

УДК 612.014

Г.Е. Хомич¹, Н.К. Саваневский²¹канд. биол. наук, доц. каф. анатомии, физиологии и безопасности человека
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина²канд. биол. наук, доц. каф. анатомии, физиологии и безопасности человека
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина**АМПЛИТУДНО-ВРЕМЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ПОЗДНЕГО ПОЗИТИВНОГО КОМПЛЕКСА У ДЕТЕЙ И ВЗРОСЛЫХ
ПРИ ПРЕДЪЯВЛЕНИИ ПАРЫ СТИМУЛОВ, ТРЕБУЮЩИХ РАЗЛИЧЕНИЯ**

Представлены результаты исследования слуховых вызванных потенциалов у людей разного возраста. Обнаружены возрастные изменения в параметрах позднего позитивного комплекса на звуковые стимулы, требующие различения.

Введение

Формирование структурно-функциональной организации мозга в онтогенезе является длительным процессом, включающим детский, подростковый и юношеский возраст. Выяснение возрастных особенностей формирования различных механизмов, принимающих участие в активации внимания и обработке сенсорной информации особенно важно для организации познавательной деятельности и обучения. В этом плане по настоящее время наиболее информативными остаются электрофизиологические исследования.

Показано, что направленное внимание в периоды ожидания информации, ее поступления и обработки сопровождается возникновением в головном мозге и изменением амплитудно-временных характеристик таких электрических потенциалов, как условная негативная волна, негативности N_{200} и N_{500} , позитивность P_{300} и поздний позитивный комплекс (ППК) волн [1; 2]. При сравнении пары звуковых стимулов, требующих напряжения внимания для их различения, в слуховых вызванных потенциалах (СВП) отчетливо регистрируется ППК, в котором выделяют от 4 до 6 компонентов. Эти компоненты имеют отношение к конечным этапам обработки когнитивно значимой информации, отражают ее общий уровень и силу следа памяти [3; 4]. Анализ возрастных особенностей ППК, отражающих процессы постстимульного внимания и обработки информации дает возможность представить нейрофизиологические механизмы развития данной психофизиологической функции в онтогенезе.

Объект и методика исследований

В настоящей работе исследовались амплитудно-временные параметры компонентов СВП у детей и взрослых на стимулы, требующие разной степени привлечения внимания. Исследование выполнено на базе лаборатории нейро- и психофизиологии НИИ физиологии детей и подростков Российской Академии образования.

Эксперимент проведен на испытуемых трех возрастных групп. Первую группу составили 15 школьников 7–8 лет, вторую – 15 учащихся в возрасте 9–10 лет и в третью группу вошли 15 взрослых людей 20–40 лет. Все обследуемые относились к 1-й и 2-й группам здоровья, имели нормальную остроту слуха. В экспериментальные группы подбирались только праворукие испытуемые с высоким коэффициентом правшества.

Во время обследования испытуемый находился в затемненной звукоизолированной камере в положении сидя, с закрытыми глазами. В эксперименте использовалась парадигма, состоящая из пары звуковых сигналов (C_1 – C_2) частотой 400 Гц и продолжительностью 100 мс каждый. Интервал между стимулами в паре составлял 1,0 с.

Слуховые вызванные потенциалы регистрировались монополярно. Активные хлорсеребряные неполяризующиеся электроды располагались симметрично над поверхностью правого и левого полушарий в затылочных, теменных, центральных и лобных областях. Локализация всех отведений определялась по стандартной системе «10–20». В качестве индифферентного использовался объединенный ушной электрод, заземляющим служил электрод, расположенный на запястье левой руки. Звуковые сигналы поступали от ЭВМ ДЗ–28 через аналого-цифровой преобразователь к звуковому генератору, от которого звуковые тоны подавались испытуемому через динамик.

Биоэлектрические потенциалы поступали через усилитель на коммутатор, затем в аналого-цифровой преобразователь и в ЭВМ ДЗ–28 с дальнейшим выводом на самописец. За изолинию принимали средний уровень активности за 300 мс перед стимулом. Предъявление звукового сигнала, усреднение и первичная обработка полученных данных производились на ЭВМ ДЗ–28 по специально разработанной программе. Достоверность различий амплитудных и временных характеристик СВП оценивали по t-критерию Стьюдента.

Результаты исследований и их обсуждение

Согласно инструкции для испытуемых, после высокочастотного стимула C_1 через 1 с подавался такой же по частоте, но несколько превышающий его по громкости стимул C_2 . Сравнение и дифференциация похожих стимулов C_1 и C_2 в паре представляла значительную трудность и требовала привлечения активного внимания.

Амплитудно-временные характеристики ППК в ответах на требующий напряжения внимания стимул C_2 приведены в таблице.

Таблица. – Амплитудно-временные показатели ППК в сагиттальных отведениях затылочной (О), теменной (Р), центральной (С) и лобной (F) области коры больших полушарий в СВП на стимул C_2 у лиц разного возраста ($\bar{x} \pm S_x$)

Показатель	Возраст, лет	Области коры больших полушарий			
		О	Р	С	F
Амплитуда, мкВ	7–8	$4,6 \pm 0,4$	$5,3 \pm 0,6$	$3,5 \pm 0,5$	$3,3 \pm 0,6$
	9–10	$9,8 \pm 0,8$	$12,6 \pm 1,1$	$7,6 \pm 0,8$	$3,7 \pm 0,4$
	20–40	$7,3 \pm 0,6$	$10,6 \pm 1,0$	$15,3 \pm 1,3$	$19,3 \pm 2,1$
	P_{2-1}	$< 0,001$	$< 0,001$	$< 0,001$	–
	P_{3-1}	$< 0,001$	$< 0,001$	$< 0,001$	$< 0,001$
	P_{3-2}	$< 0,05$	–	$< 0,001$	$< 0,001$
Пиковая латентность, мс	7–8	$690,2 \pm 21,4$	$620,1 \pm 22,4$	$970,5 \pm 25,9$	$880,8 \pm 22,6$
	9–10	$560,8 \pm 24,0$	$590,5 \pm 27,6$	$770,0 \pm 25,2$	$920,0 \pm 28,6$
	20–40	$470,2 \pm 21,1$	$475,4 \pm 20,0$	$860,4 \pm 28,3$	$850,1 \pm 27,5$
	P_{2-1}	$< 0,001$	–	$< 0,001$	–
	P_{3-1}	$< 0,001$	$< 0,001$	$< 0,01$	–
	P_{3-2}	$< 0,01$	$< 0,01$	$< 0,05$	–
Длительность, мс	7–8	$520,6 \pm 25,5$	$510,2 \pm 25,0$	$400,8 \pm 24,9$	$320,5 \pm 27,6$
	9–10	$850,3 \pm 32,6$	$750,6 \pm 24,0$	$400,7 \pm 28,3$	$150,9 \pm 16,6$
	20–40	$800,0 \pm 36,0$	$800,1 \pm 37,7$	$725,4 \pm 27,7$	$500,3 \pm 25,7$
	P_{2-1}	$< 0,001$	$< 0,001$	–	$< 0,001$
	P_{3-1}	$< 0,001$	$< 0,001$	$< 0,001$	$< 0,001$
	P_{3-2}	–	–	$< 0,001$	$< 0,001$

Примечание: P_{2-1} обозначает достоверность различий между показателями ППК у 9–10-летних испытуемых и 7–8-летних, P_{3-1} – между показателями у 20–40-летних и 7–8-летних, P_{3-2} – между показателями у 20–40-летних испытуемых и 9–10-летних. Прочерк означает отсутствие достоверных различий.

Как свидетельствуют данные таблицы, поздний позитивный комплекс выявлялся в исследуемых областях коры во всех экспериментальных группах. Вместе с тем в распределении фокуса максимальной активности ППК четко прослеживались возрастные особенности. Наиболее высокая амплитуда ППК у 7–8-летних и 9–10-летних детей регистрировалась в теменной и затылочной областях. В центральной области, по сравнению с теменной, этот показатель уменьшался в группе детей 7–8 лет в 1,5 раза, а в группе 9–10-летних школьников – в 1,7 раза. В лобной области у обеих групп детей амплитуда ППК еще более редуцировалась и оказалась меньше, чем в теменной: у 7–8-летних детей в 1,6 раза, а у 9–10-летних школьников – в 3,4 раза.

Противоположными были сдвиги ППК у взрослых испытуемых, у которых наблюдалось повышение его амплитуды по направлению от затылочных к лобным отделам коры. В итоге амплитуда ППК во фронтальной области оказалась больше, чем в окципитальной, в 2,6 раза.

Сравнение возрастных изменений амплитуды ППК в каждой из исследуемых областей коры больших полушарий дало следующие результаты: в затылочной области самая высокая амплитуда позитивности отмечалась у детей 9–10 лет, у взрослых этот показатель был ниже на 25,5%, а у 7–8-летних школьников на 53,1%. В теменной области амплитуда ППК регистрировалась выше всего также в группе 9–10-летних детей и превышала таковую у 7–8-летних детей в 2,4 раза; различия между взрослыми испытуемыми и старшей группой детей были недостоверными.

В центральной области коры самая низкая амплитуда ППК выявлялась у 7–8-летних детей, у 9–10-летних она была в 2,1 раза выше, а у взрослых испытуемых амплитуда оказалась самой высокой, превышая значения у старших детей в 2 раза и у младших детей – в 4,3 раза. В лобной области анализируемый показатель у взрослых испытуемых был больше, чем у 7–8 и 9–10-летних школьников, соответственно в 5,8 и в 5,2 раза. Различия между группами детей были недостоверными.

Анализ пиковой латентности ППК показал, что наибольшие ее значения во всех группах испытуемых регистрировались в центральной и лобной, а наименьшие в затылочной и теменной областях. Возрастные особенности в каждом из исследуемых отделов коры больших полушарий были следующими: в затылочной и теменной областях максимальные величины пиковой латентности отмечались в группе 7–8-летних детей, а минимальные – у взрослых испытуемых.

В центральной области наименьшая пиковая латентность выявлялась у 9–10-летних школьников. У взрослых ее значения были достоверно больше, а самые высокие показатели наблюдались у 7–8-летних детей. В лобной области пиковая латентность ППК в группе школьников 9–10 лет была больше, чем у взрослых испытуемых, а остальные различия между группами испытуемых оказались недостоверными.

Сравнение длительности ППК в разных отделах коры больших полушарий показало, что во всех возрастных группах наименьшие величины этого показателя регистрировались в лобной, а наибольшие – в затылочной области. В каждом из исследуемых отделов коры наблюдались следующие возрастные особенности: в затылочной и теменной областях длительность ППК была значительно больше у школьников 9–10 лет и взрослых, чем у 7–8-летних детей. Достоверных различий между 9–10-летними школьниками и взрослыми не выявлялось.

В центральной области коры длительность ППК была практически одинаковой у обеих групп детей, а у взрослых испытуемых была в 1,8 раза больше. В лобной области наблюдались следующие особенности: наименьшая длительность ППК регистрировалась у детей 9–10 лет, у 7–8-летних детей она была в 2,1 раза больше, а у взрослых испытуемых – в 3,3 раза больше, чем в группе 9–10-летних, и в 1,6 раза больше, чем у 7–8-летних школьников.

Заклучение

Анализ амплитудно-временных характеристик СВП показывает, что в ответ на стимул С₂, требующий напряжения внимания для его различения, у детей и взрослых регистрируется ППК во всех исследованных областях коры больших полушарий. Однако у детей обеих возрастных групп фокус его максимальной активности находится в теменной и затылочной областях, а у взрослых – в центральной и лобной областях коры. Существенно то, что у взрослых испытуемых выраженность ППК увеличивается с повышением напряжения внимания. Появление ППК на стимул С₂ у детей и увеличение его выраженности у взрослых согласуется с данными литературы [5; 6], указывающими на то, что ППК лучше всего представлен в вызванных потенциалах на стимулы, предполагающие двигательную или эмоциональную реакцию испытуемого и требующие максимального внимания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фарбер, Д. А. Функциональная организация мозга в процессе реализации рабочей памяти / Д. А. Фарбер, Т. Г. Бетелева, И. С. Игнатъева // Физиология человека. – 2004. – Т. 30. – № 2. – С. 5–12.
2. Бетелева, Т. Г. Возрастные особенности соотношения произвольного и произвольного анализа при опознании изображений / Т. Г. Бетелева // Журн. высшей нервной деятельности. – 1992. – Т. 42. – № 1. – С. 3–11.
3. Фарбер, Д. А. Функциональная организация развивающегося мозга (возрастные особенности и некоторые закономерности) / Д. А. Фарбер, Н. В. Дубровинская // Физиология человека. – 1991. – Т. 17. – № 5. – С. 17–27.
4. Sutton, S. The late positive complex. Advances and new problems / S. Sutton, D. Ruchkin // Brain and Information: ERP. Ann. New York Acad. Sci. – 1984. – Vol. 425. – P. 1–23.
5. Савченко, Е. И. Онтогенетические особенности развития медленных негативных и позитивных потенциалов при выполнении зрительной перцептивной задачи / Е. И. Савченко, Д. А. Фарбер // Журн. высшей нервной деятельности. – 1990. – Т. 40. – № 1. – С. 29–36.
6. Фарбер, Д. А. Функциональная организация мозга в период подготовки к опознанию фрагментарных изображений / Д. А. Фарбер [и др.] // Журн. высшей нервной деятельности имени И. П. Павлова. – 2014. – Т. 64. – № 2. – С. 190–200.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 20.02.2015

Khomich G.E., Savaneuski N.K. Amplitude and Time Characteristics of the Late Positive Complex of Children and Adults by Producing a Pair of Stimula, Which Demand Differentiation

In the article are presented the results of the research of the auditory evoked potentials research among people of different age. In the corse of the research were discovered some age-specific changes of the late positive complex parameters by using acoustic stimula, which demand differentiation.