

Г.Е. Хомич, Н.К. Саваневский

ОСОБЕННОСТИ СЛУХОВЫХ ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ У ДЕТЕЙ И ВЗРОСЛЫХ НА СТИМУЛ, ТРЕБУЮЩИЙ РАЗЛИЧЕНИЯ БЕЗ ОТВЕТНОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ РЕАКЦИИ

Представлены результаты исследования слуховых вызванных потенциалов у людей разного возраста. Обнаружены возрастные различия в параметрах компонентов N_{200} , P_{300} и N_{500} на звуковой стимул, требующий привлечения внимания и не сопровождающийся двигательным ответом.

Введение

Одним из главных условий эффективного восприятия поступающей информации является привлечение к ней активного внимания, благодаря которому осуществляется более качественный отбор и анализ воспринимаемых сигналов. Выяснение закономерностей развития внимания в онтогенезе человека, выявление особенностей протекания нейрофизиологических процессов, лежащих в основе этой функции, позволит оптимизировать когнитивную деятельность при обучении.

Данные литературы показывают, что структурно-функциональная организация воспринимающих систем формируется, начиная с пренатального периода вплоть до юношеского возраста. Различным этапам созревания этих систем соответствуют определенные возрастные особенности восприятия, проявляющиеся в выраженности пространственных и временных характеристик электрофизиологических проявлений функционирования коры больших полушарий головного мозга, в том числе и слуховых вызванных потенциалов [1; 2; 3].

Слуховые вызванные потенциалы (СВП) представляют собой сложный комплекс, каждый из компонентов которого гетерохронен по своему происхождению и отражает как специфическую обработку информации, так и вклад неспецифических факторов. Среди неспецифических факторов важнейшая роль принадлежит процессу внимания, проявляющемуся в изменении амплитудно-временных параметров как негативных, так и позитивных компонентов СВП. Направленное внимание в периоды ожидания информации, ее восприятия и анализа сопровождается возникновением, а также изменением характеристик таких составных элементов СВП, как условная негативная волна, негативные волны N_{200} и N_{500} , позитивная волна P_{300} и поздний позитивный комплекс [2; 3; 4]. Вместе с тем, некоторые особенности компонентов СВП, возникающих у детей разного возраста и взрослых на звуковые сигналы, требующие неодинакового напряжения внимания для их оценки и организации последующих действий, еще не изучены.

Целью нашей работы явилось исследование возрастных особенностей таких компонентов СВП, как N_{200} , P_{300} и N_{500} , в ответ на предъявление звукового стимула, требующего напряжения внимания для выделения его из похожих стимулов без сопровождения двигательной реакцией.

Объект и методика исследований

Целью настоящей работы явилось изучение амплитудно-временных параметров компонентов СВП у детей и взрослых на стимул, требующий минимального привлечения внимания и сопровождающийся двигательным ответом. 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 двух звуковых сигналов (C_1 и C_2), продолжительностью 100 мс каждый, предъявляемых с интервалом 2,0 с. Оба сигнала имели одинаковую частоту (1250 Гц), но по громкости отличались между собой на 10 дБ. Громкость сигналов C_1 и C_2 подбиралась эмпирически для каждого испытуемого с таким расчетом, чтобы процент ошибок при их различении был невелик. В соответствии с предварительной речевой инструкцией при предъявлении менее громкого сигнала C_1 испытуемый должен был оставаться неподвижным, а при появлении более громкого сигнала C_2 он должен был максимально быстро ответить движением руки с нажатием на кнопку. Последовательность подачи стимулов C_1 и C_2 была случайной при одинаковом суммарном количестве (не менее 30) каждого из них.

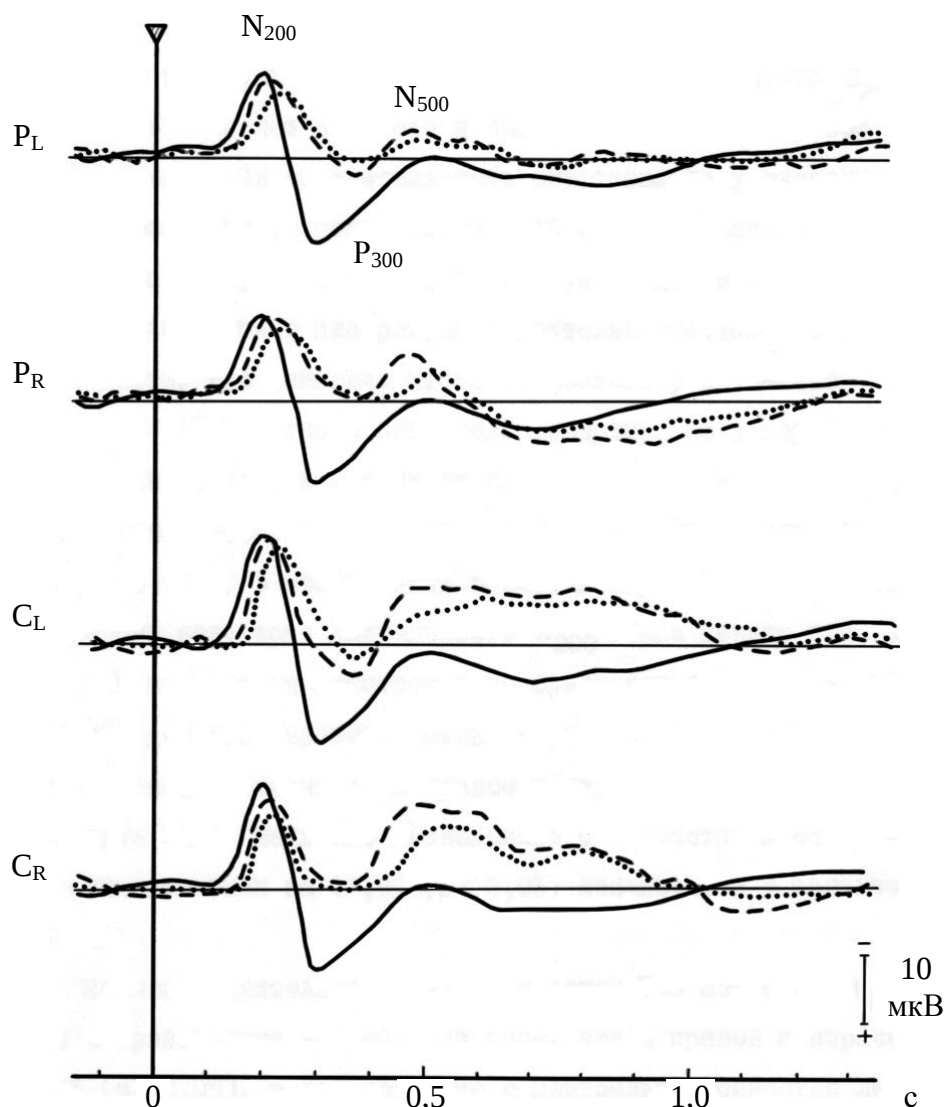
Слуховые вызванные потенциалы регистрировались монополярно. Активные хлорсеребряные неполяризующиеся электроды располагались симметрично над поверхностью правого и левого полушарий в затылочных, теменных, центральных и лобных областях. Локализация всех отведений определялась по стандартной системе «10–20». 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

В ответ на предъявление стимула C_1 у детей и взрослых в теменных и центральных областях коры регистрировались СВП, неизменно включающие в себя компонент N_{200} . В таблице 1 представлены показатели амплитуды, пиковой латентности и длительности N_{200} в теменных и центральных областях коры, а на рисунке изображены СВП, усредненные по возрастным группам испытуемых. Полученные нами данные свидетельствуют, что амплитуда N_{200} с возрастом существенно не менялась ни в теменных, ни в центральных областях коры. При сравнении между собой областей коры в каждой из возрастных групп амплитуды негативности имели следующие соотношения (таблица 1). У 7–8-летних детей N_{200} был самым высоким в левой центральной области, где величина его была существенно больше, чем в теменных отведениях обоих полушарий. Несколько меньший N_{200} регистрировался в центральном отведении правого полушария, но, тем не менее, он оказался достоверно выше, чем в левом теменном отведении. Различия в амплитуде данной негативности в теменных областях были недостоверными.

Более существенными были возрастные изменения пиковой латентности волны N_{200} (рисунок, таблица 1). Во всех исследуемых отведениях наблюдалось уменьшение ее значений с возрастом. В правой теменной области оно довольно быстро осуществлялось с 7–8 до 9–10 лет и продолжалось еще более интенсивно до дефинитивного возраста: пиковая латентность N_{200} была меньше у 9–10-летних детей по сравнению с 7–8-летними на 12,6%, а у взрослых испытуемых по отношению к 9–10-летним школьникам – на 18,1%.



По оси абсцисс – время; вертикальная линия – отметка предъявления стимула; P_L – левая теменная, P_R – правая теменная, C_L – левая центральная, C_R – правая центральная области коры больших полушарий

Рисунок – Усредненные СВП в группе 7–8-летних (точечная линия), 9–10-летних (пунктирная линия) и взрослых (сплошная линия)

В левой теменной и обеих центральных областях уменьшение средних значений пиковой латентности N_{200} в период от 7–8 до 9–10 лет было недостоверным. Затем процесс укорочения латентности шел более активно, и дефинитивные значения этого показателя становились ниже, чем у 9–10-летних школьников, в левой теменной области на 18,7%, в левой центральной на 18,4%, в правой центральной – на 18,1%. В итоге общее уменьшение пиковой латентности N_{200} за период с 7–8 лет до взрослого состояния составило: в левом теменном отведении – 24,3%, в правом теменном – 28,5%, в левом центральном – 25,7%, в правом центральном – 19,2%. Что же касается различий в пиковой латентности N_{200} по отведениям в каждой из возрастных групп, то они оказались достоверными только в одном

случае: у 7–8-летних детей указанный показатель был достоверно выше в правой теменной области коры по сравнению с правой центральной областью.

Таблица 1 – Амплитудно-временные показатели N_{200} в ответах теменных и центральных областей коры на стимул, требующий различия без ответной двигательной реакции, у лиц разного возраста ($\bar{x} \pm S\bar{x}$)

Показатель	Возраст, лет	Области коры больших полушарий			
		левая теменная	правая теменная	левая центральная	правая центральная
Амплитуда, мкВ	7–8	$8,4 \pm 0,4$	$9,5 \pm 0,8$	$12,6 \pm 0,8$	$10,8 \pm 1,0$
	9–10	$9,7 \pm 0,6$	$10,5 \pm 0,9$	$14,2 \pm 1,3$	$11,4 \pm 0,8$
	20–40	$10,3 \pm 1,3$	$10,0 \pm 1,2$	$13,2 \pm 0,8$	$11,5 \pm 1,3$
	P_{2-1}	–	–	–	–
	P_{3-1}	–	–	–	–
	P_{3-2}	–	–	–	–
Пиковая латентность, мс	7–8	$250,6 \pm 8,7$	$271,8 \pm 8,3$	$255,6 \pm 6,1$	$251,9 \pm 6,2$
	9–10	$233,1 \pm 8,1$	$237,5 \pm 8,4$	$232,8 \pm 11,2$	$238,7 \pm 7,8$
	20–40	$187,6 \pm 5,4$	$191,4 \pm 5,1$	$190,0 \pm 6,1$	$188,5 \pm 6,5$
	P_{2-1}	–	$< 0,01$	–	–
	P_{3-1}	$< 0,001$	$< 0,001$	$< 0,001$	$< 0,001$
	P_{3-2}	$< 0,001$	$< 0,001$	$< 0,01$	$< 0,001$
Длительность, мс	7–8	$203,7 \pm 11,9$	$257,2 \pm 13,1$	$166,7 \pm 9,3$	$160,8 \pm 11,7$
	9–10	$176,3 \pm 10,1$	$201,9 \pm 12,5$	$130,6 \pm 13,6$	$150,4 \pm 11,1$
	20–40	$135,5 \pm 8,7$	$136,5 \pm 9,6$	$137,7 \pm 7,9$	$130,4 \pm 9,1$
	P_{2-1}	–	$< 0,01$	$< 0,05$	–
	P_{3-1}	$< 0,001$	$< 0,001$	$< 0,05$	$< 0,05$
	P_{3-2}	$< 0,01$	$< 0,001$	–	–

Примечание – P_{2-1} обозначает достоверность различий между показателями N_{200} у испытуемых 9–10 лет и 7–8 лет; P_{3-1} – достоверность различий между показателями у 20–40-летних испытуемых и 7–8-летних; P_{3-2} – достоверность различий между показателями у 20–40-летних испытуемых и 9–10-летних. Прочерк означает отсутствие достоверных различий

Сравнение длительности компонента N_{200} по возрастным группам и по исследуемым областям коры дало следующие результаты (таблица 1). С возрастом обнаруживалось сокращение продолжительности N_{200} , которое было наиболее выражено и высоко достоверно в правом теменном отведении. Здесь длительность негативности у взрослых испытуемых по сравнению со школьниками 9–10 лет была меньше на 65,4 мс (на 32,4%), а по сравнению с младшей группой детей – на 70,7 мс (на 34,1%). Аналогично шла редукция длительности N_{200} в левой теменной области, где снижение этого показателя у 9–10-летних детей по сравнению с 7–8-летними было недостоверным, но у взрослых испытуемых достигало значимых величин по отношению к обеим возрастным группам детей.

Иной была динамика уменьшения длительности N_{200} в центральных областях коры. В центральной области левого полушария длительность N_{200} была меньше у школьников 9–10 лет и взрослых испытуемых по сравнению с 7–8-летними детьми. Различия данного показателя между взрослыми и школьниками 9–10 лет были недостоверными. В правом центральном отведении длительность негативной волны N_{200} медленно уменьшалась с возрастом и ее дефинитивные значения были на 18,9% меньше, чем у школьников 7–8 лет.

Значения длительности N_{200} у детей 7–8 лет были достоверно выше в правой теменной области коры, чем в правой центральной на 22,4%, а по сравнению с

центральной областью левого полушария – на 19,5%. У 9–10-летних школьников длительность волны N_{200} была существенно больше в теменных областях коры по отношению к центральным: в правом полушарии на 25,5%, в левом – на 25,9%. У взрослых испытуемых разница в величине длительности N_{200} в СВП, регистрируемых в разных отведениях, была недостоверной.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что возрастные изменения негативного потенциала N_{200} на стимул C_1 , требующий различения без ответной двигательной реакции, проявляются в уменьшении временных параметров данного потенциала, но не касаются его амплитуды. Наиболее высокие значения пиковой латентности и длительности компонента N_{200} наблюдаются в правой теменной области коры больших полушарий.

Позитивный компонент P_{300} наблюдался в СВП на стимул C_1 гораздо реже, чем негативность N_{200} . У детей 7–8 лет P_{300} выявлялся только в центральной области коры левого полушария, у 9–10-летних школьников – в центральной и теменной областях левого полушария, и только у взрослых испытуемых этот компонент регистрировался во всех исследовавшихся отведениях (рисунок, таблица 2). Как свидетельствуют данные таблицы 2, в центральном отведении левого полушария с возрастом происходило прогрессирующее увеличение амплитуды исследуемой позитивности. Так, у детей 9–10 лет она была выше, чем у 7–8-летних, в 2,3 раза, а у взрослых испытуемых по сравнению с 9–10-летними школьниками была больше в 3,7 раза. В левой теменной области превышение дефинитивных значений амплитуды P_{300} по отношению к детям 9–10 лет составляло 8,5 мкВ (в 4,5 раза). В группе взрослых, где P_{300} наблюдался во всех отведениях, достоверных различий в его амплитуде между областями коры не выявлялось.

Возрастные изменения пиковой латентности P_{300} проявлялись следующим образом. В центральной области коры левого полушария обнаруживалось уменьшение ее у взрослых испытуемых по сравнению с 7–8-летними детьми на 16,7%, а по отношению к 9–10-летним школьникам на 16,3% (таблица 2). Аналогичное уменьшение пиковой латентности P_{300} наблюдалось и в теменной области коры левого полушария, где оно у взрослых по сравнению с детьми 9–10 лет составило 22,0%. Других достоверных изменений пиковой латентности P_{300} , связанных с возрастом испытуемых или с областью коры, в которой регистрировались СВП, не выявлялось.

Длительность волны P_{300} на стимул C_1 увеличивалась у взрослых испытуемых по сравнению с детьми 9–10 лет в теменной и центральной областях левого полушария (таблица 2). В центральном отведении левого полушария, в котором позитивность обнаруживалась у 7–8-летних детей, не наблюдалось достоверных различий между обеими группами школьников в значениях длительности P_{300} . Также не обнаруживалось достоверной разницы между длительностью P_{300} в СВП, зарегистрированных в других отведениях.

Таблица 2 – Амплитудно-временные показатели P_{300} в ответах теменных и центральных областей коры на стимул, требующий различения без ответной двигательной реакции, у лиц разного возраста ($\bar{x} \pm Sx$)

Показатель	Возраст, лет	Области коры больших полушарий			
		левая теменная	правая теменная	левая центральная	правая центральная
Амплитуда, мкВ	7–8	–	–	$1,6 \pm 0,4$	–
	9–10	$2,4 \pm 0,5$	–	$3,6 \pm 0,8$	–
	20–40	$10,9 \pm 0,8$	$11,3 \pm 0,7$	$13,3 \pm 1,4$	$11,5 \pm 1,2$
	P_{2-1}	–	–	$< 0,05$	–
	P_{3-1}	–	–	$< 0,001$	–
	P_{3-2}	$< 0,001$	–	$< 0,001$	–
Пиковая латентность,	7–8	–	–	$380,0 \pm 19,2$	–
	9–10	$392,9 \pm 19,6$	–	$378,1 \pm 18,9$	–

мс	20–40	306,2 ± 10,6	303,3 ± 5,1	316,4 ± 16,1	311,4 ± 18,3
	P ₂₋₁	–	–	–	–
	P ₃₋₁	–	–	< 0,05	–
	P ₃₋₂	< 0,001	–	< 0,05	–
Длительность, мс	7–8	–	–	110,0 ± 10,7	–
	9–10	70,3 ± 18,2	–	107,5 ± 17,6	–
	20–40	207,5 ± 14,5	210,0 ± 16,3	220,7 ± 14,1	200,9 ± 13,8
	P ₂₋₁	–	–	–	–
	P ₃₋₁	–	–	< 0,001	–
	P ₃₋₂	< 0,001	–	< 0,001	–

Примечание – P₂₋₁ обозначает достоверность различий между показателями P₃₀₀ у испытуемых 9–10 лет и 7–8 лет; P₃₋₁ – достоверность различий между показателями у 20–40-летних испытуемых и 7–8-летних; P₃₋₂ – достоверность различий между показателями у 20–40-летних испытуемых и 9–10-летних. Прочерк означает отсутствие достоверных различий или отсутствие показателя для сравнения

Негативный компонент N₅₀₀ не выявлялся в слуховых вызванных потенциалах у взрослых испытуемых, но регулярно наблюдался во всех отведениях в ответах на стимул С₁ у детей обеих возрастных групп (рисунок, таблица 3).

Как свидетельствуют данные таблицы 3, у школьников 9–10 лет, по сравнению с 7–8-летними детьми, амплитуда N₅₀₀ достоверно увеличивалась в центральных областях коры обоих полушарий: в левом полушарии – на 42,4%, а в правом – на 41,3%. Такое же по характеру изменение наблюдалось и в левой теменной области коры, где в старшей группе детей амплитуда N₅₀₀ была на 96,3% выше, чем в группе детей 7–8-летнего возраста. В правой теменной области возрастные изменения анализируемого показателя оказались незначимыми.

Следует отметить, что в центральных областях коры выраженность негативности N₅₀₀ была больше, чем в теменных областях. Так, в группе 7–8-летних детей в центральном отведении левого полушария амплитуда N₅₀₀ была выше, чем в левом теменном отведении, в 2,4 раза, а в правой центральной области – в 2 раза больше, чем в правой теменной. У школьников 9–10 лет этот показатель в центральных областях коры обоих полушарий превышал таковой в теменных областях в 1,8 раза.

При сравнении между собой значений пиковой латентности N₅₀₀ обнаруживались достоверные возрастные изменения только в центральном отведении левого полушария. Здесь уменьшение пиковой латентности у 9–10-летних детей по сравнению с 7–8-летними составило 19,7%. Достоверных различий в величине пиковой латентности N₅₀₀ между разными отведениями не наблюдалось внутри группы школьников как 7–8 лет, так и 9–10 лет.

Таблица 3 – Амплитудно-временные показатели N₅₀₀ в ответах теменных и центральных областей коры на стимул, требующий различения без ответной двигательной реакции, у лиц разного возраста ($\bar{x} \pm S\bar{x}$)

Показатель	Возраст, лет	Области коры больших полушарий			
		левая теменная	правая теменная	левая центральная	правая центральная
Амплитуда, мкВ	7–8	5,3 ± 1,1	8,0 ± 1,2	13,3 ± 1,5	16,0 ± 1,3
	9–10	5,3 ± 0,6	6,2 ± 0,9	9,4 ± 0,8	11,3 ± 0,9
	20–40	–	–	–	–
	P ₂₋₁	–	–	< 0,05	< 0,01
Пиковая латентность,	7–8	512,0 ± 51,9	520,0 ± 46,6	648,8 ± 43,2	554,4 ± 47,7

мс	9–10 20–40 P ₂₋₁	507,5 ± 11,2 – –	500,0 ± 26,1 – –	520,7 ± 12,3 – < 0,01	518,0 ± 42,1 – –
Длительность, мс	7–8 9–10 20–40 P ₂₋₁	260,0 ± 29,1 230,0 ± 24,6 – –	200,0 ± 32,3 266,0 ± 18,3 – –	705,0 ± 54,3 632,9 ± 29,6 – –	537,8 ± 37,6 545,6 ± 29,7 – –

Примечание – P₂₋₁ обозначает достоверность различий между показателями N₅₀₀ у испытуемых 9–10 лет и 7–8 лет. Прочерк означает отсутствие достоверных различий или отсутствие показателя для сравнения

Что же касается длительности N₅₀₀, то ее различия между двумя возрастными группами детей в одинаковых отведениях были несущественны. Однако в каждой группе наблюдалась значительно большая продолжительность N₅₀₀ в СВП, записанных с центральных областей коры, чем с теменных (рисунок, таблица 3). Наиболее длительной анализируемая негативность оказалась в левом центральном отведении, где ее продолжительность у 7–8-летних детей была больше, чем в левой теменной области в 2,7 раза и чем в правой теменной – в 3,5 раза. Также длительность N₅₀₀ была больше в центральной области левого полушария по сравнению с такой же областью правого полушария на 23,7%. В центральном отведении правого полушария этот показатель был выше, чем в теменном отведении этого же полушария в 2,7 раза и чем в левом теменном – в 2,1 раза.

Аналогичные различия в длительности N₅₀₀ наблюдались в группе 9–10-летних детей, где они составляли между центральным и теменным отведениями левого полушария 280%, левым центральным и правым теменным – 240%, центральными отведениями левого и правого полушарий – 120%. В центральной области коры правого полушария длительность N₅₀₀ была больше, чем в правой и левой теменных областях, соответственно, в 2,1 и 2,3 раза.

Заключение

Таким образом, полученные результаты показывают, что в слуховых вызванных потенциалах на стимул, требующий различения без ответной двигательной реакции, так же как и в вызванных потенциалах на стимул, требующий минимального привлечения внимания и сопровождающийся двигательным ответом [5], наблюдаются возрастные изменения амплитудно-временных характеристик N₂₀₀, P₃₀₀ и N₅₀₀. В отличие от взрослых, у детей 7–8 и 9–10 лет внимание не отражается на параметрах негативной волны N₂₀₀. Однако напряжение внимания уже с 7–8-летнего возраста отчетливо проявляется в усилении процесса переработки информации, о чем свидетельствуют изменения параметров позитивной волны P₃₀₀. Недостаточная зрелость механизмов активного внимания у детей, проявляющаяся в увеличении времени обработки слуховых стимулов, что согласуется с данными литературы [6, 7], требует надления информации, предъявляемой детям, более значимыми и заметными качествами, чем это требуется для взрослых.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Näätänen, R. Attention and brain function / R. Näätänen. – New Jersey : Erlbaum Associates, 1992. – 192 p.
2. Николлс, Дж.Т. От нейрона к мозгу / Дж.Т. Николлс, А.Р. Мартин, Б.Дж. Валлас. – М., 2003. – 672 с.
3. Савченко, Е.И. Онтогенетические особенности развития медленных негативных и позитивных потенциалов при выполнении зрительной перцептивной задачи / Е.И. Савченко, Д.А. Фарбер // Журнал высш. нервн. деят. – 1990. – Т. 40. – № 1. – С. 29–36.

4. Бетелева, Т.Г. Возрастные особенности соотношения произвольного и произвольного анализа при опознании изображений / Т.Г. Бетелева // Журнал высш. нервн. деят. – 1992. – Т. 42. – № 1. – С. 3–11.

5. Хомич, Г.Е. Слуховые вызванные потенциалы у детей и взрослых на стимул, требующий минимального привлечения внимания и сопровождающийся двигательным ответом / Г.Е. Хомич, Н.К. Саваневский // Веснік Брэсцкага ўн-та. Сер. прырод. навук – 2009. – № 2. – С. 129–135.

6. Наатанен, Р. Внимание и функции мозга / Р. Наатанен. – М. : МГУ, 1997. – 559 с.

7. Tervaniemi, M. Pre-attentive processing of complex auditory information in the human brain / M. Tervaniemi // Dr. Dissertation. – Helsinki, 1997. – 436 p.

G.E. Khomich, N.K. Savanevski. Peculiarity of Auditory Caused Potentials for Children and Adults on a Stimulus, Requiring the Difference without a Response Move Reaction

The results of research of the auditory caused potentials are presented for the people of different age. Age distinctions in the parameters of components N₂₀₀, P₃₀₀ and N₅₀₀ on a voice stimulus, requiring the bringing in of attention and no attended with a move answer are found

Рукапіс паступіў у рэдкалегію 24.01.2011 г.