

Сетко Н.П., Булычева Е.В., Ясин И.А., Апрелев А.Е.

Сравнительная характеристика функционального состояния вегетативной и центральной нервной систем у учащихся в зависимости от наличия и степени миопии

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 460000, Оренбург

Введение. В связи с растущей распространённостью близорукости среди детей и подростков, которая в некоторых странах уже достигает эпидемического уровня, существует острая необходимость в новых подходах к управлению и поиска скрининговых индикаторов риска её развития и ключевых точек в её стабилизации. С учётом факта того, что развитие и прогрессирование миопии может быть связано с вегетативными влияниями нервной системы, становится актуальным исследование особенностей становления вегетативного статуса у детей в зависимости от наличия и степени близорукости.

Материал и методы. У 380 учащихся 5–10-х классов с миопией слабой степени (1-я группа), с миопией средней степени (2-я группа), без миопии (3-я группа) проведена оценка функционального состояния вегетативной нервной системы по показателям вариабельности сердечного ритма и центральной нервной системы и умственной работоспособности с помощью вариационной хронорефлексографии.

Результаты. Максимальное число учащихся с миопией зафиксировано у восьмиклассников – 40%, а также пятиклассников – 39,4%. Установлено, что по мере усиления миопической рефракции у школьников нарастает дисбаланс вегетативной нервной системы. Так, у 42,8% учащихся с миопией лёгкой степени имела место ваготония, у 42% – эйтония и лишь у 15,2% симпатикотония; в то время как у учащихся с миопией средней степени тяжести в 75% случаев выявлено напряжение систем регуляции за счёт чрезмерного тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы, приводящей к неэкономной работе сердечно-сосудистой системы и резкому снижению функциональных резервов организма у 50–70% учащихся.

Заключение. Рассмотрение взаимосвязи миопии с вегетативным статусом и функциональным состоянием центральной нервной системы предлагает новые направления к существующим концепциям управления миопией среди детей и подростков школьного возраста, которые могут стать отправной точкой для решения проблемы профилактики миопии и её прогрессирования.

Ключевые слова: учащиеся; миопия; вегетативный баланс; центральная нервная система.

Для цитирования: Сетко Н.П., Булычева Е.В., Ясин И.А., Апрелев А.Е. Сравнительная характеристика функционального состояния вегетативной и центральной нервной систем у учащихся в зависимости от наличия и степени миопии. Гигиена и санитария. 2020; 99 (4): 394–398. DOI: <https://doi.org/10.33029/0016-9900-2020-99-4-394-398>

Для корреспонденции: Булычева Екатерина Владимировна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры гигиены и эпидемиологии ФГБОУ ВО ОрГМУ Минздрава России, 460000, Оренбург. E-mail: e-sosnina@mail.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Участие авторов: концепция и дизайн исследования – Сетко Н.П., Булычева Е.В.; сбор и статистическая обработка материала – Булычева Е.В., Ясин И.А.; сбор и обработка материала, написание текста – Булычева Е.В.; редактирование, утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи – все соавторы.

Поступила: 29.10.2019
Принята к печати: 11.12.2019
Опубликована: 26.05.2020

Setko N.P., Bulycheva E.V., Yasin I.A., Aprelev A.E.

Comparative characteristics of the functional state of the Autonomous and Central nervous systems depending on the presence and degree of myopia in students

Orenburg State Medical University, Orenburg, 460000, Russian Federation

Introduction. In children and adolescents myopia in some countries already reached epidemic levels due to the growing prevalence is an urgent need for new approaches to management and search for screening indices of its development risk and key points in its stabilization. Taking into account the development and progression of myopia may be associated with autonomous influences of the nervous system, it becomes relevant to study the features of the autonomous status formation in children, depending on the presence and degree of myopia.

Material and methods. The functional state of the autonomic nervous system in 380 5-10 grades students with low degree myopia (group 1), moderate myopia (group 2), and without myopia (group 3) was assessed by heart rate and central nervous system variability and mental performance using variation chronoreflexometry.

Results. The maximum number (40%) was recorded in eighth grade of myopia students, 39.4% cases - in fifth grade students. An imbalance in the autonomic nervous system in schoolchildren was established to increase with growing myopic refraction. Thus, vagotonia occurred in 42.8% of students with low degree myopia, eutonia - in 42%, and sympathicotonia only in 15.2%. While in students with moderate myopia in 75% of cases the constraint of regulation systems was revealed due to excessive tone of the sympathetic part of the autonomic nervous system, which leads to uneconomic work of the cardiovascular system and a sharp decrease in the functional reserves of the body in 50% - 70% of students.

Conclusion. Consideration of the relationship of myopia with the autonomous status and functional state of the central nervous system offers new directions to the existing concepts of myopia management in children and adolescents of school age, which can be a starting point for solving the problem of prevention of myopia and its progression.

Key words: students; myopia; autonomic balance; central nervous system.

For citation: Setko N.P., Bulycheva E.V., Yasin I.A., Aprelev A.E. Comparative characteristics of the functional state of the Autonomous and Central nervous systems depending on the presence and degree of myopia in students. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2020; 99(4): 394-398. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.33029/0016-9900-2020-99-4-394-398>

For correspondence: Ekaterina V. Bulycheva, MD, Ph.D., Associate professor of the department of hygiene and epidemiology of the Orenburg State Medical University, Orenburg, 460000, Russian Federation. E-mail: e-sosnina@mail.ru

Information about the authors:

Setko N.P., <https://orcid.org/0000-0001-6698-2164>; Bulycheva E.V., <https://orcid.org/0000-0002-2915-2046>
Yasin I.A., <https://orcid.org/0000-0003-4694-0674>; Aprelev A.E., <https://orcid.org/0000-0003-4694-0879>

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgment. The study had no sponsorship

Contribution: Setko N.P. - research concept and design, editing; Bulycheva E.V. - research concept and design, collection and processing of material, statistical processing, writing the text; Yasin I.A. - collection and processing of material, statistical processing; Aprelev A.E. - editing. Approval of the final version of the manuscript, responsibility for the integrity of all parts of the manuscript - all co-authors.

Received: October 29, 2020
Accepted: December 11, 2019
Published: May 26, 2020

Введение

Интенсивное развитие миопии у детей и подростков школьного возраста вследствие постоянного высокого зрительного напряжения в условиях возрастающей гиперинформатизации учебного процесса, активного внедрения цифровых технологий обучения, отсутствие культуры здоровьесбережения при обучении у учащихся вызывает особую тревогу у специалистов в области школьной медицины [1, 2]. Практически бесконтрольное использование компьютерных и телефонных гаджетов современными детьми и подростками коренным образом меняет привычные формы учебной и досуговой деятельности, приводящей к увеличению психоэмоционального напряжения, статических нагрузок, нарушению осанки [2]. Учитывая ведущие патогенетические механизмы развития и прогрессирования миопии, такие как нарушение вегетативного баланса, спазм мышц шейно-воротниковой зоны, длительное напряжение структурных элементов зрительного анализатора, становится очевидным высокий риск роста распространённости миопии у современных школьников [3]. Однако до настоящего времени детально не описаны типологические изменения вегетативной и центральной нервной систем у учащихся в зависимости от наличия и степени миопии.

Цель исследования – сравнительная характеристика функционального состояния вегетативной и центральной нервной систем у учащихся в зависимости от наличия и степени миопии.

Материал и методы

У 380 учащихся 5–10-х классов проведена оценка остроты зрения методом визометрии с использованием таблицы Головина–Сивцева в стандартных условиях освещённости 700 лк, на расстоянии 5 м от опто типа. При выявлении снижения остроты зрения у учащихся для дифференциальной диагностики применялся тест с диафрагмой (pin-hole test). Для определения физиологического статуса обследуемые учащиеся были разделены на три группы. Первую группу составили учащиеся с миопией слабой степени ($n = 35$), вторую группу – учащиеся с миопией средней степени ($n = 31$), третью группу – учащиеся без миопии ($n = 87$). Функциональное состояние вегетативной нервной системы оценено по показателям вариабельности сердечного ритма – медиане (M), моды (Mo), амплитуды моды (AMo), вариационного размаха (DX), среднего квадратичного отклонения динамического ряда ($SDNN$); спектрального анализа и волновой структуры

синусового ритма – высоко- (HF), низко- (LF) и очень низко-частотных (VLF) колебаний; полученные методом вариационной пульсометрии на аппаратно-программном комплексе ORTO-expert [4] и расчётом интегральных показателей: индекса напряжения регуляторных систем (ИН), индекса вегетативного равновесия (ИВР), вегетативного показателя ритма сердца (ВПР), показателя адекватности процессов регуляции сердечного ритма (ПАПР) [5]. Функциональное состояние центральной нервной системы (ЦНС) исследовано с помощью вариационной хронорефлексографии по методике М.П. Мороз (2003) по показателям функционального уровня нервной системы (ФУС), устойчивости нервной реакции (УР), уровня функциональных возможностей сформированной функциональной системы (УФС) [6].

Для выявления статистически значимых различий в сравниваемых группах был использован параметрический критерий Стьюдента с последующим расчётом достоверности (p). Расчёты осуществлены с использованием пакета прикладных программ Microsoft Office 2010 и Statistica.

Результаты

На протяжении шести лет обучения в среднем и старшем звене образовательного учреждения доля учащихся с миопией оставалась практически на одном уровне и составляла 39,4% в 5-м классе, 33,6% в 6-м классе, 24,8% в 7-м классе, 40% в 8-м классе, 25,8% в 9-м классе. При этом число учащихся с миопией слабой степени к десятому классу уменьшилось в 2,3 раза и составило всего лишь 16,3%, в то время как число учащихся со средней степенью миопии увеличилось в 3,6 раза и составило 10,2%.

Установлено, что у учащихся со средней степенью миопии 5-х, 7-х, 8-х классов и у учащихся с лёгкой степенью миопии 9-х классов относительно данных здоровых учащихся вегетативная регуляция была смещена в сторону симпатических влияний, что подтверждается данными индекса вегетативного равновесия (рис. 1). Так, этот интегральный показатель во 2-й группе был выше в 1,5 раза у учащихся пятых классов; в 1,7 раза у учащихся 7-х классов; в 1,9 раза у учащихся 8-х классов и в 1,8 раза у учащихся 9-х классов 1-й группы, чем у учащихся этих же классов контрольной группы.

У учащихся с миопией в эти же периоды обучения относительно данных контрольной группы установлено увеличение удельного веса подростков с повышенным тонусом парасимпатического отдела вегетативной нервной системы среди учащихся с лёгкой степенью миопии в 2,3 раза

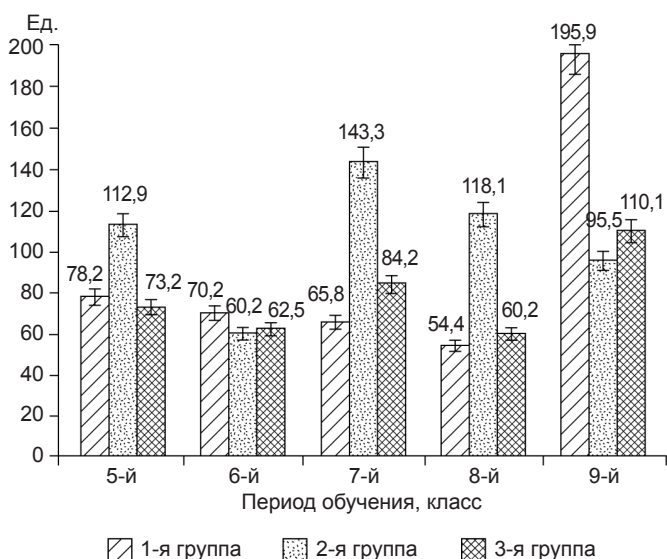


Рис. 1. Индекс вегетативного равновесия у учащихся в зависимости от наличия и степени миопии.

в 9-х классах, а среди учащихся со средней степенью миопии от 1,5 раза в 5-м классе до 1,9 раза в 6-м классе (табл. 1).

Парадоксальную активацию обоих отделов вегетативной нервной системы, вероятно, можно объяснить расогласованием регуляторных систем, которое установлено у 42,9% учащихся с лёгкой степенью миопии в 9-м классе; у 70% шестиклассников, 35,9% семиклассников и у 89,7% восьмиклассников со средней степенью миопии. При этом удельный вес здоровых учащихся с таким типом регуляции выявлен на уровне 15% среди девятиклассников и 43% среди пятиклассников.

Таблица 1

Распределение (в %) учащихся с различным типом регуляции в зависимости от наличия и степени миопии

Период обучения	Группа учащихся	Тип регуляции нервной системы			
		нормальный	усиление симпатического тонуса	усиление парасимпатического тонуса	расогласование отделов вегетативной нервной системы
5-й класс	1-я	7,6	11,6	30,8	50
	2-я	68,9	15,8	15,3	0
	3-я	37,4	9,3	10,3	43
6-й класс	1-я	3,7	5,3	13,6	77,4
	2-я	17,9	2,1	10,0	70,0
	3-я	68,0	6,5	5,1	29,4
7-й класс	1-я	13,9	0	41,7	44,4
	2-я	2,3	15,6	46,2	35,9
	3-я	32,6	21,1	23,8	22,5
8-й класс	1-я	7,7	3,2	21,3	67,8
	2-я	0	10,3	0,0	89,7
	3-я	53,4	5	13,3	28,3
9-й класс	1-я	7,1	15,7	34,3	42,9
	2-я	46,7	3,3	25	25
	3-я	40	10	15	35

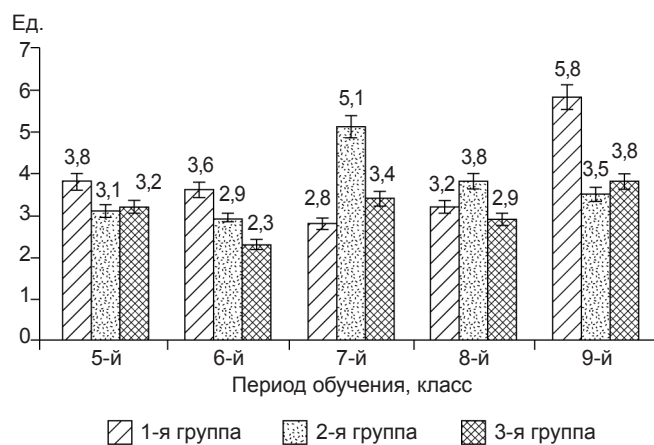


Рис. 2. Вегетативный показатель регуляции у учащихся в зависимости от наличия и степени миопии.

С позиции современных представлений об иерархической вегетативной регуляции сердечного ритма, отражающего функциональное состояние организма в целом, важным аспектом является учёт активности центрального и автономного контуров регуляции [5, 7]. Показано, что в группе учащихся с лёгкой степенью миопии снижение автономного контура регуляции кардиоритмом в сравнении с группой здоровых подростков установлено в 5-м классе на 18,8%, в 6-м классе – на 56,2% и в 9-м классе – на 52,6%, о чём свидетельствуют данные увеличения вегетативного показателя регуляции (рис. 2).

В группе учащихся со средней степенью миопии сниженные активности автономного контура регуляции отмечено в 6-м классе на 26,1%; в 7-м классе – на 50%; в 8-м классе – на 31% в сравнении с учащимися без миопии.

Установлено, что у учащихся 9-х классов с лёгкой степенью миопии на фоне снижения активности автономного контура регуляции также наблюдалось снижение центрального контура регуляции кардиоритмом в сравнении с данными здоровых детей, что подтверждается увеличением ПАПР в 1,3 раза (рис. 3). Среди учащихся со средней степенью миопии такая тенденция снижения ПАПР относительно показателей здоровых учащихся выявлена в 7-м классе в 1,5 раза ($5,1 \pm 0,02$ ед. при данных $3,4 \pm 0,01$ ед., $p \leq 0,05$) и

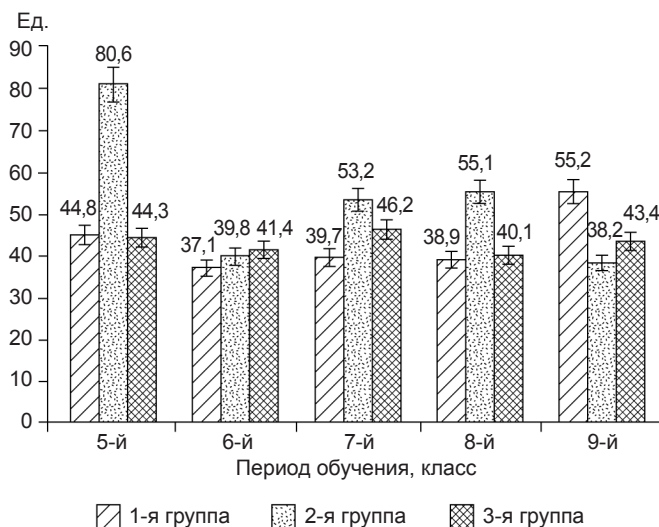


Рис. 3. Показатель адекватности процессов регуляции у учащихся в зависимости от наличия и степени миопии.

Таблица 2

Показатели функционального состояния центральной нервной системы учащихся с миопией и без неё

Показатель	Группа учащихся	Период обучения, класс				
		5-й	6-й	7-й	8-й	9-й
Функциональный уровень нервной системы, ед.	с миопией	2,45 ± 0,004	2,63 ± 0,042	2,38 ± 0,046	2,66 ± 0,029	2,43 ± 0,037
	без миопии	2,49 ± 0,025	2,62 ± 0,025	2,37 ± 0,024	2,67 ± 0,022	2,39 ± 0,017
Устойчивость нервной реакции, ед.	с миопией	1,21 ± 0,160	1,18 ± 0,134	1,09 ± 0,131	1,54 ± 0,084	1,36 ± 0,158
	без миопии	1,16 ± 0,068	1,39 ± 0,081	1,26 ± 0,065	1,21 ± 0,082	1,49 ± 0,068
Уровень функциональных возможностей сформированной функциональной системы, ед.	с миопией	2,41 ± 0,178	2,44 ± 0,152	2,25 ± 0,143	2,84 ± 0,091	2,54 ± 0,172
	без миопии	2,56 ± 0,078	2,67 ± 0,089	2,42 ± 0,072	2,51 ± 0,089	2,66 ± 0,074

в 8-м классе – в 1,3 раза ($3,8 \pm 0,02$ ед. при данных $2,9 \pm 0,01$ ед., $p \leq 0,05$). По всей вероятности, установленная рассогласованность в иерархическом взаимодействии функциональных систем, регулирующих ритм сердца, связана с запуском механизма перенапряжения регуляторных систем при несоответствии физических и психоэмоциональных нагрузок адаптационным возможностям организма учащихся [7]. При этом, учитывая вышеприведённые сравнительные данные анализа интегральных показателей variability сердечного ритма ИВР и ПАПР, более выраженные изменения перенапряжения регуляторных систем выявлены у 9-классников с лёгкой степенью миопии и у 7- и 8-классников со средней степенью миопии.

Адаптация учащихся с миопией различной степени к факторам образовательной среды происходит за счёт перестройки энергетических, структурных и информационных уровней, что полагает центральную нервную систему считать основным центром формирования программ адаптации (Медведев В.Н., 1979).

Показатели функционального состояния центральной нервной системы у учащихся с миопией достоверно не отличались от данных учащихся с нормальным уровнем зрения (табл. 2).

При этом установлены особенности работоспособности у учащихся в зависимости от степени миопии и класса обучения. Показано, что среди пятиклассников с миопией

средней степени было в 2,3 раза больше со сниженной работоспособностью, чем у пятиклассников без миопии (табл. 3).

В шестом классе число учащихся с миопией средней степени в сравнении с учащимися без миопии с нормальной работоспособностью снизилось в 3,8 раза, и увеличилось в 3,9 раза число учащихся со сниженной работоспособностью и в 1,9 раза с существенно сниженной. За три года обучения с 7-го по 9-й класс в нарастающем темпе увеличилось число учащихся с миопией средней степени со сниженной и существенно сниженной работоспособностью. Так, в сравнении с данными работоспособности учащихся без миопии (контрольная группа) учащихся с миопией средней степени в 7-м классе увеличилось 2,7 раза со сниженной и в 4,4 раза существенно сниженной работоспособностью; в 8-м классе в 5,3 и 30,6 раза соответственно, а в 9-м классе число учащихся-миопов увеличилось в 37,5 раза с существенно сниженной работоспособностью (см. табл. 3).

Обсуждение

Мониторинг миопии у учащихся является важным аспектом в школьной медицине [8]. Установленный высокий удельный вес обследуемых с миопией среди учащихся средних и старших классов, где каждый пятый школьник имел миопию различной степени, свидетельствует не о внезапном её формировании, а о предположении её формирования и прогрессирования уже в начальных классах. Современные исследования показывают, что заболеваемость миопией резко возрастает с шестилетнего возраста [9], что связывают с началом обучения и установлением связи развития близорукости с интенсивностью обучения [9–11]. Проблема формирования миопии и её высокой распространённости актуальна во всех странах мира [12, 13]. Установленные факты распространённости миопии среди учащихся среднего и старшего звена во взаимосвязи с изменением вегетативного статуса позволили предпринять попытку уточнения механизмов прогрессирования миопии. Установленный дисбаланс вегетативной нервной системы по мере усиления миопической рефракции у школьников подтверждается также проведёнными зарубежными исследованиями [14–16]. М. Riccadonna (2003) и К. S. Na (2010) показали, что дисфункция вегетативного контроля связана с функцией зрительного анализатора, которые обнаружили путём анализа variability сердечного ритма. Sabel В.А. и соавт. (2018) [17] отмечают, что вегетативная дисфункция может, по сути, вызывать хроническую ишемию зрительного нерва. Выявленный нами дисбаланс вегетативной нервной системы, снижение функциональных резервов, вероятно, связаны с действием стрессогенных факторов. Действительно, обучение в среднем и старшем звене на фоне биологических перестроек организма, характерных для пубертатного возраста, сопряжено с высокой напряжённостью учебного процесса, которое может определяться как ведущий стрессор для организма учащихся в возрасте 11–16 лет [11]. Предположение негативного влияния психологического стресса на зрение

Таблица 3

Распределение (в %) школьников в зависимости от уровня работоспособности

Период обучения, класс	Степень миопии	Уровень работоспособности		
		нормальный	сниженный	существенно сниженный
5-й	Без миопии	64,2	30,8	5
	Лёгкая	59,2	33,2	7,6
	Средняя	30	70	0
6-й	Без миопии	76,6	18,2	5,2
	Лёгкая	66,7	29,2	4,1
	Средняя	20	70	10
7-й	Без миопии	68,6	29,1	2,3
	Лёгкая	60,4	33,3	6,3
	Средняя	12,3	77,05	10,2
8-й	Без миопии	66,7	30,5	2,8
	Лёгкая	79,8	5,9	14,3
	Средняя	8,5	5,8	85,7
9-й	Без миопии	77,9	19,7	2,4
	Лёгкая	70	10	20
	Средняя	5	5	90

через цепочку биологических ответов путём изменения тонуса тканей, сосудов и мышц вокруг глазного яблока, изменения формы глазного яблока, трофической функции описано Е.С. Аветисовым (1991) [18], и предпринята попытка установленной данной взаимосвязи в работах М. Angi (1993) [19] и V.J. Gawron (1983) [20]. Однако до настоящего времени не опубликованы такого рода исследования, несмотря на то, что по-прежнему в статьях, посвящённых изучению причин и факторов риска развития миопии, исследователи указывают на высокую патогенетическую роль психогенных стрессоров в её формировании. Установленная особенность снижения умственной работоспособности у учащихся по мере усиления миопии, вероятно, объясняется тем фактом, что орган зрения является частью головного мозга [21], и нервные цепи, участвующие в зрительных функциях и умственной деятельности, имеют функциональное и физиологическое совпадение [22, 23]. Кроме того, Р.В. Ершовой (2017) с помощью современного автоматизированного аккомодографа показано, что у детей с миопией повышается сила аккомодационного ответа в сочетании с интенсивным его ростом и частоты микрофлуктуаций, при прогрессировании миопии наблюдается усиление микрофлуктуации и тенденция неустойчивости аккомодационного ответа, а при стационарном течении миопии — сильный аккомодационный ответ, что является

фактором быстрого истощения потенциала нейронов, участвующих в зрительных функциях и проявляющиеся в снижении работоспособности головного мозга [24].

Заключение

1. Определена неравномерность распределения школьников различных классов обучения в зависимости от наличия миопии. Показано, что наибольшее число учащихся с миопией зафиксировано у восьмиклассников — 40%, а также пятиклассников — 39,4%, что обусловлено морфофункциональными особенностями органа зрения в этих возрастных периодах биологического развития, а также высоким уровнем информационно-зрительной нагрузки в учебном процессе при переходе из начального в среднее звено обучения.

2. Установлено, что по мере усиления миопической рефракции у школьников нарастает дисбаланс вегетативной нервной системы. Так, у 42,8% учащихся с миопией лёгкой степени имела место ваготония, у 42% — эйтония и лишь у 15,2% симпатикотония; в то время как у учащихся с миопией средней степени тяжести в 75% случаев выявлено напряжение систем регуляции за счёт чрезмерного тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы, приводящей к неэкономной работе сердечно-сосудистой системы и резкому снижению функциональных резервов организма у 50–70% учащихся.

Литература (пп. 9–23 см. References)

1. Скоблина Н.А., Добрук И.В., Цамерян А.П. и соавт. Использование технологий «Кабинет охраны зрения детей» в образовательной организации. *Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья*. 2016; (2): 39–42.
2. Кучма В.Р. 2018–2027 годы — Десятилетие детства в России: цели, задачи и ожидаемые результаты в сфере здоровьесбережения обучающихся. *Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья*. 2017; (3): 4–14.
3. Аветисов Э.С. *Близорукость*. М.: Медицина; 1999. 288 с.
4. Игишева Л.Н., Галеев А.Р. Комплекс ORTO-expert как компонент
5. Покровский В.М. *Формирование ритма сердца в организме человека и животных*. Краснодар: Кубань-Книга; 2007. 143 с.
6. Кучма В.Р., Сухарева Л.М., Храмов П.И. Современные подходы к обеспечению гигиенической безопасности жизнедеятельности детей в гиперинформационном пространстве. *Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья*. 2016; (3): 22–7.
7. Шлык Н.И. *Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов*. Ижевск: Удмуртский университет; 2009. 259 с.
8. Горбачевская И.Н., Орел В.И., Бржеский В.В., Ершова Р.В. Социально-гигиенические факторы, вызывающие развитие миопии у городских школьников. *Педиатр*. 2019; (5): 35–41.
9. Ершова Р.В., Бржеский В.В., Соколов В.О., Кравченко Е.А. Характеристика основных показателей компьютерной аккомодографии у школьников с миопией и эметропией. *Российская педиатрическая офтальмология*. 2017; (3): 133–8.

References

1. Skoblina N.A., Dobruk I.V., Tsameryan A.P. et al. Using the technology of the office of protection of children's vision in the educational organization. *Voprosy shkol'noy i universitetskoy meditsiny i zdorov'ya*. 2016; (2): 39–42. (in Russian)
2. Kuchma V.R. 2018–2027 years — a decade of childhood in Russia: goals, objectives and expected results in the sphere of health saving of students. *Voprosy shkol'noy i universitetskoy meditsiny i zdorov'ya*. 2017; (3): 4–14. (in Russian)
3. Avetisov E.S. [*Bliuzrukost'*]. Moscow: Meditsina; 1999. 288 p. (in Russian)
4. Igisheva L.N., Galeev A.R. ORTO-Expert complex as a component of health-saving technologies in educational institutions. Methodical guide. Kemerovo; 2003. 36 p. (in Russian)
5. Pokrovskiy V.M. *The formation of heart rhythm in humans and animals [Formirovaniye ritma serdtsa v organizme cheloveka i zhivotnykh]*. Krasnodar: Kuban'-Kniga; 2007. 143 p. (in Russian)
6. Kuchma V.R., Sukhareva L.M., Khrantsov P.I. Modern approaches to the support of the hygiene safety of children's life in hyperinformational society. *Voprosy shkol'noy i universitetskoy meditsiny i zdorov'ya*. 2016; (3): 22–7. (in Russian)
7. Shlyk N.I. *Heart rate and type of regulation in children, adolescents and athletes [Serdechnyy ritm i tip regulyatsii u detey, podrostkov i sportsmenov]*. Izhevsk: Udmurtskiy universitet; 2009. 259 p. (in Russian)
8. Gorbachevskaya I.N., Orel V.I., Brzheskiy V.V., Yershova R.V. Myopia-causing social and hygienic factors in urban schoolchildren. *Pediatr*. 2019; (5): 35–41. (in Russian)
9. Ma Y., Qu X., Zhu X. et al. Age-Specific Prevalence of Visual Impairment and Refractive Error in Children Aged 3–10 Years in Shanghai, China. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2016; 57 (14): 6188–96.
10. Morgan I., Rose K. How genetic is school myopia? *Prog Retin Eye Res*. 2005; 24 (1): 1–38.
11. Morgan I.G., Rose K.A. Myopia and international educational performance. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2013; 33 (3): 329–38.
12. Rudnicka A.R., Kapetanakis V.V., Wathern A.K. et al. Global variations and time trends in the prevalence of childhood myopia, a systematic review and quantitative meta-analysis: implications for aetiology and early prevention. *Br J Ophthalmol*. 2016; 100 (7): 882–90.
13. Wu J.F., Bi H.S., Wang S.M. et al. Refractive error, visual acuity and causes of vision loss in children in Shandong, China. The Shandong Children Eye Study. *PLoS One*. 2013; 8 (12): e82763.
14. Na K.S., Lee N.Y., Park S.H. et al. Autonomic dysfunction in normal tension glaucoma: the short-term heart rate variability analysis. *J Glaucoma*. 2010; 19: 377–81.
15. Riccadonna M., Covi G., Pancera P. et al. Autonomic system activity and 24-hour blood pressure variations in subjects with normal- and high-tension glaucoma. *J Glaucoma*. 2003; 12: 156–63.
16. Wolffsohn J.S., Flitcroft D.I., Gifford K.L. et al. IMI — Myopia Control Reports Overview and Introduction. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2019; 60 (3): M1–M19. DOI: <https://doi.org/10.1167/iovs.18-25980>.
17. Sabel B.A., Wang J., Cárdenas-Morales L. et al. Mental stress as consequence and cause of vision loss: the dawn of psychosomatic ophthalmology for preventive and personalized medicine. *The EPMA journal*. 2018; 9 (2): 133–60. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13167-018-0136-8>.
18. Avetisov E.S., Gundorova R.A., Shakarian A.A. et al. Effects of acute psychogenic stress on the state of several functions of the visual analyzer. *Vestn Ophthalmol*. 1991; 107 (1): 17–9. (in Russian) <http://www.biomedsearch.com/nih/Effects-acute-psychogenic-stress-state/2035197.html>
19. Angi M., Rupolo G., De Bertolini C. et al. Personality, psychophysical stress and myopia progression. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 1993; 231: 136–40.
20. Gawron V.J. Ocular accommodation, personality, and autonomic balance. *Am J Optom Physiol Opt*. 1983; 60 (7): 630–9.
21. Faiq M.A., Dada R., Kumar A. et al. Brain: The Potential Diagnostic and Therapeutic Target for Glaucoma. *CNS Neurol Disord Drug Targets*. 2016; 15 (7): 839–44.
22. Gupta N., Ang L.C., De Tilly L.N. et al. Human glaucoma and neural degeneration in intracranial optic nerve, lateral geniculate nucleus, and visual cortex. *Br J Ophthalmol*. 2006; 90: 674–8.
23. Gupta N., Yücel Y.H. What changes can we expect in the brain of glaucoma patients? *Surv Ophthalmol*. 2007; 52: 122–6.
24. Yershova R.V., Brzheskiy V.V., Sokolov V.O., Kravchenko Ye.A. The characteristic of the main parameters of computed accommodationography for the school children presenting with myopia and emmetropia. *Rossiyskaya pediatricheskaya oftalmologiya*. 2017; (3): 133–8. (in Russian)