های مختلف مغز در نارساخوانی

سیدرضا پورسید* *MSc*، سیدمهدی پورسید^۱ *MSc*، سکینه قرایی^۲ *MSc*

*گروه روان شناسی، دانشکده علوم تربیتی و روان شناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
^۱گروه روان شناسی، دانشکده علوم تربیتی و روان شناسی، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران
^۲گروه روان شناسی، دانشکده علوم تربیتی و روان شناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

چکیده

مقدمه: آیا کالبدشناسی مغز افراد نارساخوان که در مراحل مختلف خواندن مانند رمزگشایی، صحت، روانی خواندن و درک معانی مطلب خوانده شده مشکل دارند با افراد معمولی که در خواندن مشکلی ندارند تفاوتی دارد؟ به بیان دیگر، فرضیه نقص مغز مطرح شده در مورد افراد نارساخوان با توجه به مطالعات و تحقیقات انجام شده در این زمینه تا چه حد قابل قبول است و آیا شواهدی برای پذیرفتن آن به دست آمده است؟ هدف از مطالعه حاضر تحلیل و بررسی نحوه کارکرد مغز کودکان و بزرگسالان نارساخوان بود.

نتیجه گیری: پس از مطالعه و بررسی حجم قابل توجهی از مقالات ارایه شده در زمینه علل زیستی نارساخوانی و مخصوصا وضعیت کارکردی مغز این افراد طی فرایند خواندن، وجود تفاوت‌های کارکردی بین مغز افراد نارساخوان و عادی مشاهده شده است و احتمالا آسیب و بدعملکردی مغزی در افراد نارساخوان وجود دارد. تشخیص به موقع نارساخوانی و ارایه راه‌های درمانی مناسب در سنین هر چه پایین تر، می تواند کمک قابل توجهی به مغز برای انجام فعالیت‌های جبرانی به منظور کاهش ضعف کارکردی، در بخش‌های دارای اختلال کند.

کلیدواژه‌ها: نارساخوانی، فرضیه نقص مغزی، کالبدشناسی مغز

Analysis and evaluation of the role of different brain parts in dyslexia

Pourseyed S. R.* *MSc*, Pourseyed S. M.¹ *MSc*, Qaraie S.² *MSc*

*Department of Psychology, Faculty of Educational Sciences & Psychology, Isfahan University, Isfahan, Iran

¹Department of Psychology, Faculty of Educational Sciences & Psychology, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran

²Department of Psychology, Faculty of Educational Sciences & Psychology, Isfahan University, Isfahan, Iran

Abstract

Introduction: Who have problem in different stages of reading including decoding, accuracy, reading fluency and comprehension of the text read, can really be different from normal people who do not have problems in reading? In other words, regarding the studies and researches done about this issue, how much is the hypothesis of brain defect for dyslexic people acceptable? And are there any proofs for accepting the hypothesis?

Conclusion: After studying and evaluating a considerable amount of articles about biological causes of dyslexia and specially the brain function of dyslexic people during the process of reading, an existence of brain function differences among these people and normal people can be pursued and it can be asserted that these people probably have brain damages and dysfunctions. It should be noted that quick diagnosis of dyslexia and presenting suitable treatment ways for lower ages can help the brain to do recovery activities in order to reduce functional defects in damaged parts of the brain.

Keywords: Dyslexia, Brain Defect Hypothesis, Brain Anatomy

مقدمه

در عصر اطلاعات که در آن مفهومی با عنوان دهکده جهانی مطرح است، بسیاری از اطلاعات به صورت نوشتاری مبادله می‌شود. پرداختن به مهارت خواندن دانش‌آموزان و پژوهش برای رفع نقایص خواندن کودکان از اهم مسایل است، چراکه ادامه یافتن مشکلات خواندن در کودکان، آنها را از سطح اطلاعات جهانی پایین تر نگاه خواهد داشت. پایه به دست آوردن هر نوع اطلاعاتی، در مرحله اول خواندن و سپس درک و فهم اطلاعات خوانده شده است؛ پس، توجه به نارساخوانی ضروری به نظر می‌رسد. اختلال نارساخوانی بیش از سایر اختلالات یادگیری در حوزه‌های گوناگون مانع پیشرفت تحصیلی می‌شود، چراکه عدم موفقیت کودکان در یادگیری خواندن در سال‌های اولیه مدرسه، آنها را به طور موثری از بیشتر مواد برنامه درسی بازمی‌دارد. این اختلال همچنین بر فراگیری اطلاعات خارج از برنامه درسی و در نتیجه درک مطلب نیز اثر معکوس می‌گذارد، زیرا درک مطلب به طور قابل توجهی مبتنی بر اطلاعات عمومی افراد است [۱]. توانایی خواندن و درک اطلاعات متن، مهارت شاخصی برای موفقیت در تحصیل است. با این حال بسیاری از دانش‌آموزان فاقد مهارت‌های اساسی در خواندن و تشخیص ایده‌های اصلی و مهم متن هستند. این مساله بر توانایی آنان در خواندن، درک مطلب و یادآوری اطلاعات ارایه شده در متن و به دنبال آن بر بسیاری از فعالیت‌های یادگیری در مدرسه اثر نامطلوب می‌گذارد [۲].

هدف از مطالعه حاضر، تحلیل و بررسی نحوه کارکرد مغز کودکان و بزرگسالان نارساخوان بود. آیا کالبدشناسی مغز این افراد که در مراحل مختلف خواندن شامل رمزگشایی، صحت، سیالی خواندن و درک معانی مطلب خوانده شده، مشکل دارند با افراد معمولی که در خواندن مشکلی ندارند تفاوتی دارد؟ به عبارت بهتر، فرضیه نقص مغزی مطرح شده در مورد افراد نارساخوان، با توجه به مطالعات و تحقیقات انجام شده در این زمینه تا چه حد قابل قبول است و آیا شواهدی برای پذیرفتن آن به دست آمده است؟

اختلالات یادگیری

ناتوانی ویژه خواندن (SRD)، اغلب با نقص در روانی و صحت خواندن لغات، علی‌رغم توانایی شناسایی و آموختن، مشخص می‌شود [۳]. در بین اختلالات یادگیری، نارساخوانی شایع‌ترین است. برخی پژوهشگران اختلالات یادگیری، بر این باورند که ۸۹ تا ۹۰٪ کودکان مبتلا به اختلالات یادگیری، نارساخوانی دارند [۴]. به علاوه، در اکثر مواقع، ریشه اختلالات در دیگر دروس هم به اختلال خواندن برمی‌گردد. خواندن مستلزم مهارت‌های گسترده برای رمزگشایی، درک و یادگیری از متن است. با این حال، هدف نهایی خواندن، درک مطلب است [۵].

علمی که امروزه به نام ناتوانی یادگیری شناخته می‌شود، حاصل

مطالعات عصب‌شناسانی است که به بررسی از بین رفتن تکلم در بزرگسالان پس از وقوع ضربه مغزی پرداختند. این مطالعات، به واسطه تحقیقات عصب‌روان‌شناسان و چشم‌پزشکان در مورد ناتوانی کودکان برای تحول زبان، خواندن یا هجی کردن دنبال شد. اولین متخصصانی که به اختلالات یادگیری علاقمند شدند، پزشکان و به طور دقیق‌تر، عصب‌شناسان بودند که بیشتر با بررسی بزرگسالانی که دارای جراحات و صدمه مغزی بودند و در خواندن، نوشتن، صحبت کردن یا محاسبات ریاضی مشکل داشتند، به این کار مبادرت کردند. به تدریج این گونه تلقی شد که از بین رفتن هر عملکردی نتیجه وقوع آسیبی مغزی است [۶].

دانشمندانی مانند گال و بروکا، به مطالعه زبان‌پریشی در بیمارانی که در توانایی خواندن، نوشتن و صحبت کردن مشکل داشتند، پرداخته‌اند [۷]. در سال ۱۸۷۲، ورنیکه بیان کرد که منطقه‌ای از مغز در قطعه گیجگاهی مرتبط با درک مطلب کلامی، ادراک و ارتباط دادن صداها و حروف با زبان نوشتاری و نوشتن است [۷]. در سال ۱۹۱۵، جکسون به انواع زبان‌پریشی از قبیل از دست دادن توانایی تکلم، خواندن و نوشتن اشاره کرد [۸]. در سال ۱۹۱۷، هینشل‌وود با بررسی مغز افرادی که در خواندن مشکل داشتند، دریافت که مرکز خواندن در شیار آنگولار نیمکره چپ قرار دارد و جراحات وارده بر این منطقه باعث ناخوانی یا کوری لغات می‌شود. به اعتقاد وی، کودکانی که برای یادگیری خواندن دچار مشکل هستند، دارای نوعی آسیب یا رشدنا یافتگی در ناحیه شیار زاویه‌دار نیمکره چپ مغز هستند. او این کودکان را "نارساخوان" نامید [۹]. /ورتون معتقد بود که مشکلات خواندن، ناشی از "عدم برتری جانبی مغز" است و در کودکانی که هیچ کدام از نیمکره‌ها بر دیگری غلبه ندارد، کودک لکنت داشته، حروف و کلمات را وارونه خواهد کرد؛ بنابراین برای یادگیری خواندن دشواری‌هایی خواهد داشت [۱۰]. /کاریوس و /سرگر بیان کردند که اختلال عملکردی در مخچه، می‌تواند باعث بروز مشکلاتی در تعادل بدن و گاهی اوقات وقوع خطاهای وارونه‌سازی در خواندن و تکلم شود [۱۱]. بنابراین تاریخ ناتوانی‌های یادگیری، وارث مطالعات روان‌شناسی-عصب‌شناسی بیماران بزرگسالی است که توانایی صحبت کردن، خواندن، نوشتن و محاسبه کردن را پس از وقوع ضربه مغزی از دست داده بودند. این فرضیات بعداً درباره کودکانی که در تحول طبیعی زبان یا توانایی خواندن دچار شکست شده بودند، تعمیم داده شد.

نارساخوانی تحولی چیست؟

نارساخوانی تحولی که در ۵ تا ۱۲٪ جمعیت نمایان می‌شود، شرایطی است که در آن کودکان دریافت‌کننده آموزش عادی برای خواندن، دارای مهارت‌های هوشی عادی هستند. این کودکان در رمزگشایی متون نوشته شده و در نتیجه، توانایی درک معنی متن دچار مشکل هستند. در این اختلال، روش فراگیری خواندن در فرد مبتلا تحت

مغز و در اطراف شکنج آنگولار در نیمکره چپ متمرکز است [۱۷]، [۲۷]. این کودکان در سرعت پردازش شنوایی نقص‌هایی نشان می‌دهند [۱۵]. نوزادان دوماهه در خطر نارساخوانی وقتی از لحاظ پردازش شنیداری مورد بررسی قرار گرفتند، در پاسخ‌های مغزی به محرک‌های شنیداری، متفاوت عمل کردند. آنها علاوه بر دادن پاسخ‌های ناهماهنگ، در نیمکره چپ مغز کاهش فعالیت نشان دادند و در پردازش‌های ناحیه گیجگاهی نیز دچار نقص بودند [۳]. در بررسی بزرگسالان دچار نارساخوانی، اختلالی کارکردی در سیستم‌های عصبی مربوط به خواندن دیده شده است [۲۸]. به‌عنوان مثال، تصویربرداری از مغز نارساخوانان در هنگام خواندن، نقایصی را در حافظه فعال کلامی و بدعملکردی‌هایی در لوب پیشانی- گیجگاهی و پیشانی- آهیانه‌ای نشان می‌دهد [۲۶]. در بررسی نابهنجاری‌های شبکه‌های مغز طی انجام تکالیف مستلزم حافظه کلامی در کودکان و بزرگسالان دارای نارساخوانی، در شبکه پیش‌پیشانی آواشناختی چپ و نواحی پایین لوب آهیانه این افراد، اختلال عملکردی افزایش‌یافته‌ای نسبت به گروه افراد عادی مشاهده شد؛ در شبکه پیشانی- آهیانه‌ای افراد نارساخوان نیز، کاهش فعالیت در نواحی خلفی پیشانی و نواحی پشتی و جانبی پیش‌پیشانی مشاهده شد، درحالی‌که در ناحیه شکنج آنگولار چپ [۱۷] و کورتکس هیپوکامپ و تالاموس نیمکره راست افزایش آشفستگی و اختلال وجود داشت [۲۶]. در نارساخوانان، عملکرد ضعیف تمپورال- آهیانه‌ای و همچنین اختلالاتی در سیستم‌های عصبی خواندن شامل آهیانه‌ای- گیجگاهی و گیجگاهی- پس سری گزارش شده است. همچنین بین توانایی خواندن و فعالیت مغز در نواحی گیجگاهی چپ، ارتباط خطی مثبتی وجود دارد. یعنی به فراخور افزایش توانایی خواندن، میزان فعالیت در این منطقه افزایش می‌یابد و همین‌طور در نواحی پایین آهیانه در لوب راست، در پی افزایش توانایی خواندن، فعالیت افزایش می‌یابد [۱۳، ۱۷، ۲۶، ۲۸].

تفاوت‌های عملکردی افراد عادی و بیمار

نحوه فعالیت شکنج آنگولار چپ در افراد عادی و نارساخوان با هم متفاوت گزارش شده است [۱۷]؛ فعالیت این قسمت به‌همراه افزایش سن در خوانندگان قوی افزایش می‌یابد که چنین افزایشی در خوانندگان ناتوان دیده نمی‌شود. نواحی کورتکس آهیانه‌ای- گیجگاهی به‌همراه شکنج آنگولار چپ در اکتساب خواندن نقش اساسی و مهمی دارند. البته عملکرد شبکه‌های عصبی و مغزی زیربنایی خواندن، به تعامل بین رشس فیزیولوژیک، انسجام عصبی، سطح مهارت و ماهیت تکلیف مورد نظر بستگی دارد [۲۷]. شبکه‌های مغزی درگیر در خواندن، انعطاف‌پذیری خاصی دارند و اختلال آنها در کودکان نارساخوان، ممکن است با اعمال رویکرد مناسبی برای خواندن قابل درمان باشد [۱۳]. امواج مغز کودکان نارساخوان در حین خواندن با کودکان عادی متفاوت است که این امر، در امواج بتا و دتای مغز مورد بررسی و تایید قرار گرفته است [۲۲، ۲۵]. کودکان

تأثیر قرار می‌گیرد [۱۲]. در مطالعات طولی با استفاده از تصویربرداری از فعالیت مغز نوجوانان ۵ تا ۱۲ ساله، دو نوع مشکل در خواندن مشاهده شد؛ مشکلات اساساً ژنتیکی و نوع بیشتر شایع که منعکس‌کننده تأثیرات محیطی است [۱۳]. در بیشتر موارد، تأخیر در رشد سیستم عصبی مرکزی یا آسیب‌های مغزی به‌عنوان علتی برای عدم توانایی خواندن ذکر می‌شود. صدمه به مراکز از مغز که کنترل تکلم، شنوایی و بینایی را به عهده دارند نیز می‌تواند "نارساخوانی" به‌وجود آورد [۱۴].

علل ایجاد نارساخوانی تحولی

پژوهش‌های متفاوت، دلایل عصبی- زیستی را برای نارساخوانی تحولی مطرح می‌کنند [۱۵، ۱۶، ۱۷]. اخیراً مدارکی به‌دست‌آمده است که علت اولیه بدعملکردی در نارساخوانی را مخچه معرفی می‌کند [۱۸، ۱۹]. پژوهشگران معتقدند که کودکان نارساخوان در شکل‌گیری خودبه‌خودی مهارت‌ها مشکل دارند که این نقص با مخچه بی‌ارتباط نیست [۱۸، ۲۰]. با بازنگری مطالعات متفاوت با استفاده از تصویربرداری مغز در افراد نارساخوان، مشخص شد که در ۸۰٪ موارد اختلال‌های مغزی، در حقیقت علت نقص‌های افراد نارساخوان در خواندن و نوشتن است [۲۰].

در مقایسه الگوهای فعالیت مخ و مخچه نارساخوانان و گروه عادی تفاوت‌هایی دیده شده است. در گروه عادی، الگوهای فعالیت متمرکز و کاملاً دوجانبه‌ای در لوب‌های پیشانی، آهیانه و نواحی پسین نیمکره‌های مغز مشاهده شد، اما الگوی فعالیت در کودکان نارساخوان به‌صورت نامنظم و نامتمرکزی در سطح مغزی و مخچه‌ای و در نواحی پیشانی، آهیانه، گیجگاهی و پس سری منتشر و گسترده شده است [۲۰]. این افراد نقص‌هایی را در پردازش آواشناختی دارند [۱۳، ۱۵، ۱۷، ۲۱، ۲۲، ۲۳، ۲۴، ۲۵، ۲۶]. نویسندگان مطرح می‌کنند که نقص در پردازش لوب گیجگاهی علت وجود اختلال آواشناختی دیده‌شده در کودکان نارساخوان است [۲۱] و عملکردهای ارزیابی و قضاوت‌های انجام‌شده در سطح این لوب ضعیف‌تر از حد معمول در این گروه گزارش شده است [۲۳]. بیشتر این کودکان در مناطق مربوط به آواشناسی در نیمکره چپ، بدکارکردی نشان می‌دهند [۱۷]. اکثر نابهنجاری‌های دیده‌شده در مغز نارساخوانان در نواحی‌ای متمرکز شده که مرتبط با پردازش آواشناختی هستند [۱۵، ۱۷]. این نواحی در نیمکره چپ مغز قرار دارند [۱۶] و آشکار شده است که نواحی خلفی نیمکره راست به‌همراه نواحی پیشانی این نیمکره در خوانندگان نارساخوان، به‌منظور تحت پوشش قرار دادن نقص موجود در عملکرد آواشناختی، نقشی جبرانی برعهده دارد [۱۳، ۱۷].

فعالیت‌های مغزی مرتبط

اکثر مطالعاتی که به‌وسیله تصویربرداری از مغز افراد نارساخوان انجام شده، حاکی از این است که این بدعملکردی‌ها بیشتر در مناطق خلفی

در اختلالات یادگیری به صورت اعم و در نارساخوانی به طور اخص، نقش مغز و اختلالات و بدعملکردی‌های آن بسیار قابل توجه است. نواحی دارای بدعملکردی در نارساخوانی شکنج آنگولار چپ، لوب گیجگاهی چپ، پیش‌پیشانی، پیشانی- گیجگاهی و پیشانی- آهیانه‌ای، کورتکس هیپوکامپ و تالاموس نیمکره راست، تمپورال- آهیانه‌ای، آهیانه‌ای- گیجگاهی و گیجگاهی- پس‌سری در نیمکره چپ هستند. علل بدعملکردی‌های مغز را می‌توان در زمینه‌هایی چون آسیب مغزی اکتسابی، اختلالات عملکردی مغز که معلول وراثت است، ناهنجاری‌های شیمیایی- زیستی، فقدان تغذیه کامل و کافی و سایر عوامل محیطی موثر بر رشد و تحول بهنجار مغز جست‌وجو کرد.

منابع

- ۱- داکرل جولی، مک‌شین جان. رویکردی شناختی به مشکلات یادگیری کودکان. احمدی عبدالجواد. اسدی محمودرضا، مترجمان. تهران: انتشارات رشد؛ ۱۳۷۶.
- 2- Nelson AG. The psychology of reading. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall; 2006.
- 3- Lyon GR. Defining dyslexia, comorbidity; teacher's knowledge of language and reading. *Annals Dyslexia*. 2003; 53:1-14.
- 4- Kaloger M, Kolson GR. Specific learning difficulty (dyslexia) and intervention. *J Sup Learn*. 1978; 9(3):114-9.
- 5- Muzaki MA, Simos R, Protopapas E. Can comprehension be taught? A quantitative synthesis of metacognitive studies. *J Educ Psychol*. 2006; 17(9):5-8.
- ۶- کرک ساموئل، جالفانت جیمز. اختلالات یادگیری تحولی و تحصیلی. رونقی سیمین، خانجانی زینب، وثوقی‌رهبری مهین، مترجمان. تهران: سازمان آموزش و پرورش استثنایی؛ ۱۳۷۷.
- 8- Lerkkanen MK, Puttonen HR, Aunola K, Nurmi JE. Developmental dynamics of phonemic awareness and reading performance during the first of primary school. *J Earl Childh Res*. 2004;2(2):139-56.
- 9- Lyytinen H, Ahonen T, Eklund K, Guttorm P, Kulju ML, Laakso M, et al. Early development of children at familial risk for dyslexia-follow-up from birth to school age. *Dyslexia Int J Res Pract*. 2004;10(3):147-78.
- 10- Meyler, A. Breznitz, Z. Impaired phonological and orthographic word representations among adult dyslexic readers: Evidence from event-related potentials. *J Gen Psych*. 2005;166(2):215-38.
- 11- Olofsson A, Lundberg I. Evaluation of long-term effects of phonemic awareness training in kindergarten: Illustration of some methodological problems in evaluation research. *Scand J Psych*. 1985;26(1):21-34.
- 12- Naples AJ, Chang JT, Katz L, Grigorenko EL. Same or different? Insights into the etiology of phonological awareness and rapid naming. *Biol Psych*. 2009;80(2):226-39.
- 13- Casanova MF, Araque J, Giedd J, Rumsey JM. Reduced brain size and gyrification in the brain of dyslexia patients. *J Child Neurol*. 2004;19(4):275-81.
- 14- Shaywitz SE, Shaywitz BA. Dyslexia; specific reading disability. *Biol Psychiat*. 2005;57(11):1301-4.
- ۱۵- نادری عزت‌الله، سیف‌نراقی مریم. اختلالات یادگیری؛ تاریخچه، تعریف، گروه‌بندی مراحل تشخیص، روش‌های آموزش و بازپروری. تهران: امیرکبیر؛ ۱۳۷۴.
- 16- Temple E. Brain mechanisms in normal and dyslexic readers. *Curr Opin in Neurobiol*. 2002;12(2):178-83.
- 17- Shaywitz VW, Shaywitz SE, Blachman BA, Pugh KR,

نارساخوان علاوه بر داشتن مشکلاتی در بخش‌هایی از مغز، در عملکردهای حسی- حرکتی نیز دچار نقص‌هایی هستند [۱۲]. خواندن قوی و بامهارت، مستلزم شناسایی صحیح لغات است که برای انجام شناسایی صحیح لغات باید دو سیستم آهیانه‌ای- گیجگاهی و گیجگاهی- پس‌سری در نیمکره چپ مغز به صورت یکپارچه و هماهنگ با هم کار کنند [۱۲، ۱۶، ۲۸]. به نظر می‌رسد که این سیستم خلفی در نیمکره چپ کودکان نارساخوان تحولی، آسیب دیده است [۱۷، ۲۹]. کودکان در خطر نارساخوانی حتی در سنین خیلی پایین، پاسخ‌های مغزی متفاوتی به صداهای گفتاری می‌دهند که همین تفاوت، شاخص پیش‌بینی‌کننده مناسبی برای تأخیر رشد زبانی و مشکلات اکتساب خواندن در ایشان است [۳۰]. به علاوه این کودکان در طبقه‌بندی صداهای گفتاری دارای مشکلاتی هستند [۳۱]. نیمکره‌های مغز برای خواندن به گونه‌ای تخصصی شده‌اند و هر نیمکره در قسمتی از خواندن نقش اساسی دارد. به عنوان مثال، نقش اساسی سیستم گیجگاهی- پس‌سری در نیمکره چپ، رشد روانی خواندن است [۱۳]. طی خواندن، مغز انسان محتوای بازنمایی‌های آواشناختی، خط‌شناختی و معنایی لغات را مد نظر قرار می‌دهد، اما هر کدام از این بازنمایی‌ها در نیمکره تخصصی خود صورت می‌گیرد. بازنمایی خط‌شناسی طی خواندن بیشتر در نیمکره راست صورت می‌گیرد. در مقایسه بین بزرگسالان نارساخوان و هنجار، نیمکره راست نارساخوانان، حساسیت افزایش‌یافته بیشتری را به متغیرهای خط‌شناسی نسبت به گروه هنجار نشان می‌دهد که این افزایش حساسیت نیمکره راست، به خاطر عدم رشد پردازش آواشناختی لغت، در نیمکره چپ نارساخوانان ایجاد شده است [۲۴]. همچنین، طی زمان هم حجم مغز و هم میزان شکنج‌های آن در افراد نارساخوان، نسبت به افراد عادی کاهش بیشتری می‌یابد و مغز بیماران نارساخوان دارای حجم کلی کوچک‌تر و شیارهای کمتری می‌شود [۱۲].

نتیجه‌گیری

مغز، مرکز اصلی کنترل‌کننده بدن است و هرگونه حرکت و رفتاری بدون دخالت مغز تقریباً غیرممکن به نظر می‌رسد. عملکرد یادگیری که انسان را از دیگر موجودات متمایز می‌کند، از عملکردهای اصلی و بی‌نظیر مغز انسان است. در روند یادگیری، مغز باید مراحل مختلف توجه و جذب محرک بیرونی، تجزیه و تحلیل و شناسایی آن و ارایه پاسخ مناسب را به صورت کامل و هماهنگ و در سریع‌ترین زمان ممکن انجام دهد تا روند یادگیری با موفقیت انجام شود. به علاوه، بخش‌های متفاوت مغز از نظر فیزیکی هم باید عملکرد مناسبی داشته باشند تا روند یادگیری به خوبی انجام گیرد. وقوع هرگونه آسیب یا صدمه‌ای به مغز در قبل، حین یا بعد از تولد می‌تواند به مجموعه‌ای از شرایط ناتوانی از قبیل فلج مغزی، عقب‌ماندگی ذهنی، اختلالات یادگیری و بسیاری از ناهنجاری‌های جسمی و ذهنی دیگر منجر شود.

- 25- Lavidor M, Johnston R, Snowling MJ. When phonology fails: Orthographic neighborhood effects in dyslexia. *Brain Lang.* 2006;96(3):318-29.
- 26- Spironelli CH, Penolazzi B, Angrilli A. Dysfunctional hemispheric asymmetry of theta and beta EEG activity during linguistic tasks in developmental dyslexia. *Biol Psychol.* 2008;77(2):123-31.
- 27- Wolf RCH, Sambataro F, Lohr CH, Cteinbrink C, Martin C, Vasic N. Functional brain network abnormalities during verbal working memory performance in adolescents and young adult with dyslexia. *Neuropsychologia.* 2009;48(1):309-18.
- 28- Meyler A, Keller TA, Cherkassky V, Donghoon L, Hoeft F, Whitfield-Gabrieli JDE, et al. Brain activation during sentence comprehension among good and poor readers. *Cerebral Cort.* 2007;17(12):2780-7.
- 29- Shaywitz BA, Shaywitz SE, Pugh KR, Mencl WE, Fulbright RK, Skudlarski P, et al. Disruption of posterior brain systems for reading in children with developmental dyslexia. *Biol Psychiat.* 2002;52(2):101-10.
- 30- Flowers DL. Brain basis of dyslexia. *J Learn Disabil.* 1993;26(9):575-82.
- 31- Lyytinen H, Guttorm TK, Huttunen T, Hamalainen J, Leppanen PHT, Vesterinen M. Psychophysiology of developmental dyslexia: A review of finding including studies of children at risk for dyslexia. *J Neurolinguistics.* 2005;18(2):167-95.
- 32- Leeuwen TV, Been P, Herten MV, Zwarts F, Maassen B, Leij AVD. Two-month-old infant at risk for dyslexia do not discriminate /bAk/ from /dAk/: A brain mapping study. *J Neurolinguistics.* 2008;21(4):333-48.
- Fulbright RK, Skadlarski P, et al. Development of left occipitotemporal systems for skilled reading in children after a phonologically-based intervention. *Biol Psychiat.* 2004; 55(9):926-33.
- 18- Kenneth RP, Mencl WE, Shaywitz BA, Shaywitz SE, Fulbright RK, Constable RT, et al. The angular gyrus in developmental dyslexia: Task-specific differences in functional connectivity within posterior cortex. *Psychol Sci.* 2000;11(1):51-6.
- 19- Baillieux H, Vandervliet EJM, Manto M, Parizel PM, Dedeyn PP, Marien P. Developmental dyslexia and widespread activation across the cerebellar hemispheres. *Brain Lang.* 2009;108(2):122-32.
- 20- Kibby MY, Fancher JB, Markanen R, Hynd GW. A quantitative magnetic resonance imaging analysis of the cerebellar deficit hypothesis of dyslexia. *J Child Neurol.* 2008;23(4):368-80.
- 21- Nicolson RI, Fawcett AJ, Dean P. Developmental dyslexia: The cerebellar deficit hypothesis. *Trends Neurosci.* 2001;24(9):508-11.
- 22- Ziegler JC. Do differences in brain activation challenge universal theories of dyslexia. *Brain Lang.* 2006;98(3):341-3.
- 23- Penolazzi B, Spironelli CH, Angrilli A. Delta EEG activity as a marker of dysfunctional linguistic processing in developmental dyslexia. *Psychophysiology.* 2008;45(6):1025-33.
- 24- Rey V, Matino SD, Espesser R, Habib M. Temporal processing and phonological impairment in dyslexia: Effect of phoneme lengthening on order judgment of two consonants. *Brain Lang.* 2002;80(3):576-91.