

<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2025-18-2-173-178>



Актуальные аспекты изучения аккомодационных нарушений в контексте автономной нервной регуляции

А.Ж. Фурсова^{1,2✉}, М. К. Артыкова³

¹ ГБУЗ НСО «Государственная Новосибирская областная клиническая больница», ул. Немировича-Данченко, д. 130, Новосибирск, 630087, Россия

² ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Красный пр-т, д. 52, Новосибирск, 630091, Россия

³ ГБУЗ НСО «Городская клиническая поликлиника № 29», ул. Рассветная, д. 1, Новосибирск, 630129, Россия

Привычно-избыточное напряжение аккомодации (ПИНА) у детей связано со спазмом аккомодационной мышцы, снижением остроты зрения вдаль и астенопическими симптомами. Исследования подчеркивают роль автономной нервной системы (АНС) в регуляции аккомодации, а дисбаланс между симпатической и парасимпатической активностью, вызванный стрессом и зрительной нагрузкой, может способствовать развитию ПИНА. Современные методы диагностики, такие как вариабельность сердечного ритма и пуллометрия, позволяют изучать влияние АНС на аккомодацию. Рассматриваются методы коррекции, включая медикаментозные и физиотерапевтические подходы, а также восстановление вегетативного баланса. Отмечена необходимость дальнейших исследований, направленных на изучение влияния АНС на аккомодационные процессы у детей.

Ключевые слова: аккомодация; привычно-избыточное напряжение аккомодации; автономная нервная система; зрительная нагрузка; симпатическая и парасимпатическая регуляция; диагностика; коррекция аккомодационных нарушений

Конфликт интересов: отсутствует.

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Для цитирования: Фурсова А.Ж., Артыкова М.К. Актуальные аспекты изучения аккомодационных нарушений в контексте автономной нервной регуляции. Российский офтальмологический журнал. 2025; 18 (2): 173-8. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2025-18-2-173-178>

Current aspects of studying accommodation disorders in the context of autonomic nervous regulation

Anzhella Zh. Fursova^{1,2✉}, Manizha K. Artykova³

¹ Novosibirsk Regional Clinical Hospital, 130, Nemirovich-Danchenko St., Novosibirsk, 630087, Russia

² Novosibirsk State Medical University, 52, Krasny Prospekt, Novosibirsk, 630091, Russia

³ City Clinical Polyclinic # 29, 1, Rassvetnaya St., Novosibirsk, 630129, Russia

anzhellafursova@yandex.ru

Habitual excessive accommodation tension (HEAT) in children is associated with ciliary muscle spasm, reduced distance visual acuity, and asthenopic symptoms. Studies highlight the role of the autonomic nervous system (ANS) in accommodation regulation, while an imbalance between sympathetic and parasympathetic activity, triggered by stress and visual load, may contribute to the development of HEAT. Modern diagnostic methods, such as heart rate variability and pupillometry, enable the study of ANS influence on accommodation. Various correction approaches are considered, including pharmacological and physiotherapeutic methods, as well as restoring autonomic balance. Further

Keywords: accommodation; habitual excessive accommodation tension; autonomic nervous system; visual load; sympathetic and parasympathetic regulation; diagnosis; accommodation disorder correction

Conflict of interests: there is no conflict of interests.

Financial disclosure: no author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

For citation: Fursova A.Zh., Artykova M.K. Current aspects of studying accommodation disorders in the context of autonomic nervous regulation. Russian ophthalmological journal. 2025; 18 (2): 173–8 (In Russ.). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2025-18-2-173-178>

Привычно-избыточное напряжение аккомодации (ПИНА) у детей — распространенная патология, характеризующаяся устойчивым спазмом аккомодационной мышцы, нарушением зрительных функций на дальние расстояния и развитием симптомов астигматизма. Согласно S. Bharadwaj и соавт. [1] и E. Parageorgiou и соавт. [2], распространенность ПИНА среди детей школьного возраста достигает 20–30% и имеет тенденцию к увеличению. Кроме того, по данным Е.П. Тарутты и соавт. [3], наличие ПИНА увеличивает риск развития миопии в 3 раза, и у 77,8% детей с ПИНА впоследствии развивается осевая миопия.

По прогнозам B. Holden и соавт. [4], к 2050 г. миопия будет отмечаться у 49,8% мирового населения. Согласно данным всероссийской диспансеризации, в начале XXI в. заболеваемость миопией среди детей и подростков возросла в 1,5 раза по сравнению с предыдущим десятилетием. В 2000 г. миопия отмечалась у 26% выпускников школ и 50% выпускников гимназий и лицеев, из них 10–12% имели высокую степень. К 2017–2018 гг. ее частота достигла 2,4% у первоклассников, 19,7% — у пятиклассников, 38,6% — у выпускников, а среди выпускников гимназий — 50,7%. [5, 6]. При этом в литературе отсутствуют конкретные данные о заболеваемости и распространенности ПИНА.

В последние десятилетия растет внимание к роли автономной нервной системы (АНС) в патогенезе нарушений аккомодации у детей. АНС регулирует множество физиологических процессов, включая модуляцию аккомодации, что критически влияет на развитие ее патологических изменений [7, 8]. Современный образ жизни с повышенными зрительными нагрузками вызывает функциональные изменения в АНС, приводящие к хроническому перенапряжению цилиарной мышцы [9, 10]. Дополнительные факторы — стресс, недостаток физической активности, несбалансированный образ жизни, психоэмоциональные и когнитивные нагрузки — усиливают активацию симпатической системы и нарушают аккомодационный ответ. АНС способна адаптироваться к подобным условиям, однако в ряде случаев эта адаптация становится патологической, приводя к формированию функциональных нарушений [11–14].

ЦЕЛЬ обзора — изучение влияния состояния АНС на аккомодацию в детском возрасте и определение основных факторов, способствующих развитию аккомодационных нарушений.

Роль АНС в управлении аккомодацией. АНС регулирует аккомодацию через симпатический и парасимпатический отделы, контролируя тонус цилиарной мышцы: парасимпатическая система (через ядро Эдингера — Вестфаля) активирует цилиарную мышцу, увеличивая кривизну хрусталика для зрения вблизи, а симпатическая расслабляет ее после нагрузки, восстанавливая аккомодационный резерв [15, 16]. По данным F. Wu и соавт. [17], ацетилхолин инициирует аккомодацию, а норадреналин снижает ее напряжение. Баланс между этими системами влияет на аккомодацию, зрачковые реакции и внутриглазное давление, а его нарушение снижает зрительную устойчивость; хронический стресс ослабляет

аккомодацию (вызывая астигматизм), а избыток парасимпатической активности повышает тонус цилиарной мышцы и усиливает риск миопии [7, 9, 13, 15, 18]. Кроме того, АНС регулирует глазное кровоснабжение: симпатическая активация вызывает вазоконстрикцию, а парасимпатическая — вазодилатацию, улучшая питание сетчатки, при этом дисбаланс этих механизмов может способствовать глаукоме и ишемическим повреждениям [19, 20].

Особенности аккомодации у детей и возрастные различия в состоянии АНС. Аккомодация у детей — это высокоадаптивный процесс, который отличается от аккомодации у взрослых ввиду незрелости глазных структур, нейросенсорных путей и возрастных физиологических особенностей. У детей амплитуда аккомодации может превышать 15 D (по сравнению с 4–6 D у взрослых), что обусловлено эластичностью хрусталика и эффективной работой цилиарной мышцы, но ее нестабильность связана с незрелостью механизмов, регулирующих баланс между аккомодацией и дезаккомодацией. Лабильная пластичность зрительных путей делает детскую аккомодацию уязвимой к перегрузкам. Кроме того, изменения аккомодации тесно связаны с ростом глаза и изменением рефракции: слабая аккомодационная реакция в процессе эмметропизации повышает риск развития миопии, что может быть связано с дисфункцией парасимпатической системы [16, 21–23].

Патофизиология нарушений аккомодации у детей. ПИНА представляет собой функциональное нарушение зрительной системы, характеризующееся длительным и избыточным сокращением цилиарной мышцы, которое приводит к миопизации манифестной рефракции, не влияя при этом на максимальную скорректированную остроту зрения [24]. Критерий диагностики ПИНА включает разницу между манифестной и циклоплегической рефракцией, превышающую 0,5 D. Для оценки этой разницы сравнивают данные циклоплегической рефракции с рефракцией, полученной при субъективной коррекции на узкий зрачок, или с показаниями одного и того же авторефрактометра [25]. По мнению Т.А. Морозовой и С.М. Пикусовой [26], более точным методом диагностики ПИНА является компьютерная аккомодография. Для этого состояния характерны преобладание желто-красных оттенков на аккомодограмме, коэффициент аккомодационного ответа выше 0,65 и микрофлюктуации более 62 в мин.

Американская ассоциация оптометристов не выделяет понятие ПИНА, рассматривая все случаи повышенного сокращения цилиарной мышцы как спазм аккомодации, тогда как отечественные специалисты различают спазм и ПИНА по клинической картине, механизмам развития и терапии. Спазм аккомодации представляет собой острое состояние с резким повышением тонуса, приводящим к миопизации и снижению максимальной скорректированной остроты зрения, в то время как ПИНА — хроническое состояние с устойчивым повышением тонуса, вызывающее миопизацию без ухудшения остроты зрения [24]. Кроме того, спазм аккомодации связан с нарушениями в работе АНС, где амплитудные флюктуации при длительном зрительном напряжении могут

служить маркером дисфункции АНС, особенно у детей с аккомодационными нарушениями [27, 28].

Влияние факторов внешней среды и образа жизни на аккомодацию у детей. Зрительная нагрузка существенно влияет на аккомодацию и работу АНС, поскольку активное участие парасимпатической системы может вызывать кратковременные и долговременные изменения в зрительной системе [17]. В исследовании В.В. Андрианова и соавт. [29] показано, что зрительная нагрузка при выполнении компьютерных заданий влияет на вегетативную нервную систему, изменяя частоту сердечных сокращений, давление и вариабельность сердечного ритма. В работе Z. Lin и соавт. [30] подробно описано явление транзиторной миопии, вызванной зрительной нагрузкой на близком расстоянии. Это состояние сопровождается снижением способности к быстрой дезаккомодации после длительного напряжения, что может быть связано с дисбалансом симпатической и парасимпатической регуляции. Аналогичные выводы были сделаны F. Dutheil и соавт. [31], которые определили подавление симпатической активности у лиц с миопией после длительного выполнения работы на близком расстоянии. Исследования подчеркивают роль симпатической системы в поддержании тонуса аккомодации и предотвращении ее перенапряжения. S. Lin и соавт. [20] показали, что повышенная симпатическая активность связана с изменениями толщины хориоидеи и длины глаза, влияющими на аккомодацию и прогрессирование миопии у детей. В то же время А.Е. Апрельев и соавт. [32] выявили четкую зависимость между объемом аккомодации и типом преобладающего вегетативного тонуса, при этом степень миопии не оказывала значимого влияния на этот показатель.

Когнитивный и эмоциональный стресс также играет важную роль в развитии нарушений аккомодации. Л.Е. Федорищева и соавт. [33] установили, что стресс у детей снижает запас относительной аккомодации до 1,57 D, увеличивает привычный тонус аккомодации до $0,87 \pm 0,17$ D и сопровождается тахикардией, гипергидрозом и бледностью кожи, указывая на активацию симпатической вегетативной нервной системы (ВНС). А.В. Дыбова и соавт. [12] утверждают, что стресс вызывает дисбаланс ВНС, усиливающий спазм цилиарной мышцы. Однако в приведенных выше исследованиях нет объективных данных о влиянии стресса на изменения параметров ВНС, что указывает на необходимость дальнейшего изучения этого вопроса.

N. Ferencova и соавт. [8] и J. Yamaguchi и соавт. [34], анализируя изменения параметров зрачковых реакций, установили, что различные стрессовые условия активируют симпатический отдел АНС, что проявляется увеличением латентного периода зрачкового рефлекса, снижением скорости сужения зрачка и увеличением времени восстановления зрачка до исходного размера. Авторы упоминают о связи зрачковых реакций и механизмов аккомодации, однако в существующих исследованиях эти аспекты детально не рассматриваются.

Опубликованы работы, свидетельствующие о влиянии физической работоспособности на функционирование АНС и механизмы аккомодации. Согласно исследованию S. Kurtieva [35], физическая выносливость напрямую определяется преобладающим тонусом АНС: ваготония снижает работоспособность, а симпатикотония — повышает. С другой стороны, как указывают F. Moscatelli и соавт. [36], сама физическая активность способна корректировать баланс АНС, ослабляя парасимпатический тонус и усиливая симпатический.

В работе Е.П. Тарутта и соавт. [37] показали, что через год регулярных занятий бадминтоном происходит ослаб-

ление манифестной рефракции в среднем на $0,92 \pm 0,82$ дптр, снижение тонуса аккомодации — на $0,85 \pm 0,77$ дптр, повышение скорости кровотока в глазничной артерии и центральной артерии сетчатки, повышение положительной сферической аберрации, снижение аберраций, связанных с рассогласованием и иррегулярностью элементов оптической системы (tilt, trefoil, coma), что косвенно свидетельствует об укреплении связочного аппарата хрусталика. В статье Н.Л. Чердниченко [14] также показано, что занятия бадминтоном в течение 6 мес улучшают аккомодацию у 75% детей, уменьшают миопию на $0,21–0,27$ D и увеличивают резервы аккомодации в 1,2 раза, что сопровождалось нормализацией симпатической активности (повышение оксигенации крови на 4,8%, снижение частоты сердечных сокращений — на 9,15 уд/мин). В то же время J. Vega и соавт. [38] при высокоинтенсивных тренировках выявили временное увеличение задержки аккомодации, но не обнаружили значимой связи между изменениями аккомодации и вегетативной регуляцией.

Несмотря на обширные данные о влиянии различных факторов на регуляцию АНС и аккомодацию, тема остается актуальной из-за многофакторности механизмов, противоречивых результатов и методологических различий. Факторы, влияющие на АНС и аккомодацию у пациентов с ПИНА, недостаточно изучены, что требует дальнейших комплексных исследований.

Методы диагностики и мониторинга аккомодационных нарушений с учетом автономной регуляции. Анализ данных литературы показывает, что для диагностики аккомодационных нарушений и выявления их связи с вегетативной регуляцией используется широкий спектр методов, основанных на изучении как периферической, так и центральной активности АНС [13]. Одним из основных показателей является вариабельность сердечного ритма (ВСР), который широко используется для оценки состояния АНС в контексте аккомодационных нарушений. М. Вуфо и соавт. [39] изучили связь между ВСР и пупиллометрией, выявив слабую и статистически незначимую корреляцию ($r = -0,12$, $p > 0,05$) между диаметром зрачка и HF-компонентами, что указывает на незрелость парасимпатической регуляции АНС. S. Artamonova и соавт. [40] выявили у подростков с миопией доминирование симпатической активности ВНС и централизацию управления сердечным ритмом, указывающую на напряжение в работе ВНС. B. Redondo и соавт. [41] установили, что низкие значения ВСР связаны с ухудшением и нестабильностью аккомодации, ее снижением на 15–20% и увеличением времени отклика на визуальный стимул. Корреляционный анализ показал значительную отрицательную связь ($r = -0,72$, $p < 0,05$).

М. Вуфо и соавт. [39] обнаружили, что электродермальная активность (ЭДА) отражает симпатическую активность и может использоваться для диагностики аккомодационных нарушений. У детей ЭДА ($3,5 \mu S$) и диаметр зрачка (6,3 мм) были выше, чем у взрослых ($1,8 \mu S$ и 4,8 мм), что указывает на преобладание симпатической регуляции, влияющей на аккомодацию. Методы функциональной нейровизуализации позволяют также изучать механизмы регуляции АНС и их влияние на зрительную систему, выявляя активацию зрительных и парасимпатических центров при аккомодации. Исследование S. Rockswold и соавт. [42] зафиксировало у пациентов с легкой черепно-мозговой травмой снижение активности аккомодационных областей на 15–25%.

Пупиллометрия — важный метод диагностики аккомодационных нарушений, оценивающий баланс симпатической и парасимпатической активности через реакции зрачков. Ш. Духаер и соавт. [43] показали, что динамика

зрачковых реакций при аккомодации и конвергенции коррелирует с вегетативным тонусом: у детей с преобладанием парасимпатического тонуса сужение зрачка при аккомодации более выражено. Замедленное сужение может свидетельствовать о гиперактивности парасимпатической системы (спазм аккомодации), а слабое расширение — о сниженной симпатической активности [9, 20].

Некоторые авторы предлагают использовать методы фотоплетизмографии и лазерной доплеровской флоуметрии для оценки микроваскулярной активности, позволяющие анализировать изменения кровотока как индикатор состояния АНС в области глазного яблока и сетчатки. Исследование S. Lin и соавт. [20] выявило, что повышенная активность симпатической системы у детей, связанная с изменением кровотока, снижает толщину хориоидеи (адреналин — на 1,60 мкм, норадреналин — на 0,53 мкм) и увеличивает осевую длину глаза на 0,002 мм.

Выявлена связь микроциркуляции с аккомодацией и АНС, однако эти процессы изучались отдельно. Так, Е.П. Тарутта и соавт. [44] показали, что улучшение кровообращения в цилиарной зоне и задних цилиарных артериях повышает абсолютную аккомодацию на 2,61 D и снижает тонус покоя на 0,2 D. Y. Sheng и L. Zhu [45] установили, что нейромедиаторы АНС (норадреналин, ацетилхолин, нейропептиды) регулируют тонус сосудов, а эндотелий, выделяя оксид азота и эндотелин, может модулировать активность АНС. Учитывая небольшое количество исследований взаимосвязи нарушений аккомодации, микроциркуляции и состояния АНС, это направление можно считать перспективным для дальнейших исследований.

Методы коррекции и профилактики аккомодационных нарушений у детей. Современные методы профилактики и лечения аккомодационных нарушений учитывают нейрофизиологические механизмы и используют современные технологии для их коррекции.

Применение лекарственных средств, корректирующих тонус АНС, значительно уменьшает симптомы спазма аккомодации. Исследование Е.П. Тарутты и соавт. [46] показало, что 2,5%-ный ирифрин замедляет прогрессирование миопии (с 0,95 до 0,2 D/год), увеличивает запасы аккомодации (+0,67 D) и снижает рост длины глаза (0,06 вместо 0,27 мм), изменяя тонус цилиарной мышцы в сторону симпатикотонии (уменьшая темновой фокус на 0,29 D и динамическую рефракцию на 0,32 D). Другое исследование установило, что циклопентолат 1% повышает остроту зрения и аккомодационные резервы до 2,5–3,0 D, тогда как фенилэфрин 2,5% оказывает менее выраженный эффект. Комбинированное применение этих препаратов обеспечивает комплексное улучшение зрительных показателей и устраняет астенопические жалобы за счет воздействия на оба отдела АНС [47].

Оптимизация вегетативного тонуса улучшает аккомодацию через снижение симпатической и усиление парасимпатической активности. Исследование M. Collins и соавт. [48] показало, что дыхательные упражнения влияют на осевую длину глаза (AL) ($p < 0,05$): активация симпатической системы увеличивала AL на 5 ± 1 мкм ($p = 0,04$) и размер зрачка на $0,3 \pm 0,1$ мм ($p = 0,03$). Корреляция между изменениями PS и AL была слабой, но значимой ($\beta = 3,4$, $p < 0,05$).

Физиотерапевтические методы лечения аккомодационных нарушений имеют разную эффективность в зависимости от состояния АНС. Исследования Д. Дубко и соавт. [49] показали, что при эйтонии электростимуляция и магнитостимуляция значительно улучшают зрение и аккомодацию (некорригированную остроту зрения на $0,07 \pm 0,02$, запасы относительной аккомодации (ЗОА) —

до $2,2 \pm 0,1$ D, средний суммарный аккомодационный коэффициент эффективности (ΣАКЭ) — $87,0 \pm 2,5$). При ваготонии методы также эффективны, но с меньшими результатами (ЗОА = $1,8 \pm 0,2$ D, ΣАКЭ = $83,0 \pm 1,5$). Низкоэнергетическая лазерстимуляция дает слабый эффект при эйтонии и ваготонии, но лучше работает при симпатикотонии (ЗОА = $2,1 \pm 0,2$ D, ΣАКЭ = $86,0 \pm 1,7$). Исследование Т.П. Кашенко и соавт. [50] показало, что сочетание тренировок аккомодации с транскраниальной магнитотерапией и магнитной симпатокоррекцией улучшает аккомодацию и стабилизирует вегетативный статус, с наилучшими показателями в группе с магнитной симпатокоррекцией (повышение объема абсолютной аккомодации на 1,82 D).

В отечественных и зарубежных исследованиях описаны различные методы воздействия на АНС. Так, R. Bruno и L. Ghiadoni [51] обнаружили, что 8-недельное употребление полифенолов (ежедневно 160 г различных ягод) снижает активность симпатической нервной системы на 15% и влияет на окислительный стресс и артериальное давление. M. Daniela и соавт. [52] отметили улучшение вариабельности сердечного ритма на 15–20% после 8 нед умеренных физических нагрузок. R. Wadhwania [53] установил, что витамин D поддерживает автономную регуляцию, а его дефицит снижает ВСР, ослабляя парасимпатический контроль. I. Vocharin и соавт. [54] зафиксировали значительные изменения показателей ВСР (от 30 до 170% в зависимости от параметра) и повышение адаптивных возможностей у спортсменов, принимавших адаптогены. Однако данные методы не изучались при ПИНА и нарушениях аккомодации у детей, что требует дальнейших исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на обширные исследования АНС в контексте ПИНА у детей, остаются неясными вопросы распространенности заболевания с учетом пола, возраста и этнических особенностей. Роль физической работоспособности и состояния периферической микроциркуляции, тесно связанных с активностью АНС, изучена недостаточно. Актуально совершенствовать терапевтические подходы, ориентированные на коррекцию микроциркуляции и стабилизацию вегетативного баланса, что позволит повысить эффективность лечения, предотвратить прогрессирование заболевания и обеспечить долгосрочную сохранность зрительных функций.

Литература/References

1. Bharadwaj SR, Roy S, Satgunam PN. Spasm of near reflex: objective assessment of the near-triad. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2020; 61 (8): 18–18. doi:https://doi.org/10.1167/iops.61.8.18
2. Papageorgiou E, Kardaras D., Kapsalaki E. et al. Spasm of the near reflex: a common diagnostic dilemma? *Int J Ophthalmol*. 2021; 14 (4): 541. doi: 10.18240/ijo.2021.04.10
3. Тарутта Е.П., Проскурина О.В., Тарасова Н.А., Маркосян Г.А. Факторы риска развития миопии в дошкольном и раннем школьном возрастах и меры ее профилактики. *Российская педиатрическая офтальмология*. 2019; 14 (1): 25–33. [Tarutta E.P., Proskurina O.V., Tarasova N.A., Markosyan G.A. Risk factors for myopia development in preschool and early school age and its prevention measures. *Rus. Ped. Ophthalmol*. 2019; 14 (1): 25–33 (In Russ.)]. doi: 10.17816/1993-1859-2019-14-1-4-25-33
4. Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, et al. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology*. 2016; 123 (5): 1036–42. doi: 10.1016/j.ophtha.2016.01.006
5. Тарутта Е.П., Иомдина Е.Н., Тарасова Н.А., Маркосян Г.А., Максимова М.В. Комплексный подход к профилактике и лечению прогрессирующей миопии у школьников. РМЖ. *Клиническая офтальмология*. 2018; 18 (2): 70–6. [Tarutta E.P., Iomdina E.N., Tarasova N.A., Markosyan G.A., Maksimova M.V. Comprehensive approach to the prevention and treatment of progressive myopia in schoolchildren. *RMJ. Clinical Ophthalmology*. 2018; 18 (2): 70–6 (In Russ.)].

6. Проскурина О.В., Маркова Е.Ю., Бржеский В.В. и др. Распространенность миопии у школьников некоторых регионов России. *Офтальмология*. 2018; 15 (3): 348–53. [Proskurina O.V., Markova E.Y., Brzhesky V.V., et al. Prevalence of myopia in schoolchildren from some regions of Russia. *Ophthalmology*. 2018; 15 (3): 348–53 (In Russ.)]. doi.org/10.18008/1816-5095-2018-3-348-353
7. DL A., Raju TR. Autonomic nervous system and control of visual function. *Ann Neurosci*. 2023; 30 (3): 151–3. doi.org/10.1177/09727531231176119
8. Ferencova N., Visnovcova Z., Olexova L.B., et al. Eye pupil – a window into central autonomic regulation via emotional/cognitive processing. *Physiol Res*. 2021; 70 (4): 669–82. doi:10.33549/physiolres.934749
9. Dukhayer S., Bushuieva NM, Slobodianyk SB. Pupil response to accommodation and convergence in healthy children and adolescents of various age groups and autonomic nervous system tone. *Journal of Ophthalmology*. 2020; 85 (2): 36–44. doi: 10.31288/oftalmolzh202023644
10. Апрелев А.Е., Сетко Н.П., Пашинина Р.В., Исеркепова А.М., Ясин И.А. Нарушение вегетативной нервной системы как фактор риска развития и прогрессирования миопии. *Медицинский вестник Башкортостана*. 2016; 11 (1): 157–9. [Aprelev A.E., Setko N.P., Pashinina R.V., Iserkepova A.M., Yasin I.A. Dysfunction of the autonomic nervous system as a risk factor for myopia development and progression. *Med. Bulletin of Bashkortostan*. 2016; 11 (1): 157–9 (In Russ.)].
11. Mihelcic M., Podlessek A. Cognitive workload affects ocular accommodation and pupillary response. *J Optom*. 2023; 16 (2): 107–15. doi.org/10.1016/j.optom.2022.05.001
12. Дыбова А.В., Рагулина М.В. Влияние психологических аспектов общего стресса на привычно-избыточный тонус аккомодации цилиарной мышцы глаза у подростков. *Психологическая наука и практика в современном обществе: реальность и тенденции развития*. 2021: 114–20. [Dybova A.V., Ragulina M.V. Influence of psychological aspects of general stress on the habitual excessive tone of ciliary muscle accommodation in adolescents. *Psych. science and practice in modern society*. 2021: 114–20 (In Russ.)].
13. Иомдина Е.Н., Тарутта Е.П., Маркосян Г.А. и др. Вариации индекса Кердо как показателя баланса вегетативной нервной системы у детей и подростков с прогрессирующей миопией. *Глаз*. 2013; 2: 22–5. [Iomdina E.N., Tarutta E.P., Markosyan G.A. et al. Variations of the Kerdo index as an indicator of the balance of the autonomic nervous system in children and adolescents with progressive myopia. *Glaz*. 2013; 2: 22–5 (In Russ.)].
14. Чередниченко Н.Л. Влияние физической нагрузки на состояние аккомодации, рефрактогенеза и регуляцию вегетативной нервной системы у детей и подростков. *Медицинский вестник Северного Кавказа*. 2016; 11 (3): 468–70. [Cherednichenko N.L. Influence of physical activity on accommodation state, refractogenesis, and autonomic nervous system regulation in children and adolescents. *Med. Bulletin of the North Caucasus*. 2016; 11 (3): 468–70. (In Russ.)]. doi: 10.14300/mnnc.2016.11107
15. May PJ, Reiner A, Gamlin PD. Autonomic regulation of the eye. *Oxford Res Encycl Neurosci*. 2019. doi.org/10.1093/acrefore/9780190264086.013.276
16. Motlagh M, Geetha R. Physiology, accommodation [Internet]. *Treasure Island (FL): StatPearls Publishing*; 2025. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK542189/>
17. Wu F, Zhao Y, Zhang H. Ocular autonomic nervous system: an update from anatomy to physiological functions. *Vision*. 2022; 6 (1):6. doi.org/10.3390/vision6010006
18. Ampolu N, Yarravarapu D, Satgunam P, et al. Impact of induced pseudomyopia and refractive fluctuations of accommodative spasm on visual acuity. *Clin Exp Optom*. 2023; 106 (8): 876–82. doi.org/10.1080/08164622.2022.2140583
19. Umamoto R, Hashimoto Y, Imabayashi S, et al. Changes in choroidal thickness in healthy participants after induction of sympathetic hyperactivity using the cold pressor test. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2023; 261 (2): 585–7. doi:10.1007/s00417-022-05820-5
20. Lin S, Zhu B, Wang T, et al. Sympathetic nervous system activity is associated with choroidal thickness and axial length in school-aged children. *Br J Ophthalmol*. 2024; 108 (3): 405–10. doi.org/10.1136/bjo-2022-322165
21. Baikoff G. Measurement of accommodation. In: *Anterior Segment Optical Coherence Tomography*. CRC Press; 2024: 139–46.
22. Chung I. Testing accommodation in children. In: *The Pediatric Eye Exam Quick Reference Guide: Office and Emergency Room Procedures*. IGI Global; 2022: 200–21. doi: 10.4018/978-1-7998-8044-8.ch010
23. Rucker F, Taylor C, Kaser-Eichberger A, et al. Parasympathetic and sympathetic control of emmetropization in chick. *Exp Eye Res*. 2023; 232: 109508. doi.org/10.1016/j.exer.2023.109508
24. Катаргина Л.А., Тарутта Е.П., Проскурина О.В. и др. Аккомодация: к вопросу о терминологии. *Российский офтальмологический журнал*. 2011; 4 (3): 93–4. [Katargina L.A., Tarutta E.P., Proskurina O.V., et al. Accommodation: on the issue of terminology. *Russian ophthalmological journal*. 2011; 4 (3): 93–4 (In Russ.)].
25. Тарутта Е.П., Тарасова Н.А. Критерии постановки диагноза привычно-избыточного напряжения аккомодации на основании субъективных и объективных параметров аккомодации. *Российская педиатрическая офтальмология*. 2013; (1): 34–8. [Tarutta E.P., Tarasova N.A. Criteria for diagnosing habitual excessive accommodation tension based on subjective and objective accommodation parameters. *Russian Pediatric Ophthalmology*. 2013; 1: 34–8 (In Russ.)].
26. Морозова Т.А., Пикусова С.М. Привычно-избыточное напряжение аккомодации: современное состояние проблемы. *Вестник Российской академии медицинских наук*. 2024; 79 (5): 453–62. [Morozova T.A., Pikusova S.M. Habitual excessive accommodation tension: current state of the problem. *Bulletin of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2024; 79 (5): 453–62 (In Russ.)]. doi.org/10.15690/vramn17955
27. García-Montero M, Felipe-Márquez G. Pseudomyopia: a review. *Vision*. 2022; 6 (1): 17. doi.org/10.3390/vision6010017
28. Hilora M, Tripathy K. Accommodative Excess. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan. PMID: 37276314.
29. Андрианов В.В., Василюк Н.А., Бирюкова Е.В., Казакова В.В. Вегетативные и психофизические показатели студентов в процессе учебного компьютерного тестирования. *Академический журнал Западной Сибири*. 2014; 10 (3): 49. [Andrianov V.V., Vasilyuk N.A., Biryukova E.V., Kazakova V.V. Autonomic and psychophysiological indicators of students during academic computer testing. *Academic Journal of Western Siberia*. 2014; 10 (3): 49 (In Russ.)].
30. Lin Z, Vasudevan B., Liang Y. B, et al. The association between nearwork-induced transient myopia and progression of refractive error: a 3-year cohort report from Beijing myopia progression study. *J Optom*. 2021; 14 (1): 44–9. doi.org/10.1016/j.optom.2020.05.004
31. Duthel F, Oueslati T, Delamarre L, et al. Myopia and near work: a systematic review and meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2023; 20 (1): 875. doi.org/10.3390/ijerph20010875
32. Апрелев А.Е., Сетко Н.П., Караулова Е.С. и др. Зависимость объема аккомодации от преобладания вида вегетативного тонуса центральной нервной системы у студентов с миопией различной степени. *Медицинский вестник Башкортостана*. 2015; 10 (2): 88–91. [Aprelev A.E., Setko N.P., Karaulova E.S., et al. Dependence of accommodation volume on the predominant type of autonomic tone of the central nervous system in students with different degrees of myopia. *Medical Bulletin of Bashkortostan*. 2015; 10 (2): 88–91 (In Russ.)].
33. Федорищева Л.Е., Еременко К.Ю., Александрова Н.Н. Сравнительная характеристика напряжения аккомодации у школьников младших классов в зависимости от эмоционального состояния. *Офтальмология*. 2014; 10 (3): 54–7. [Fedorishcheva L.E., Eremenko K.Y., Aleksandrova N.N. Comparative analysis of accommodation tension in primary school children depending on emotional state. *Ophthalmology*. 2014; 10 (3): 54–7 (In Russ.)].
34. Yamaguchi J, Kinoshita K., Hosokawa T, et al. The eyes are the windows of the soul: Portable automated pupillometry to monitor autonomic nervous activity in CO₂ narcosis: A case report. *Medicine*. 2023; 102 (19): E33768. doi: 10.1097/MD.00000000000033768
35. Kurtieva S. Physical performance assessment in adolescents with autonomic dysfunction. *Int J Med Sci Clin Res Stud*. 2021; 1 (6): 143–6. doi.org/10.47191/ijmscrs/v1i-6-04
36. Moscatelli F, Sessa F, Valenzano A, et al. The influence of physical exercise, stress and body composition on autonomic nervous system: A narrative review. *Sport Mont*. 2022; 20 (2): 131–4. doi: 10.26773/smj.220620
37. Тарутта Е.П., Тарасова Н.А., Маркосян Г.А. и др. Изменение некоторых функциональных и анатомо-оптических параметров глаза у детей с ПИНА и псевдомиопией на фоне регулярных занятий бадминтоном. *Российский офтальмологический журнал*. 2019; 12 (4): 51–63. [Tarutta E.P., Tarasova N.A., Markosyan G.A., et al. Changes in functional, anatomical and optical parameters of the eye in children with habitually excessive accommodation stress and pseudomyopia after regular badminton playing. *Russian ophthalmological journal*. 2019; 12 (4): 51–63 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2019-12-4-51-63>
38. Vera J, Luque-Casado A., Redondo B, et al. Ocular accommodative response is modulated as a function of physical exercise intensity. *Curr Eye Res*. 2019; 44 (4): 442–50. doi.org/10.1080/02713683.2018.1557210c
39. Bufo MR, Guidotti M, De Faria C, et al. Autonomic tone in children and adults: Pupillary, electrodermal and cardiac activity at rest. *Int J Psychophysiol*. 2022; 180: 68–78. doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2022.07.009
40. Artamonova SY, Ammosova AM, Stepanova LA, et al. Features of vegetative homeostasis in teenagers with myopia. In: *Conference on Health and Wellbeing in Modern Society (CHW 2021)*. Atlantis Press; 2022: 21–5. doi: 10.2991/ahsr.k.220103.005
41. Redondo B, Vera J., Luque-Casado A, et al. Associations between accommodative dynamics, heart rate variability and behavioural performance during sustained attention: A test-retest study. *Vision Res*. 2019; 163: 24–32. doi.org/10.1016/j.visres.2019.07.001

42. Rockswold SB, Burton PC, Chang A, et al. Functional magnetic resonance imaging and oculomotor dysfunction in mild traumatic brain injury. *J Neurotrauma*. 2019; 36 (7): 1099–105. doi.org/10.1089/neu.2018.5796
43. Духаер Ш., Бушуева Н.Н., Слободяник С.Б. Особенности диагностики спазма аккомодации у детей с учетом тонуса вегетативной нервной системы с использованием пупиллографии при инстиляции мидриатиков. *Офтальмология. Восточная Европа*. 2020; 10 (1): 96–104. [Dukhayer Sh., Bushuieva N.N., Slobodanyk S.B. Features of diagnosing accommodation spasm in children considering autonomic nervous system tone using pupillography with mydriatic instillation. *Ophthalmology. Eastern Europe*. 2020; 10 (1): 96–104 (In Russ.)]. doi: 10.34883/PI.2020.10.1.011
44. Тарутта Е.П., Киселева Т.Н., Тарасова Н.А., Епишина М.В. Изменение параметров аккомодации и показателей гемодинамики в сосудах глаза на фоне аппаратного лечения близорукости. *Российская педиатрическая офтальмология*. 2014; (1): 42–5. [Tarutta E.P., Kiseleva T.N., Tarasova N.A., Epishina M.V. Changes in accommodation parameters and hemodynamic indicators in eye vessels during hardware treatment of myopia. *Russian Pediatric Ophthalmology*. 2014; 1: 42–5 (In Russ.)].
45. Sheng Y, Zhu L. The crosstalk between autonomic nervous system and blood vessels. *Int J Physiol Pathophysiol Pharmacol*. 2018; 10 (1): 17.
46. Тарутта Е.П., Иомдина Е.Н., Тарасова Н.А., Филинова О.Б. Влияние 2,5%-ного ирифрина на показатели аккомодации и динамику рефракции у пациентов с прогрессирующей миопией. *Российский офтальмологический журнал*. 2010; 3 (2): 30–3. [Tarutta E.P., Iomdina E.N., Tarasova N.A., Filinova O.B. The effect of 2.5% Irifrin on accommodation parameters and refraction dynamics in patients with progressive myopia. *Russian ophthalmological journal*. 2010; 3 (2): 30–3 (In Russ.)].
47. Духаер Ш., Бушуева Н.Н., Слободяник С.Б. Результаты медикаментозного лечения больных с нарушениями аккомодации с учетом баланса вегетативной иннервации и данных пупиллографии. *Офтальмологический журнал*. 2018; (6): 10–8. [Dukhayer Sh., Bushuieva N.N., Slobodanyk S.B. Results of drug treatment of patients with accommodation disorders considering autonomic innervation balance and pupillography data. *Ophthalmological journal*. 2018; (6): 10–8 (In Russ.)]. doi: 10.31288/oftalmolzh201861018
48. Collins MJ, Hoseini-Yazdi H, Read SA, et al. Non-pharmacological stimulation of the autonomic nervous system and short-term changes in axial length. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2024; 65 (7): 2712. https://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2794667
49. Дубко Д.А., Егоров В.В., Смолякова Г.П. Клиническая эффективность применения различных физиотерапевтических методов воздействия при аккомодационных нарушениях у детей со школьной миопией в зависимости от нервно-вегетативного состояния организма. *Современные технологии в офтальмологии*. 2017; 4: 68–71. [Dubko D.A., Egorov V.V., Smolyakova G.P. Clinical efficacy of various physiotherapeutic methods in children with school myopia depending on the neurovegetative state. *Modern Techn. in Ophthalmol*. 2017; 4: 68–71 (In Russ.)].
50. Кашченко Т.П., Райгородский Ю.М., Уварова Г.И., Корнюшина Т.А. Аппаратная симпатокоррекция в лечении нарушений аккомодации и миопии у детей. *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация*. 2015; 14 (5): 25–30. [Kashchenko T.P., Raigorodsky Yu.M., Uvarova G.I., Korniyushina T.A. Hardware sympatocorrection in the treatment of accommodation disorders and myopia in children. *Physiotherapy, balneology and rehabilitation*. 2015; 14 (5): 25–30 (In Russ.)].
51. Bruno RM, Ghiadoni L. Polyphenols, antioxidants and the sympathetic nervous system. *Curr Pharm Des*. 2018; 24 (2): 130–9. doi: 10.2174/1381612823666171114170642
52. Daniela M, Catalina L, Ilie O, et al. Effects of exercise training on the autonomic nervous system with a focus on anti-inflammatory and antioxidant effects. *Antioxidants*. 2022; 11 (2): 350. doi.org/10.3390/antiox11020350
53. Wadhwan R. Is Vitamin D deficiency implicated in autonomic dysfunction? *J Pediatr Neurosci*. 2017; 12 (2): 119–23. doi: 10.4103/jpn.JPN_1_17
54. Bocharin I, Eshiev A, Guryanov M, et al. Results of using a plant adaptogen to improve the functional state of athletes. *J Phys Educ Sport*. 2024; 24 (11): 1884–91. https://www.efsupit.ro/images/stories/november2024/Art%20284.pdf

Вклад авторов в работу: А.Ж. Фурсова — концепция и дизайн исследования, научное редактирование, финальная подготовка статьи к публикации; М.К. Артыкова — сбор и обработка данных литературы, написание и редактирование статьи.

Authors' contribution: A.Zh. Fursova — study concept and design, scientific editing, final preparation of the article for publication; M.K. Artykova — literature data collection and analysis, writing and editing of the article.

Поступила: 11.02.2025. Переработана: 12.02.2025. Принята к печати: 13.02.2025

Originally received: 11.02.2025. Final revision: 12.02.2025. Accepted: 13.02.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

¹ ГБУЗ НСО «Государственная Новосибирская областная клиническая больница», ул. Немировича-Данченко, д. 130, Новосибирск, 630087, Россия

² ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Красный пр-т, д. 52, Новосибирск, 630091, Россия

Анжелла Жановна Фурсова — д-р мед. наук, профессор, заведующая офтальмологическим отделением¹, заведующая кафедрой офтальмологии², ORCID 0000-0001-6311-5452

ГБУЗ НСО «Городская клиническая поликлиника № 29», ул. Рассветная, д. 1, Новосибирск, 630129, Россия

Манижа Каримджоновна Артыкова — врач-офтальмолог детского поликлинического отделения, ORCID 0009-0004-2828-4540

Для контактов: Анжелла Жановна Фурсова,
anzhellafursova@yandex.ru

¹ Novosibirsk Regional Clinical Hospital, 130, Nemirovich-Danchenko St., Novosibirsk, 630087, Russia

² Novosibirsk State Medical University, 52, Krasny Prospect, Novosibirsk, 630091, Russia

Anzhella Zh. Fursova — Dr. of Med. Sci., head of the ophthalmological department¹, head of chair of ophthalmology², ORCID 0000-0001-6311-5452

City Clinical Polyclinic No 29, 1, Rassvetnaya St., Novosibirsk, 630129, Russia

Manizha K. Artykova — ophthalmologist of the children's outpatient department, ORCID 0009-0004-2828-4540

For contacts: Anzhella Zh. Fursova,
anzhellafursova@yandex.ru