

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ШКОЛЕ

## ИЗМЕНЕНИЯ ЦЕРЕБРАЛЬНОГО КРОВОТОКА У ДЕТЕЙ 8-9 ЛЕТ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ УМСТВЕННОЙ НАГРУЗКИ НА РАЗНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВАХ

О.Н. Адамовская<sup>1</sup>, К.В. Орлов, В.Н. Безобразова  
ФГБНУ «Институт возрастной физиологии РАО», Москва

Методом биполярной реоэнцефалографии у детей 8-9 лет изучались гемодинамические изменения церебрального кровотока при выполнении умственной нагрузки с использованием разных электронных устройств и бумажного варианта. Выявлено три варианта реактивности мозгового кровообращения к умственной нагрузке: 1) увеличение артериального притока в лобных и затылочных областях головного мозга; 2) разнонаправленные изменения артериального притока в лобных и затылочных областях головного мозга (увеличение в одной области при снижении в другой); 3) снижение артериального притока и повышение тонуса крупных и средних мозговых артерий в лобных и затылочных областях головного мозга. Адаптация мозгового кровообращения к умственной нагрузке у детей с первым и вторым вариантами реакции не сопровождалась напряжением механизмов регуляции мозгового кровообращения, у детей с третьим вариантом реакции выявлен напряженный характер адаптации мозгового кровообращения при выполнении теста. Наименьшая частота встречаемости детей 8-9 лет с напряжением адаптации (группа 3) отмечена при выполнении теста на бумаге (36 %) по сравнению с электронными устройствами. Самая многочисленная группа детей 8-9 лет с напряжением адаптации (группа 3) отмечена при выполнении теста на смартфоне (74 %).

**Ключевые слова:** младшие школьники, мозговое кровообращение, умственная нагрузка, электронные устройства (ноутбук, планшет, смартфон), бумага.

**Changes in cerebral blood circulation in 8-9-year-old children using different electronic devices to mental tasks.** The method of bipolar rheoencephalography (REG) was used to study hemodynamic changes in cerebral blood flow in 8-9-year-old children performing mental tasks using various electronic devices or paper and pencil. There were revealed three types of brain circulation as a reaction to mental load: 1) increased arterial flow in the frontal and occipital lobes in the brain; 2) multidirectional changes of arterial flow in the frontal and occipital regions of the brain (an increase in one area and a decrease in the other); 3) reduced arterial flow and increased tone of the large and medium-sized cerebral arteries in the frontal and occipital lobes. Adaptation of cerebral circulation to mental load in children with the first and second responses was not accompanied by tension of the regulation mechanisms of cerebral circulation, whereas children with the third type of the reaction demonstrated tension in adaptation of the cerebral circulation during the test. The lowest frequency of adaptation stress (group 3) was observed in 8-9-year-old children performing the paper test (36 %) com-

---

Контакты: <sup>1</sup> Адамовская О.Н. -E-mail: <krysyuk-19@yandex.ru>

*pared to the one using electronic devices. The largest group of children with adaptation stress (group 3) was registered at test performance with a smartphone (74 %).*

**Keywords:** *primary school students, cerebral circulation, mental load, electronic devices (laptop, tablet, smartphone), paper.*

**DOI:10.46742/2072-8840-2020-62-2-5-14**

Как свидетельствует целый ряд научных работ, применение компьютеров в учебном процессе вызывает большой интерес, а сам термин «компьютер» в наше время обозначает широкий круг устройств – от мейнфрейма и настольного компьютера до планшета с выходом в интернет [12]. В соответствии с Приказом Минобрнауки России от 30 марта 2016 г. № 336 «Об утверждении перечня средств обучения и воспитания, необходимых для реализации образовательных программ начального общего, основного общего и среднего общего образования...», все учебные помещения школ должны быть оснащены мультимедийными комплектами (компьютер/ноутбук, проектор, интерактивная доска/экран) и подключены к мобильному Интернету. В образовательном процессе также активно применяются электронные учебники на базе современных портативных электронных устройств.

Установлено, что на формирование позы ребенка при работе с портативной компьютерной техникой имеет большое значение угол зрения, расстояние от глаз до экрана, угол наклона головы, угол наклона туловища (вклад в формирование позы составляет 93,4 %; 84,5 %; 70,3 % и 43,6 %, соответственно) [13]. Портативные виды компьютерной техники имеют ряд особенностей: небольшой размер дисплея, его сочетание с клавиатурой (моноблочность), отсутствие возможности обеспечить перпендикулярное расположение экрана монитора к нормальной линии зрения, что затрудняет визуальное восприятие информации и приводит к принятию учеником вынужденной («передней») рабочей позы [8]. Всё это, несомненно, оказывает влияние на организм младшего школьника, находящегося в периоде интенсивных морфофункциональных перестроек и вызывает необходимость проведения исследований по изучению влияния работы на разных электронных устройствах на функциональное состояние организма детей.

В ряде работ рассматривается влияние портативных компьютерных средств на функциональное состояние зрительного анализатора, нервной системы, умственную работоспособность и здоровье ребенка [1; 7; 9; 10]. Однако изучение состояния кровообращения головного мозга при работе на разных электронных устройствах практически не проводилось. Известно, что умственная работоспособность детей в значительной степени зависит от нормального функционирования сердечно-сосудистой системы, в частности, от кровообращения головного мозга.

В связи с этим целью нашего исследования явилось изучение гемодинамических изменений церебрального кровотока младших школьников при выполнении умственной нагрузки с использованием разных электронных устройств и бумажного носителя.

## **ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В исследовании приняли участие 40 детей обоего пола, учащиеся 2-х классов

школ г. Москва, средний возраст -  $8,90 \pm 0,06$  лет. Все дети, согласно данным медицинских карт, относились к I-II группам здоровья.

Изучение мозгового кровообращения проводили методом биполярной реоэнцефалографии (РЭГ) с помощью прибора «Рео-спектр» (Нейрософт, г. Иваново). В настоящем исследовании оценка мозгового кровообращения проводилась на основании ряда показателей реографического комплекса.

**Аарт., ом** - амплитуда артериальной составляющей реографической волны, соответствует ее максимальной амплитуде. Характеризует величину пульсового кровенаполнения в исследуемом сосудистом бассейне, и косвенно указывает на функциональное состояние сосудов: снижается при повышении тонуса, и повышается - при снижении тонуса. **Альфа (а), сек** - время восходящей части волны, т.е. время от начала волны до Аарт. **Ткардио (Т), сек** - время длительности пульсовой волны. **а/Т, %** - отношение длительности периода восходящей части волны (а, сек) к длительности всей реоволны (Т, сек). Это отношение показывает, какая часть пульсового притока крови (в процентах) тратится на преодоление упругого сопротивления стенок артерий крупного и среднего калибра, т.е. характеризует тонус сосудов крупного и среднего калибра. **di, %** - дикротический индекс. Величина дикротического индекса отражает тонус сосудов мелкого калибра, позволяет судить о периферическом сосудистом сопротивлении. **АЧП, у.е.** - амплитудно-частотный показатель. Величина АЧП отражает кровоток в единицу времени.

В ходе исследования, учащиеся выполняли тест «таблицы Шульте» на разных электронных устройствах: ноутбук hp rtl8723be (15,6 дюйма, разрешение 1366x768 пикселей, светодиодная подсветка с технологией LED), планшет iPad 3(9,7 дюйма, разрешение 2048x1536 пикселей при 264 ppi, светодиодная подсветка с технологией IPS), смартфон Honor 8X (6,5 дюйма, разрешение 2340x1080 пикселей, светодиодная подсветка с технологией IPS).

Испытуемому давали возможность адаптироваться к условиям исследования в течение 5 минут, после чего осуществляли регистрацию (в состоянии покоя) РЭГ. Затем испытуемый в течение 10 минут выполнял тестовое задание по таблицам Шульте. Повторная регистрация РЭГ (при выполнении умственной нагрузки) проводилась на 8-10 минуте выполнения задания.

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием компьютерного пакета программы «SPSS Statistics, верс. 23». Выявление степени влияния фактора «тип устройства», «умственная нагрузка» осуществлялось при помощи дисперсионного анализа и анализа апостериорных сравнений с учетом поправки Бонферрони. Для проверки статистических гипотез исследования использовался t-тест Стьюдента для независимых и попарно сопряженных выборок, ANOVA. Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ . Распределение у показателей отличалось от нормального слабо и дисперсии в группах были почти гомогенны, что обосновало применение указанных методов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Дисперсионный анализ (ANOVA) с межгрупповым фактором «вид электронного устройства» и повторнозамерным фактором «нагрузка» (до нагрузки vs во время нагрузки) выявил влияние фактора «нагрузка» на интенсивность кровотока

(АЧП, у.е.) и амплитуду артериальной волны (Аарт, Ом), а также на ЧСС (главный эффект для АЧП,  $FF_1$ :  $F=19.36$  ( $df=1$ ),  $p<0.001$ ,  $Eta-sq=0.116$ ; для Аарт,  $FF_1$ :  $F=29.17$  ( $df=1$ ),  $p<0.001$ ,  $Eta-sq=0.129$ ; для ЧСС:  $F=26.52$  ( $df=1$ ),  $p<0.001$ ,  $Eta-sq=0.152$ .) Не обнаружено влияния вида устройства (главный эффект незначим) на показатели мозгового кровообращения.

В ходе анализа выявлены корреляции между фоновыми значениями АЧП, у.е.; Аарт, Ом и значениями этих показателей при выполнении умственной нагрузки, это часто наблюдаемый физиологический факт: чем ниже значения показателя в исходном состоянии, тем они сильнее изменяются в ответ на нагрузку (рис. 1.).

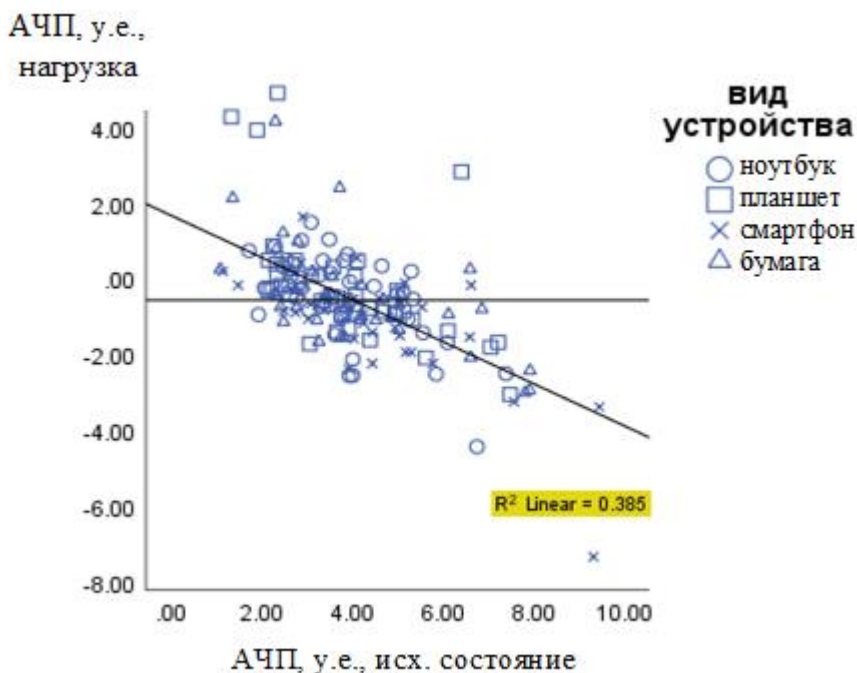


Рис. 1. Корреляция значений АЧП, у.е. в исходном состоянии и при выполнении умственной нагрузки

Анализ динамики показателей кровообращения позволил выявить 3 варианта реактивности: 1) достоверное увеличение АЧП, у.е. Аарт, Ом в бифронтальном и биокципитальном отведениях и ЧСС; 2) увеличение АЧП, у.е. и Аарт, Ом в одной из областей головного мозга, при снижении АЧП и Аарт в другой; 3) уменьшение величин АЧП, у.е. и Аарт, Ом в бифронтальном и биокципитальном отведениях и повышение значений ЧСС.

У испытуемых с первым вариантом реактивности (группа 1 - 30 % испытуемых) отмечено существенное увеличение артериального притока, снижение тонуса мозговых артерий крупного и среднего калибра в лобных и затылочных обла-

стях головного мозга, увеличение ЧСС, что отвечает выполняемой организмом нагрузке.

Таблица 1

Показатели церебрального кровообращения детей 8-9 лет  
в зависимости от типа реактивности на умственную нагрузку ( $M \pm m$ )

тип ре- акции	период ис- следования	ЧСС	АЧП, у.е		Аарт	
			FF <sub>1</sub>	OO <sub>1</sub>	FF <sub>1</sub>	OO <sub>1</sub>
1	Исх. состоян ие	89,85± 2,15	3,14± 0,21	1,97± 0,27	0,21± 0,01	0,13± 0,01
	Нагрузка	93,65± 2,01*	4,04± 0,26***	2,70± 0,32**	0,26± 0,01***	0,17± 0,02*
2а	Исх. состоян ие	84,54± 2,28	4,39± 0,44	1,54± 0,22	0,29± 0,03	0,23± 0,12
	Нагрузка	88,19± 3,08	3,42± 0,40**	2,68± 0,33*	0,23± 0,02*	0,16± 0,02
2в	Исх. состоян ие	90,50± 2,50	2,62± 0,24	3,31± 0,56	0,15± 0,02	0,22± 0,03
	Нагрузка	92,5± 4,20	3,98± 0,47*	2,25± 0,42*	0,24± 0,03	0,14± 0,02*
3	Исх. состоян ие	93,30± 1,17	4,42± 0,19	2,67± 0,19	0,28± 0,01	0,17± 0,01
	Нагрузка	97,25± 1,20***	3,28± 0,12***	1,90± 0,14***	0,20± 0,007***	0,12± 0,01**

Примечания: \*\*\* - значимые различия показателей по сравнению с исходным состоянием ( $p < 0,0001$ ); \*\* - значимые различия показателей по сравнению с исходным состоянием ( $p < 0,001$ ); \* - значимые различия показателей по сравнению с исходным состоянием ( $p < 0,05$ ); FF<sub>1</sub> – бифронтальное отведение РЭГ; OO<sub>1</sub> – биокципитальное отведение РЭГ.

Известно, что активно работающему мозгу необходимо увеличение интенсивности кровотока. Эта функциональная потребность реализуется путем активных сосудистых реакций, обеспечивающих кровоснабжение мозговой ткани, адекватное ее возросшим метаболическим потребностям. Взаимосвязь между функциональной активностью и интенсивностью кровоснабжения ткани головного мозга объясняется тем, что в мозге отсутствуют как резервы кислорода, так и депо окисляемого субстрата, поэтому рост функциональной активности мозга требует немедленного притока питательных веществ [2; 15; 16].

У испытуемых со вторым типом реактивности (группы 2а – 8,2 % испытуемых и 2в – 10 % испытуемых) краткосрочная адаптация мозгового кровообращения к умственной нагрузке характеризовалась разнонаправленными изменениями артериального притока в лобных и затылочных областях головного мозга (увеличение в одной области при снижении в другой). Повышение артериального при-

тока сопровождалось снижением тонического напряжения мозговых артерий большого и среднего калибра соответствующей области головного мозга. Аналогичные результаты о перераспределении артериального притока при выполнении умственной нагрузки дошкольниками и младшими школьниками были получены другими авторами [3].

Известно, что активные состояния человека (включая интеллектуальную деятельность) характеризуются развитием процесса активации в соответствующих нервных центрах, где формируются доминантные очаги. В этом случае нет необходимости в увеличении суммарного мозгового кровотока, поскольку осуществляется внутримозговое перераспределение кровотока в пользу активно работающих областей мозга. Эта функциональная особенность реализуется путем активных сосудистых реакций, развивающихся в пределах соответствующих областей мозга [2].

По нашему мнению, второй тип реактивности мозгового кровообращения является наиболее благоприятным, однако частота его встречаемости среди детей 8-9 лет меньше, чем первого типа реактивности. Это может быть связано, во-первых, с качественной перестройкой системы зрительного восприятия, характеризующейся заменой генерализованного однотипного реагирования на регионарно-специфический анализ и переработку стимула в разных зонах коры головного мозга [11] и зрительно-пространственной рабочей памяти: у детей 9-10 лет по сравнению с детьми 7-8 лет отмечается большее вовлечение префронтальной коры в ее реализацию [4], и во-вторых, с индивидуальными особенностями пространственно-временной организации активности головного мозга при умственной деятельности, что подтверждается данными комплексных электро- и реоэнцефалографических исследований у детей школьного возраста [5,6].

У детей с третьим типом реактивности (группа 3 - 51,8 % испытуемых) краткосрочная адаптация мозгового кровообращения к умственной нагрузке характеризовалась снижением артериального притока, повышением тонуса мозговых артерий крупного и среднего калибра в лобных и затылочных областях головного мозга. Мы полагаем, что выявленное повышение тонического напряжения церебральных артерий является проявлением действия нейрогенного механизма регуляции мозгового кровообращения, направленного на поддержание постоянства мозгового кровотока при существенных изменениях параметров центральной гемодинамики [14; 16]. Эти изменения указывают на напряженный характер адаптации мозгового кровообращения к умственной нагрузке.

Анализ динамики ЧСС показал, что достоверные изменения данного параметра (табл. 1) отмечены у детей, относящихся к 1 и 3 группам. Значимое возрастание ЧСС указывает на более генерализованный характер реакции сердечно-сосудистой системы этих детей в условиях умственной деятельности по сравнению с детьми группы 2.

Наименьшая частота встречаемости детей 8-9 лет с напряжением адаптации (группа 3) отмечена при выполнении теста на бумаге (36 %) и чаще встречается при работе на электронных устройствах (45,5-74 %). Несомненно, что бумажный вариант более привычен для детей, т.к. в начальной школе цифровые технологии ещё недостаточно включены в учебный процесс. Кроме того, работа на портативных электронных устройствах сопровождается вынужденной «передней» рабочей по-

зой, которая не является физиологической и вызывает в организме детей ряд функциональных нарушений: ограничение угла зрения, уменьшение объема аккомодации, удаление от глаза ближайшей точки ясного видения; зрительное и нервное утомление, а также функциональные нарушения вегетососудистой и опорно-двигательной систем (дистония, сколиоз) [8].

Таблица 2

*Распределение детей 8-9 лет по типам реактивности при выполнении умственной нагрузки на разных электронных устройствах и бумажном носителе (%)*

тип реактивности	ноутбук	планшет	смартфон	бумага
1	35	32,5	14	37
2	14,5	22	12	27
3	50,5	45,5	74	36

По нашим данным, наибольшая частота встречаемости третьего типа реактивности отмечена при выполнении теста на смартфоне (у 74 % детей), что может быть связано с большим напряжением системы кровообращения головного мозга вследствие самого маленького размера экрана этого гаджета по сравнению с другими электронными устройствами.

## ВЫВОДЫ

1. Выявлено три варианта реактивности мозгового кровообращения к умственной нагрузке у детей 8-9 лет:

- 1) увеличение артериального притока в лобных и затылочных областях головного мозга;
- 2) разнонаправленные изменения артериального притока в лобных и затылочных областях головного мозга (увеличение в одной области при снижении в другой);
- 3) снижение артериального притока и повышение тонуса крупных и средних мозговых артерий в лобных и затылочных областях головного мозга.

2. Адаптация мозгового кровообращения к умственной нагрузке у детей с первым и вторым вариантами реакции не сопровождалась напряжением механизмов регуляции мозгового кровообращения, у детей с третьим вариантом реакции выявлен напряженный характер адаптации мозгового кровообращения при выполнении теста.

3. Наименьшая частота встречаемости детей 8-9 лет с напряжением адаптации (группа 3) отмечена при выполнении теста на бумаге (36 %) по сравнению с электронными устройствами.

4. Самая многочисленная группа детей 8-9 лет с напряжением адаптации (группа 3) отмечена при выполнении теста на смартфоне (74 %).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александрова, И.Э. О взаимосвязи показателей утомляемости учащихся с факторами урока и школьного расписания / И.Э. Александрова // Здоровье населения и среда обитания. – 2017. – № 8 (293). – С. 24-26.
2. Бабиянц А.Я., Хананашвили Я.А. Мозговое кровообращение: физиологические аспекты и современные методы исследования // Журнал фундаментальной медицины и биологии. – 2018. – № 3. – С. 46-54.
3. Безобразова В.Н. краткосрочная адаптация мозгового кровообращения к умственной нагрузке у детей 7-8 лет / В.Н. Безобразова // Новые исследования. – 2011. – №2. – С. 90-95.
4. Безруких, М.М., Фарбер, Д.А. Актуальные проблемы физиологии развития ребенка / М.М. Безруких, Д.А. Фарбер // Новые исследования. – 2009. – № 3. – С. 4-19.
5. Бурых, Э.А. Соотношения между ЭЭГ и реографическими показателями мозгового кровотока у детей на северо-востоке России / Э.А. Бурых // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2015. – № 101 (9). – С. 1066-1078.
6. Князева, М.Г. Взаимосвязь возрастных характеристик биоэлектрической активности и мозгового кровотока / М.Г. Князева, И.О. Тупицын // Физиология человека. – 1984. – Т. 10. – № 3. – С. 411-416.
7. Кучма В.Р. Психофизиологическое состояние детей в условиях информатизации их жизнедеятельности и интенсификации образования / В.Р. Кучма, Е.А. Ткачук, И.Ю. Тармаева // Гигиена и санитария. – 2016. – № 95 (12). – С. 1183-1188.
8. Полька, Н.С. Наукове обґрунтування гігієнічних регламентів використання планшетів та ноутбуків у школі / Полька Н.С., Платонова А.Г., Яцковська Н.Я. [и др.] // Гігієна населених місць: Зб. наук. пр. – К., 2015. – Вип. 65 – С. 208–218.
9. Степанова М.И. Гигиеническая регламентация использования электронных образовательных ресурсов в современной школе / Степанова М.И., Александрова И. Э., Сазанюк З.И., Воронова Б.З., Лашнева И.П., Шумкова Т.В., Березина Н.О. // Гигиена и Санитария. – 2015. – № 7. – С. 64-68.
10. Степанова М.И. О гигиенической целесообразности использования ноутбука в начальной школе Текст научной статьи по специальности «Науки о здоровье» / Степанова М.И., Сазанюк З.И., Александрова И.Э., Лапонова Е.Д., Шумкова Т.В. // Здоровье населения и среда обитания. – 2012. – № 8. – С. 27-29.
11. Фарбер, Д.А., Бетелева, Т.Г. Формирование системы зрительного восприятия в онтогенезе / Д.А. Фарбер, Т.Г. Бетелева // Физиология человека. – 2005. – Т. 31. № 5. – С. 26-36.
12. Хэтти Д. Видимое обучение. – М.: Национальное образование, 2017. – 496 с.
13. Яцковская, Н.Я. Особенности формирования позы школьников при работе с планшетом и ноутбуком / Н.Я. Яцковская, С.Н. Джуриная, Е.С. Шкарбан // Вопросы школьной университетской медицины и здоровья. – 2014. – № 3. – С. 60-61.



14. Edvinsson L. Perivascular Neurotransmitter Regulation of Cerebral Blood Flow, in *Primer on Cerebrovascular Diseases (Second Edition)*, 2017 <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803058-5.00013-8>

15. Florence G. La physiologie de la circulation cérébrale. *Physiology of cerebral circulation // Bull. Acad. Vét. France.* – 2004. – Vol. 157, № 3. – P. 19-30.

16. Ozturk E.D., Tan C.O. Human cerebrovascular function in health and disease: insights from integrative approaches// *J. of physiological anthropology.* – 2018. – № 37(1) DOI: 10.1186/s40101-018-0164-z

## REFERENCES

1. Aleksandrova, I.E. O vzaimosvyazi pokazatelej utomlyaemosti uchaschihsya s faktorami uroka i shkol'nogo raspisaniya / I.E. Aleksandrova // *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya.* - 2017. – № 8 (293). – S. 24-26.

2. Babiyanc A.Ya., Hananashvili Ya.A. Mozgove krovoobrashchenie: fiziologicheskie aspekty i sovremennyye metody issledovaniya // *ZHurnal fundamental'noj mediciny i biologii.* – 2018. – № 3. – S. 46-54.

3. Bezobrazova V.N. kratkosrochnaya adaptatsiya mozgovogo krovoobrashcheniya k umstvennoj nagruzke u detej 7-8 let / V.N. Bezobrazova // *Novye issledovaniya.* – 2011. – №2. – S. 90-95.

4. Bezrukih, M.M., Farber, D.A. Aktual'nye problemy fiziologii razvitiya rebenka / M.M. Bezrukih, D.A. Farber // *Novye issledovaniya.* – 2009. – № 3. – S. 4-19.

5. Buryh, E.A. Sootnosheniya mezhdru EEG i reograficheskimi pokazatelyami mozgovogo krovotoka u detej na severo-vostoke Rossii/ E.A. Buryh // *Rossijskij fiziologicheskij zhurnal im. I.M. Sechenova.* – 2015. – № 101 (9). – S. 1066-1078.

6. Knyazeva, M.G. Vzaimosvyaz' vozrastnyh harakteristik bioelektricheskoy aktivnosti i mozgovogo krovotoka / M.G. Knyazeva, I.O. Tupicyn// *Fiziologiya cheloveka.* – 1984. – T. 10. – № 3. – S. 411-416.

7. Kuchma V.R. Psihofiziologicheskoe sostoyanie detej v usloviyah informatizacii ih zhiznedeyatel'nosti i intensivizacii obrazovaniya / V.R. Kuchma, E.A. Tkachuk, I.YU. Tarmaeva // *Gigiena i sanitariya.* – 2016. – № 95 (12). – S. 1183-1188.

8. Pol'ka, N.S. Naukove obruntuvannya gigienichnih reglamentiv vikoristannya planshetiv ta noutbukiv u shkoli / Pol'ka N. S., Platonova A. G., YAckov'ska N. YA. [i dr.] // *Gigiena naselenih misc': Zb. nauk. pr. – K., 2015. – Vip. 65 – S. 208–218.*

9. Stepanova M.I. Gigienicheskaya reglamentatsiya ispol'zovaniya elektronnyh obrazovatel'nyh resursov v sovremennoj shkole / Stepanova M.I., Aleksandrova I. E., Sazanyuk Z.I., Voronova B.Z., Lashneva I.P., SHumkova T.V., Berezina N.O.//*Gigiena i Sanitariya.* – 2015. – № 7. – S. 64-68.

10. Stepanova M.I. O gigienicheskoy celesoobraznosti ispol'zovaniya noutbuka v nachal'noj shkole *Tekst nauchnoj stat'i po special'nosti «Nauki o zdorov'e»/ Stepanova M.I., Sazanyuk Z.I., Aleksandrova I.E., Laponova E.D., SHumkova T.V.// Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya.* – 2012. – № 8. – S. 27-29.

11. Farber, D.A., Beteleva, T.G. Formirovanie sistemy zritel'nogo vospriyatiya v ontogeneze / D.A. Farber, T.G. Beteleva// *Fiziologiya cheloveka.* – 2005. – T. 31, № 5. – S. 26-36.

12. Hetti D. Vidimoe obuchenie, M: «Nacional'noe obrazovanie», 2017, 496 s.

13. Yackovskaya, N.Ya. Osobennosti formirovaniya pozy shkol'nikov pri rabote s planshetom i noutbukom / N.Ya. Yackovskaya, S.N. Dzhurinskaya, E.S. Shkarban // Voprosy shkol'noj universitetskoj mediciny i zdorov'ya. – 2014. – № 3. – S. 60–61.
14. Edvinsson L. Perivascular Neurotransmitter Regulation of Cerebral Blood Flow, in . – 2017 <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803058-5.00013-8>
15. Florence G. La physiologie de la circulation cérébrale. Physiology of cerebral circulation// Bull. Acad. Vét. France, 2004, Vol. 157, № 3, P. 19-30.
16. Ozturk E.D., Tan C.O. Human cerebrovascular function in health and disease: insights from integrative approaches// J. of physiological anthropology. – 2018. – № 37(1) DOI: 10.1186/s40101-018-0164-z