

УДК [617.753.2:617.7-005.1]-053.5(470.1/.2)

К ВОПРОСУ О МЕХАНИЗМАХ НАРУШЕНИЯ ГЕМОДИНАМИКИ ГЛАЗА ПРИ БЛИЗОРУКОСТИ У ШКОЛЬНИКОВ СЕВЕРА

Т. А. Ястребцева, Т. Е. Демидова

Детская поликлиника № 3, г. Сыктывкар

Обследованы школьники Европейского Севера 13–15 лет с эметропией, псевдомиопией и миопией разной степени.

Выявлено достоверное снижение объемных показателей общей и церебральной гемодинамики у лиц с миопией в сравнении со сверстниками с эметропией. Показано, что у школьников с псевдомиопией и миопией разной степени запас относительной аккомодации достоверно ниже, чем у детей контрольной группы. На основе комплексной оценки состояния общего и церебрального кровообращения, функционального состояния аккомодации выявлены закономерности изменений гемодинамики, влияющих на аккомодационную способность цилиарной мышцы глаза и возникновение близорукости у детей в пубертатный период.

Ключевые слова: школьники, миопия, среднее динамическое давление, запас относительной аккомодации.

Аномалии рефракции являются самым распространенным отклонением в состоянии здоровья человека [21]. Близорукость — наиболее частый дефект зрения. Осложненная миопия остается одной из главных причин инвалидности вследствие заболеваний глаз [5]. Миопия чаще всего развивается в период обучения в школе, особенно в возрасте 11–14 лет [5]. Установлено увеличение распространенности миопии у горожан. Частота близорукости увеличивается с Юга на Север [7, 21].

За последние 20 лет научные исследования по близорукости значительно расширились. Общепризнанной является аккомодационная теория происхождения миопии Э. С. Аветисова (1965). Она включает три основных звена: 1) зрительная работа на близком расстоянии — ослабленная аккомодация; 2) наследственная обусловленность; 3) ослабленная склера — внутриглазное давление. Доказано, что уже при миопии слабой степени имеется выраженный дефицит кровоснабжения внутренних оболочек глаза по сравнению с нормой [9, 16, 19]. Данные ряда авторов [1, 19] свидетельствуют о том, что именно ухудшение гемодинамики глаза — одна из основных причин снижения работоспособности цилиарной мышцы и ослабления аккомодации.

Проблема близорукости остается весьма актуальной. Патогенез миопии до конца не изучен. Среди основных направлений научно-исследовательских работ (НИР) в области офтальмологии близорукость выделена в отдельное направление. Одним из главных направлений НИР по проблеме близорукости является изучение патогенетических факторов, лежащих в основе миопического процесса [2].

Вопрос о механизмах нарушения гемодинамики в глазах с миопией и их связи с состоянием общего кровообращения заслуживает дальнейшего изучения [2, 19].

Материал и методы

Для изучения особенностей общей и церебральной гемодинамики у детей с близорукостью обследованы 200 школьников Европейского Севера 13–15 лет с эметропией, псевдомиопией, миопией слабой, средней и высокой степени. Из них у 38 была псевдомиопия, у 63 — миопия слабой степени, у 37 — средней и у 15 — высокой степени. Контрольную группу составили 47 школьников с эметропией. Оценка состояния глазного дна проведена у 115 детей с близорукостью.

Центральную гемодинамику исследовали по артериальному (АД) и среднему динамическому (Ра) давлению. Артериальное давление определяли на плечевой артерии мембранным измерителем АД общего применения (ИАДМ-ОП) по методу Н. С. Короткова в дневное время (12.00–14.00). Измерение делали в положении сидя трехкратно с

вычислением среднего арифметического показателя. Ра рассчитывали по формуле Хикэма: $Ra = Rd + 1/3 (Pc - Rd)$, где Pc — систолическое, Rd — диастолическое артериальное давление.

Исследование церебральной гемодинамики и эхоэнцефалографию проводили «слепым» методом. Применяли реоэнцефалографию (РЕГ), проводили ее на полиграфе П4Ч-0,2 (Россия) с пластинчатыми электродами и одновременной записью электрокардиограммы, реоэнцефалограмм правого и левого полушария головного мозга, дифференциальной кривой. Оценивали пульсовое кровенаполнение (амплитуда реографических волн — РИ) во фронтотомастоидальном (FM) и окципитотомастоидальном (ОМ) отведениях, время восходящей волны α — в FM- и ОМ-отведениях. Обследуемый находился в положении сидя.

Для ЭХО-ЭГ применяли переносной эхоэнцефалоскоп (ЭЭС-12; Россия) в положении пациента сидя. Оценивали размеры III желудочка мозга в мм. Острота зрения вдаль оценивалась по таблице Д. А. Сивцева. Рефракцию определяли субъективным и объективным методом с использованием скиаскопических линеек. Осмотр глазного дна проведен методом обратной офтальмоскопии. Состояние аккомодации оценивали по запасу относительной аккомодации (ЗОА) с использованием таблицы Сивцева для близи.

Полученные результаты статистически обработаны на персональном компьютере с использованием программ «Excel». Статистическое сравнение средних выполнено по формулам (Лакин Г. Ф., 1980; Доспехов Б. А.; 1985). Применены стандартное отклонение генеральной совокупности и стандартная ошибка (Sx). Проводился корреляционный анализ с использованием критерия Стьюдента с 95 % и 99 % уровнем надежности. В таблицах приведены значения показателей ($X \pm tSx$) или доверительный интервал.

В работе использованы материалы глазного кабинета и кабинета функциональной диагностики детской поликлиники № 3 г. Сыктывкара.

Результаты

Показатель ЗОА в пределах нормы, которая в 13–15 лет составляет 5,0 дптр [20], был только у школьников контрольной группы. При псевдомиопии и миопии слабой, средней и высокой степени ЗОА был достоверно ниже, чем в контроле (табл. 1).

Различия ЗОА у школьников с эметропией и псевдомиопией более значительны, чем при миопии слабой, средней и высокой степени (см. табл. 1). Известно, что аналогичная особенность отмечена при сопоставлении значений реоофтальмографического коэффициента и уровня минутного объема крови в глазах с эметропией, миопией слабой, средней и высокой степени [1]. Снижение аккомодационной способности цилиарной мышцы вызвано разными факторами, в том числе ухудшением локальной гемодинамики [1, 22]. Учитывая синхронность изменений показателей кровообращения глаза и ЗОА,

Таблица 1

Среднее динамическое давление и запас относительной аккомодации у школьников с эметропией, псевдомиопией и миопией разной степени ($X \pm tSx$)

Рефракция	Возраст, лет	ЗОА, дптр	Ра, мм рт.ст.
Миопия высокой степени (n = 15)	14,10 ± 0,46	2,73 ± 1,39**	73,89 ± 3,47*
Миопия средней степени (n = 37)	14,10 ± 0,29	3,30 ± 0,97**	75,41 ± 1,89*
Миопия слабой степени (n = 63)	13,90 ± 0,21	2,93 ± 0,45**	74,52 ± 2,30**
Псевдомиопия (n = 38)	13,70 ± 0,26	3,25 ± 0,43**	75,93 ± 1,95
Контроль (n = 47)	13,90 ± 0,20	5,80 ± 0,48	79,32 ± 1,76

Примечание. Достоверность различий по сравнению с контролем: * — $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$.

можно предположить, что нарушение гемодинамики глаза — это основная причина снижения аккомодационной способности цилиарной мышцы.

В контрольной группе школьников с эметропией Ра составил 79,32 мм рт. ст. По данным разных авторов [8, 10, 13, 17, 23], показатель Ра в пубертатном возрасте варьирует от 79,42 до 88,34 мм рт. ст. Ра = 79,42 мм рт. ст. является средним динамическим давлением у школьников Севера (Архангельская область) и имеет самое низкое из приведенных выше показателей значение физиологической нормы [13]. Ра в контрольной группе лиц с эметропией соответствует нижней границе физиологической нормы среднего динамического давления крови.

У лиц с псевдомиопией и миопией Ра снижено (см. табл. 1). Среднее динамическое давление было достоверно ниже у школьников с близорукостью разной степени по сравнению с контролем ($p < 0,01$; $p < 0,05$). Некоторый подъем Ра у лиц с миопией средней степени объясняется известным повышением минимального артериального давления при близорукости. Величина среднего динамического давления у детей с псевдомиопией — (75,93 ± 1,95) мм рт. ст., миопией слабой степени — (74,52 ± 2,30) мм рт. ст., средней степени — (75,41 ± 1,89) мм рт. ст., высокой степени — (73,89 ± 3,47) мм рт. ст. (см. табл. 1).

Известна гипотензивная направленность объемных показателей гемодинамики глазного яблока при близорукости разной степени по сравнению с эметропией [1, 25, 26]. Возможно, ухудшение объемных параметров гемодинамики глаза является следствием гипотензивной направленности общего кровообращения. Выявленное нами достоверное снижение Ра у лиц с близорукостью совпадает по характеру изменений с реоофтальмографическим коэффициентом, уровнем минутного объема крови глаза и ЗОА. Гипотоническая направленность функциональных параметров сердечно-сосудистой системы последовательно вызывает ухудшение объемных показателей гемодинамики глаза (реоофтальмологический коэффициент, минутный объем крови глаза), что лежит в основе снижения

работоспособности цилиарной мышцы и ослабления аккомодации.

Таким образом, на Севере у школьников пубертатного возраста с эметропией показатель Ра соответствует нижней границе физиологической нормы. Объективные условия Севера, такие, как ультрафиолетовое голодание, гипокинезия, способствующие функциональной слабости разных систем организма в детском возрасте, видимо, определяют большую частоту распространения близорукости. Известно, что гипокинезия, ультрафиолетовое голодание и гипоксия ослабляют аккомодационную способность цилиарной мышцы, что является предпосылкой к развитию миопии [3, 18, 24]. Одновременно эти показатели являются факторами, снижающими артериальное давление [6].

По данным РЭГ, амплитуда реографических волн во ФМ-отведении у школьников с эметропией — ниже границы нормы (табл. 2). Косвенно это может свидетельствовать о функциональной слабости сердечно-сосудистой системы в пубертатный период у школьников Севера. Норматив амплитуды РЭГ во ФМ-отведении — 0,13–0,20 Ом [15, 16]. У детей с псевдомиопией и миопией разной степени было определено дальнейшее снижение амплитуды реографических волн (см. табл. 2). Пульсовое кровенаполнение во ФМ-отведении у детей с псевдомиопией и миопией средней степени не имеет достоверных различий с контролем ($p > 0,05$), с миопией слабой

и высокой степени — достоверно ниже ($p < 0,01$; $p < 0,05$).

Показатели РИ в ОМ-отведении в пределах нормы были в контрольной группе и в группе лиц с псевдомиопией (см. табл. 2). Норматив амплитуды РЭГ в ОМ-отведении — 0,08–0,14 Ом [14, 15]. У школьников с миопией разной степени значения РИ в ОМ-отведении были ниже возрастной нормы (см. табл. 2). Достоверная разница с контрольной группой выявлена у школьников с миопией средней степени ($p < 0,01$). На РЭГ волна отражает главным образом объемные изменения кровотока (проявляется в соответствующей амплитуде реоволн). Амплитуда реографической волны зависит от ударного (систолического) объема крови, артериального давления и тонуса сосудистой стенки. Существует прямая зависимость между уровнем пульсового кровенаполнения и величиной амплитуды реографических волн [14]. При миопии пульсовое давление снижено [4]. Г. И. Энния (1973), М. К. Осколкова и Г. А. Красина (1980) по параметрам РЭГ выделяют три возрастные группы: 1–5; 6–10; 11–15 лет [14].

Время восходящей части реографической волны α — важнейший и наиболее стабильный показатель реограммы, позволяющий косвенно судить об относительной скорости кровотока (чем меньше длительность, тем выше скорость кровотока в данном участке). Время α не изменено во ФМ- и ОМ-отведениях в группах школьников с псевдомиопией и миопией разной степени по сравнению с контролем

Таблица 2

Показатели реоэнцефалографии во фронтотастоидальном, ципитотастоидальном отведениях и величина III желудочка мозга у школьников ($X \pm tSx$)

Рефракция	Средний возраст, лет	Реоэнцефалография				ЭХО-ЭС величина III желудочка, мм
		Амплитуда (ОМ)		Время α (ОМ/с)		
		FM	ОМ	FM	ОМ	
Миопия высокой степени (n=15)	14,2	0,090±0,010*	0,070±0,011	0,084±0,005	0,082±0,006	4,860±0,231
Миопия средней степени (n=37)	14,3	0,100±0,009	0,060±0,008**	0,092±0,003	0,087±0,003	4,875±0,146
Миопия слабой степени (n=63)	13,8	0,090±0,007**	0,070±0,010	0,087±0,003	0,084±0,003	4,825±0,115
Псевдомиопия (n=38)	13,8	0,100±0,007	0,080±0,005	0,091±0,003	0,087±0,003	4,9021±0,124
Контроль (n=47)	13,9	0,110±0,007	0,080±0,006	0,091±0,003	0,090±0,003	4,701±0,155

Примечание. Достоверность различий по сравнению с контролем: * — $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$.

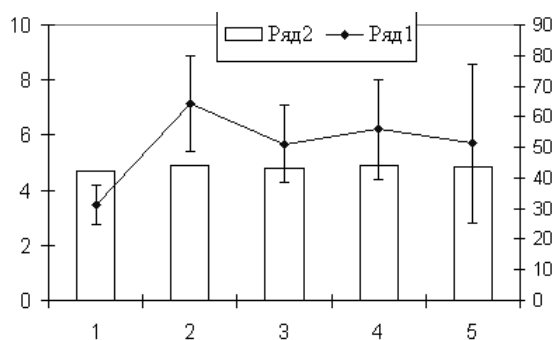
($p > 0,05$) (см. табл. 2). При артериальной гипотензии скорость кровотока обычно не изменена [9]. Длительность волны α уменьшается при сочетании гипотонической конфигурации и низкой амплитуды реограммы по сравнению с нормой и гипертоническим типом реограммы [15]. Время α у лиц с миопией меньше, чем у лиц в контрольной группе, что свидетельствует о гипотонической конфигурации реограммы (см. табл. 2).

Норматив времени α в пубертатном возрасте составляет 0,09–0,10 с (иногда 0,07–0,08 с), что связано с большей растяжимостью сосудистой стенки [14]. Следовательно, в контрольной группе школьников этот показатель соответствует нормотонии. У школьников с близорукостью он меньше, что свидетельствует о большей растяжимости стенки сосудов. Склонность к снижению тонуса стенки сосудов является одним из факторов, понижающих артериальное давление [12].

Нами выявлена тенденция к увеличению размера III желудочка мозга у лиц с миопией и псевдомиопией (см. рисунок). Самые существенные различия этого показателя определены между группами школьников с эметропией и псевдомиопией; между группами с псевдомиопией и миопией разной степени они менее выражены. Среди детей с псевдомиопией, миопией слабой и средней степени отмечено достоверно большее ($p < 0,05$) число лиц с увеличенным размером III желудочка мозга, чем среди их сверстников с эметропией (см. рисунок).

Относительное число лиц с увеличенным размером III желудочка мозга среди пяти групп обследованных школьников составляет: $(31,25 \pm 6,26) \%$ в контрольной группе; $(64,0 \pm 15,58) \%$ в группе с псевдомиопией; $(50,0 \pm 12,58) \%$ — с миопией слабой степени; $(56,0 \pm 16,32) \%$ — с миопией средней степени; $(50,0 \pm 25,96) \%$ — с миопией высокой степени.

Обращает на себя внимание то, что более существенная разница как в процентном отношении, так и по величине средних размеров III желудочка мозга



Относительное число (%) лиц с увеличенным размером III желудочка мозга в пяти группах обследованных школьников и ошибка процента ($p < 0,05$) (ряд 1). Показатели III желудочка мозга (мм) в пяти группах обследованных школьников (ряд 2). Группы: 1-я — контроль; 2-я — псевдомиопия; 3-я — миопия слабая; 4-я — миопия средняя; 5-я — миопия высокая.

наблюдается между школьниками с эметропией и псевдомиопией, чем между лицами с псевдомиопией и миопией разной степени. Возможно, это свидетельствует о склонности к внутричерепной гипертензии и ликворостазу у лиц с псевдомиопией и миопией, а может быть, и к затруднению венозного оттока. Венозная патология различных регионов организма является характерным признаком синдрома дисплазии соединительной ткани. Миопия также относится к проявлению этого синдрома [11].

Глазное дно было в пределах нормы у всех детей.

Таким образом, можно заключить, что существует взаимосвязь между конституциональным типом системной гемодинамики и процессом миопизации. Для школьников Европейского Севера в пубертатный период характерна гипотензивная направленность объемных показателей общей и церебральной гемодинамики.

Установлено, что у школьников пубертатного возраста с близорукостью объемные параметры общей и церебральной гемодинамики ниже, чем у их сверстников с эметропией, достоверно понижается среднее динамическое давление крови, пульсовое кровенаполнение церебральных сосудов. Запас относительной аккомодации достоверно ниже по сравнению с контролем. Гипотоническая направленность функциональных параметров сердечно-сосудистой системы может привести к снижению объемных показателей гемодинамики глаза (реофтальмологический коэффициент, минутный объем крови глаза), что лежит в основе ослабления аккомодации. Склонность к артериальной гипотензии является фактором, понижающим аккомодационную работоспособность цилиарной мышцы глаза.

По данным эхоэнцефалографии выявлено достоверное повышение относительного числа лиц с увеличенным размером III желудочка мозга в группах школьников с миопией и псевдомиопией по сравнению с их сверстниками с эметропией. Это дает основание продолжить исследование вопроса о влиянии баланса ликвородинамики на процесс миопизации у школьников.

Список литературы

1. Аветисов Э. С. Близорукость / Э. С. Аветисов. — М.: Медицина, 1999. — 288 с.
2. Аветисов Э. С. Основные направления научных исследований в области офтальмологии в Российской Федерации / Э. С. Аветисов, В. С. Сухомлинова, Л. Т. Архипова и др. // Вестн. офтальмол. — 1990. — № 3. — С. 3–9.
3. Аветисов Э. С. Патогенетически обоснованное лечение и профилактика прогрессирующей миопии и ее осложнений / Э. С. Аветисов, Е. П. Тарутта // Русский офтальмологический журнал. — 2000. — № 1. — С. 8–12.
4. Аветисов Э. С. Профилактика близорукости / Э. С. Аветисов, Ю. З. Розенблюм, Е. П. Тарутта // Вестн. офтальмол. — 1989. — № 4. — С. 3–6.

5. *Аветисов Э. С.* Руководство по детской офтальмологии / Э. С. Аветисов, Е. И. Ковалевский, А. В. Хватова. — М.: Медицина, 1987. — 496 с.
6. *Агаджанян Н. А.* Экологический портрет человека на Севере / Н. А. Агаджанян, Н. В. Ермакова. — М.: КРУК, 1997. — 208 с.
7. *Базарный В. Ф.* Некоторые вопросы нормогенеза органа зрения как основы всеобщей диспансеризации и массовой первичной профилактики близорукости у детей / В. Ф. Базарный // Возрастные особенности органа зрения в норме и при патологии у детей (глазные проявления общей детской патологии). — М.: 2-й МОЛГМИ им Н. И. Пирогова, 1984. — С. 107–110.
8. БМЭ — М., 1974. — Т. 2. — С. 172–174.
9. *Ватченко А. А.* Спазм аккомодации и близорукость / А. А. Ватченко. — Киев: Здоров'я, 1977. — 120 с.
10. *Вельтищев Ю. Е.* Справочник по функциональной диагностике в педиатрии / Ю. Е. Вельтищев, Н. С. Кисляк. — М.: Медицина, 1979. — 624 с.
11. *Веневцева Ю. Л.* Адаптация к физическим нагрузкам детей с признаками дисплазии соединительной ткани / Ю. Л. Веневцева, А. Х. Мельников, А. П. Гулина и др. // X Международный симпозиум по эколого-физиологическим проблемам адаптации: материалы докл. и сообщ. — М.: Изд-во РУДН, 2001. — С. 104–105.
12. *Гембицкий Е. В.* Артериальная гипотензия / Е. В. Гембицкий // Клиническая медицина. — 1997. — Т. 75, № 1. — С. 56–60.
13. *Грибанов А. В.* Возрастные особенности центральной гемодинамики у школьников Европейского Севера / А. В. Грибанов, С. И. Береснев // Север. Дети. Школа: сб. науч. работ / Поморский международный педагогический университет, НИИ медико-педагогических проблем. — Архангельск, 1994. — Вып. 1. — С. 73–83.
14. *Зенков Л. Р.* Функциональная диагностика нервных болезней: (руководство для врачей) / Л. Р. Зенков, М. А. Ропкин. — М.: Медицина, 1991. — 640 с.
15. *Иванов Л. Б.* Лекции по клинической реографии / Л. Б. Иванов, В. А. Макаров. — М.: АОЗТ «Антидор», 2000. — 320 с.
16. *Кацнельсон Л. А.* Реография глаза / Л. А. Кацнельсон. — М.: Медицина, 1977. — 120 с.
17. *Коларов Ст.* Функциональная диагностика в детском возрасте / Ст. Коларов, В. Гатев. — София: Медицина и физкультура, 1979. — 443 с.
18. *Ларина З. Т.* Термографические показатели переднего отрезка глаза при глаукоме и близорукости / З. Т. Ларина, О. М. Потапова, Г. П. Банникова // Физиология и патология внутриглазного давления: сб. науч. тр. / 2-й Московский гос. мед. ин-т. — М., 1990. — С. 47–49.
19. *Левченко О. Г.* Прогрессирующая близорукость у детей / О. Г. Левченко. — Ташкент: Медицина, 1985. — 120 с.
20. *Розенблюм Ю. З.* Оптометрия / Ю. З. Розенблюм. — М.: Медицина, 1991. — 192 с.
21. *Розенблюм Ю. З.* Роль коррекции, функционального лечения и хирургии в компенсации аметропии (Возрастно-функциональный подход) / Ю. З. Розенблюм // Офтальминфо. Научно-производственная фирма «Вида». — 1999. — Вып. 4. — С. 3–24.
22. *Тарутта Е. П.* Трехфакторная теория профессора Э. С. Аветисова как главный итог и научная основа исследований в области близорукости / Е. П. Тарутта // Труды международного симпозиума «Близорукость, нарушения рефракции, аккомодации и глазодвигательного аппарата», 18–20 декабря 2001 г. — М., 2001. — С. 83–85.
23. *Хрипкова А. Г.* Возрастная физиология: учебное пособие для студентов небиол. спец. мед. ин-тов / А. Г. Хрипкова. — М.: Просвещение, 1978. — 287 с.
24. *Шаповалов С. Л.* Клинико-физиологические особенности абсолютной аккомодации глаз человека и методы ее исследования: автореф. дис.... д-ра мед. наук / Шаповалов С. Л. — М., 1978.
25. *Shih Y. F.* Ocular pulse amplitude in myopia / Y. F. Shih, I. H. Horng et al. // J. Ocul. Pharmacol. — 1991. — Vol. 7, N 1. — P. 83–87.
26. *Mori F.* Factors affecting pulsatile ocular blood flow in normal subjects / F. Mori, T. Hikichi et al. // Br. J. Ophthalmol. — 2001. — Vol. 85. — P. 529–530.

MECHANISMS OF EYE HEMODYNAMICS DISTURBANCES IN SCHOOLCHILDREN OF NORTH WITH MYOPIA

T. A. Yastrebtseva, T. E. Demidova

Children's Polyclinic N 3, Syktyvkar

Ocular refraction, relative accommodation, parameters of central and cerebral blood flow in 200 schoolchildren aged 13–15 years have been examined. The conducted complex evaluation of general and cerebral blood circulation conditions, accommodation fitness allowed to estimate regular hemodynamics changes that influenced the ciliary eye muscle accommodation and caused myopia threat for school-children. The susceptibility to arterial hypotension is a risk factor of myopia development in childhood.

Key words: schoolchildren, myopia, average dynamic blood pressure, rheoencephalography, accommodation, refraction.