

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕНСОМОТОРНЫХ РЕАКЦИЙ В ЗАДАЧАХ ЗРИТЕЛЬНОГО ПОИСКА У УЧАЩИХСЯ РАЗЛИЧНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП

*А.П. Астащенко, О.И. Тюнина, Е.С. Баева, Е.В. Дорохов, Н.П. Горбатенко, О.В. Комиссарова*

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Воронеж, Российская Федерация

**Аннотация.** Формирование функций восприятия и произвольного внимания – это основа развития познавательной деятельности ребенка. Изучены особенности реализации процессов произвольного внимания на моделях простого и сложного зрительного поиска в группах испытуемых с возрастным диапазоном от 8 до 18 лет. Анализировались время реакции, ошибки (пропуски цели, ложные тревоги), время на когнитивные процессы, корреляционные связи и особенности эффективности внимания у испытуемых с разной учебной успеваемостью. Время поиска одного элемента в случайном месте пустой решетки уменьшается с возрастом. Ошибки типа «ложная тревога» преобладают в младших возрастных группах. Эффективность зрительного поиска может являться одним из критериев учебной успеваемости. Юноши и девушки с низкой учебной успеваемостью совершают значительно большее количество ошибок типа «ложная тревога» в задачах зрительного поиска. Для осуществления сенсомоторных реакций фронтально-париетальная система внимания является основной. Созревание данной системы может быть основой увеличения эффективности внимания с возрастом.

**Ключевые слова:** зрительный поиск, внимание, сенсомоторные реакции.

## COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF SENSORIMOTOR REACTIONS IN THE TASKS OF VISUAL SEARCH IN STUDENTS OF VARIOUS AGE GROUPS

*A.P. Astashchenko, O.I. Tyunina, Ye.S. Bayeva, Ye.V. Dorokhov, N.P. Gorbatenko, O.V. Komissarova*

FSBEI HE "Voronezh State Medical University named after N. N. Burdenko"  
of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Voronezh

**Abstract.** The formation of perception and voluntary attention functions is the basis for the development of the child's cognitive activity. The implementation features of the voluntary attention processes on the models of simple and complex visual search in groups of subjects with an age range from 8 to 18 years old were studied. Reaction time, errors (goal's omissions, false alarms), time for cognitive processes, correlations and features of attention efficiency in subjects with various academic performances were analyzed. The search time for a single element in a random location of an empty grid decreases with age. Errors such as "false alarm" prevail in younger age groups. The effectiveness of visual search can be one of the criteria for academic performance. Young men and women with low academic performance make significantly more mistakes such as "false alarm" in visual search tasks. The front-parietal attention system is the main one for the implementation of sensorimotor reactions. The maturation of this system can be the basis for increasing the attention effectiveness with age.

**Keywords:** visual search, attention, sensorimotor reactions.

Использование компьютерных устройств для поиска, хранения и предъявления информации привело к очевидным изменениям в жизни общества и отдельного человека, причем дети начинают интенсивно использовать такие средства с раннего возраста [9]. Формирование функций восприятия и внимания является основой для развития познавательной активности ребенка. Для исследования внимания одной из наиболее разработанных на настоящий момент задач является зрительный поиск, используемый в исследованиях сфокусированного и распределенного внимания [4] и оценка его эффективности. Эффективным называют поиск, скорость которого не зависит от количества отвлекающих объектов

в поле зрения, неэффективным – поиск, скорость которого возрастает при увеличении количества объектов (Wolfe, 2018) [10]. Эффективность зрительного поиска определяется сенсомоторной интеграцией, выявляющейся в точности и скорости сенсомоторных реакций [5]. Показатели зрительно-моторных реакций характеризуют состояние нервных процессов организма и его индивидуально-типологические особенности и рассматриваются как интегральные показатели функционального состояния центральной нервной системы [2]. Многие компоненты организации сенсомоторных функций продолжают созревать в подростковом возрасте, однако некоторые дети могут испытывать задержки или регрессии в сенсомоторных механизмах.

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Исследование особенностей сенсомоторных реакций у здоровых детей и юношей при выполнении задач зрительного поиска разных уровней сложности.

**МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ**

В исследовании использовался метод зрительного поиска [6]. Предъявлялись решетки из 9 элементов (3×3) размером 7×7 см. При расстоянии от экрана 50 см угловые размеры составляли около 8 градусов. Задача заключалась в поиске и нахождении цели символа «S» 1) в пустой решетке, 2) той же цели в окружении одноцветных отвлекающих элементов, или дистракторов, символов – «R, 8», схожих с целевым (рис. 1).

Первая задача представляет собой врожденный поиск, так как есть только один элемент в случайном месте решетки. Вторая задача – трудный поиск из-за сходства цели и дистракторов. Изображения были черного цвета и предъявлялись на белом фоне экрана. Анализировались следующие параметры поиска: время нахождения цели и ошибки поиска (ложные тревоги – реакции на нецелевые стимулы и пропуски целевого стимула).

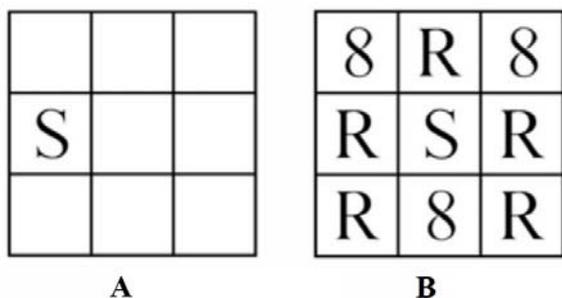


Рис. 1. Модели зрительного поиска: А – поиск 1, В – поиск 2

Вероятность появления целевого стимула составляла 0,5. Испытуемые при обнаружении цели должны были как можно быстрее нажимать на клавишу компьютера. Время демонстрации стимула составило 300 мс, межстимульный интервал – 1000–2000 мс. За опыт предъявлялось 40 стимулов. Анализ данных исследования проводился в группах: (8–9 лет) – 25 человек, (10–12 лет) – 25 человек, (13–15 лет) – 25 человек, (18–19 лет) – 50 человек. Всего в исследовании приняло участие 125 человек. Все участники исследования дали письменное информированное согласие на участие в исследовании. Статистическая обработка данных производилась в программном пакете Statistica 12. Данные обрабатывались с помощью обычной параметрической статистики, корреляционного

анализа и однофакторного дисперсионного анализа ANOVA.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Согласно классическим представлениям общее время произвольной двигательной реакции складывается из нескольких компонентов: поступление сенсорной информации, опознание, выбор ответа, организация моторного ответа. Результаты выполнения поиска у детей представлены в табл. 1. Время поиска одного элемента в случайном месте пустой решетки прогнозируемо было самым длительным в группе детей 8–9 лет по сравнению с группами 10–12 лет, 13–15 лет и 18–19 лет ( $t = 3,7, p = 0,0004$ ;  $t = 3,3, p = 0,001$ ;  $t = 6,7, p = 0,004$ ). Среднее время сенсомоторных реакций при осуществлении простого поиска не различалось в группах детей 10–12 лет и 13–15 лет. Максимальная скорость выполнения задания наблюдалась в группе девушек и юношей 18–19 лет и достоверно отличалась от результатов в группах детей 10–12 лет и 13–15 лет ( $t = 4,8, p = 0,00001$ ;  $t = 3,1, p = 0,003$ ). Однофакторный дисперсионный анализ ANOVA показал достоверность влияния фактора «возрастная группа испытуемых» на среднее время сенсомоторной реакции испытуемых, при выполнении простого поиска цели,  $F = 18,1, p = 0,00000$ . Однако среднее время реакции при выполнении сложного поиска цели среди похожих отвлекающих элементов не различалось в группах 10–12 лет, 13–15 лет, 18–19 лет. Медленнее по сравнению с данными в других группах выполнялось задание детьми 8–9 лет ( $t = 2,3, p = 0,02$ ). Трудный поиск занимает большее время, чем поиск одиночного элемента. Однако однофакторный дисперсионный анализ ANOVA выявил значимость влияния фактора «возраст» на время реакции, в случае сложного зрительного поиска целевого стимула в случайном месте решетки с дистракторами,  $F = 2,8, p = 0,02$ . Время сложной сенсомоторной реакции увеличивается за счет появления этапа дополнительной переработки информации. Этот этап связан в основном с процессами опознания, отнесения стимула к определенной группе, категоризацией. В процессе поиска зрительных стимулов время затрачивается на отбор целевых стимулов, преобразование сигналов в рецепторах, передачу информации по нервной системе, моторный ответ и также на анализ приходящих извне сигналов и принятие решения о необходимости моторных действий. Среднее время когнитивных процессов для возрастных групп детей 8–9, 10–12, 18–19 лет не различалось и было в диапазоне 130–155 мс (табл. 1).

Таблица 1

Параметры зрительно-моторных реакций испытуемых различных возрастных групп

Группы	Параметры зрительно-моторных реакций						ВКП
	ВР, мс		П, %		ЛТ, %		
	1	2	1	2	1	2	
18–19 лет	309,9 ± 6,1	457,30 ± 15,07	1,6 ± 0,5	13,2 ± 2,1	8,2 ± 1,7	16,6 ± 2,0	153,4 ± 13,2
13–15 лет	352,4 ± 6,3	503,04 ± 24,30	2,8 ± 1,2	16,6 ± 2,3	12,7 ± 2,5	24,0 ± 4,4	183,1 ± 17,9
10–12 лет	342,2 ± 8,3	469,4 ± 19,5	2,3 ± 0,8	22,6 ± 3,6	15,8 ± 1,8	39,1 ± 4,0	151,8 ± 13,1
8–9 лет	394,5 ± 11,1	515,2 ± 19,9	3,8 ± 1,3	29,6 ± 3,7	21,4 ± 1,6	37,3 ± 4,2	135,9 ± 14,2

Примечание. Здесь и далее: ВР – время реакции; П – пропуски; ЛТ – ложные тревоги; ВКП – время когнитивных процессов; 1 – поиск 1; 2 – поиск 2.

При осуществлении зрительного поиска цели в пустой решетке среднее количество пропусков у здоровых испытуемых всех возрастных групп достоверно не различалось. Различия наблюдались при осуществлении поиска целей, схожих с отвлекающими элементами, в группах 8–9 лет и 13–15 лет как (29,6 ± 3,7) и (16,6 ± 2,3) % ( $t = 3,9, p = 0,0002$ ); 10–12 лет и 18–19 лет как (22,6 ± 3,6) и (13,2 ± 2,1) % ( $t = 2,2, p = 0,02$ ). Анализ ANOVA показал достоверность влияния фактора «возрастная группа испытуемых» на среднее количество ошибок типа «пропуски» испытуемых, при выполнении поиска 2 ( $F = 5,7, p = 0,001$ ). При анализе количества ложных тревог выявлено статистически достоверное их уменьшение с увеличением возраста. Данные анализа ANOVA показали достоверные влияния фактора «возрастная группа испытуемых» на среднее количество ошибок типа «ложные тревоги», при выполнении поиска 1 ( $F = 7,6, p = 0,0001$  и поиска 2,  $F = 7,8, p = 0,0001$ ).

Среднее количество ложных тревог при осуществлении поиска одного элемента в случайном месте

пустой решетки прогнозируемо было наибольшим в группе детей 8–9 лет – (21,4 ± 1,6) %, по сравнению с группами 10–12 лет – (15,8 ± 1,8) %, 13–15 лет – (12,7 ± 2,5) %, 18–19 лет – (8,2 ± 1,7) % ( $t = 2,2, p = 0,02$ ;  $t = 2,7, p = 0,009$ ;  $t = 5,4, p = 0,000001$ ). Среднее количество ложных тревог было наименьшим в группе 18–19 лет ( $t = 2,9, p = 0,004$ ). Среднее количество ложных тревог при выполнении сложного поиска цели среди похожих отвлекающих элементов было наибольшим у детей в группах 8–9 лет – (37,3 ± 4,2) % и 10–12 лет – (39,1 ± 4,0) %, по сравнению с данными детей старших групп: 13–15 лет – (24,0 ± 4,4) %, 18–19 лет – (16,6 ± 2,0) % ( $t = 2,1, p = 0,04$ ;  $t = 4,3, p = 0,00008$ ). Наименьшее количество ложных тревог в группе юношей и девушек: (16,6 ± 2,0) %,  $t = 4,9, p = 0,000009$  (рис. 2).

Выявлена связь между параметрами: ВР и возрастная группа испытуемого –  $r = -0,5, p < 0,05$ ; количество ЛТ и возрастная группа –  $r = -0,6, p < 0,05$  для поиска 1 и  $r = -0,2, p < 0,05, r = -0,4, p < 0,05$  соответственно для поиска 2 (рис. 3).

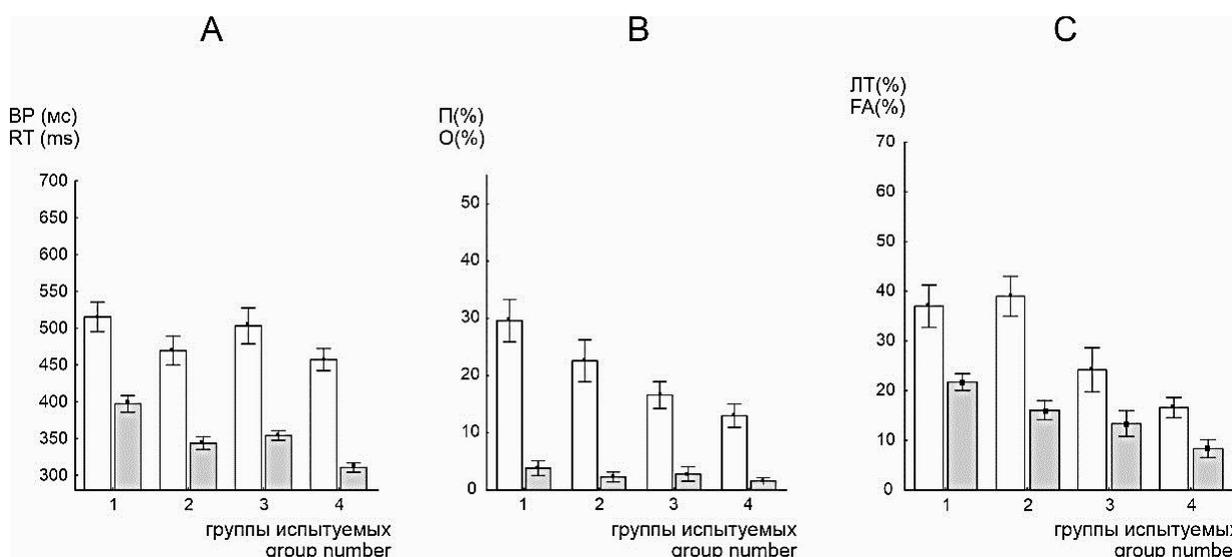


Рис. 2. Сравнительные характеристики параметров поиска 2 (белые столбики) и поиска 1 (серые столбики) в различных возрастных группах: А – время реакции (мс), В – пропуски (%), С – ложные тревоги (%); ВР – время реакции; П – пропуски; ЛТ – ложные тревоги; 1 – группа 8–9 лет, 2 – группа 10–12 лет; 3 – группа 13–15 лет; 4 – группа 18–19 лет

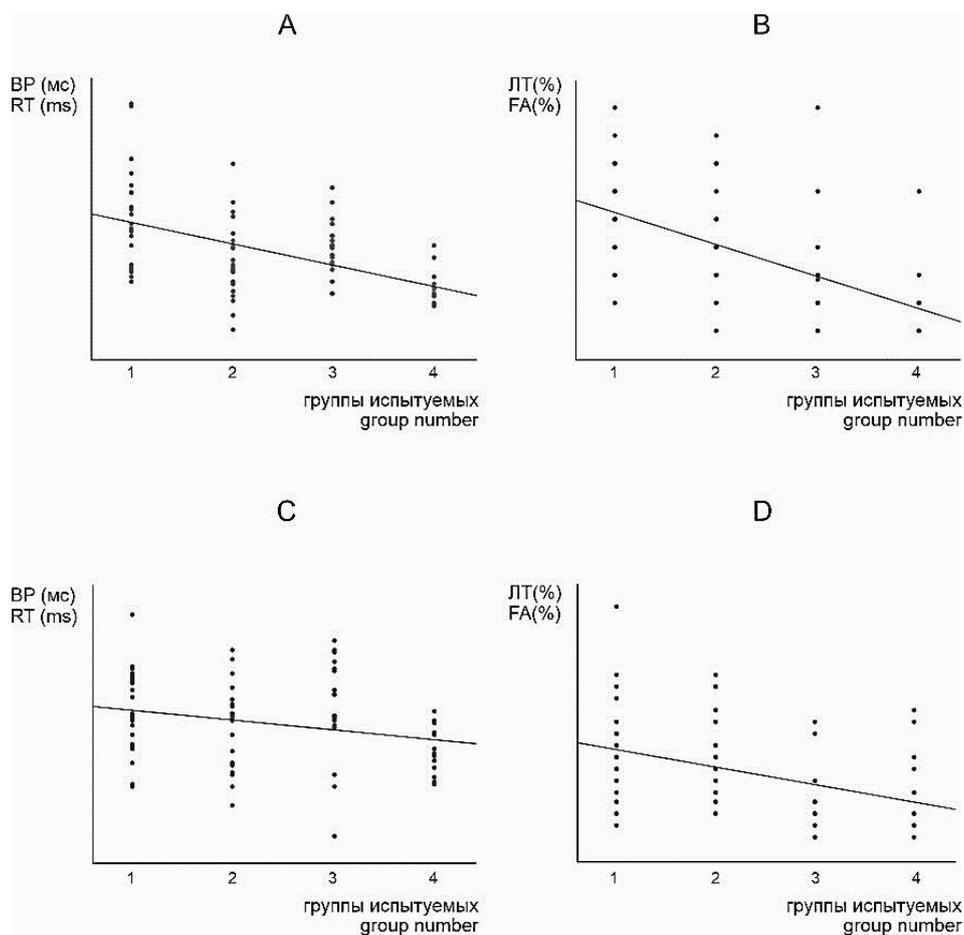


Рис. 3. Корреляционные связи: А – между ВР и возрастной группой, поиск 1; В – ЛТ и возрастной группой, поиск 1; С – ВР и возрастной группой, поиск 2; D – ЛТ и возрастной группой, поиск 2; 1 – группа 8–9 лет, 2 – группа 10–12 лет; 3 – группа 13–15 лет; 4 – группа 18–19 лет

Характеристики зрительно-моторных реакций различной сложности во многом являются показателями успешности обучения [1]. Исследователями отмечается также значимая положительная корреляция между учебной успеваемостью и эффективностью избирательного внимания; ролью избирательного внимания в анализе устной речи, освоении навыка чтения, решении математических задач [2].

Поэтому в данной работе мы также провели сравнительный анализ параметров эффективности

простого и сложного зрительного поиска в группе здоровых испытуемых (18–19 лет), имеющих учебную успеваемость «отлично» и «неудовлетворительно» (табл. 2). У учащихся из группы сравнения «неудовлетворительно» достоверно больше совершалось ошибок типа «ложная тревога» в поиске 1:  $(13,2 \pm 4,4) \%$  по сравнению с количеством ЛТ у учащихся из группы «отлично» –  $(4,6 \pm 1,4) \%$  ( $t = 2,1, p = 0,04$ ). В поиске 2:  $(34,4 \pm 8,3)$  и  $(11,8 \pm 2,4) \%$  ( $t = 3,1, p = 0,005$ ).

Таблица 2

Данные сравнения сенсомоторных параметров зрительного поиска у молодых здоровых испытуемых (18–19 лет), имеющих учебную успеваемость «отлично» и «неудовлетворительно»

Поиск	ВР, мс		П, %		ЛТ, %	
	1 («отл.») n = 25	2 («неуд.») n = 25	1 («отл.») n = 25	2 («неуд.») n = 25	1 («отл.») n = 25	2 («неуд.») n = 25
1	$307,1 \pm 6,6$	$319,4 \pm 11,1$	$1,0 \pm 0,5$	$1,0 \pm 0,6$	$4,6 \pm 1,4$	$13,2 \pm 4,4$
2	$452,6 \pm 2,4$	$444,9 \pm 31,1$	$13,4 \pm 2,7$	$21,5 \pm 4,2$	$11,8 \pm 2,4$	$34,4 \pm 8,3$

Таким образом, селективное внимание при зрительном поиске «успешных в обучении» студентов по сравнению с «неуспешными в обучении» отличается меньшим количеством ошибок типа «ложные тревоги». Показатели зрительно-моторных реакций характеризуют состояние нервных процессов организма и его индивидуально-типологические особенности и рассматриваются как показатели функционального состояния ЦНС [2]. Результаты проведенного исследования демонстрируют, что время поиска одного элемента в случайном месте пустой решетки уменьшается с возрастом, что согласуется с данными других исследователей. Более длительное время сенсомоторных реакций у участников младших возрастных групп может быть связано с незрелостью фронто-париетальных нейрональных сетей [8], обеспечивающих подготовку и реализацию произвольных движений и недостаточностью оперативной памяти. Однако время на поиск 1 в возрастных группах детей 10–12 и 13–15 лет достоверно не различалось. Несмотря на то, что время реакции уменьшается с возрастом, мы предполагаем, что отсутствие различий может быть связано с тем, что развитие в онтогенезе происходит нелинейно. Поиск цели среди похожих отвлекающих элементов сопровождался дополнительной затратой времени на когнитивные процессы в диапазоне 130–155 мс по сравнению с поиском одного элемента в случайном месте пустой решетки. Показано, что в первые 100 мс после предъявления стимула в затылочной коре происходит кодирование первичных характеристик стимула, через 200 мс – восприятие более сложных характеристик, через 300–500 мс происходит восприятие целостного изображения, сопровождаемое вовлечением фронтальных зон мозга, а также происходит принятие решения о типе стимула. Время поиска цели среди похожих отвлекающих элементов не различалось в возрастных группах от 10 до 18 лет. Показано, что общие закономерности поиска сходны во взрослой и детской выборке. Несмотря на то, что дети осуществляют поиск в целом медленнее, чем взрослые, у них наблюдается так называемый управляемый зрительный поиск, представляющий собой одну из форм нисходящей регуляции процессов зрительного внимания [3]. К 9–11 годам регуляторная система обеспечивает не только избирательное вовлечение корковых зон в деятельность, но и облегчает осуществление операций, в которых они участвуют. В подростковом возрасте (12–15 лет) происходит дальнейшая тонкая дифференцировка нервных клеток, в результате которой изменяется соотношение клеток разных типов. Изменения в ансамблевой организации нервного аппарата коры больших полушарий продолжают и за пределами подросткового периода вплоть до достижения зрелости. Особенно существенные изменения в 18–20-летнем возрасте происходят

в лобных отделах коры, в связи с усложнением межнейрональных взаимодействий. Дети и юноши делают сходное количество ошибок типа «пропуск цели» при осуществлении простого зрительного поиска – одного элемента в случайном месте пустой решетки. Ошибки типа «пропуск цели» возрастают по мере снижения возраста при осуществлении сложного поиска цели среди похожих отвлекающих элементов. Показано, что у детей 9 лет в отличие от взрослых не выявляется четкой функциональной специализации полушарий при внимании, и они функционируют не по принципу взаимного дополнения, а как взаимозаменяемые структуры. Ошибки типа «ложная тревога» возрастают в младших группах по сравнению с группой юношей и девушек. Феномен ложной тревоги заключается в том, что испытуемый на пустую пробу (то есть когда раздражитель не предъявляется) дает положительный ответ (утверждает, что раздражитель имел место). Согласно теории функциональных систем – это предпусковая интеграция, скрытое возбуждение определенных систем нейронов. Избирательное селективное внимание может стать условием для предпусковой интеграции и как следствие реакцией ложной тревоги [7]. Корреляция между временем сенсомоторных реакций, количеством ложных тревог и возрастной группой испытуемых выше для результатов решения задач простого зрительного поиска. Эффективность зрительного поиска может являться одним из критериев учебной успеваемости. Юноши и девушки с низкой учебной успеваемостью совершают значительно большее количество ошибок типа «ложная тревога» в задачах зрительного поиска.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Время поиска одного элемента в случайном месте пустой решетки уменьшается с возрастом, что, вероятно, связано с постепенным созреванием фронто-париетальных нейрональных сетей, обеспечивающих подготовку и реализацию произвольных движений.
2. Поиск цели среди похожих отвлекающих элементов сопровождался дополнительной затратой времени на когнитивные процессы в диапазоне 130–155 мс по сравнению с поиском одного элемента в случайном месте.
3. Дети и юноши делают сходное количество ошибок типа «пропуск цели» при осуществлении простого зрительного поиска. Данный тип ошибок возрастает по мере снижения возраста при осуществлении сложного поиска цели среди похожих отвлекающих элементов, что, предположительно, связано с отсутствием четкой функциональной специализации полушарий, в реализации процессов произвольного внимания.
4. Ошибки типа «ложная тревога» преобладают в младших возрастных группах.

5. Корреляционная связь между временем сенсомоторных реакций, количеством ложных тревог и возрастной группой испытуемых выше для результатов решения задач простого зрительного поиска.

6. Эффективность зрительного поиска может являться одним из критериев учебной успеваемости. Юноши и девушки с низкой учебной успеваемостью совершают значительно большее количество ошибок типа «ложная тревога» в задачах зрительного поиска.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дорджиева Д.Б., Бадмаева И.А., Карлова С.В., Лиджигоряева Ц.В. Возрастные различия времени зрительно-моторной реакции у школьников // Наука вчера, сегодня, завтра. – 2017. – Т. 7(41). – С. 6–10.

2. Игнатова Ю.П., Макарова И.И., Яковлева К.Н., Аксенова А.В. Зрительно-моторные реакции как индикатор функционального состояния центральной нервной системы // Ульяновский медико-биологический журнал. – 2019. – № 3. – С. 38–48.

3. Когнитивная наука в Москве: новые исследования / под ред. Е. В. Печенковой, М. В. Фаликман. – М.: Буки Веди, ИППИП, 2019. – 656 с.

4. Кузнецова Е.С., Баранов-Крылов И.Н., Ратникова В.К. Оценка функционального состояния детей 5 и 7 лет в процессе зрительного поиска // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. – 2009. – № 13. – С. 31–37.

5. Меренкова В.С. Возрастные и половые различия сенсомоторной интеграции школьников // Вестник психфизиологии. – 2018. – № 4. – С. 21–28.

6. Талалай И.В., Курганский А.В., Мачинская Р.И. Оценка связи между эффективностью различных видов произвольного внимания и использованием цифровых устройств у детей 8–9 лет: апробация разработанных компьютеризированных тестов // Новые исследования. – 2020. – № 1 (61). – С. 5–18.

7. Чуприкова Н.И. Время реакций человека: физиологические механизмы, вербально-смысловая регуляция, связь с интеллектом и свойствами нервной системы. – М.: Издательский дом ЯСК, 2019. – 432 с.

8. Astle D.E., Luckhoo H., Woolrich M., et al. The neural dynamics of fronto-parietal networks in childhood revealed using Magnetoencephalography // Cerebral Cortex. – 2015. – No. 25. – P. 3868–3876.

9. Meyer D.E. From savannas to blue-phase LCD screens: Prospects and perils for child development in the Post-Modern Digital Information Age // Proc Natl Acad Sci USA. – 2018. – Vol. 115, no. 40. – P. 9845–9850.

10. Wolfe J.M. Visual search // Steven's Handbook of experimental psychology and cognitive neuroscience. Sensation, Perception, and Attention. – 2018. – Vol. 2. – 992 p.

#### REFERENCES

1. Dordjievа DB., Badmaeva IA., Karlova SV., Ligidoryaeva TsV. Vozrastnyye razlichiya vremeni zritel'no-motornoy

reaktsii u shkol'nikov [Age differences in visual-motor reaction time in schoolchildren]. *Nauka vchera, segodnya, zavtra* [Science yesterday, today, tomorrow], 2017, vol. 7 (41), pp. 6–10. (In Russ.; abstr. in Engl.).

2. Ignatova Yu.P., Makarova I.I., Yakovleva K.N., Aksenova A.V. Zritel'no-motornyye reaktsii kak indikator funktsional'nogo sostoyaniya tsentral'noy nervnoy sistemy [Visual-motor reactions as an indicator of the functional state of the central nervous system]. *Ulyanovskiy mediko-biologicheskii zhurnal* [Ulyanovsk Medical and Biological Journal], 2019, no. 3, pp. 38–48. (In Russ.; abstr. in Engl.)

3. Kognitivnaya nauka v Moskve: novyye issledovaniya [Cognitive Science in Moscow: new research]. E.V. Pechenkova, M.V. Falikman (ed.). Moscow, Buki Vedi Publ., 2019. 656 p. (In Russ.; abstr. in Engl.).

4. Kuznetsova E.S., Baranov-Krylov I.N., Ratnikova V.K. Otsenka funktsional'nogo sostoyaniya detey 5 i 7 let v protsesse zritel'nogo poiska [Evaluation of the functional state of children aged 5 and 7 years in the process of visual search]. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologiya i ekologiya* [Bulletin of Tver State University. Series: Biology and Ecology], 2009, no. 13, pp. 31–37. (In Russ.; abstr. in Engl.).

5. Merenkova V.S. Vozrastnyye i polovyye razlichiya sensomotornoy integratsii shkol'nikov [Age and gender differences in sensorimotor integration of schoolchildren]. *Vestnik psikhofiziologii* [Bulletin of Psychophysiology], 2018, no. 4, pp. 21–28. (In Russ.; abstr. in Engl.).

6. Talalay I.V., Kurgansky A.V., Machinskaya R.I. Otsenka svyazi mezhdru effektivnost'yu razlichnykh vidov proizvol'nogo vnimaniya i ispol'zovaniyem tsifrovyykh ustroystv u detey 8–9 let: aprobatsiya razrabotannykh komp'yuterizirovannykh testov [Evaluation of the relationship between the effectiveness of various types of voluntary attention and the use of digital devices in children aged 8–9 years: approbation of developed computerized tests]. *Novyye issledovaniya* [New Research], 2020, no. 1 (61), pp. 5–18. (In Russ.; abstr. in Engl.).

7. Chuprikova N.I. Vremya reaktsiy cheloveka: fiziologicheskiye mekhanizmy, verbal'no-smyslovaya regulyatsiya, svyaz' s intellektom i svoystvami nervnoy sistemy [Human reaction time: physiological mechanisms, verbal-semantic regulation, connection with intelligence and properties of the nervous system]. Moscow, YASK Publishing House, 2019. 432 p. (In Russ.; abstr. in Engl.).

8. Astle D.E., Luckhoo H., Woolrich M., et al. The neural dynamics of fronto-parietal networks in childhood revealed using Magnetoencephalography. *Cerebral Cortex*, 2015, no. 25, pp. 3868–3876.

9. Meyer D.E. From savannas to blue-phase LCD screens: Prospects and perils for child development in the Post-Modern Digital Information Age. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2018, vol. 115, no. 40, pp. 9845–9850.

10. Wolfe J.M. Visual search. *Steven's Handbook of experimental psychology and cognitive neuroscience. Sensation, Perception, and Attention*. 2018. Vol. 2. 992 p.

#### Контактная информация

Астащенко Анжела Павловна – к. б. н., доцент кафедры нормальной физиологии, ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России, e-mail: cercea1@rambler.ru