

УДК 612.822.3.08

Т. А. АЛИЕВА¹, Е. В. ЭЙСМОНТ¹, В. Б. ПАВЛЕНКО¹

ОНТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫЗВАННОЙ ЭЭГ-АКТИВНОСТИ У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ ШЕСТИ–16 ЛЕТ

Поступила 30.06.12

¹ Таврический национальный университет им. В. И. Вернадского, Симферополь (АР Крым, Украина).

Эл. почта: chadess@mail.ru (Т. А. Алиева);

jema07@mail.ru (Е. В. Эйсмонт);

pavlenkovb@crimea.edu (В. Б. Павленко).

Изучали особенности возрастной динамики амплитудно-временных характеристик вызванных ЭЭГ-потенциалов (ВП) и связанных с событием потенциалов (ССП), зарегистрированных в рамках go/no-go-парадигмы, у детей и подростков шести–16 лет. Были выявлены ряд значимых корреляций возраста испытуемых и характеристик ВП и ССП. С возрастом латентные периоды компонентов P1 (в лобных и центральных областях), N1 (практически по всей поверхности головы), P2 (в лобном, височном и центральном отведениях левого полушария, а также в височном и затылочном отведениях правого полушария) и волны P300 (в центральных областях обоих полушарий) демонстрировали отчетливые тенденции к сокращению. С возрастом в целом увеличивались амплитуды P2 (в лобных, центральных, теменных областях обоих полушарий и правой височной области), N1–P2 (в лобных, центральных и теменных областях) и условной негативной волны (в левом центральном отведении); отмечалось также снижение амплитуды компонента N2, достигавшее значимой величины в левом затылочном отведении. Кроме того, повышалась эффективность работы, что проявлялось в уменьшении среднего времени сенсо-моторной реакции, количества ошибок пропуска значимых стимулов и количества “ложных” нажатий. Таким образом, с возрастом амплитудно-временные характеристики ряда компонентов ВП и ССП у детей и подростков шести–16 лет изменяются; эти сдвиги отражают процессы созревания головного мозга и становления когнитивных функций.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: вызванные потенциалы (ВП), волна P300, условная негативная волна (УНВ), онтогенетические изменения, go/no-go-парадигма, дети.

ВВЕДЕНИЕ

Выявление особенностей становления паттерна ЭЭГ-потенциалов в онтогенезе человека является чрезвычайно актуальным аспектом электроэнцефалографических исследований, поскольку характеристики данной электрической активности в значительной степени коррелируют с реализацией когнитивных процессов и эффективностью осуществляемой деятельности; следовательно, они отражают степень адекватности процессов созревания мозга. В ряде работ [1–5] было показано, что параметры вызванных и связанных с событием потенциалов (ВП и ССП соответственно) тесно связаны с характеристиками внимания, памяти и рядом когнитивных процессов, а также с уровнем тревожности индивида. Считается, что наиболее информативными в аспекте определения особенностей процессов переработки информации на уровне высших отделов ЦНС являются условная негативная волна (УНВ) и потенциал P300, на основании параметров которых рядом исследователей строились так называемые кривые старения [6]. Данные, накопленные в результате исследований функционального значения других средне- и длиннотентных компонентов ВП и их изменений в зависимости от различных факторов, в значительной степени разрозненны и противоречивы. В литературе в настоящее время отсутствует единое мнение относительно возрастных норм амплитудно-временных параметров ВП у человека. Кроме того, в каждый из отдельных периодов онтогенеза развитие компонентов ВП и ССП подчиняется неидентичным закономерностям [6, 7].

В настоящее время подвергается пересмотру долго существовавшее мнение о том, что постепенно формирующаяся электрическая активность мозга ребенка в целом достигает общего вида, характерного для взрослого человека, уже к началу пубертатного периода. Результаты современных исследований показывают, что возрастные изменения электрической активности мозга происходят в течение всего периода от рождения до юношеского возраста, а индивидуально-специфический паттерн ЭЭГ-потенциалов складывается лишь к

15–18 годам [8]. Эти процессы определяются в первую очередь развитием коры больших полушарий, однако весомый вклад в индивидуальную специфику становления паттерна ВП вносят и влияния среды. Школьный возраст является критическим в данном отношении, поскольку в указанный период не только происходит накопление значительного объема новых знаний, но также интенсивно реализуются процессы синтеза и анализа информации и развиваются такие когнитивные функции, как память и селективное внимание [9]. При этом весьма часто возникает необходимость оценки темпов развития упомянутых функций в целях уточнения диапазонов ряда патогенетического или пограничных состояний, таких как синдром дефицита внимания и гиперактивности, повышенная тревожность и т. д. Естественным затруднением в ходе оценки психофизиологического состояния детей и подростков является остающийся открытым вопрос об эталонных значениях объективных коррелятов психических феноменов у детей и подростков, в частности характеристик ВП. Кроме того, учитывая существование различий между методиками отведения ВП, немаловажное значение имеет выбор такой парадигмы регистрации ЭЭГ-потенциалов, которая позволила бы наиболее полно оценить состояние когнитивной сферы у обследуемых.

Очевидно, что относительно несложные задания не задействуют в достаточно полной мере ресурсы мозга, обеспечивающие переработку информации. Поэтому использование таких заданий является недостаточно корректным при изучении вопроса развития высших психических функций. Согласно ряду литературных источников [5, 10–12], выполнение go/no-go-теста с параллельным отведением ВП позволяет относительно дифференцированно оценить уровень развития памяти и произвольного внимания, а также диагностировать различные нервно-психические нарушения, в том числе тревожные расстройства. Таким образом, go/no-go-тест может рассматриваться как ситуация, требующая вовлечения значительной части когнитивных ресурсов мозга.

С учетом вышеизложенного в настоящей работе мы изучали возрастную динамику характеристик ВП, зарегистрированных в рамках go/no-go-парадигмы, у школьников шести–16 лет.

МЕТОДИКА

В исследовании приняли участие 110 практически здоровых детей и подростков школьного возраста (шести–16 лет). Из общего числа испытуемых девять были левшами, остальные – правшами. Поскольку количество леворуких детей было относительно невелико, то в дальнейшем параметры ВП и ССП левшей рассматриваются вместе с соответствующими показателями у остальных детей.

ВП и ССП регистрировали согласно двустимульной go/no-go-парадигме. Испытуемым предъявляли 30 пар акустических стимулов. Пары состояли из тональных посылок различной частоты с интервалами по 2 с внутри пары и 4 с между парами. Пары акустических стимулов подавали в случайном порядке с одинаковой (приближающейся к 50 %) вероятностью предъявления как высокого, так и низкого тона. Задача, которая ставилась перед испытуемыми, заключалась в нажатии на кнопку пальцем ведущей руки в ответ на предъявление второго стимула в паре, состоявшей из двух посылок одинаковой частоты – либо высокой, либо низкой. Время указанной аудиомоторной реакции не должно было превышать эталонного значения. В то же время испытуемым предлагалось не реагировать на пары посылок, имеющих разную тональность. Исходно эталонное время устанавливали равным 500 мс для испытуемых шести–9 лет и 380 мс для испытуемых 10–16 лет. В дальнейшем после регистрации первой и всех последующих реакций испытуемого эталонное время рассчитывалось как медиана распределения имеющихся на данный момент значений времени сенсо-моторной реакции испытуемого. Таким образом, эталонное время было индивидуальным, представляя собой величину, рассчитанную отдельно для каждого испытуемого, и оно менялось в процессе выполнения задачи. После каждого нажатия на кнопку рассчитанное

значение эталонного времени реакции сопоставлялось с текущей величиной времени реакции испытуемого. Если данная величина была меньше эталонного значения или равнялась ему, то задача считалась выполненной успешно; в противном случае констатировалась неуспешность. Обоснование такого подхода при определении эталонного значения времени сенсо-моторной реакции было описано ранее [5].

Испытуемый получал визуальный сигнал обратной связи, информирующий об успешном или неуспешном выполнении задания: предъявлялась соответственно вертикальная или горизонтальная черта на световом табло.

Регистрация ВП и ССП осуществлялась на основе общепринятой методики с помощью автоматизированного комплекса, состоящего из электроэнцефалографа, лабораторного интерфейса и персонального компьютера. В качестве рабочей программы использовалась «ERP-2» (программист В. В. Арбатов). ЭЭГ-потенциалы отводили монополярно в локусах F3, F4, T3, T4, C3, C4, P3, P4, O1 и O2, согласно международной системе 10–20. Референтными электродами служили объединенные контакты над сосцевидными отростками черепа. Для регистрации УНВ (параллельное отведение от локусов C3 и C4) использовали два дополнительных модифицированных канала электроэнцефалографа с более широкой полосой пропускания усилителей.

Волны P1, N1, P2, N1–P2 (вертекс-потенциал) и N2, рассматриваемые как длиннолатентные компоненты экзогенных акустических ВП, регистрировали в случаях предъявления всех предупредительных (первых в паре) сигналов (полоса пропускания усилителей от 0.53 до 70 Гц); потенциал P300 регистрировали при предъявлении всех зрительных сигналов обратной связи (полоса пропускания усилителей те же). УНВ, возникающую в интервале между предъявлениями двух стимулов (предупредительного и императивного) и отражающую процессы подготовки поведенческого акта, регистрировали с

применением полосы пропускания усилителей от 0.016 до 70 Гц. Максимумы анализируемых компонентов ВП соответствовали следующим временным интервалам: P1 – 50–100, N1 – 100–150, P2 – 150–250, N2 – 200–300 и P300 – 250–500 мс после предъявления сигналов. Как значения латентных периодов (ЛП) компонентов рассматривали величины временных интервалов между началом предъявления тонального стимула и максимумом амплитуды соответствующего компонента. Для УНВ рассчитывали амплитуду интегральной волны (УНВи) – в промежутке от 300 до 2000 мс с момента предъявления первого сигнала из пары сигналов, амплитуду ориентировочной волны (УНВо) – в промежутке от 300 до 1000 мс, и амплитуду терминальной волны (УНВт) – в промежутке от 1000 до 2000 мс.

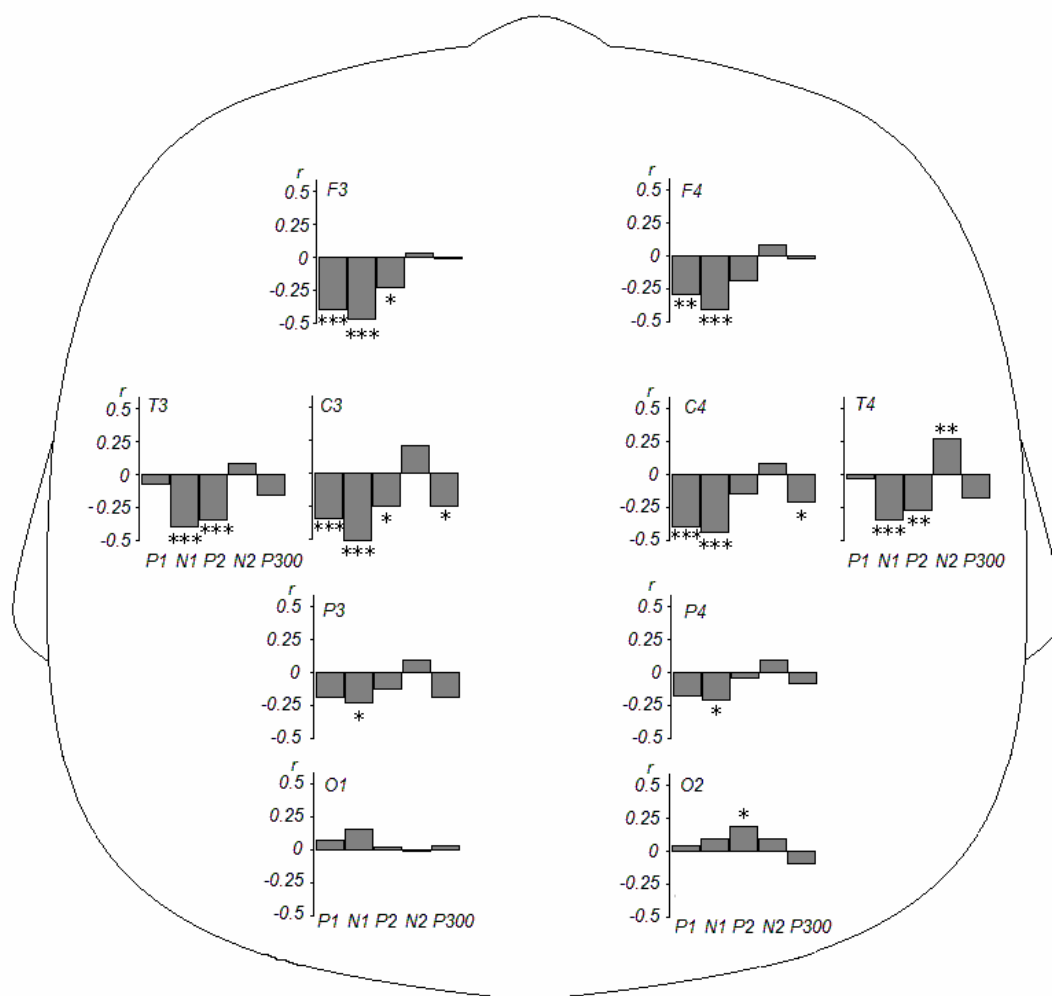
Остальные подробности регистрации и расчета характеристик ВП и ССП были описаны ранее [10].

Для каждого испытуемого определяли среднее время реакции. Помимо этого оценивали правильность выполнения двустимульного теста, подсчитывая количество ошибок пропуска значимых пар стимулов («низкий–низкий» или «высокий–высокий») – ошибки невнимательности, а также количество “ложных” нажатий (неправильных реакций) при предъявлении незначимых, не требующих нажатия кнопки пар стимулов («низкий–высокий» или «высокий–низкий») – ошибки, связанные с импульсивностью.

Данные электрофизиологического исследования количественно обрабатывали с применением стандартных методов вариационной статистики. Соответствие полученных результатов закону нормального распределения устанавливали с помощью критерия Колмогорова–Смирнова. При анализе зависимости паттерна ВП от возраста испытуемых использовали коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Для N1, N2 и УНВ максимальными по амплитуде считали наиболее негативные отклонения потенциала. Возраст испытуемых учитывали в месяцах. Анализировали также возрастные изменения значений среднего времени реакции, количества “ложных” нажатий и ошибок пропуска значимых стимулов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты корреляционного анализа полученных результатов показали наличие значимой зависимости характеристик ВП от возраста испытуемых. По мере взросления происходило уменьшение ЛП таких ВП, как P1 (в отведениях F3, F4, C3 и C4, $P < 0.05$), N1 (в отведениях F3, F4, T3, T4, C3, C4, P3 и P4, $P < 0.05$) и P2 (в отведениях F3, T3, T4, C3 и O2, $P < 0.05$). Диаграммы значений коэффициентов корреляции значений возраста и ЛП ВП представлены на рис. 1.



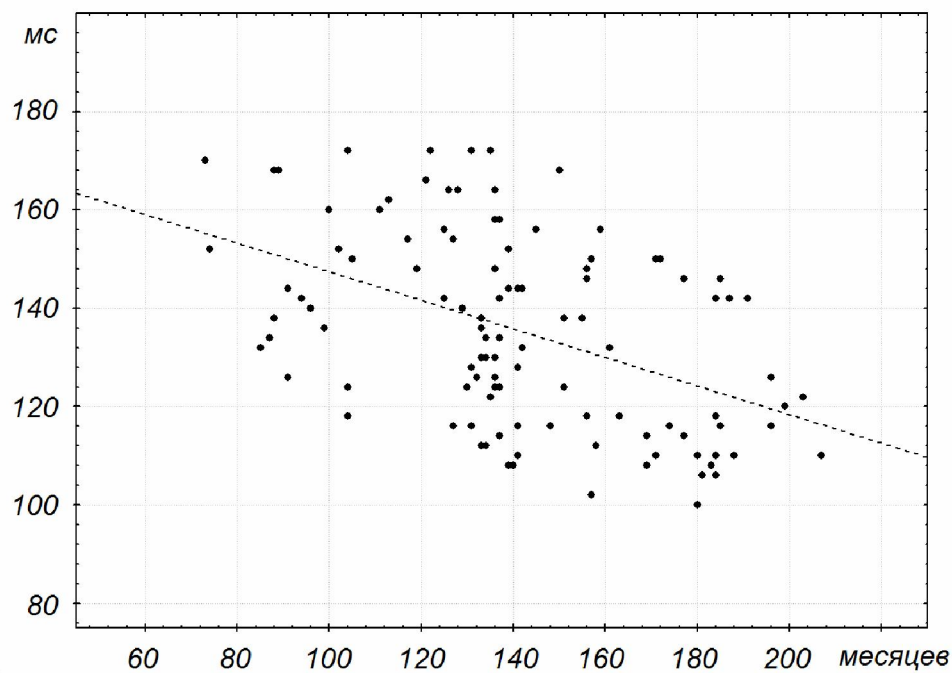
Р и с. 1. Диаграммы значений коэффициентов корреляции возраста и латентных периодов компонентов вызванных потенциалов и волны P300 у 110 испытуемых 6–16 лет. По горизонтали – обозначения компонентов, по вертикали – величина коэффициентов корреляции. F3, F4, T3, T4, C3, C4, P3, P4, O1 и O2 – локусы отведения, согласно системе 10-20. На этом и последующих рисунках одной, двумя и тремя звездочками отмечены случаи значимых связей возраста и латентных периодов компонентов вызванных потенциалов и волны P300 с $P < 0.05$, $P < 0.01$, $P < 0.001$ соответственно.

Из этого рисунка видно, что наибольшее число значимых корреляций с возрастом наблюдалось для ЛП компонента N1. Примеры корреляционных полей, отражающих отмеченные нами отрицательные связи между данными показателями, приведены на рис. 2. Уменьшение ЛП у детей шести–16 лет, очевидно, обусловлено в первую очередь происходящими в пределах этого возрастного периода cito- и фиброархитектоническими изменениями коры больших полушарий (постепенным увеличением количества нервных волокон и усложнением системы внутрикорковых связей), которые представляют собой морфологическую основу совершенствования когнитивных функций [13].

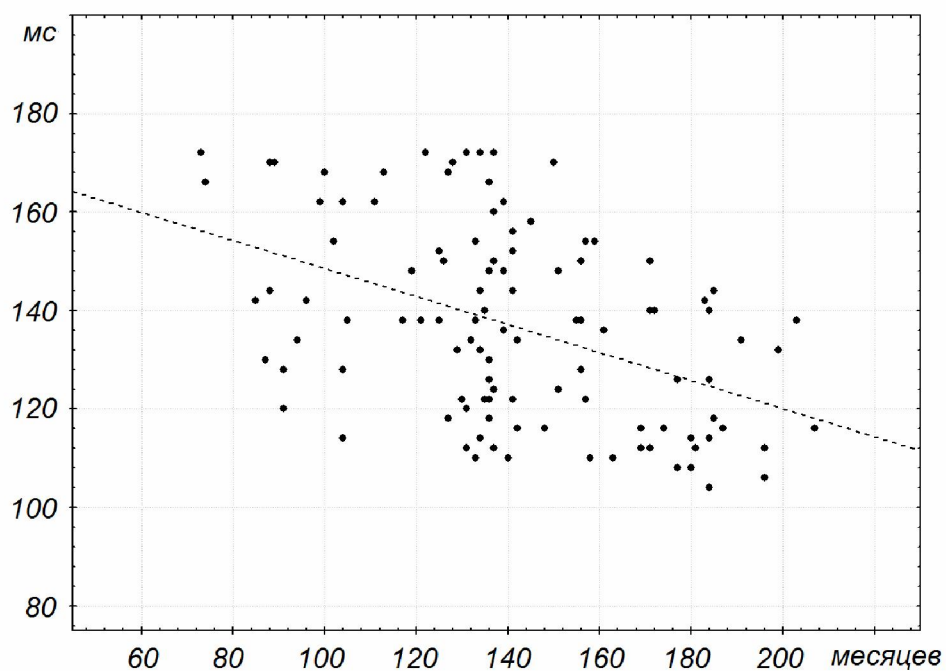
Принято считать, что ЛП потенциалов P1 и N1 негативно коррелируют с уровнем селективного внимания [14, 15], причем характеристики потенциала P1 связывают с подавлением незначимых сигналов и интенсификацией восприятия, происходящей при привлечении внимания к стимулу, а параметры N1 – с избирательным вниманием к основным характеристикам данного стимула и их различению [16].

Как было отмечено выше, в большинстве отведений ЛП P2 с возрастом уменьшался. В то же время в правом затылочном отведении ЛП этого компонента, напротив, с возрастом демонстрировал тенденцию к увеличению ($r = 0.197$, $P < 0.05$). Величины ЛП компонента N2 положительно коррелировали с возрастом испытуемых, причем такая зависимость достигала значимой величины в правом височном отведении ($r = 0.263$, $P = 0.006$). Интерпретация данных наблюдений, очевидно, требует дальнейших исследований.

Следует отметить, что уменьшение ЛП P1, N1 и P2 с возрастом происходило во всех локусах регистрации ЭЭГ, за исключением затылочных, однако значимые корреляции рассматриваемых характеристик были отмечены только в лобных и центральных отведениях. Этот факт может быть связан с тем обстоятельством, что по имеющимся в литературе данным именно в указанных областях коры компонент P1, вызванный предъявлением стимулов слуховой модальности, возникает с наименьшими ЛП [17].



А



Б

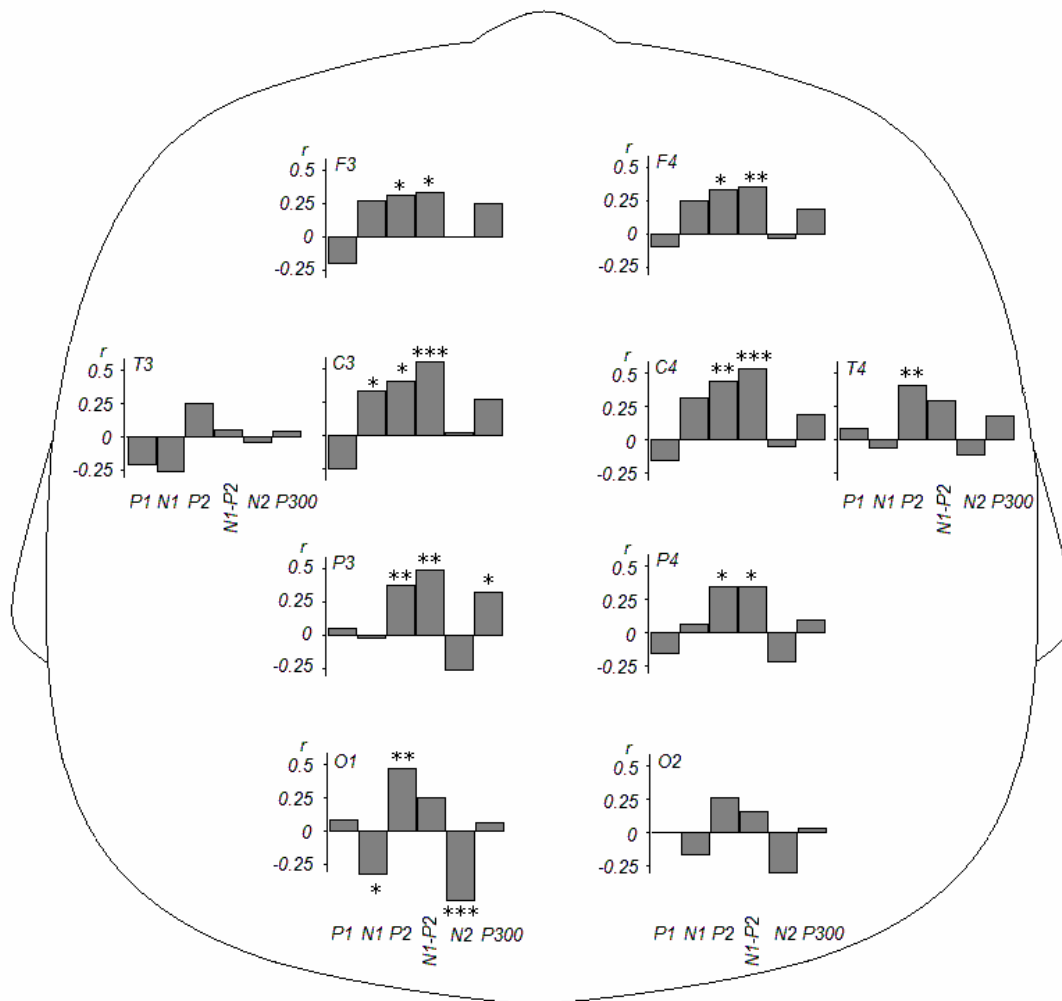
Р и с. 2. Корреляционные поля значений возраста испытуемых (в месяцах) и величин латентного периода компонента N1 (мс), зарегистрированных в левом (А) и правом (Б) лобных отведениях у 110 испытуемых 6–16 лет. Пунктиром показана линия регрессии.

Обращает на себя внимание то, что корреляции между возрастом и ЛП ВП были наиболее ярко выражены в лобных, височных, центральных и

теменных отведениях. В затылочных же областях величины коэффициентов корреляции имели меньшие значения и не достигали уровня значимости. Данная особенность может быть обусловлена преимущественной специализацией затылочных областей коры на обработке зрительной информации. В связи с этим указанные области не принимают активного участия в обработке акустических стимулов, что отражалось на характеристиках регистрируемых нами слуховых ВП и особенностях их возрастной динамики.

Амплитуда компонентов P2 и N1-P2 (вертекс-потенциала) обнаруживала положительную связь с возрастом (рис. 3). Иными словами, чем старше был ребенок, тем обычно выше была амплитуда таких волн. Значимые корреляции для амплитуды потенциала P2 при этом были отмечены в лобных, центральных и теменных отведениях обоих полушарий, а также в правом височном отведении ($0.196 < r < 0.289$, $0.002 < P < 0.040$).

Согласно данным литературы [16], характеристики P2 могут рассматриваться как индикатор степени различения и классификации стимулов, а также модуляции внимания по отношению к стандартным (нецелевым) стимулам. Исходя из этого выглядит логичным следующее предположение: обнаруженные возрастные изменения соответствуют процессу становления селективного внимания у детей и подростков. Полученные нами данные согласуются с результатами исследований слуховых ВП у детей разных возрастных групп в условиях oddball-парадигмы. Было обнаружено, что амплитуда компонента P2 с возрастом увеличивается и степень этого увеличения может отражать степень зрелости головного мозга [7, 18]. Значимые корреляции амплитуды вертекс-потенциала с возрастом детей были зарегистрированы в лобных, центральных и теменных областях обоих полушарий. Поскольку амплитуда комплекса N1-P2 интерпретируется как достаточно непосредственный показатель эффективности работы испытуемых по переработке различных видов информации [10]; увеличение данного параметра с возрастом отражает также бóльшую успешность при выполнении поставленного задания.



Р и с. 3. Диаграммы значений коэффициентов корреляций возраста и амплитуд компонентов вызванных потенциалов и волны P300 у 110 испытуемых 6–16 лет. Условные обозначения те же, что и на рис. 1.

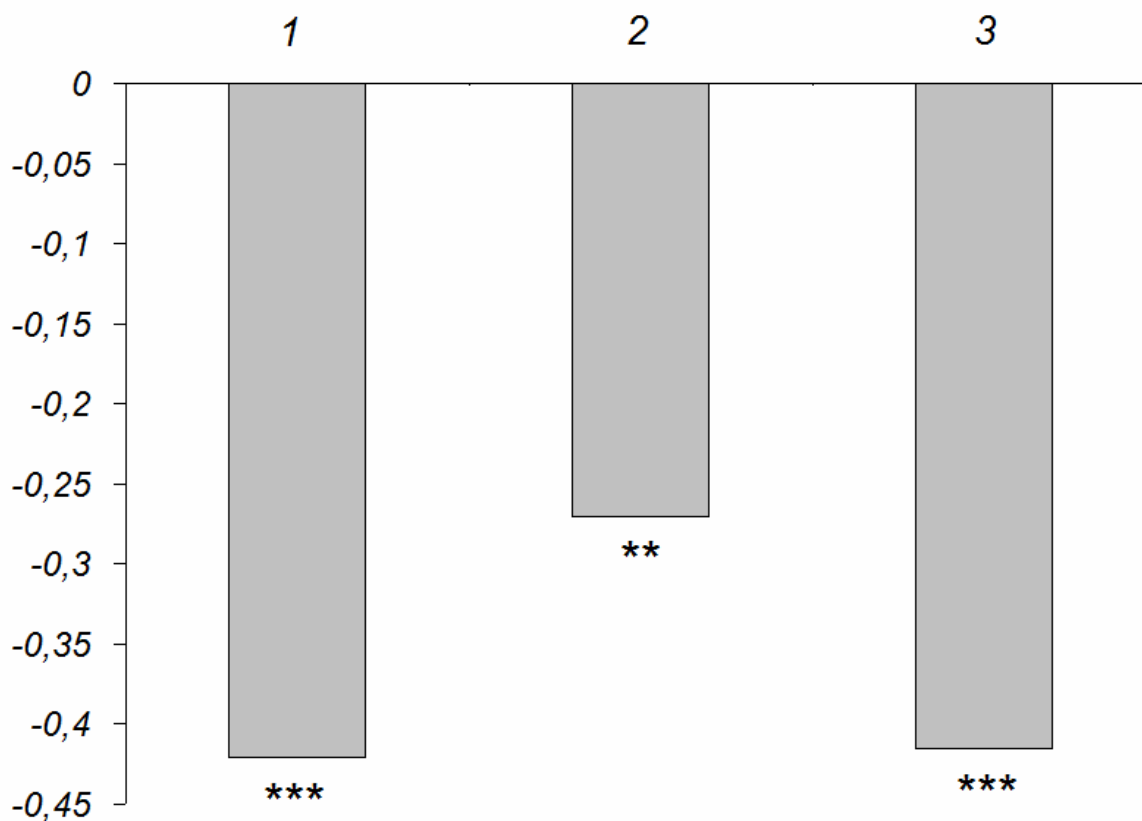
Было отмечена значимая тенденция к снижению с возрастом амплитуды компонента N2 в левом затылочном отведении ($r = -0.314$, $P = 0.0009$). В исследованиях, проведенных в нашей лаборатории [4], было обнаружено, что амплитуда компонента N2 в составе ВП, зарегистрированных в рамках oddball-парадигмы, у детей пяти–семи лет больше, чем у детей 10–12 лет; у последних, в свою очередь, указанный параметр больше, чем у подростков 15–16 лет. Было высказано предположение, что уменьшение компонента N2 по мере взросления в значительной степени связано с развитием механизмов селективного внимания. С возрастом выделение релевантной информации осуществляется на более ранних стадиях

информационной обработки, соответствующей генерации компонентов N1 и P2, что, возможно, и обуславливает снижение амплитуды и увеличение ЛП более позднего компонента (N2).

Возраст испытуемых и характеристики ССП также демонстрировали определенные связи. Амплитуда различных фаз УНВ положительно коррелировала с возрастом; иными словами, бóльшие амплитуды УНВ в целом были присущи старшим детям. При этом значимые корреляции для УНВи были отмечены в левом центральном отведении ($r = 0.233$, $P = 0.014$) и УНВт ($r = 0.237$, $P = 0.012$). Считается [19], что УНВ отражает готовность к реакции в ответ на предъявление стимула. По мнению Бехтеревой [20], именно этот ССП наиболее полно отражает процесс формирования готовности к действию, активности субъекта в ситуации взаимодействия со средой. Имеются также данные, согласно которым бóльшие значения амплитуд УНВи и УНВт связаны с оптимальными характеристиками внимания [10]. Связь между возрастом и амплитудой различных фаз УНВ, регистрируемой именно в левом полушарии, может быть обусловлена улучшением произвольного внимания, становление которого в значительной степени опирается на ресурсы левого полушария [21].

Онтогенетические изменения потенциала P300 выглядели, прежде всего, как уменьшение ЛП этой волны с возрастом. Значимые связи данных показателей были отмечены в локусах С3 ($r = -0.22$, $P = 0.019$) и С4 ($r = -0.207$, $P = 0.031$). Наибольшая выраженность сокращения ЛП P300 с возрастом в указанных отведениях, возможно, связана с тем, что топографически P300 преобладает именно в лобно-центральных областях [13]. Компонент P300 принято рассматривать как отражение «включения в деятельность» процессов, переработки информации и построения нейрокогнитивных моделей. Некоторые авторы склонны полагать, что динамика временных характеристик компонента P300 обусловлена не влиянием биологического возраста как такового, а степенью развития у детей когнитивных функций (в частности, памяти) [1–3]. Соответственно, отмеченное уменьшение ЛП P300 в рамках используемой нами

парадигмы связано, по всей видимости, с ускорением анализа принятых решений, а также с изменениями характеристик кратковременной памяти. Это подтверждается изменениями показателей эффективности работы; так, с возрастом уменьшаются среднее время сенсо-моторной реакции и количества “ложных” нажатий и ошибок пропуска значимых стимулов (рис. 4).



Р и с. 4. Диаграмма значений коэффициентов корреляций возраста и среднего времени сенсомоторной реакции (1), количества ошибок пропуска значимых стимулов (2) и ложных нажатий (3) у 110 испытуемых 6–16 лет.

Остальные условные обозначения те же, что и на рис. 1.

Следовательно, школьникам старшего возраста в целом в меньшей мере присущи такие черты, как невнимательность и импульсивность.

Кроме того, корреляционный анализ позволил обнаружить взаимосвязи характеристик ВП, значений среднего времени реакции и количества ложных нажатий. Существенные корреляции с величиной среднего времени реакции были отмечены для амплитуд компонентов P2 ($-0.201 < r < -0.370$, $0.00007 < P < 0.040$), P300 ($-0.228 < r < -0.34$, $0.0003 < P < 0.019$), N1–P2 ($-0.228 < r < -$

0.285, $0.003 < P < 0.016$) и УНВ ($-0.286 < r < -0.213$, $0.002 < P < 0.025$). Иными словами, чем больше была амплитуда указанных ЭЭГ-потенциалов, тем обычно быстрее испытуемый справлялся с заданием. Наличие взаимосвязи данных показателей соответствует рассмотренному выше функциональному значению ВП и еще раз подтверждает существование механизмов улучшения с возрастом характеристик произвольного внимания, памяти и аналитических процессов.

Количество “ложных” нажатий обнаруживало значимые взаимосвязи с ЛП P1 ($0.196 < r < 0.263$, $0.005 < P < 0.040$) и N1 ($0.200 < r < 0.338$, $0.0002 < P < 0.036$). Таким образом, чем больше были ЛП данных ВП, тем в большей степени испытуемым была присуща импульсивность, являющаяся следствием недостаточно успешного подавления незначимых стимулов и меньшей эффективности процессов селективного внимания.

При анализе топографического распределения значимых корреляций возраста и амплитудно-временных характеристик ВП и ССП мы не выявили признаков ярко выраженной межполушарной асимметрии. Исключением оказалась УНВ, амплитуда которой возрастала преимущественно в левом полушарии. Результаты исследований возрастной динамики ВП, зарегистрированных в рамках oddball-парадигмы, значительно отличаются от полученных нами. Так, упоминалось [22] наличие тенденции к более высоким значениям амплитуды большей части рассматриваемых ВП в правом полушарии; это объяснялось заметной эмоциональной значимостью выполняемого задания. Можно предположить, что отсутствие подобной асимметрии в наших тестах связано со значительной вовлеченностью не только эмоциональных, но и когнитивных ресурсов мозга в обработку сигналов, получаемых испытуемыми при выполнении заданий в рамках *go/no-go*-парадигмы.

Из этого можно сделать следующий вывод. Когнитивные процессы, которые протекают в неокортексе детей и подростков в ходе выполнения заданий, соответствующих *go/no-go*-парадигме, приблизительно в равной степени реализуются в обоих полушариях. Возможной причиной такой

особенности могут быть незавершенное развитие коры больших полушарий и, как следствие, некоторое несовершенство когнитивных функций мозга у испытуемых тестируемого возрастного диапазона. Считается, что латерализация функций головного мозга формируется в ходе онтогенеза примерно до возраста 14–16 лет [23]. Дубровинская и соавт. [9] отмечают, что окончательное формирование системы классификационного анализа связано со структурно-функциональным созреванием передних ассоциативных отделов коры. В связи с этим межполушарная специализация в процессах опознания отчетливо выявляется лишь начиная с 16–17-летнего возраста. Более того, Хискок [24] в своем обзоре не только не приводит убедительных доказательств в пользу увеличения латерализации слуховой, зрительной, осязательной и двигательной сфер в онтогенезе детей двух–12 лет, но и подвергает сомнению результаты тех работ, в которых такое увеличение было обнаружено.

Данные нашей работы позволяют заключить, что по характеристикам компонентов ВП у детей школьного возраста можно в значительной мере судить о степени когнитивной зрелости мозга. Мы предполагаем, что результаты, полученные при использовании парадигмы go/no-go (которая отличается большей сложностью заданий, нежели oddball-парадигма), являются более корректными и объективными при оценке возрастных изменений ВП и ССП. Отмеченные нами изменения затрагивали как длинноталентные компоненты ВП, так и ССП, а также такие показатели эффективности работы, как среднее время сенсо-моторной реакции и количество “ложных” нажатий и ошибок пропуска значимых стимулов. Наибольшее число значимых корреляций было отмечено для ЛП компонентов P1, N1 и P2, а также для амплитуды компонента P2 и вертекс-потенциала. Возрастные изменения ССП выражались в явной тенденции к уменьшению ЛП P300 и увеличению амплитуды фаз УНВ. С возрастом школьники также все меньше склонны к импульсивности и невнимательности при выполнении поставленных задач и способны гораздо успешнее концентрировать внимание.

Считается, что характеристики ВП отражают различные процессы селективного внимания, а ССП в большей степени связаны с мыслительной деятельностью. В связи с этим мы полагаем, что изменения характеристик произвольного внимания и скорости аналитических процессов в рассматриваемый возрастной период происходят весьма интенсивно. Данный факт необходимо учитывать при определении возрастных норм характеристик ВП, а также в исследованиях, направленных на изучение взаимосвязи характеристик ВП и различных психофизиологических функций у детей и подростков.

Т. А. Алієва¹, Є. В. Ейсмонт¹, В. Б. Павленко¹

ОНТОГЕНЕТИЧНІ ЗМІНИ ВИКЛИКАНОЇ ЕЕГ-АКТИВНОСТІ У ДІТЕЙ ТА ПІДЛІТКІВ ШЕСТИ–16 РОКІВ

¹Таврійський національний університет ім. В. І. Вернадського, Сімферополь (АР Крим, Україна).

Резюме

Вивчали особливості вікової динаміки амплітудно-часових характеристик викликаних ЕЕГ-потенціалів (ВП) і пов'язаних з подією потенціалів (ППП), зареєстрованих у межах go/по-go-парадигми, у дітей і підлітків шести–16 років. Були виявлені низка значущих кореляцій віку випробуваних і характеристик ВП і ППП. З віком латентні періоди компонентів Р1 (у лобових і центральних ділянках), N1 (практично по всій поверхні голови), Р2 (у лобовому, скроневому і центральному відведеннях лівої півкулі, а також у скроневому та потиличному відведеннях правої півкулі) і хвилі Р300 (у центральних ділянках обох півкуль) демонстрували виразні тенденції до скорочення. З віком у цілому збільшувались амплітуди Р2 (у лобових, центральних, тім'яних ділянках обох півкуль і правої скроневої ділянки), N1–Р2 (у лобових, центральних і тім'яних ділянках) та умовної негативної хвилі (в лівому центральному відведенні); відзначалося також зниження амплітуди компонента N2, яке досягало значущої величини в лівому потиличному відведенні. Крім того, підвищувалась ефективність роботи, що знаходило прояв у зменшенні середнього часу сенсо-моторної реакції, кількості помилок пропуску значущих стимулів і „хибних” натискань. Таким чином, з віком амплітудно-часові характеристики низки компонентів ВП і ППП у дітей та підлітків шести–16 років змінюються; ці зрушення відображують процеси дозрівання головного мозку та становлення когнітивних функцій.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. J. Polich and M. R. Heine "P300 topography and modality effects from a single-stimulus paradigm," *Psychophysiology*, **33**, No. 6, 747-752 (1996).
2. F. N. Dempster, "Memory span: sources of individual and developmental differences," *Psychol. Bull.*, **89**, 63-100 (1981).
3. R. Case, D. M. Kurland, and J. Goldberg, "Operational efficiency and the growth of short-term memory span," *J. Exp. Child Psychol.*, **33**, 386-404 (1982).
4. В. Б. Павленко, Н. В. Луцюк, М. В. Борисова, "Связь характеристик вызванных ЭЭГ-потенциалов с индивидуальными особенностями внимания у детей", *Нейрофизиология/Neurophysiology*, **36**, № 4, 313-321 (2004).
5. Е. В. Эйсмонт, Н. В. Луцюк, В. Б. Павленко "Отражение тревожности в характеристиках вызванных ЭЭГ-потенциалов у детей 10–11 лет", *Нейрофизиология/Neurophysiology*, **41**, № 6, 513-521 (2009).
6. J. Polich, C. Ladish, and T. Burns, "Normal variation of P300 in children: age, memory span, and head size," *Int. J. Psychophysiol.*, **3**, No. 9, 237-248 (1990).
7. S. J. Johnstone, R. J. Barry, J. W. Anderson, and S. F. Coyle, "Age-related changes in child and adolescent event-related potential component morphology, amplitude and latency to standard and target stimuli in an auditory odd-ball task," *Int. J. Psychophysiol.*, **3**, No. 24, 223-238 (1996).
8. И. В. Равич-Щербо, Т. М. Марютина, Е. Л. Григоренко, *Психогенетика*, Аспект Пресс, Москва (2000).
9. Н. В. Дубровинская, Д. А. Фарбер, М. М. Безруких, *Психофизиология ребенка: Психофизиологические основы детской валеологии*, Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, Москва (2000).
10. Н. В. Луцюк, Е. В. Эйсмонт, В. Б. Павленко, "Связь характеристик вызванных ЭЭГ-потенциалов, зарегистрированных в условиях парадигмы go/no-go, с показателями внимания детей", *Нейрофизиология/Neurophysiology*, **37**, № 5/6, 452-458 (2005).
11. A. Wichniak, A. Ciołkiewicz, E. Waliniowska et al., "The use of event related potentials in psychiatric research," *W. Przegł. Lek.*, **9**, No. 67, 732-735 (2010).
12. E. L. Wilding and J. E. Herron, "Electrophysiological measures of episodic memory control and memory retrieval," *Clin. Electroencephalogr. Neurosci.*, **37**, No. 4, 315-321 (2006).
13. Т. А. Цехмистренко, Н. А. Черных, И. К. Шеховцев, "Структурные преобразования cito- и фиброархитектоники фронтальной коры мозга человека от рождения до 20 лет", *Физиология человека*, **27**, № 5, 41-48 (2001).
14. D. M. Schnyer and J. J. Allen, "Attention-related electroencephalographic and event-related potential predictors of responsiveness to suggested posthypnotic amnesia," *Int. J. Clin. Exp. Hypn.*, **43**, No 3, 295-315 (1995).
15. В. В. Гнездицкий, *Вызванные потенциалы мозга в клинической практике*, МЕДпресс-информ, Москва (2003).
16. А. А. Коваленко, В. Б. Павленко, "Эмоциональная значимость стимула и черты личности: отражение в паттерне вызванных ЭЭГ-потенциалов", *Нейрофизиология/Neurophysiology*, **41**, № 4, 336-356 (2009).
17. H. T. Nagamoto, L. E. Adler, M. C. Waldo, et al., "Gating of auditory response in schizophrenics and normal controls. Effects of recording site and stimulation interval on the P50 wave," *Schizophr. Res.*, **4**, No. 1, 35-40 (1991).
18. Р. Наатанен, *Внимание и функции мозга*, Изд-во МГУ, Москва (1998).
19. Ч. Шагас, *Вызванные потенциалы в норме и патологии*, Мир, Москва (1975).
20. Н. П. Бехтерева, *О мозге человека: 20 век и его последняя декада в науке о мозге человека*, Нотабене, СПб (1997).

21. Н. Ф. Суворов, О. П. Таиров, *Психофизиологические механизмы избирательного внимания*, Наука, Ленинград (1985).
22. М. В. Цикалова, В. Б. Павленко, Н. В. Луцюк, “Когнитивные вызванные потенциалы у детей 10–12 лет: связь с индивидуальными особенностями внимания”, *Тавр. мед.-биол. вестн.*, **5**, № 1, 89-92 (2002).
23. В. М. Поляков, Л. И. Колесникова, “Функциональная асимметрия мозга в онтогенезе (обзор литературы отечественных и зарубежных авторов)”, *Бюл. ВСНЦ СО РАМН*, № 5 (51), 322-331 (2006).
24. M. Hiscock, “Brain lateralization across the life span,” in: *Handbook of Neurolinguistics*, B. Stemmer and H. A. Whitaker (eds.), Acad. Press, San Diego (1998), pp. 357-368.

УДК 612.822.3.08

Онтогенетические изменения вызванной ЭЭГ-активности у детей и подростков шести–16 лет / Алиева Т. А., Эйсмонт Е. В., Павленко В. Б. // *Нейрофизиология / Neurophysiology*. – 2012. – **44**, № 6. – С.

Ил. 4. Библиогр. 24.