

МЕТОДИКА ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ ГОЛОВНОГО МОЗГА В ИССЛЕДОВАНИИ СПЕЦИФИЧЕСКИХ РАССТРОЙСТВ РЕЧИ У ДЕТЕЙ

Д.А. Емелина¹, И.В. Макаров,^{1 2} Р.Ф. Гасанов¹

¹ *Национальный медицинский исследовательский центр психиатрии и неврологии им. В.М.Бехтерева*

² *Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И.Мечникова*

В последние годы отмечено увеличение количества пациентов с нарушениями речевого развития, соответственно, и с когнитивным дефицитом [7]. Выявление этиологии и патогенетических механизмов речевых нарушений является важной задачей и необходимо для определения дальнейшей тактики лечения пациента. Нередко в основе нарушений речи у детей лежит так называемое центральное слуховое расстройство (ЦСР) – нарушение, которое обусловлено патологией различных структур слухового анализатора, локализованных в головном мозге, начиная от улитковых ядер [2]. Разнообразие клинических проявлений при данном расстройстве обусловлено анатомо-функциональными характеристиками центральных отделов слухового анализатора. Клиническая картина ЦСР у детей соответствует широко используемому в европейских странах термину «импрессивное расстройство речи», а также описанному ранее советскими психиатрами синдрому сенсорной алалии, входящему в группу специфических расстройств речи (СРР) [7].

В последние десятилетия значительно возросло количество исследований, посвященных изучению нейроанатомических и функциональных основ речи, чему в немалой степени поспособствовало появление новых методов нейровизуализации, таких как функциональная магнитно-резонансная томография или диффузионно-взвешенная томография. Однако, несмотря на все свои преимущества, данные методики могут ограниченно применяться у детей, страдающих нарушениями психического и речевого развития. При этом сохраняется актуальность таких нейрофизиологических методик как электроэнцефалография и вызванные потенциалы головного мозга, которые позволяют оценить функциональную активность коры головного мозга, в том числе временные характеристики этой активности в ответ на предъявление стимула.

С 80-х годов прошлого века проводятся многочисленные исследования речевой функции с помощью метода вызванных потенциалов (ВП) [33]. Данный метод основан на записи электроэнцефалограммы (ЭЭГ), которая измеряет спонтанную ритмическую активность мозга. Вызванные потенциалы определяются как изменения биоэлектрической активности мозга, порождаемые определенными внешними воздействиями (стимулами). Суть исследований с использованием метода ВП заключается в предъявлении экспериментальных стимулов, одновременной фиксации сигнала ЭЭГ и последующей специальной его обработки для выделения ВП, сопровождающих реакцию мозга испытуемого на предъявленные стимулы [3]. Основное преимущество метода ВП – его высокое временное разрешение (частота дискретизации электрического сигнала составляет не менее 250 Гц). Вместе со специальным программным обеспечением это создает возможность анализа изменений паттернов ЭЭГ, отражающих восприятие отдельных звуков и морфем [11].

По времени возникновения акустические ВП подразделяются на коротколатентные, среднелатентные и длиннолатентные. Считается, что коротколатентные акустические ВП отражают обработку акустического сигнала на уровне ствола мозга, поэтому они имеют второе название – акустические ствольные вызванные потенциалы (АСВП). Среднелатентные акустические ВП (САВП) используются для диагностики нарушений слухоречевой функции значительно реже. Точное происхождение САВП неизвестно, хотя вначале предполагалась генерация ответа за счет первичной слуховой коры, однако имеются указания на большую «засоренность» ответов потенциалами немозговой природы – аудиогенным миорефлексом [3]. Оценка обработки акустического сигнала корой головного мозга осуществляется с

помощью анализа длиннолатентных акустических ВП (ДАВП).

Длиннолатентные акустические вызванные потенциалы (ДАВП). Для оценки самой начальной стадии анализа акустической информации обычно исследуются четыре компонента ДАВП: P100, N100, P200 и N200. Эти компоненты неспецифичны для языкового анализа и локализуются в области первичной слуховой коры [19, 44]. Комплекс P100, N100, P200 (или волна V) отражает процессы восприятия.

Следующая за ней, более поздняя волна N200, P300, N300 представляет собой комплекс, ответственный за опознавание, дифференцировку, запоминание и принятие решения [8]. Начальная фаза N200, связываемая с опознанием стимула, отражает процесс возбуждения в височной доле с одновременным подключением ассоциативных теменных долей, пик P300 связан с участием лобных долей. Таким образом, пик N200 определяет правильность опознания (соотнесение с шаблоном в памяти), P300 – принятие решения, и амплитуда N200/P300 – отражает объем задействованной оперативной памяти [6].

Стоит также выделить негативность несоответствия (рассогласования) (англ. mismatch negativity, MMN) – негативный потенциал, который достигает максимума через 160–220 мс и накладывается на компонент N200 [35]. Этот ВП характеризует восприятие стимулов, предъявляемых на слух, которые появляются с малой вероятностью в последовательности идентичных стимулов [10].

Отдельно следует перечислить ДАВП, которые отражают процесс анализа синтаксической и семантической составляющих речи. Ранняя левая фронтальная негативность (early left anterior negativity – ELAN), регистрируемая между 120 и 200 мс, отражает первичную фазу синтаксического анализа. Центропаритетальная негативность между 300 и 500 мс – компонент N400 – отражает семантический анализ. Левая фронтальная негативность (LAN) наблюдается между 300 и 500 мс, характеризует восприятие предложений с морфосинтаксическими аномалиями, в результате которых возникают трудности с приписыванием тематических ролей. Поздняя центропаритетальная позитивность (P600) отражает позднюю фазу синтаксического анализа.

Модель языкового анализа. На основе многочисленных нейрофизиологических исследований, посвященных изучению процесса языкового анализа [11, 21, 24] была предложена трехэтапная модель обработки головным мозгом языковой информации. На первом этапе (во временном окне 100–300 мс) автоматически определяется к какой части речи относится данное слово и может ли оно быть интегрировано в синтаксическую структуру предложения. Данный процесс отражает компонент N200. Если ключевое слово находится в начале предложения и несет синтаксическую аномалию наблюдается ELAN-эффект [21, 24, 27]. Затем следует второй этап языкового ана-

лиза. В случае если слово располагается в середине или конце предложения, и информация о его синтаксической принадлежности становится доступной позже, – анализ может протекать во втором временном окне (300–500 мс), что находит свое отражение в компоненте LAN (left anterior negativity) [21, 26, 47]. Параллельно с этими процессами происходит обработка лексико-семантической информации и встраивание значения слова в предшествующий контекст (потенциал N400) [21]. На третьем этапе (от 500 мс) происходит интеграция всех типов информации. При наличии синтаксических, а иногда и семантических аномалий возникает эффект P600, который вероятнее всего характеризует этап реанализа поступившей информации [21, 24, 26, 47].

Акустические стволые вызванные потенциалы (АСВП). Необходимо отметить, что регистрация АСВП имеет широкое применение как в нашей стране, так и за рубежом для исследования слуха у детей. Однако исследований с применением АСВП у детей с нарушениями психического и речевого развития гораздо меньше.

В зарубежной литературе выделяют два стволых ответа – акустические стволые вызванные потенциалы (АСВП) (auditory brainstem response, ABR) и потенциалы, воспроизводящие частоту (ПВЧ) (frequency-following response, FFR). АСВП – это ответ на короткие стимулы или стимулы с быстрым началом, отражает состояние слуховых стволых ядер разного уровня и состояние слухового нерва. ПВЧ – это ответ, синхронизированный с частотой тонального сигнала. Оба ответа регистрируются с поверхности кожи головы при предъявлении стимулов, во время теста исследуемые смотрят немое кино. Зарубежные исследования, изучающие АСВП, описывают увеличение латентности ответа у детей с СРР по сравнению с группой контроля [13, 36, 56]. М.Васу и соавт. [13] также изучали FFR-ответ. Полученные результаты показали, что в группе детей с СРР FFR-ответ наблюдался только при низкочастотных характеристиках. Эти данные позволяют сделать вывод о наличии сложностей с обработкой быстрых изменений частотных характеристик на уровне ствола мозга.

В отечественной литературе также можно встретить работы с применением метода АСВП для изучения особенностей обработки акустической информации у детей с нарушениями речи и общего развития. Так, в работе О.И.Ефимова и соавт. [4] были проанализированы АСВП на короткий тональный стимул у детей с расстройствами речи, аутизмом и трудностями в обучении. Результаты позволили обнаружить увеличение латентности VI пика у 81% детей с расстройствами аутистического спектра, у 69–72% детей с алалией и задержкой речевого развития и у 65% школьников с трудностями в обучении, что позволяет говорить о замедлении проведения и обработки акустической информации в структурах

слуховых трактов ствола мозга у данных категорий детей. Кроме того, анализ коротколатентных ВП может дать дополнительную информацию о функциональном состоянии центральной нервной системы детей при наличии перинатального поражения головного мозга. В исследовании П.Л.Соколова и соавт. [9] проводились МРТ головного мозга и АСВП детям с перинатальными поражениями головного мозга различной природы в периоде новорожденности. Во всех случаях изменения структуры мозговой ткани на МРТ сопровождались изменением характеристик нейрофизиологического сигнала. В большинстве случаев изменению подвергались амплитудные и конфигурационные параметры стволового ответа, что проявлялось в увеличении латентности и расщеплении отдельных компонентов ВП. По мнению авторов, использование такого параметра ответа, как расщепление компонента потенциала, позволяет учитывать десинхронизацию разряда нейронов ядра, а угнетение ответа говорит о снижении уровня их функциональной активности. В исследовании И.А.Колкер [5] анализировались как АСВП, так и длиннолатентные ВП у детей с нарушениями развития на фоне различных форм поражения ЦНС. Результаты исследования позволили выявить высокую специфичность АСВП в отношении диагностики поражения периферического звена слухового анализатора, слухового нерва, стволовых структур, независимо от возраста и степени контактности пациента. Изменения ВП характеризовались отсутствием всех или некоторых компонентов, увеличением их латентностей, снижением амплитуды, межауральной разницей латентностей и/или амплитуд, удвоением пиков, искажением их формы.

Исследование ДАВП. Исследования ДАВП у детей с СРР в ответ на тональные стимулы обнаруживают неоднозначные результаты. Некоторые исследования описывают измененные ВП у пациентов, такие как снижение амплитуды N100 или увеличение латентности P200 [25, 34, 40, 52, 53, 55]. Однако другие исследования не выявили значимых изменений ВП в ответ на тональные стимулы [36, 43]. Причина этих расхождений не ясна, хотя можно предположить несколько факторов, внесших вклад в эти противоречивые результаты. Например, разная степень выраженности СРР – изменения в ВП на тональные стимулы были обнаружены у пациентов с грубыми речевыми нарушениями [40, 52, 53]. Еще одной причиной может быть то, что нейрофизиологический ответ головного мозга на предъявляемый стимул меняется по мере созревания ЦНС и может зависеть от возраста участников эксперимента [1, 38]. Кроме того, различия в результатах также могут быть связаны с погрешностью измерения. Так, как было отмечено в исследованиях G.McArthur и D.V.M.Bishop [37], если N100 и P200 отсутствуют, то возникает почти линейная негативность от P100 до N200. Такое проявление активности может привести

к ошибочной трактовке P100 или N200 как N100 или P200 соответственно. Чтобы избежать ошибок, исследователи оценивали ВП во временном диапазоне от 128 до 256 мс (что соответствует области возникновения N100–P200–N200). В исследовании проводилось сравнение ВП в группе детей с СРР и в группе нормально развивающихся сверстников. Результаты показали, что в группе детей с СРР в сравнении с группой контроля имели место значительные изменения латентности и амплитуды данных компонентов ВП.

В 2005 году исследователи провели еще один эксперимент, в ходе которого изучались ВП в ответ на предъявление гласных звуков, сложных негармоничных тонов и чистых тонов у взрослых людей с СРР и без. Исследуемые с СРР продемонстрировали изменения в N100–P200 при предъявлении всех трех типов стимулов. В 2007 году, D.V.M.Bishop, M.Hardiman, R.Uwer, W.von Suchodoletz [15] было проведено схожее исследование в группе детей с СРР. В результате было выявлено, что у части детей с СРР имело место уплощение кривой в области N100–P200. G.McArthur и соавт. [39] продолжили серию исследований и провели эксперимент с расширенным списком стимулов (тоны, быстрые тоны, гласные звуки, слоги), включив помимо группы детей с СРР также группу сверстников с дислексией. Обе группы детей (с СРР и дислексией) продемонстрировали нетипичные компоненты N100 и P200 в сравнении с группой контроля. Также дети в обеих группах показали сниженную способность к чтению псевдослов.

Исследование, проведенное D.V.M.Bishop и G.McArthur в 2004 году [37], было направлено на проверку гипотезы о том, что пациенты с СРР имеют незрелый корковый ответ на слуховой стимул. Исследователи разделили детей с СРР на младшую группу (10–13 лет) и старшую группу (14–19 лет) и набрали две группы контроля в соответствии с возрастом. Проводилось сравнение ВП в ответ на одиночные тоны (25 мс 600 Гц) и парные тоны (25 мс 600 Гц за которым следует 55 мс 1000 Гц). Межстимульный интервал в парных тонах систематически менялся. Исследование показало, что при небольшом межстимульном интервале (20–50 мс) ВП в группе нормально развивающихся детей младшего возраста не имеют различий для одиночных и парных тонов, тогда как различие в ВП возникало при межстимульном интервале 150 мс. В противоположность, в группе детей старшего возраста имел место отчетливый ответ на второй тон в паре при межстимульном интервале 50 мс. В подтверждение гипотезы было обнаружено, что ВП участников с СРР из старшей группы схожи с таковыми в группе контроля младшего возраста.

Исследование, проведенное И.А.Колкер [5], изучало длиннолатентные ВП у детей с нарушениями развития на фоне различных форм поражения ЦНС. Полученные данные позволили автору сделать

вывод, что среди детей с перинатальной патологией нередко имеет место избирательное восприятие различных звуковых частот, что проявляется в полном отсутствии или нерегулярности корковых ВП на определенные частоты.

Негативность несоответствия (MMN). Исследования, посвященные компоненту MMN у пациентов с нарушениями речи, занимают существенную позицию в иностранной литературе. Одно из первых исследований MMN было проведено P.Korpilahti, H.Lang [29]. Исследователи обнаружили, что у детей с CPP имеет место редуцированный компонент MMN в сравнении со здоровыми сверстниками при анализе стандартных и девиантных стимулов, различающихся частотой (500 и 533 Гц), когда стимулы различались по длительности. Компонент MMN был аналогичен таковому в группе контроля, только когда разница в длительности была значительной (50 и 500 мс). Аналогичные результаты были получены I.Holopainen и соавт. [28].

В работе N.Kraus и соавт. [30] впервые была использована эта парадигма для группы детей с трудностями в обучении. Результаты выявили редуцированный компонент MMN при предъявлении синтетических слогов [da] и [ga]. Так как результат не зависел от внимания или активного участия, это послужило доказательством того, что как минимум некоторые из нарушений восприятия, обнаруженные у схожих детей в ранних исследованиях, не являлись следствием нарушения сотрудничества ребенка или сложности задания. В последующем исследовании была увеличена длительность формантных переходов (от 40 до 80 мс), в результате чего было выявлено увеличение амплитуды MMN у детей с трудностями в обучении и большее сходство в нейрофизиологических ответах этих детей и детей из группы контроля [16].

В другом исследовании, R.Uwer и соавт. [54] использовали в качестве стимулов тоны и слоги (да-га, да-ба и т.д.). Анализ компонента MMN показал, что при использовании тона в качестве стимула, значимых различий между группой детей с CPP и группой контроля найдено не было, в независимости различались ли тоны частотой или длительностью. Однако при использовании слогов в качестве стимулов, дети с CPP демонстрировали сниженную амплитуду MMN по сравнению с группой контроля.

V.Shafer и соавт. [48] проводили изучение влияния активного и пассивного тестирования компонента MMN. Часть обследуемых просто смотрели немое кино в момент предъявления стимулов, другую группу исследователи попросили слушать последовательность стимулов и нажимать на кнопку при появлении девиантного стимула. В группе контроля компонент MMN возникал при активном и пассивном выполнении задания. Также дети из группы контроля демонстрировали наличие, так называемой, поздней негативности во временном диапазоне от

300 до 500 мс после начала стимула. Дети с CPP также демонстрировали наличие поздней негативности как в активном, так и в пассивном тесте, но в данной группе отсутствовал компонент MMN.

В последующем, H.Datta и соавт. [18] снова исследовали эффект MMN в тестах активного и пассивного прослушивания. В этом эксперименте они использовали гласные длительностью 250 мс. Компонент MMN обнаруживался в обеих группах в ходе активного и пассивного прослушивания.

Н.А.Савельева и соавт. [8] проводили анализ когнитивных вызванных потенциалов у детей с расстройством экспрессивной речи и у нормально развивающихся детей. Изучались такие компоненты ВП как MMN и P300. Исследование показало, что характерным для детей с расстройством экспрессивной речи является значительное удлинение латентности P300, что свидетельствует о нарушениях в процессах дифференцировки, запоминания и принятия решения. У четырех детей с речевыми нарушениями полностью отсутствовал ответ в обоих полушариях, что может свидетельствовать о нарушениях процессов восприятия, опознавания и дальнейшей дифференцировки стимулов. Вклад гиппокампа в формирование P300 и его влияние на мнестические процессы позволяет сделать вывод о снижении объема оперативной памяти у детей с расстройством экспрессивной речи.

Метаанализ, проведенный T.Kujalaa, M.Leminena [31] позволил авторам сделать вывод, что компонент MMN у детей с CPP отличается по латентности и амплитуде от такового у нормально развивающихся сверстников, отражая сложности как с различением гласных и согласных звуков, так и частот и длительности тонов. Кроме того, результаты позволяют говорить, что дети с CPP хуже, чем нормальные сверстники различают зашумленные звуки, а также имеют сложности с формированием сенсорной памяти, в случае если стимулы подаются через длительный промежуток времени.

Родители детей с CPP также были объектом исследований [42]. В ходе предъявления тоновых и речевых стимулов родители детей с CPP продемонстрировали отсутствие отличий в компоненте N100 в сравнении с родителями обычных детей. Однако родители детей с CPP обнаружили большую латентность компонента P300, вовлеченного в более высокоорганизованную когнитивную деятельность. Исследователи отметили, что такой же паттерн (нормальный N100, но отсроченный P300) наблюдается у детей с CPP по сравнению с нормально развивающимися сверстниками.

Семантический анализ. Наиболее часто исследуемой компонентой ВП для оценки протекания семантического анализа у детей с CPP является N400. Потенциал N400 представляет собой негативность на промежутке приблизительно 300–500 мс и характеризует каждый стимул некой последовательности

стимулов – то есть каждое слово в предложении. Но если слово семантически связано с предшествующим контекстом предложения, этот компонент будет ниже по амплитуде, чем в том случае, если ключевое слово с контекстом не связано. Иными словами, сам контекст влияет на амплитуду N 400: она уменьшается пропорционально тому, насколько контекст облегчает понимание стимула [32]. Увеличение же амплитуды этого компонента отражает сложности интеграции стимула в контекст. Самым распространенным тестом является анализ восприятия ключевого слова в предложении, ведущего к семантическим аномалиям. Еще одним часто используемым тестом является предъявление картинок с подписями, которые могут соответствовать или не соответствовать содержанию картинки. Один из первых экспериментов, направленных на изучение изменения компонента N400 у детей с СРР был проведен Н.Neville и соавт. [40]. В ходе исследования было обнаружено, что и дети с СРР и здоровые дети из группы контроля демонстрировали увеличение амплитуды N400 при восприятии слов, ведущих к семантическим аномалиям, более того, амплитуда этого компонента была выше у детей с СРР.

В ходе другого исследования, проведенного В.Sabisch и соавт. [45], были получены противоположные результаты: эффект N400 наблюдался только в группе контроля, у детей с СРР он не был обнаружен. Еще одно исследование [20] выявило отсутствие каких-либо отличий в компоненте N400 у детей с СРР и в группе контроля. С.Weber-Fox и соавт. [55] также не обнаружили каких-либо различий в этой компоненте ВП между группой подростков с СРР и группой контроля. Изменения N400 при восприятии слов, соответствующих или несоответствующих предъявляемым картинкам, были исследованы А.Cummings, R.Seronienè [17] – амплитуда N400 у детей с СРР не отличалась от таковой в группе контроля. Однако латентность потенциала N400 была значительно больше в группе детей с СРР. В исследовании, проведенном L.Archibald, M.Joanisse [12] также не было обнаружено отличий в амплитуде N400 в ходе выполнения испытуемыми заданий на лексическое несоответствие. Некоторые исследователи занимались изучением родителей детей с СРР [41]. Исследование восприятия ключевых слов, ведущих к семантическим аномалиям, показало, что амплитуда N400 была значительно меньше у отцов детей с СРР чем в группе контроля, тогда как амплитуда этого компонента ВП у матерей не отличалась от таковой в группе контроля. Также в этом исследовании было обнаружено, что большая часть отцов детей с СРР имело историю аномального языкового развития.

Анализ грамматической структуры. Исследования, изучающие процесс грамматического анализа у детей с СРР, рассматривали изменение компонент ELAN и P600 при восприятии предложений с син-

таксическими аномалиями. Н.Neville и соавт. [40] обнаружили, что в группе детей с СРР фронтальная негативность имела большую амплитуду в правых отведениях, тогда как в контрольной группе амплитуда этого компонента была больше в левых отведениях. В исследованиях V.Shafer и соавт. [49] также была показана правосторонняя полушарная асимметрия у детей с СРР. E.Fonteneau, H.van der Lely [20] в своем исследовании обнаружили, что испытуемые с СРР в возрасте от 10 до 21 года при восприятии предложений с синтаксическими аномалиями демонстрировали наличие эффекта P600, но отсутствие компонента ELAN, тогда как в контрольной группе имели место оба компонента. С учетом полученных результатов было выдвинуто предположение, что у лиц с СРР наибольшие трудности вызывает процесс первичного синтаксического анализа (проявляющийся компонентом ELAN), имеющий значительную степень автоматизации у обычных людей. В этом исследовании также было обнаружено возникновение у пациентов с СРР компонента N400 при восприятии предложений с синтаксическими аномалиями. Исследователи предположили, что у лиц с СРР имеет место процесс включения нейрональных сетей, участвующих в семантическом анализе в качестве компенсации нарушений в процессе первичного синтаксического анализа. В исследовании В.Sabisch и соавт. [46] изучалось влияние просодики на процесс грамматического анализа у детей с СРР. В ходе эксперимента испытуемым предъявлялись предложения с просодическими аномалиями, связанными с синтаксическими нарушениями. В обеих группах (дети с СРР и нормально развивающиеся сверстники) было обнаружено увеличение амплитуды P600. Однако в отличие от группы контроля, у детей с СРР не было обнаружено правой фронтальной негативности, которая обычно отражает анализ просодической стороны речи. С.Weber-Fox и соавт. [55] для оценки грамматического анализа речи использовали предложения, содержащие нарушения согласования между существительным и глаголом. Испытуемые должны были прослушать предложение и решить, является ли оно грамматически правильным. В ходе эксперимента было выявлено, что подростки с СРР имели менее выраженный эффект P600 по сравнению с группой контроля.

Исследование функции активного слухового внимания. Характеристики внимания детей с СРР также были объектом исследования с помощью метода ВП. С.Stevens и соавт. [51] изучали одну из форм внимания – активное слуховое внимание. В эксперименте детей просили слушать одного из рассказчиков (один звучал из динамика справа, другой из динамика слева). Периодически то на один, то на другой рассказ накладывались дополнительные стимулы (слог «ба» или жужжание). В группе обычно развивающихся детей в ответ на дополнительные стимулы наблюдалась длительная позитив-

ность с началом около 100 мс, которая была больше по амплитуде если зашумлялся тот рассказ, который ребенок активно слушал. Однако в группе детей с СРР амплитуда была одинаковой вне зависимости от того какой рассказ зашумлялся. Этот эксперимент позволил сделать вывод, что разница между группами была обусловлена не сложностями с подавлением ненужной информации, а с недостаточным усилением сигнала, которое должно наблюдаться при активном восприятии информации.

Аналогичное задание было использовано в исследовании С.Stevens и соавт. [50]. В этом исследовании дети с СРР и группа контроля участвовали в 30 дневной коррекционной программе в течение 6 недель. Тест на активное слуховое внимание проводился всем детям до и после коррекционной программы. Кроме того, была набрана вторая группа контроля, не участвующая в коррекционной программе. В первичном исследовании, дети с СРР обнаруживали одинаковую амплитуду позитивности вне зависимости от того какой рассказ зашумлялся, тогда как обе группы нормально развивающихся детей демонстрировали большую амплитуду позитивности около 100 мс, если зашумлялся тот рассказ, который ребенок активно слушал. Через шесть недель коррекционной работы ВП детей с СРР были аналогичны таковым у здоровых сверстников.

Использование метода ВП с целью раннего выявления патологии речевого развития. В последние годы проводятся исследования в целях уточнения возможности применения метода ВП для раннего выявления детей из группы риска по развитию СРР. М.Friedrich и соавт. [23] исследовали 2 месячных младенцев с отягощенной и неотягощенной наследственностью по СРР. В исследовании применялась обычная парадигма «oddball» для оценки компонента MMN – стандартные стимулы в виде слога [ба] продолжительностью 341 мс и девиантный стимул в виде укороченного (202 мс) слога [ба]. Одной из важных находок было то, что дети из обеих групп демонстрировали эффект MMN в ответ на девиантный стимул, особенно если девиантной была длинная версия [ба], но латентность этого компонента была больше у детей с семейной историей СРР. Из полученных данных авторы сделали вывод, что для детей с отягощенным анамнезом по СРР были необходимы большие усилия для выявления девиантного стимула, чем для группы контроля. А.Benasich и соавт. [14] исследовали компонент MMN у шестимесячных детей с отягощенной и неотягощенной наследственностью по СРР, а потом проводили катамнестическое исследование этих детей в возрасте двух лет. Стимулы представляли собой

сложные тоны частотой 100 и 300 Гц, предъявляемые в парах. Стандартная пара содержала оба стимула по 100 Гц, девиантная – стимулы частотой 100 и 300 Гц. Дети с семейной историей СРР демонстрировали большую латентность негативной волны на 250 мс и редуцированную амплитуду позитивной волны в промежутке от 160 до 400 мс после начала второго стимула в девиантной паре по сравнению с детьми, не имеющими отягощенной наследственности по СРР. При катамнестическом исследовании были обнаружены корреляции между латентностью возникающего ответа и показателями теста на развитие экспрессивной речи – у детей с семейной историей СРР баллы по тесту были ниже, чем у контрольной группы. Однако, суммарное количество баллов по тесту у детей с отягощенным анамнезом находилось в рамках нормы. М.Friedrich, А.D.Friederici [22] в 2006 году изучали вызванные потенциалы у 19-месячных детей при прослушивании слов соответствующих или несоответствующих предъявляемым картинкам. В возрасте 30 месяцев этим детям проводилось тестирование на уровень речевого развития. С учетом тестовых оценок дети были поделены на две группы – группу риска по СРР и группу нормально развивающихся детей. Затем исследователи провели ретроспективный анализ ВП в обеих группах. Результаты показали, что в группе нормально развивающихся детей наблюдался компонент, напоминающий N400 при восприятии несоответствующих картинкам слов, тогда как у детей из группы риска по СРР такого ответа обнаружено не было.

Заключение

Таким образом, для детей с СРР характерны атипичный электрофизиологический ответ на аудиторные стимулы, при этом интересным кажется дальнейший анализ корреляций между уровнем нарушения речевого процессинга и особенностями клинических проявлений СРР. Однако необходимо отметить, что применительно к СРР отсутствует общепринятый протокол исследования акустических ВП, а также нет рекомендаций по параметрам стимуляции, записи и расположению электродов [2]. В то же время актуальной остается задача раннего выявления нарушений рецептивной речи у детей в целях своевременной коррекции расстройства. Дальнейшие исследования с применением метода вызванных потенциалов могли бы помочь в решении данной проблемы. Более того, применение методики акустических ВП позволяет более точно определять уровень поражения при ЦСР, что способствует лучшему пониманию патогенеза расстройства и дифференцированному подходу при дефектологической коррекции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алиева Т.А., Алядинова Э.И., Павленко В.Б. Лонгитюдное исследование возрастной динамики характеристик вызванных потенциалов у школьников 10–12 лет // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: Биология, химия. 2012. Т. 25. № 3. С. 3–10.
2. Бобошко М.Ю., Гарбарук Е.С., Жилинская Е.В., Салахбеков М.А. Центральные слуховые расстройства (обзор литературы) // Рос. оториноларингология. 2014. № 5. С. 87–98.
3. Гнездицкий В.В. Вызванные потенциалы мозга в клинической практике. Таганрог: ТРТУ, 1997. 252 с.
4. Ефимов О.И., Ефимова В.Л., Рожков В.П. Нарушение скорости проведения слуховой информации в структурах ствола мозга у детей с расстройствами развития речи и трудностями в обучении // Сенсорные системы. 2014. Т. 28. № 3. С. 36–44.
5. Колкер И.А. Применение метода зрительных и слуховых вызванных потенциалов мозга в детской неврологии // Международный медицинский журнал. 2003. № 2. С. 48–52.
6. Лазарев И.Е., Брызгалов Д.В., Осокина Е.С., Вязовцева А.А., Антоненко А.С., Архипова Е.А., Чернышев Б.В. Слуховые вызванные потенциалы при сбое внимания // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П.Павлова. 2014. Т. 64. № 3. С. 292–303.
7. Макаров И.В., Емелина Д.А. Нарушения речевого развития у детей // Социальная и клиническая психиатрия. 2017. Т. 27. № 4. С. 101–105.
8. Савельева Н.А., Анисимов Г.В., Калашникова Т.П. Показатели когнитивных вызванных потенциалов у детей с речевым дизонтогенезом // Фундаментальные исследования. 2015. № 1–2. С. 346–349.
9. Соколов П.Л., Климчук О.В., Лапшина Н.В., Томилина Н.С. Нейровизуализационная и нейрофизиологическая оценка состояния головного мозга у детей с перинатальными поражениями центральной нервной системы в периоде новорожденности // Acta Biomedica Scientifica. 2018. Т. 3. № 1. С. 89–92.
10. Шестопалова Л.Б., Петропавловская Е.А., Семенова В.В., Никитин Н.И. Негативность рассогласования при предъявлении амплитудно-модулированных звуковых сигналов // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П.Павлова. 2018. Т. 68. № 2. С. 190–203.
11. Юрченко А.Н. Восприятие референциально неоднозначных выражений русского языка: данные связанных с событиями потенциалов мозга: Автореф. дисс. ... канд. филол. наук: 10.02.19. Москва, 2017. 24 с.
12. Archibald L., Joanisse M. Atypical neural responses to phonological details in children with developmental language impairments // *Develop. Cogn. Neurosci.* 2012. Vol. 2. P. 139–151.
13. Basu M., Krishnan A., Weber-Fox C. Brainstem correlates of temporal auditory processing in children with specific language impairment // *Develop. Sci.* 2010. Vol. 13. P. 7–91.
14. Benasich A., Choudhury N., Friedman J., Realpe-Bonilla T., Chojnowska C., Gou Z. The infant as a prelinguistic model for language learning impairments: Predicting from event-related potentials to behavior // *Neuropsychologia*. 2006. Vol. 44. P. 396–411.
15. Bishop D.V.M., Hardiman M., Uwer R., Von Suchodoletz W. Atypical longlatency auditory event-related potentials as a subset of children with specific language impairment // *Develop. Sci.* 2007. Vol. 10. P. 576–587.
16. Bradlow A., Kraus N., Nicol T., McGee T., Cunningham J., Zecker S. et al. Effects of lengthened formant transition duration on discrimination and neural representation of synthetic CV syllables by normal and learning-disabled children // *J. Acoustical Society of America*. 1999. Vol. 106. P. 2086–2096.
17. Cummings A., Čeponienė R. Verbal and nonverbal semantic processing in children with developmental language impairment // *Neuropsychologia*. 2010. Vol. 48. P. 77–85.
18. Datta H., Shafer V., Morr M., Kurtzberg D., Schwartz R. Electrophysiological indices of discrimination of long-duration phonetically similar vowels in children with typical and atypical language development // *J. Speech, Language, Hearing Res.* 2010. Vol. 53. P. 757–777.
19. Diesch E., Eulitz C., Hampson S., Ross B. The neurotopography of vowels as mirrored by evoked magnetic field measurements // *Brain Lang.* 1996. Vol. 53. P. 143–168.
20. Fonteneau E., van der Lely H. Electrical brain responses in language-impaired children reveal grammar-specific deficits // *PLoS ONE*. 2010. Vol. 3. P. 1832.
21. Friederici A.D. The Brain Basis of Language Processing: From Structure to Function // *Physiol. Rev.* 2011. Vol. 91. P. 1357–1392.
22. Friedrich M., Friederici A. Early N400 development and later language acquisition // *Psychophysiology*. 2006. Vol. 43. P. 1–12.
23. Friedrich M., Weber C., Friederici A. Electrophysiological evidence for delayed mismatch response in infants at-risk for specific language impairment // *Psychophysiology*. 2004. Vol. 41. P. 772–782.
24. Frisch S., Hahne A., Friederici A.D. Word category and verb-argument structure information in the dynamics of parsing // *Cognition*. 2004. Vol. 91. P. 191–219.
25. Gilley P., Sharma A., Dorman M., Martin K. Abnormalities in central auditory maturation in children with language-based learning problems // *Clin. Neurophysiol.* 2005. Vol. 117. P. 1949–1956.
26. Gunter T.C., Friederici A.D., Schriefers H.J. Syntactic gender and semantic expectancy: ERPs reveal early autonomy and late interaction // *J. Cogn. Neurosci.* 2000. Vol. 12. P. 556–568.
27. Hahne A., Friederici A.D. Differential task effects on semantic and syntactic processes as revealed by ERPs // *Cogn. Brain Res.* 2002. Vol. 13 (3). P. 339–356.
28. Holopainen I., Korpilähti P., Juottonen K., Lang H., Sillanpää M. Attenuated auditory event-related potentials (mismatch negativity) in children with developmental dysphasia // *Neuropediatrics*. 1997. Vol. 28. P. 253–256.
29. Korpilähti P., Lang H. Auditory ERP components and mismatch negativity in dysphasic children // *Electroencephal. Clin. Neurophysiol.* 1994. Vol. 91. P. 256–264.
30. Kraus N., McGee T.J., Carrell T.D., Zecker S.G., Nicol T.G., Koch D.B. Auditory neurophysiologic responses and discrimination deficits in children with learning problems // *Science*. 1996. Vol. 273. P. 971–973.
31. Kujala T., Leminen M. Low-level neural auditory discrimination dysfunctions in specific language impairment – a review on mismatch negativity findings // *Develop. Cogn. Neurosci.* 2017. Vol. 28. P. 65–75.
32. Kutas M., van Petten C., Kluender R. *Psycholinguistics Electrified II (1994–2005)* / M.A. M.T.Gernsbacher (Ed.) // *Handbook of Psycholinguistics*. Second Ed. Elsevier. 2006. 1184 p.
33. Leonard L.B. *Children with specific language impairment*. Second Ed. Cambridge, MA: MIT Press, 2014. 480 p.
34. Lincoln A., Courchesne E., Harms L., Allen M. Sensory modulation of auditory stimuli in children with autism and receptive developmental language disorder: event-related brain potential evidence // *J. Autism Develop. Dis.* 1995. Vol. 25. P. 521–539.
35. Luck S.J. *An introduction to the event-related potential technique*. N.Y.: A Bradford Book, 2014. 416 p.
36. Marler J., Champlin C., Gillam R. Auditory memory for backward masking signals in children with language impairment // *Psychophysiology*. 2002. Vol. 39. P. 767–780.
37. McArthur G., Bishop D.V.M. Which people with specific language impairment have auditory processing deficits? // *Cogn. Neuropsychol.* 2004. Vol. 21. P. 79–94.
38. McArthur G., Bishop D.V.M. Speech and non-speech processing in people with specific language impairment: A behavioral and electrophysiological study // *Brain Language*. 2005. Vol. 94. P. 260–273.
39. McArthur G., Atkinson C., Ellis D. Atypical brain responses to sounds in children with specific language and reading impairments // *Develop. Cogn. Neurosci.* 2009. Vol. 12. P. 768–783.
40. Neville H., Coffey S., Holcomb P., Tallal P. The neurobiology of sensory and language processing in language-impaired children // *J. Cogn. Neurosci.* 1993. Vol. 5. P. 235–253.
41. Ors M., Lindgren M., Berglund C., Häggglund K., Rosén I., Blennow G. The N400 component in parents of children with specific language impairment // *Brain Language*. 2001. Vol. 77. P. 60–71.
42. Ors M., Lindgren N., Blennow G., Rosén I. Auditory event-related potentials in parents of children with specific language impairment // *Eur. J. Paediatric Neurol.* 2002. Vol. 6. P. 249–260.
43. Ors M., Lindgren N., Blennow G., Nettelbladt U., Sahlén B., Rosen I. Auditory event-related potentials in children with specific language impairment // *Eur. J. Paediatric Neurol.* 2002. Vol. 6. P. 47–62.
44. Poeppel D., Phillips C., Yellin E., Rowley H.A., Roberts T.P., Marantz A. Processing of vowels in supratemporal auditory cortex // *Neurosci Lett.* 1997. Vol. 221. P. 145–148.
45. Sabisch B., Hahne A., Glass E., Von Suchodoletz W., Friederici A. Lexical-semantic processes in children with specific language impairment // *Neuroreport*. 2006. Vol. 17. P. 1511–1514.
46. Sabisch B., Hahne A., Glass E., Von Suchodoletz W., Friederici A. Children with specific language impairment: The role of prosodic processing in explaining difficulties in processing syntactic information // *Brain Res.* 2009. Vol. 1261. P. 37–44.
47. Sabourin L., Stowe L.A. Memory effects in syntactic ERP tasks // *Brain Cognition*. 2004. Vol. 55. P. 392–395.
48. Shafer V., Morr M., Datta H., Kurtzberg D., Schwartz R. Neurophysiological indexes of speech processing deficits in children with specific language impairment // *J. Cogn. Neurosci.* 2005. Vol. 17. P. 1168–1180.

49. Shafer V., Schwartz R., Morr M., Kessler K., Kurtzberg D. Deviant neurophysiological asymmetry in children with language impairment // Neuroreport. 2000. Vol. 11. P. 3715–3718.
50. Stevens C., Fanning J., Coch D., Sanders L., Neville H. Neural mechanisms of selective auditory attention are enhanced by computerized training: Electrophysiological evidence from language-impaired and typically developing children // Brain Res. 2008. Vol. 1205. P. 55–69.
51. Stevens C., Sanders L., Neville H. Neurophysiological evidence for selective auditory attention deficits in children with specific language impairment // Brain Res. 2006. Vol. 1111. P. 143–152.
52. Tonnquist-Uhlen I. Topography of auditory evoked long-latency potentials in children with severe language impairment. The P2 and N2 components // Ear and Hearing. 1996. Vol. 17. P. 314–326.
53. Tonnquist-Uhlen I., Borg E., Persson H., Spens K. Topography of auditory evoked cortical potentials in children with severe language impairment: The N1 component // Evoked Potentials. 1996. Vol. 100. P. 250–260.
54. Uwer R., Albrecht R., Von Suchodoletz W. Automatic processing of tones and speech stimuli in children with specific language impairment // Develop. Med. Child Neurol. 2002. Vol. 44. P. 527–532.
55. Weber-Fox C., Leonard L., Hampton W.A., Tomblin J.B. Electrophysiological correlates of rapid auditory and linguistic processing in adolescents with specific language impairment // Brain Language. 2010. Vol. 115. P. 162–181.
56. Wible B., Nicol T., Kraus N. Correlations between brainstem and cortical auditory processes in normal and language-impaired children // Brain. 2005. Vol. 128. P. 417–423.

МЕТОДИКА ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ ГОЛОВНОГО МОЗГА В ИССЛЕДОВАНИИ СПЕЦИФИЧЕСКИХ РАССТРОЙСТВ РЕЧИ У ДЕТЕЙ

Д.А. Емелина, И.В. Макаров, Р.Ф. Гасанов

В статье приводится обзор отечественной и зарубежной литературы, посвященной изучению метода вызванных потенциалов головного мозга для оценки функции акустического анализа у детей со специфическими расстройствами речевого развития (СРР). В статье показано, что несмотря на долгую историю применения метода, перспективы его использования для диагностики детей с нарушениями развития до конца не раскрыты. Имеющиеся данные позволяют говорить о том, что у детей с СРР в большинстве случаев наблюдается изменение характеристик

акустических вызванных потенциалов по сравнению с нормально развивающимися сверстниками. В свете имеющихся данных представляются перспективными дальнейшие исследования акустических вызванных потенциалов у детей с СРР, направленные на выявление уровня нарушения и изучение его связи с клиническими проявлениями.

Ключевые слова: акустические вызванные потенциалы головного мозга, специфическое расстройство речи, дети, центральное слуховое расстройство, импрессивное расстройство речи.

THE METHOD OF EVOKED POTENTIALS IN THE STUDY OF SPECIFIC SPEECH DISORDERS IN CHILDREN

D.A. Emelina, I.V. Makarov, R.F. Gasanov

The paper provides a review of Russian and foreign scientific literature on the appliance of the method used event-related potentials (ERP) for investigation the features of language processing in children with specific language impairment (SLI). Authors indicate, that in spite of long-term use of this method, perspectives of its appliance in diagnostics of children with developmental disorders still remain undisclosed. Recent data suggest that children with SLI in most cases demonstrate altered or atypical

ERP-responses for auditory stimuli in compare with typically developing peers. In light of this available information, further investigation of auditory ERP in children seems promising to identify the level of violation and its relation to clinical manifestation.

Key words: auditory event related potentials, specific language impairment, children, central auditory disorder, receptive language disorder.

Емелина Дарья Андреевна – кандидат медицинских наук, младший научный сотрудник отделения детской психиатрии Национального медицинского исследовательского центра психиатрии и неврологии им.В.М.Бехтерева; e-mail: dashaberkos@mail.ru

Макаров Игорь Владимирович – доктор медицинских наук, профессор, руководитель отделения детской психиатрии Национального медицинского исследовательского центра психиатрии и неврологии им. В.М.Бехтерева, профессор кафедры психиатрии и наркологии Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И.Мечникова, главный внештатный детский специалист-психиатр МЗ РФ в Северо-Западном федеральном округе; e-mail: ppsy@list.ru

Гасанов Рауф Фаикович – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник отделения детской психиатрии Национального медицинского исследовательского центра психиатрии и неврологии им.В.М.Бехтерева; e-mail: raufgasanov@mail.ru

Подписывайтесь на наш журнал
в местных почтовых отделениях связи

Индекс журнала 73358

Адрес редакции:
107076, МОСКВА, ПОТЕШНАЯ УЛ. 3,
МОСКОВСКИЙ НИИ ПСИХИАТРИИ

РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ И КЛИНИЧЕСКАЯ ПСИХИАТРИЯ»
Тел. (495) 963-76-63