

Мир науки. Педагогика и психология / World of Science. Pedagogy and psychology <https://mir-nauki.com>

2023, Том 11, № 5 / 2023, Vol. 11, Iss. 5 <https://mir-nauki.com/issue-5-2023.html>

URL статьи: <https://mir-nauki.com/PDF/33PSMN523.pdf>

5.3.2. Психофизиология (психологические науки)

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Дунаевская, Э. Б. Психофизиологические предпосылки формирования чтения: обзор / Э. Б. Дунаевская // Мир науки. Педагогика и психология. — 2023. — Т. 11. — № 5. — URL: <https://mir-nauki.com/PDF/33PSMN523.pdf>

**For citation:**

Dunaevskaya E.B. Psychophysiological prerequisites for the formation of reading: a review. *World of Science. Pedagogy and psychology*. 2023; 11(5): 33PSMN523. Available at: <https://mir-nauki.com/PDF/33PSMN523.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.)

УДК 159.91

**Дунаевская Эльвира Брониславовна**

ФГБОУ ВО «Российский государственный педагогический университет имени А.И. Герцена»,  
Санкт-Петербург, Россия

Доцент кафедры «Возрастной психологии и педагогики семьи»

Кандидат психологических наук, доцент

E-mail: [doroga2elvira@yandex.ru](mailto:doroga2elvira@yandex.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9794-8284>

РИНЦ: [https://www.elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=533121](https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=533121)

WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/AAO-9385-2021>

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57224219845>

## Психофизиологические предпосылки формирования чтения: обзор

**Аннотация.** В статье описаны психофизиологические механизмы становления чтения в онтогенезе. Представлены научные исследования, подтверждающие связь пластичности мозга с чтением, развитие и обеспечение отделов головного мозга за формирование чтения. Пластичность мозга заключается в изменении нейронных системах для устной речи и визуальной обработки информации, чтобы опосредовать письменную речь. Показана взаимосвязь между качеством совместного чтения матери (вербальная интерактивность и вовлеченность) и функцией мозга во время прослушивания рассказов детьми дошкольного возраста в контексте поведенческих данных. Доказана роль дорсальной сублексической системы мозга, которая связывает письмо и речь, вентральной лексической системы, которая развивает визуальные навыки для быстрой орфографической обработки на уровне слов, а также роль сетей когнитивного контроля, которые регулируют процессы внимания как дети читают. Особое внимание уделяется сети чтения левого полушария, включая левую затылочно-височную, височно-теменную и нижнелобную речевую области. Результаты исследования дают новое представление о ранних нейроанатомических коррелятах когнитивных способностей и позволяют предположить, что ранний период длительного созревания и связанная с ним длительная пластичность белого вещества могут привести к усилению нейронных сетей, которые могут лучше поддерживать дальнейшее развитие и в частности становление речи. Постоянное языковое общение родителей и детей в семье, образование родителей имеет связь с левой пересильвиевой поверхностью коры, а также связь с навыками чтения у детей.

**Ключевые слова:** чтение; психофизиологические процессы мозга; отделы мозга; становление чтения

## Введение

Человек не рождается умеющим читать. Но природа дала возможность сформировать навык чтения, для этого мозгу пришлось приспособить для этого первичную зрительную кору [4]. Процесс становления чтения прошел очень большой путь, длинной несколько тысячелетий. За это время мозг претерпел свою реорганизацию, что дало возможность современному человеку расширить мыслительные процессы, а, следовательно, изменить интеллектуальные возможности человеческого вида. Чтение — одно из немногих, самых замечательных «изобретений» в истории [9]. Изучение проблемы чтения и влияния чтения на психическое развитие имеет полуторавековую историю. Сейчас уже описаны результаты исследований, которые могут служить продолжением изучения процесса чтения в современном мире, с учетом информатизации современно общества. В психологии есть утверждение, что «...чтение придает форму мышлению и даже строению мозга».<sup>1</sup> В психологической и физиологических научных источниках описаны пути формулирования и становления чтения на ранних этапах. Целью данной статьи является описание и подтверждение научности эмпирическим путем знаний о формировании чтения в онтогенезе. Данная статья является научным литературным обзором, в котором проанализированы статьи в научных электронных библиотеках ELIBRARY.RU, RADMED, на сайтах: Национальной электронной библиотеки.

Механизм становления чтения является системным актом, который имеет определенную последовательность и мобильность разных отделов головного мозга. На стадии перинатального развития плода, мозг постоянно растет, кора увеличивается за счет деления нейронов. Нейрон становится рабочим после образования контактов с другими нейронами. Язык, речь и чтение изучается разными научными школами и научными дисциплинами. Физиология, медицина и психология изучает становление чтения с разных сторон. Основу становления речи и как результат навыка чтения составляют классические представления — теория Рамон-и-Кахаля, «центры речи» П. Брока и К. Вернике.

Чтение возникает в онтогенезе длительно, проходя несколько стадий. Первая или базовая стадия подготовки к навыку чтения предопределяется постоянной активностью мозга. Психика активна всегда и состоянии сна и покоя и во время бодрствования. Человек не осознает активность психики во время покоя [14].

Чтобы научиться читать, мозг должен перепрофилировать нейронные системы для устной речи и визуальной обработки, чтобы опосредовать письменную речь. Важную роль играет дорсальная сублексическая системы мозга, которая связывает письмо и речь, вентральная лексическая система, которая развивает визуальные навыки для быстрой орфографической обработки на уровне слов, а также роль сетей когнитивного контроля, которые регулируют процессы внимания как дети читают. Подкорковые ядра необходимы для отбора комбинаций звуков музыки и речи [5; 6]. Проводились исследования детей, чьи родители не имели образования и были неграмотные. Детей обучали чтению, чтобы продемонстрировать пластичность нейронных сетей в развитии по отношению к обучению. Обнаружено генетическое влияние на становление чтения у детей. Семейные исследования близнецов показали, что навыки чтения передаются по наследству, а молекулярно-генетические исследования выявили многочисленные области генома, которые могут содержать гены-кандидаты, отвечающие за наследственность чтения. В отдельных семьях нарушение чтения было связано с серьезными генетическими последствиями, несмотря на то, что вклад отдельных генов в более широкую популяцию кажется небольшим. Нейронные и генетические

---

<sup>1</sup> Лурия, А.Р. Мозг человека и психические процессы // Нейропсихология. Хрестоматия: учеб. — 4-е изд. / Под ред. Е.Д. Хомской — Санкт-Петербург: Питер, 2013. — С. 115–157. <https://search.rsl.ru/ru/record/01005604433> (дата обращения 20.09.2023).

исследования не предписывают, как следует учить детей читать, но эти исследования подчеркнули решающую роль раннего вмешательства и постоянной поддержки [7].

Динамический процесс развития и созревания мозга проходит длительный и неравномерный путь. Этот путь связан с возрастными этапами. Младенчество и раннее детство — это периоды быстрого развития мозга, в течение которых структура и функции мозга созревают вместе с развитием когнитивных способностей. Важным процессом развития нервной системы в этот постнатальный период является созревание миелинизированного белого вещества, которое способствует быстрой коммуникации между нервными системами и сетями. Хотя предыдущие исследования по визуализации мозга у детей (4 года и старше), подростков и взрослых последовательно связывали развитие белого вещества с когнитивным созреванием и интеллектом, лишь немногие исследования изучали, как эти процессы связаны на раннем этапе развития (от рождения до 4 лет). Профиль миелинизации белого вещества в течение первых 5 лет жизни тесно и конкретно связан с когнитивными способностями. Используя продольную конструкцию, в сочетании с расширенной магнитно-резонансной томографией было доказано, что дети со способностями выше среднего демонстрируют разные траектории развития миелина по сравнению с детьми со средними и ниже средними способностями, даже с учетом социально-экономического статуса, срока беременности и веса при рождении. В частности, дети с более высокими способностями демонстрируют более медленное, но более продолжительное раннее развитие, что приводит к общему увеличению показателей миелина примерно к 3 годам. Эти результаты дают новое представление о ранних нейроанатомических коррелятах когнитивных способностей и позволяют предположить, что ранний период длительного созревания и связанная с ним длительная пластичность белого вещества могут привести к усилению нейронных сетей, которые могут лучше поддерживать дальнейшее развитие [12].

Нейропсихологический подход, основателем которого был А.Р. Лурия, рассматривает созревание мозга как длительный и неравномерный процесс.<sup>2</sup> Л.С. Выготский отмечал, что формирование мозга идет путем надстройки новых уровней над старыми [2]. Это процесс встраиваемости старого уровня в новый, существования в нем, в дальнейшем и создает базисную основу психического развития. Данный подход рассматривает парную работу мозга, которая в онтогенезе проходит несколько этапов. Эти этапы А.Р. Лурия<sup>3</sup> называет «блоками развития мозга», которые на разных уровнях осуществляют все психические функции [3]. Таких блоков три. Первый блок обеспечивает регуляцию тонуса и бодрствования. Он длится от внутриутробного развития до 2–3 лет. Основой этого периода является формирование ствола и странкортикальных связей стволового уровня, гипоталамо-диэцефальной области, которые отвечают за континуум «сон — активное бодрствование», обеспечивают регуляцию тонуса. Тонус мозга является структурно-функциональной основой для становления чтения [7].

Было приведено исследование Американской академии педиатрии с целью изучить взаимосвязь между качеством совместного чтения матери (вербальная интерактивность и вовлеченность) и функцией мозга во время прослушивания рассказов детьми дошкольного возраста из группы риска. В исследовании приняли участие 22 ребенка четырех лет из семей с низким социально-экономическим статусом. Проведена функциональная магнитно-резонансная томография, в которой использовалась задача на прослушивание рассказа, с последующей видеозаписью наблюдения за тем, как мать и дочь без обучения читают то же самое. Книжка с

<sup>2</sup> Лурия, А.Р. Очерки психофизиологии письма [Электронный ресурс] / А.Р. Лурия. — URL: (<https://oshibkam.ru/njepropsihologicheskij-aspekt-oshibok-chteniya>) (дата обращения 10.09.2023).

<sup>3</sup> Лурия, А.Р. Основы нейропсихологии: учеб. пособие для студ. учреждений высш. проф. образования / А.Р. Лурия. — 8-е изд. стер. — Москва: Академия, 2013. — 384 с. [https://www.studmed.ru/view/luriya-ar-osnovy-neyropsihologii\\_b23f72ca2a7.html](https://www.studmed.ru/view/luriya-ar-osnovy-neyropsihologii_b23f72ca2a7.html) (дата обращения 02.08.2023).

картинками, соответствующая возрасту. Общее качество чтения оценивалось независимо с использованием диалогического чтения и других научно обоснованных критериев, отражающих интерактивность и вовлеченность, и применялось в качестве показателя нейронной активации во время задачи функциональной магнитно-резонансной томографии с учетом материального дохода и образования матери. В результате исследования общие оценки качества чтения, как правило, были низкими и отрицательно коррелировали с отвлечением матери на смартфоны ( $p < 0,05$ ). Результаты положительно коррелировали с активацией левых областей мозга, поддерживающих экспрессивную и сложную речь, социально-эмоциональную интеграцию и рабочую память ( $p < 0,05$ , скорректированная частота ложных открытий) [11]. Таким образом, качество совместного чтения матери положительно коррелирует с активацией мозга, ребенка, поддерживающей сложную речь, исполнительные функции и социально-эмоциональную обработку у детей дошкольного возраста. Эти результаты представляют собой новые нейронные биомаркеры того, как поддающийся изменению аспект среды домашнего чтения может влиять на основные развивающиеся навыки грамотности, подкреплять поведенческие паттерны, и способствует здоровому развитию мозга, особенно в детском возрасте [13].

Второй блок, который в научной литературе называют «мнестический», потому что он связан с памятью и языком, играет решающую роль в человеческом познании и общении. В нем задействованы различные области мозга, отвечающие за процессы памяти, как кратковременной, так и оперативной, а также функции, связанные с речью. Синаптические связи организуются в сенсомоторные горизонтальные и вертикальные ансамбли. Данный этап развития мозга длится от 3 до 7–8 лет. Основными функциями, связанными с этим блоком, являются языковая обработка, понимание, выражение и общение. Для понимания и становления речи огромную роль играют зона Брока и зона Вернике, расположенные в лобных и височных долях. Взаимодействие гиппокампа, височных долей, особенно левой височной доли, отвечающей за речевые функции, играют центральную роль в процессах памяти и становлении чтения.

Раннее детство является критическим периодом развития речи, который является базой для будущих способностей и возможностей становления чтения.

В исследованиях, посвященных изучению функционирования систем мозга, поддерживающих речевые способности для становления чтения у нормативно развивающихся детей, с помощью функциональной магнитно-резонансной томографии была выявлена взаимосвязь между функциональными связями головного мозга и языковыми навыками для становления чтения даже до формального обучения чтению [8]. В данном исследовании приняли участие 50 здоровых детей в возрасте 2,85–5,07 лет, из них 22 девочки и 28 мальчиков. Все испытуемые прошли субтесты NEPSY-II [1]. Субтесты нейропсихологического диагностического комплекса NEPSY-II направлены на оценку психического развития детей. Во время проведения исследования использовалась функциональная магнитно-резонансная томография (фМРТ). Параметрами исследования были угловая извилина, которая расположена в задней части теменной доли. Левая угловая извилина участвует в обеспечении языковых процессов, особенно чтения. Далее верхняя височная извилина, которая включает область Бродмана, обозначающее расположение слуховой коры, ответственной за ощущение звука, а также область Вернике, важную область для обработки речи и понимания языка. Нижняя лобная извилина, которая выполняет ряд функций, включая обработку речи и языка в районе Брока. Выявленные данные показали корреляционные связи между левой угловой извилиной и слуховой корой, верхней височной извилиной и затылочными областями зрения, а также правой верхней височной долей и лобной областью. Эти результаты свидетельствуют о качественной взаимосвязи для становления чтения, а также связи с другими областями мозга, которые поддерживают речь и являются основой для становления чтения [7].



Третий блок называется «динамическим блоком» и играет ключевую роль в регулировании и управлении различными аспектами человеческого познания и поведения. Данный блок охватывает сеть областей мозга, отвечающих за исполнительные функции, двигательный контроль и когнитивные процессы. Этот блок принципиально участвует в координации и интеграции информации из сенсорно-перцептивного и мнестического блоков, то есть первого и второго блоков для регулирования целенаправленного поведения и принятия решений. Исполнительные функции, это тормозный контроль, который отвечает за сопротивление как нерелевантной информации, так и импульсивному поведению; рабочая память — удержание и манипулирование информацией в уме; и когнитивная гибкость — изменение мышления на основе правил или требований [9].

Исполнительные функции отвечают за принятие решения, планирование, контроль поведения и когнитивную гибкость. Также этот блок связан с координацией движений, регуляцией мышечного тонуса. Ключевые структуры этого блока включают кору головного мозга, а именно орбитофронтальную, префронтальную, фронтальную и моторную кору головного мозга. Базальные ганглии работают совместно для обеспечения контроля движений, координации, регулирования эмоций, принятия решения. Поражения этого блока могут привести к нарушениям двигательных способностей, психомоторным проблемам контроля над поведением и как следствие к усложнению адаптации поведения к изменяющимся условиям окружающей среды и социума в целом.

В проведенном исследовании изучались связи между социально-экономическим происхождением, частотой и качеством домашнего общения, структурами мозга и навыками чтения у детей в возрасте от 5 до 9 лет. Выборка состояла из 94 респондентов. В результате были получены домашние аудиозаписи и МРТ-сканы. Было выявлено, что дети, у которых было больше разговоров между взрослыми и детьми, где взрослые использовали в общении не только слова для понимания детьми, но и «взрослые» слова имели большую площадь левой пересильвиевой поверхности коры [15]. Постоянное языковое общение опосредовало связь между образованием родителей и левой пересильвиевой поверхностью коры, а также связь с навыками чтения у детей [9].

В последние годы, достигнут выдающийся прогресс в понимании функциональной нейроанатомии в становлении чтения и нарушения чтения. Обзор исследований показывает, что повышенная активация гомологичных областей правого полушария типичной сети чтения левого полушария может отражать функциональную нейроанатомическую нормализацию, а не компенсацию механизмов мозга для чтения. Что касается перестройки сетевых связей белого вещества, нейронная оптимизация может быть связана как с созданием более сильных мозговых цепей, так и с уменьшением неэффективных связей при нарушении чтения. Тем не менее, эта область страдает от отсутствия последовательных эффектов нейропластичности, связанных с улучшением способности к чтению [10].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алмазова, О.В. Диагностика уровня развития регуляторных функций в старшем дошкольном возрасте / О.В. Алмазова, Д.А. Бухаленкова, А.Н. Веракса // Психология. Журнал Высшей школы экономики. — 2019. — Т. 16, № 2. — С. 302–317. — DOI 10.17323/1813-8918-2019-2-302-317. — EDN НЛНВКО. <https://cyberleninka.ru/article/n/diagnostika-urovnya-razvitiya-regulyatornyh-funktsiy-v-starshem-doshkolnom-vozhraсте> (дата обращения 12.09.2023).

2. Выготский, Л.С. Мышление и речь. Психологические исследования: монография / Л.С. Выготский. — Москва. Национальное образование, 2015. — 368 с. [https://fip.kpmo.ru/res\\_ru/0\\_publication\\_109\\_1.pdf](https://fip.kpmo.ru/res_ru/0_publication_109_1.pdf) (дата обращения 14.09.2023).
3. Ильина, М.С. Анализ трудностей освоения навыков чтения с учетом нейропсихологического подхода / М.С. Ильина. — Текст // Молодой ученый. — 2021. — № 50(392). — С. 524–526. <https://moluch.ru/archive/392/86553/> (дата обращения 20.09.2023).
4. Пола Дж. Швааненфлюгель, Н., Кнапп, Психология чтения. Теория и применение. / Пер. с англ. О.В. Панасьева / Гуманитарный центр, 2022 — 388 с.
5. Урываев Ю.В., Руцкий Д.А. Чтение в системе современного обучения: цель и контроль её достижения // Материалы 2ой конференции стран Балтийского моря — 15-ой конференции по чтению скандинавских стран. 11–13 августа 2010 г., Турку, 2010. С. 129 (дата обращения 13.09 2023).
6. Урываев, Ю.В. Мозговые алгоритмы чтения / Ю.В. Урываев, Ю.А. Шулекина // Инновационная наука. — 2016. — № 1-2(13). — С. 262–268. — EDN XARCUR. <https://uchimsya.com/a/mjol0qab> (дата обращения 30.09.2023).
7. Шулекина Ю.А. Стратегии смыслового восприятия речи младших школьников с общим недоразвитием речи // Системная психология и социология. — М.: МГПУ, 2013. № 8(II). С. 33–41. <https://cyberleninka.ru/article/n/strategii-smyslovogo-vospriyatiya-rechi-mladshih-shkolnikov-s-obschim-nedorazvitiem-rechi> (дата обращения 01.10.2023).
8. Benishek A., Long X., Rohr C.S., Bray S., Dewey D., Lebel C. Pre-reading language abilities and the brain's functional reading network in young children. Neuroimage. / doi: 10.1016/j.neuroimage.2020.116903 / National Library of Medicine, 2020 Aug 15; 217: 116903. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32389725/> (дата обращения 02.10.2023).
9. Bock A.M., Cartwright K.B., McKnight P.E., Patterson A.B., Shriver A.G., Leaf B.M., Mohtasham M.K., Vennergrund K.C., Pasnak R. Patterning, Reading, and Executive Functions. Front Psychol. / doi: 10.3389/fpsyg.2018.01802 / National Library of Medicine, 2018 Sep 25; 9: 1802. (дата обращения 04.10.2023).
10. Braid J., Richlan F. The Functional Neuroanatomy of Reading Intervention. Front Neurosci. / doi: 10.3389/fnins.2022.921931 / National Library of Medicine, 2022 Jun 16; 16: 921931. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35784836/> (дата обращения 30.09.2023).
11. Church J.A., Grigorenko E.L., Fletcher J.M. The Role of Neural and Genetic Processes in Learning to Read and Specific Reading Disabilities: Implications for Instruction. / doi: 10.1002/rrq.439 / Reading Research Quarterly, 2021 — 58(1) Aug 4. [https://www.researchgate.net/publication/353711950\\_The\\_Role\\_of\\_Neural\\_and\\_Genetic\\_Processes\\_in\\_Learning\\_to\\_Read\\_and\\_Specific\\_Reading\\_Disabilities\\_Implications\\_for\\_Instruction](https://www.researchgate.net/publication/353711950_The_Role_of_Neural_and_Genetic_Processes_in_Learning_to_Read_and_Specific_Reading_Disabilities_Implications_for_Instruction) (дата обращения 02.10.2023).
12. Deoni S.C., O'Muircheartaigh J., Ellison J.T., Walker L., Doernberg E., Waskiewicz N., Dirks H., Piryatinsky I., Dean D.C. 3rd, Jumbe N.L. White matter maturation profiles through early childhood predict general cognitive ability. Brain Struct Funct. / doi: 10.1007/s00429-014-0947-x / PubMed, 2014 — 221(2) [https://www.researchgate.net/publication/269115741\\_White\\_matter\\_maturation\\_profiles\\_through\\_early\\_childhood\\_predict\\_general\\_cognitive\\_ability](https://www.researchgate.net/publication/269115741_White_matter_maturation_profiles_through_early_childhood_predict_general_cognitive_ability) (дата обращения 04.10.2023).

13. Hutton J.S., Phelan K., Horowitz-Kraus T., Dudley J., Altaye M., DeWitt T., Holland S.K. Shared Reading Quality and Brain Activation during Story Listening in Preschool-Age Children. *J. Pediatr.* / doi: 10.1016/j.jpeds.2017.08.037 / National Library of Medicine, 2017 — Dec; 191: 204–211. e1. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29173308/> (дата обращения 12.09.2023).
14. Maryanne Wolf, Proust and the Squid. The Story and Science of the Reading Brain (Мягкова Е.Ю., перевод на русский язык) / ООО «Издательская Группа «Азбука-Аттикус», 2020 — 339 с. <https://coollib.net/b/505564> (дата обращения 30.08.2023).
15. Merz E.C., Maskus E.A., Melvin S.A., He X., Noble K.G. Socioeconomic Disparities in Language Input Are Associated With Children's Language-Related Brain Structure and Reading Skills. *Child Dev.* / doi: 10.1111/cdev.13239 / National Library of Medicine, 2020 — May; 91(3): 846–860. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30919945/> (дата обращения 13.09.2023).

**Dunaevskaya Elvira Bronislavovna**

Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint Petersburg, Russia

E-mail: [doroga2elvira@yandex.ru](mailto:doroga2elvira@yandex.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9794-8284>

RSCI: [https://www.elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=533121](https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=533121)

WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/AAO-9385-2021>

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57224219845>

## **Psychophysiological prerequisites for the formation of reading: a review**

**Abstract.** The article describes the psychophysiological mechanisms of reading development in ontogenesis. Scientific research is presented that confirms the connection between brain plasticity and reading, the development and support of brain regions for the formation of reading. Brain plasticity involves changing the neural systems for spoken language and visual processing to mediate written language. The relationship between maternal shared reading quality (verbal interactivity and engagement) and brain function during preschool children's story listening is shown in the context of behavioral data. The role of the brain's dorsal sublexical system, which links writing and speech, the ventral lexical system, which develops visual skills for rapid orthographic processing at the word level, as well as the role of cognitive control networks that regulate attentional processes as children read, have been demonstrated. Particular attention is paid to the left hemisphere reading network, including the left occipitotemporal, temporoparietal, and inferior frontal language regions. The study's findings provide new insight into the early neuroanatomical correlates of cognitive ability and suggest that early maturation and associated long-term white matter plasticity may lead to strengthened neural networks that may better support later development and, in particular, language acquisition. Constant linguistic communication between parents and children in the family, parental education has a connection with the left peresylvian surface of the cortex, as well as a connection with reading skills in children.

**Keywords:** reading; psychophysiological processes of the brain; parts of the brain; development of reading