

Цифровая аккомодационная астенопия. Сообщение 2: показатели аккомодационного ответа у подростков с экранным временем разной продолжительности

Т.Р. Мухамадеев^{1,3}Р.Р. Ахмадеев^{1,2}Э.Ф. Шайхутдинова³

¹ ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
ул. Ленина, 3, Уфа, 450008, Российская Федерация

² Всероссийский центр глазной и пластической хирургии ФГБОУ ВО «Башкирский государственный
медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации
ул. Рихарда Зорге, 67/1, Уфа, 450075, Российская Федерация

³ ЗАО «Оптимедсервис»
ул. 50 лет СССР, 8, Уфа, 450083, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2026;23(2):373-379

Цель работы: изучить показатели аккомодационного ответа у подростков с экранным временем разной продолжительности.

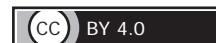
Дизайн и методы исследования. Клинико-экспериментальная работа, проведенная с участием 86 испытуемых (16 юношей, 70 девушек; средний возраст $16,60 \pm 0,17$ года) состоит из двух блоков исследований. Психометрический блок включает определение интернет-зависимого поведения (ИЗ), выявление характера и продолжительности пользования цифровыми информационными технологиями (ЦИТ). Собственно офтальмологический блок содержит определение коэффициента аккомодационного ответа (КАО) и лага аккомодации (ЛА) авторефрактометром Speedy-K (Right MFG, Япония); данные проанализированы непараметрическими методами статистики. Такой экспериментальный подход обусловлен тем, что он позволяет выявить связь между характером пользования ЦИТ, продолжительностью экранного времени (ЭВ) и аккомодацией, а также получить представление о нейроофтальмологических механизмах формирования цифровой аккомодационной астенопии. **Результаты и обсуждение.** В совокупной группе подростков средний уровень ИЗ составил 50,0 (43,0; 60,0) балла; признаки ИЗ не выявлены у 22,1 % ($n = 19$), ИЗ на стадии формирования — у 61,6 % ($n = 53$); у 16,3 % ($n = 14$) определена интернет-зависимость, однако статистически значимых закономерностей между ИЗ и показателями аккомодационного ответа не обнаружено. Стаж пользования компьютером у наших испытуемых составил 9,5 (8,0; 11,0) года, смартфоном — 7,0 (5,0; 9,0) лет, интернетом — 8,0 (7,0; 10,0) лет. По продолжительности ЭВ (часов в сутки) обследованные были подразделены на 4 группы: малой (≤ 1 ч, $n = 11$), средней (1–3 ч, $n = 26$), высокой (4–6 ч, $n = 20$) и сверхвысокой (> 6 ч, $n = 17$) продолжительности. Анализ полученных результатов показал значимые различия между группами с разной продолжительностью экранного времени на стимулах в диапазоне от $-1,5$ до $-3,0$ дптр ($p < 0,001$ для большинства стимулов). Сделан вывод о четком дозозависимом влиянии продолжительности экранного времени на исследованные параметры аккомодационного ответа: с увеличением времени пользования девайсами происходит увеличение лага и, соответственно, снижение коэффициента аккомодации. Данные обсуждаются с современных нейроофтальмологических позиций формирования цифровой аккомодационной астенопии (ЦАА) и с учетом нейрофизиологических механизмов регуляции аккомодации.

Ключевые слова: компьютерный зрительный синдром, аккомодационная астенопия, лаг аккомодации, экранное время, подростки

Для цитирования: Мухамадеев Т.Р., Ахмадеев Р.Р., Шайхутдинова Э.Ф. Цифровая аккомодационная астенопия. Сообщение 2: показатели аккомодационного ответа у подростков с экранным временем разной продолжительности. *Офтальмология*. 2026;23(2):373-379. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-2-373-379>

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

Конфликт интересов отсутствует.



Digital Accommodative Asthenopia. Message 2: Accommodative Response Indicators in Adolescents with Different Screen Times

T.R. Mukhamadeev^{1,3}, R.R. Ahmadeev^{1,2}, E.F. Shaykhtudinova³

¹ Bashkir State Medical University
Lenin str., 3, Ufa, 450008, Russian Federation

² All-Russian Center for Eye and Plastic Surgery
Richard Zorge str., 67/1, Ufa, 450075, Russian Federation

³ Optimedservice
50 let USSR str., 8, Ufa, 450083, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2026;23(2):373–379

Purpose: to study the accommodative response indicators in adolescents with different screen time durations. **Patients and methods.** A clinical and experimental study involving 86 participants (16 males, 70 females; mean age 16.6 ± 0.17 years) consisted of two blocks of research. The psychometric block included the determination of internet-addiction (IA) and the nature and duration of digital information technology (DIT) use. The ophthalmology assessment included the determination of the accommodative response coefficient (ARC) and the accommodation lag (AL) using a Speedy-K autorefractometer (Right MFG, Japan); the data were analyzed using nonparametric statistical methods. This experimental approach allowed us to identify the relationship between the nature of DIT use, screen time (ST), and accommodation, as well as to gain insight into the neuro-ophthalmological mechanisms underlying digital accommodative asthenopia. **Results.** In the overall group of adolescents, the average level of IA was 50.0 (43.0; 60.0) points; signs of IA were not detected in 22.1 % ($n = 19$), 61.6 % ($n = 53$) showed IA in the formation stage; Internet addiction was identified in 16.3 % ($n = 14$), but we did not find any statistically significant patterns between IA and accommodative response indicators. Subjects had been using computers for 9.5 (8.0; 11.0) years, smartphones for 7.0 (5.0; 9.0) years, and the Internet for 8.0 (7.0; 10.0) years. Based on screen time duration (hours per day), subjects were divided into 4 groups: short (≤ 1 hour, $n = 11$), medium (1–3 hours, $n = 26$), long (4–6 hours, $n = 20$), and excessive (> 6 hours, $n = 17$). Analysis of the obtained results revealed significant differences between the groups with different screen time durations for stimuli ranging from -1.5 to -3.0 D ($p < 0.001$ for most stimuli). A clear dose-dependent effect of screen time on the studied accommodative response parameters was demonstrated: with increasing screen time, the lag increases, and, accordingly, the accommodation coefficient decreases. The data are discussed from the perspective of modern neuro-ophthalmological approaches to the development of digital accommodative asthenopia (DAA), and taking into account the neurophysiological mechanisms of accommodation regulation.

Keywords: computer vision syndrome, accommodative asthenopia, accommodation lag, screen time, adolescents

For citation: Mukhamadeev T.R., Ahmadeev R.R., Shaykhtudinova E.F. Digital Accommodative Asthenopia. Message 2: Accommodative Response Indicators in Adolescents with Different Screen Times. *Ophthalmology in Russia*. 2026;23(2):373–379. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-2-373-379>

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

There is no conflict of interests.

ВВЕДЕНИЕ

В сверхсовременном феномене компьютерного зрительного синдрома (КЗС) и/или цифрового перенапряжения глаз (ЦПГ) главная роль вполне заслуженно отводится цифровой аккомодационной астенопии (ЦАА). Анализ отечественных и зарубежных публикаций по этой актуальной медико-социальной проблематике позволяет условно выделить два основных направления [1–5]. Первое основано на классической теории аккомодации Германа фон Гельмгольца и учитывает прежде всего оптические и биомеханические свойства глаза при формировании ЦАА, при этом техническим характеристикам цифровых экранных устройств (ЦЭУ), их спектральным особенностям, отличиям экранного изображения от естественного и т. д. придается второстепенное значение [6, 7]. Другое направление раскрывает

гораздо более сложную офтальмологическую и патофизиологическую картину, в которой ЦАА является результатом взаимодействия многих факторов: от офтальмоэргономики восприятия ЦЭУ до многоуровневой регуляции аккомодации [8–10]. Этот подход, безусловно, позволяет корректнее объяснить как феномены КЗС в целом, так и аккомодационной астенопии в частности. Вместе с тем представления об этиологических и патогенетических причинах и механизмах их формирования все еще далеки от завершения. Учитывая, что главными мишенями чрезмерного неконтролируемого использования цифровых информационных технологий (ЦИТ) и ЦЭУ являются не только зрительные, но и нервно-психические функции, актуальным представляется дальнейшее изучение аккомодационной астенопии с нейрофизиологических позиций с использованием

Т.Р. Мухамедеев, Р.Р. Ахмадеев, Э.Ф. Шайхутдинова

Контактная информация: Шайхутдинова Элина Фаритовна tazievaelina14@mail.ru

аппаратно-программных устройств в сочетании с современными психометрическими методами исследования. Одним из подходов является углубленный анализ временных характеристик аккомодации, а изучение таких его параметров, как коэффициент аккомодационного ответа (КАО) и лаг аккомодации (ЛА), позволит лучше понять нейроофтальмологическую природу формирования цифровой аккомодационной астенопии у пользователей ЦЭУ [11].

Цель — изучить показатели аккомодационного ответа у подростков с экранным временем разной продолжительности.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Клинико-экспериментальная часть исследования была проведена на кафедре психиатрии, наркологии и психотерапии Башкирского государственного медицинского университета (БГМУ) в период с мая 2020 по октябрь 2022 г. Первичная обработка данных и математический анализ результатов выполнены во Всероссийском центре глазной и пластической хирургии и на кафедре офтальмологии БГМУ в сентябре — ноябре 2025 г. Все исследования проведены в соответствии с Хельсинкской декларацией, этическими принципами проведения медицинских исследований с участием людей (WMA Declaration of Helsinki — Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects, 2013).

В выборку вошли 86 испытуемых в возрасте от 14 до 24 лет (16 юношей, 70 девушек; средний возраст $16,6 \pm 0,17$ года), активно пользующихся смартфонами и обратившихся в психотерапевтический центр Республики Башкортостан на предмет диагностики интернет-зависимого поведения. Критерий включения в исследование: возраст 14–25 лет; критерии невключения: выраженные психические, офтальмологические и соматические расстройства.

Первоначально для определения характера, стажа и интенсивности воздействия ЦИТ и ЦЭУ, а также выраженности интернет-зависимого поведения было проведено анкетирование (шкала Чена, русскоязычная адаптация)¹. Для оценки аккомодации в зависимости от экранного времени все испытуемые были подразделены на следующие 4 группы: малое (≤ 1 ч) экранное время (МЭВ, $n = 11$), экранное время средней (1–3 ч) продолжительности (ЭВСП, $n = 26$), экранное время высокой (4–6 ч) продолжительности (ЭВВП, $n = 20$), экранное время сверхвысокой (> 6 ч) продолжительности (ЭВСВП, $n = 17$). Из расчетов были исключены 12 подростков, не полностью оформивших анкетные данные. Аккомодографию проводили по общепринятой методике в стандартных лабораторных условиях монокулярно авторефрактометром Speedy-K (Right MFG, Япония). Аккомодационные стимулы (АС) с ша-

Таблица 1. Обобщенные сведения о методах и объеме исследования

Table 1. Summary of the methods and scope of the study

| Метод Method | Количество обследованных Number of examined | Количество измерений Number of measurements |
|---------------------------------|--|--|
| Анкетирование Questionnaire | 86 | 2838 |
| Рефрактометрия Refractometry | 86 | 172 |
| Аккомодография Accommodation | 86 | 15 136 |

гом $-0,5$ диоптрии (D) в диапазоне до $-3,0$ D предъявлялись автоматически ступенчато в зависимости от показателей рефракции, на каждой ступени выполнялось 11 последовательных измерений рефракции, анализ проводился отдельно для правого и левого глаза. Для количественной оценки аккомодограмм анализировали абсолютное значение рефракции глаза на каждом этапе (аккомодационный ответ, АО), рассчитывали лаг аккомодации и коэффициент аккомодационного ответа (КАО). Для исключения влияния исходной аметропии расчет показателей производили относительно базовой (измеренной при стимуле 0 дптр) рефракции.

Лаг (или задержка) аккомодации рассчитывали как разность между динамическим ответом и величиной стимула:

$$\text{Лаг} = (\text{АО}_{\text{степ}} - \text{АО}_{\text{исх}}) - \text{АС},$$

где $\text{АО}_{\text{степ}}$ — аккомодационный ответ (рефракция) на текущем шаге, $\text{АО}_{\text{исх}}$ — исходная рефракция при стимуле 0 дптр, АС — аккомодационный стимул в диоптриях.

Коэффициент аккомодационного ответа рассчитывали как отношение динамического прироста рефракции к величине стимула²:

$$\text{КАО} = \frac{\text{АО}_{\text{степ}} - \text{АО}_{\text{исх}}}{\text{АС}} \times 100\%.$$

Несмотря на различные формы представления (абсолютная в диоптриях и относительная в процентах от стимула), показатели лага аккомодации и коэффициента аккомодационного ответа математически взаимосвязаны, так как оба основаны на одном показателе — изменении рефракции в ответ на стимул.

Статистический анализ выполнен в среде RStudio. В ряде подгрупп распределение данных отличалось от нормального, в связи с этим для описательной статистики использовали медиану (Me) и интерквартильный размах (Q1; Q3). Для сравнения показателей между тремя рефракционными группами использовался непараметрический критерий Краскела — Уоллиса. Парные сравнения групп выполняли с использованием U-критерия Манна — Уитни с поправкой Холма. Различия считали статистически значимыми при уровне $p < 0,05$.

¹ Малыгин ВЛ, Феклисов КА, Искандирова АС. Интернет-зависимое поведение. Критерии и методы диагностики. Учебное пособие. М.: МГМСУ, 2011. 32 с.

² Жаров ВВ, Никишин РА, Егорова АВ. Клиническая оценка состояния аккомодации с помощью метода компьютерной аккомодографии. Ерошевские чтения. Самара. 2007:437–440.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Психометрические данные и временные показатели пользования девайсами

В совокупной группе подростков средний уровень ИЗ составил 50,0 (43,0; 60,0) баллов; признаки интернет-зависимости не выявлены у 22,1 % ($n = 19$), стадия формирования ИЗ отмечена у 61,6 % ($n = 53$); у 16,3 % ($n = 14$) определена интернет-зависимость. Стаж пользования компьютером составил 9,5 (8,0; 11,0) года, смартфоном — 7,0 (5,0; 9,0) лет, интернетом — 8,0 (7,0; 10,0) лет. Представленный выше больший стаж пользования стационарными компьютерами объясняется тем, что в подростковой среде на момент проведения экспериментальных измерений (весна 2020 — осень 2022 г.) в г. Уфе смартфоны были распространены не так широко, как на момент завершения статьи. Этот факт требует

Таблица 2. Сведения о стаже (годы), Me (Q1; Q3) пользования девайсами у подростков с различной рефракцией

Table 2. Information on the length of service (years), Me (Q1; Q3) of digital device use in adolescents with different refraction

| Группы Groups | n / % | ПК / PC | С / C | И / I |
|------------------|----------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| M / M | 64,00 / 74,42 | 10,0 (8,0; 11,0) | 7,0 (5,0; 10,0)* | 8,0 (7,0; 10,0) |
| Э / E | 11,00 / 12,79 | 8,0 (5,5; 10,5) | 5,0 (3,5; 6,5) | 7,0 (4,5; 8,0) |
| Г / H | 11,00 / 12,79 | 9,0 (6,0; 11,0) | 7,0 (5,0; 8,5) | 9,0 (6,0; 11,0) |
| Всего | 86,00 / 100,00 | 9,5 (8,0; 11,0) | 7,0 (5,0; 9,0) | 8,0 (7,0; 10,0) |
| S | — | $\chi^2 = 1,86, p = 0,39$ | $\chi^2 = 6,77, p = 0,03^*$ | $\chi^2 = 1,86, p = 0,39$ |

Примечание: группы обследованных: М — с миопией, Э — эметропией, Г — гиперметропией; n / % — данные в абсолютных значениях и процентах; S — значимость различий; ПК, С и И — пользование стационарным компьютером, смартфоном и интернетом соответственно.

Note: groups of subjects: M — with myopia, E — emmetropia, H — hypermetropia; n / % — data in absolute values and percentages; S — significance of differences; PC, C and I — use of a desktop computer, smartphone and internet respectively.

Таблица 3. Показатели медианы лага аккомодации у подростков с различным экранным временем

Table 3. Median lag of accommodation rates in adolescents with different screen time

| ЭВ EV | Глаз Eye | Аккомодационный стимул, дптр / Accommodative stimulus, diopters | | | | | | |
|----------|-------------|---|------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| | | +0,5 | -0,5 | -1,0 | -1,5 | -2,0 | -2,5 | -3,0 |
| ≤1 | OD | -0,54 | 0,38 | 0,62 | 0,93 | 1,13 | 1,15 | 1,33 |
| | OS | -0,51 | 0,35 | 0,74 | 0,92 | 1,02 | 1,21 | 1,20 |
| 1-3 | OD | -0,50 | 0,43 | 0,78 | 0,97 | 1,22 | 1,38 | 1,59 |
| | OS | -0,47 | 0,42 | 0,79 | 1,12 | 1,21 | 1,40 | 1,61 |
| 4-6 | OD | -0,43 | 0,40 | 0,86 | 1,13 | 1,28 | 1,46 | 1,73 |
| | OS | -0,51 | 0,43 | 0,75 | 1,07 | 1,22 | 1,46 | 1,60 |
| >6 | OD | -0,53 | 0,46 | 0,76 | 1,19 | 1,45 | 1,36 | 1,62 |
| | OS | -0,56 | 0,36 | 0,62 | 0,99 | 1,02 | 1,23 | 1,50 |
| H | OD | 13,28 | 4,43 | 30,68 | 36,83 | 17,67 | 19,06 | 34,81 |
| | OS | 13,15 | 6,16 | 15,12 | 18,81 | 26,40 | 20,35 | 18,22 |
| P | OD | <0,01** | 0,22 | <0,001*** | <0,001*** | 0,001*** | <0,001*** | <0,001*** |
| | OS | <0,05** | 0,10 | <0,05** | 0,001*** | 0,001*** | <0,001*** | <0,001*** |

Примечание: ЭВ, часов в день. Статистика рассчитана по H-критерию Краскела — Уоллиса ($df = 3$). Уровень значимости: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$. H — критерий, p — уровень значимости.

Note: EV, hours per day. Statistics calculated using the Kruskal–Wallis H-test ($df = 3$). Significance level: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$. H-test, p — significance level.

специального уточнения, поскольку факторы, определяющие формирование ЦАА, существенно различаются у стационарных компьютеров и мобильных экранных устройств [12]. Сопоставление результатов «стаж пользования ЦИТ» — показатель рефракции: наибольший стаж пользования как стационарными компьютерами, так и мобильными устройствами (10 и 7 лет соответственно) наблюдался в группе подростков с миопией, наименьший (8 и 5 лет, табл. 2) — у эметропов. Post-hoc анализ с поправкой Холма показал, что миопы имеют более высокий стаж пользования смартфоном по сравнению с эметропами ($p = 0,014^*$, табл. 2).

Аккомодационный ответ

Особенности аккомодации у подростков — пользователей ЦЭУ с различным экранным временем исследовали пошаговой регистрацией аккомодограммы при предъявлении зрительных стимулов возрастающей оптической активности, типичный пример записи представлен на рисунке 1.

Анализ лага аккомодации у подростков с экранным временем разной продолжительности показал значимые (по H-тесту Краскела — Уоллиса, $p < 0,05$) различия между группами. Парное межгрупповое сравнение лага аккомодации выявило статистически значимые различия ($p < 0,05$). Примечательно, что это проявляется между группой с высокой и очень высокой продолжительностью ЭВ и у подростков с низким экранным временем уже на стимулах малой оптической нагрузки (–1,0 дптр).

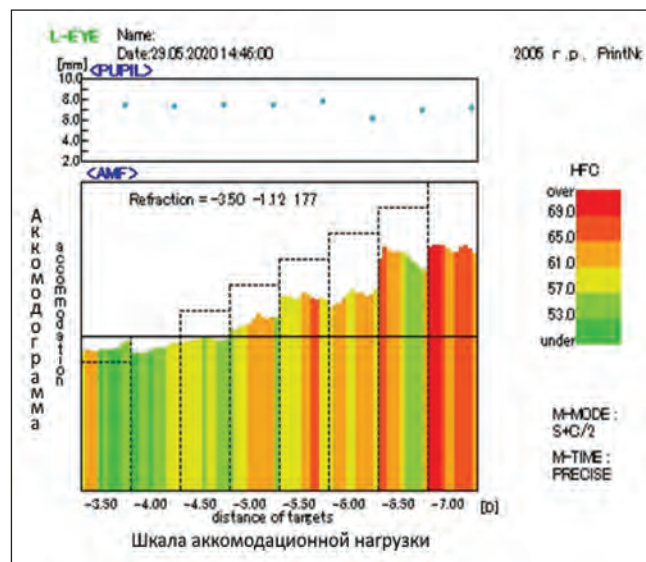


Рис. 1. Пример записи аккомодограммы у подростка 15 лет без признаков интернет-зависимого поведения. Ось абсцисс — пошаговые оптические стимулы, дптр; ось ординат — аккомодационный ответ на предъявляемый стимул, дптр

Fig. 1. Example of an accommodogram recording for a 15-year-old adolescent without signs of internet-addicted behavior. The abscissa axis shows step-by-step optical stimuli, in diopters; the ordinate axis shows the accommodative response to the presented stimulus, in diopters.

Межгрупповые различия ЛА нарастают с повышением оптической нагрузки, достигая максимума на последнем уровне (стимул -3 дптр) (табл. 4, рис. 2).

Наиболее выраженные различия наблюдались при более высоких аккомодационных нагрузках (стимулы от -1,5 до -3,0 дптр), что может свидетельствовать о дозозависимом влиянии продолжительности экранного времени на аккомодационный ответ. Группа с минимальным экранным временем (≤ 1 ч/день) демонстрировала меньший лаг (более адекватный аккомодационный ответ) в сравнении с группами с высоким экранным временем, особенно при сравнении с группой при нагрузке >6 ч/день.

Статистически значимые межгрупповые различия выявлены также при расчете коэффициента аккомодационного ответа. Аналогично лагу аккомодации, группа с очень высоким экранным временем (>6 ч/день) показала значительно сниженные КАО относительно группы с низким экранным временем (≤ 1 ч/день), особенно выраженные на сильных оптических стимулах (табл. 4). В частности, максимальный стимул -3,0 дптр дал различие в 16,7-17,4 % между группами МЭВ и ЭВСП соответственно, $p < 0,001$ для OD и $p < 0,05$ для OS. Группа ЭВВП также показала снижение КАО на 22,2-23,7 % по сравнению с МЭВ ($p < 0,001$). При умеренной

Таблица 4. Показатели лага аккомодации и коэффициента аккомодации у подростков с различным экранным временем на стимул максимальной оптической силы

Table 4. Accommodation lag and accommodation coefficient indicators in adolescents with different screen time for a stimulus of maximum optical power

| ЭВ / EV | Глаз / Eye | Лаг аккомодации, дптр Accommodation lag, diopters | Прирост к группе ≤ 1 ч (%) Increase to group ≤ 1 h (%) | КАО, ед. КАО, units | Снижение к группе ≤ 1 ч (%) Reduction to group ≤ 1 h (%) | p |
|----------|------------|--|---|------------------------|---|----------|
| ≤ 1 | OD | 1,33 | — | 0,56 | — | — |
| | OS | 1,20 | — | 0,60 | — | — |
| 1-3 | OD | 1,59 | 19,5 | 0,47 | 15,3 | $<0,001$ |
| | OS | 1,61 | 34,2 | 0,46 | 22,5 | $<0,01$ |
| 4-6 | OD | 1,73 | 30,1 | 0,43 | 23,7 | $<0,001$ |
| | OS | 1,60 | 33,3 | 0,47 | 22,2 | $<0,001$ |
| >6 | OD | 1,62 | 21,8 | 0,46 | 17,4 | $<0,001$ |
| | OS | 1,50 | 25,0 | 0,50 | 16,7 | $<0,05$ |

Примечание: обозначения те же, что и в таблице 3.
Note: the designations are the same as in Table 3.

продолжительности экранного времени (1-3 ч/день) выявлены статистически значимые различия КАО относительно группы ≤ 1 ч: снижение на 15,3 % для OD ($p < 0,001$) и 22,5 % для OS ($p < 0,01$).

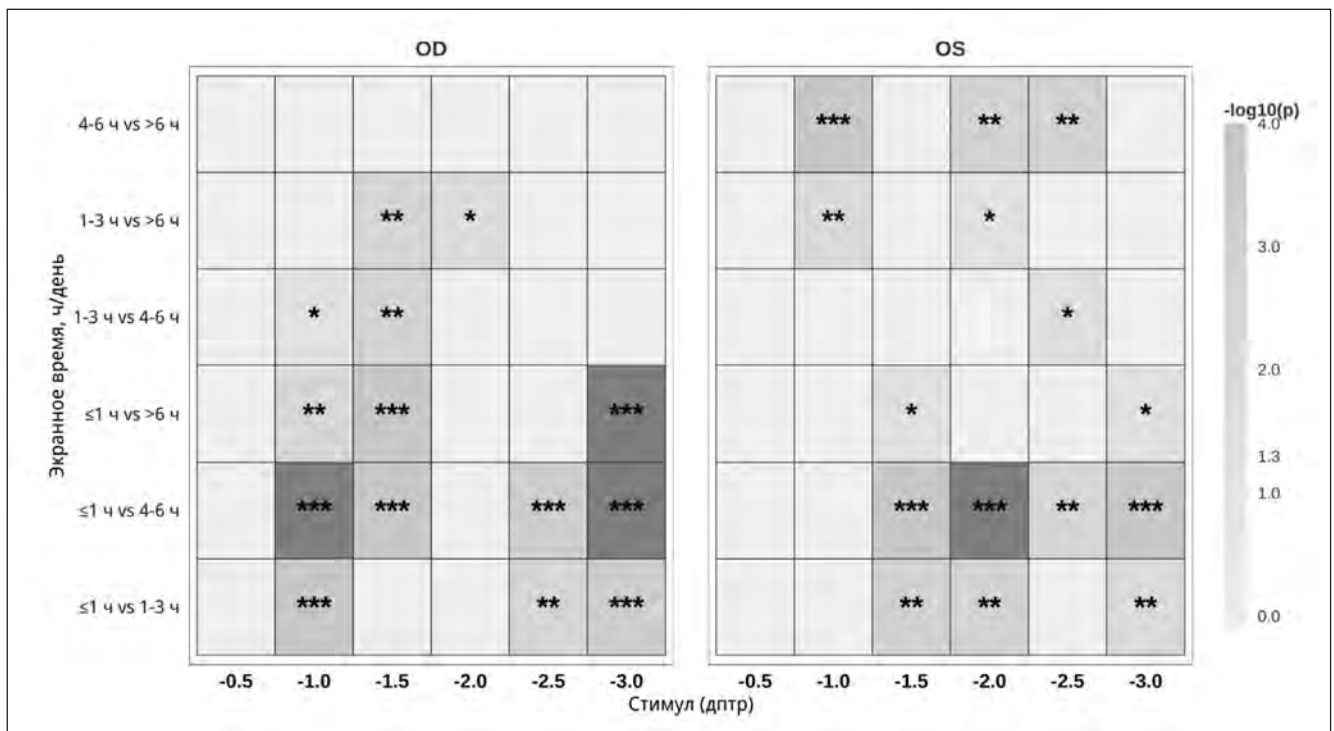


Рис. 2. Значимость межгрупповых по продолжительности экранного времени различий показателя лага аккомодации. Ось абсцисс — аккомодационные стимулы, ось ординат — попарные сравнения групп. Интенсивность серого цвета пропорциональна величине $-\log_{10}(p\text{-value})$: наиболее темным оттенком обозначено самое выраженное межгрупповое различие. Светло-серый цвет прямоугольников без обозначения указывает на отсутствие значимых различий ($p \geq 0,05$). Значения p : * $< 0,05$, ** $< 0,01$, *** $< 0,001$

Fig. 2. Significance of between-group differences in the accommodation lag index for screen time duration. The abscissa axis represents accommodative stimuli, and the ordinate axis represents pairwise comparisons between groups. The gray color intensity is proportional to the $-\log_{10}(p\text{-value})$: the darkest shade indicates the most pronounced between-group difference. Light gray rectangles without a symbol indicate no significant differences ($p \geq 0.05$). p-values: * < 0.05 , ** < 0.01 , *** < 0.001

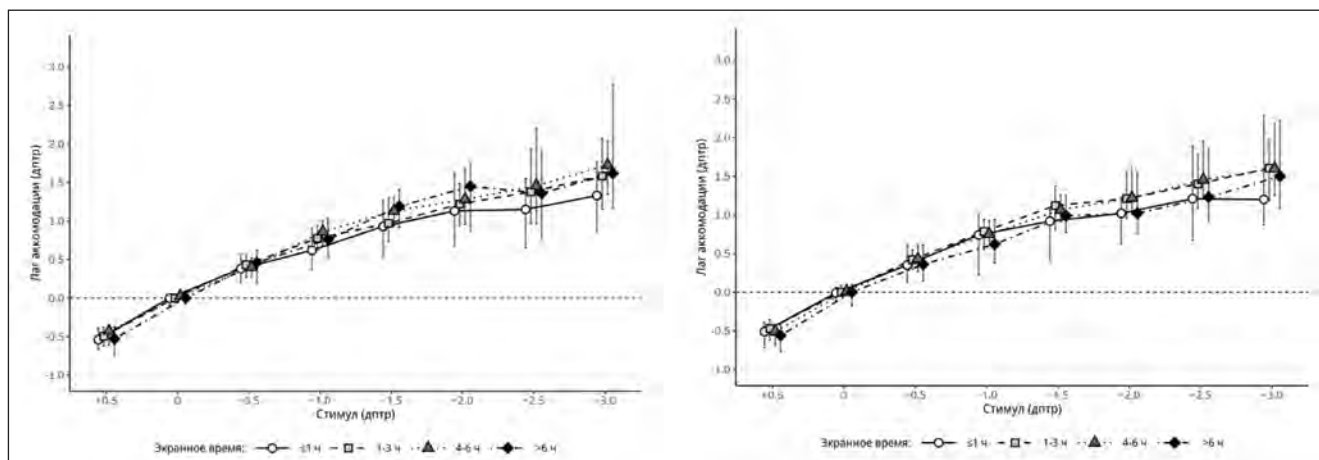


Рис. 3. Кривые лага аккомодации у подростков с разным экранным временем

Fig. 3. Accommodation lag curves in adolescents with different screen time

ОБСУЖДЕНИЕ

Напомним, что под термином «лаг» или «запаздывание аккомодации» в офтальмологии подразумевают состояние глаза, при котором фокусирующая система не полностью удовлетворяет требованиям зрения вблизи, т.е. возникает небольшая гиперметропическая расфокусировка на сетчатке. Иначе говоря, возникает разница между аккомодационным стимулом и фактической аккомодационной реакцией. Помимо биомеханических свойств хрусталика и состояния цилиарного тела, такое запаздывание, или лаг, обусловлено нейрофизиологическими процессами. Поскольку основой управления аккомодацией служит нейронная сеть с отрицательной обратной связью, направленная на минимизацию дефокусировки изображения на сетчатке, замкнутый контур управления функционирует с длительной задержкой обратной связи и описан как предиктор Смита [9]. Этот нейрофизиологический факт имеет непосредственное отношение к рассмотренным выше временным характеристикам аккомодационного ответа. Управление цилиарным телом осуществляется весьма сложным аккомодационным рефлексом, состоящим из триады: собственно аккомодация, миоз и конвергенция [13]. Проблемы с любым из звеньев этого рефлекса вызывают перенапряжение при работе вблизи и, как следствие, запаздывание аккомодации и снижение коэффициента аккомодационного ответа. Морфофункциональной основой этих механизмов служит многоуровневая нейронная регуляция глаза от симпатических центров в сегментах С8–Т2 спинного

мозга и парасимпатических ядер Эдингера — Вестфалья до подкорковых зрительных структур и проекционной зрительной коры [14, 15].

ВЫВОДЫ

Регистрация и анализ лага аккомодации и коэффициента аккомодационного ответа служат адекватным и перспективным методом исследования механизмов формирования компьютерного зрительного синдрома. По обеим характеристикам аккомодационного ответа, как лага, так и коэффициента аккомодационного ответа, выявлены идентичные статистически значимые различия между группами с разной продолжительностью экранного времени на стимулах в диапазоне от $-1,5$ до $-3,0$ дптр ($p < 0,001$ для большинства стимулов). Данные четко указывают на дозозависимое влияние продолжительности экранного времени на исследованные параметры аккомодационного ответа: с увеличением времени пользования девайсами происходит увеличение лага и, соответственно, снижение коэффициента аккомодации. Наиболее вероятным механизмом, объясняющим динамику исследованных параметров аккомодации, является временное запаздывание в нейронных сетях, регулирующих процесс аккомодации.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Мухамедеев Т.Р. — организация и руководство исследованием, статистический анализ данных, редактирование текста;
Ахмадеев Р.Р. — концепция и дизайн исследования, аналитический обзор публикаций, написание текста;
Шайхутдинова Э.Ф. — сбор и обработка экспериментального материала, техническая редакция статьи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Овечкин ИГ, Гатиллов ДВ, Беликова ЕИ, Овечкин НИ, Кумар В. Взаимосвязь различных форм аккомодационной астенопии с особенностями профессиональной деятельности пациентов зрительно-напряженного труда с явлениями компьютерного зрительного синдрома. Офтальмология. 2023;20(2):308–313.
Ovechkin IG, Gatilov DV, Belikova EI, Ovechkin NI, Kumar V. The Relationship of Various Forms of Accommodative Asthenopia with the Characteristics of the Professional Activity in Patients with Visually Intense Work and the Phenomena
2. Овечкин ИГ, Гаджиев ИС, Кожухов АА, Беликова ЕИ. Диагностические критерии астенической формы аккомодационной астенопии у пациентов с компьютерным зрительным синдромом. РМЖ. Клиническая офтальмология. 2020;20(4):169–174.
Ovechkin IG, Gadzhiev IS, Kozhukhov AA, Belikova EI. Diagnostic criteria for asthenic accommodative asthenopia in patients with computer vision syndrome.

- RMJ. Clinical ophthalmology. 2020;20(4):169–174 (In Russ.). doi: 10.32364/2311-7729-2020-20-4-169-174.
3. Ccami-Bernal F, Soriano-Moreno DR, Romero-Robles MA, Barriga-Chambi F, Tuco KG, Castro-Diaz SD, Nuñez-Lupaca JN, Pacheco-Mendoza J, Galvez-Olortegui T, Benites-Zapata VA. Prevalence of computer vision syndrome: A systematic review and meta-analysis. *J Optom.* 2024 Jan-Mar;17(1):100482. doi: 10.1016/j.optom.2023.100482.
 4. Xu Y, Deng G, Wang W, Xiong S, Xu X. Correlation between handheld digital device use and asthenopia in Chinese college students: a Shanghai study. *Acta Ophthalmol.* 2019 May;97(3):e442–e447. doi: 10.1111/aos.13885.
 5. Computer Vision Syndrome (Digital Eye Strain) 2025. URL: [https://eyewiki.org/Computer_Vision_Syndrome_\(Digital_Eye_Strain\)](https://eyewiki.org/Computer_Vision_Syndrome_(Digital_Eye_Strain)). Accessed December 18, 2025.
 6. Helmholtz H. Ueber die Accommodation des Auges. *Albrecht von Graefes Archiv für Ophthalmologie.* 1855;1(2):1–74. German.
 7. Liang X, Wei S, Li SM, An W, Du J, Wang N. Effect of reading with a mobile phone and text on accommodation in young adults. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2021;259(5):1281–1288. doi: 10.1007/s00417-020-05054-3.
 8. Charman WN, Heron G. Microfluctuations in accommodation: an update on their characteristics and possible role. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2015;35(5):476–499. doi: 10.1111/opo.12234.
 9. Read JCA, Kaspiris-Rousellis C, Wood TS, Wu B, Vlaskamp BNS, Schor CM. Seeing the future: Predictive control in neural models of ocular accommodation. *J Vis.* 2022;22(9):4. doi: 10.1167/jov.22.9.4.
 10. Myers GA, Stark L. Topology of the near response triad. *Ophthalmic Physiol Opt.* 1990;10:175–181. doi: 10.1111/j.1475-1313.1990.tb00972.x.
 11. Оренбургкина ОИ., Ахмадеев РР, Воробьева ИВ., Бабушкин АЭ., Радаев ИП. Компьютерный зрительный синдром и внутриглазное давление (обзор литературы). *Клиническая офтальмология.* 2025;25(4):279–284.
 12. Hynes NJ, Cufflin MP, Hampson KM, Mallen EA. The effect of image resolution of display types on accommodative microfluctuations. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2022;42(3):514–525. doi: 10.1111/opo.12949.
 13. Tripathy K, Sharma YR, Chawla R, Basu K, Vohra R, Venkatesh P. Triads in Ophthalmology: A Comprehensive Review. *Semin Ophthalmol.* 2017;32(2):237–250. doi: 10.3109/08820538.2015.1045150.
 14. Wang Y, Zekveld AA, Naylor G, Ohlenforst B, Jansma EP, Lorens A, Lunner T, Kramer SE. Parasympathetic Nervous System Dysfunction, as Identified by Pupil Light Reflex, and Its Possible Connection to Hearing Impairment. *PLoS One.* 2016;11(4):e0153566. doi: 10.1371/journal.pone.0153566.
 15. Wu F, Zhao Y, Zhang H. Ocular Autonomic Nervous System: An Update from Anatomy to Physiological Functions. *Vision (Basel).* 2022;6(1):6. doi: 10.3390/vision6010006.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Мухамадеев Тимур Рафаэльевич
доктор медицинских наук, заведующий кафедрой офтальмологии,
заместитель генерального директора
<https://orcid.org/0000-0003-3078-2464>

Ахмадеев Рустэм Раисович
доктор медицинских наук, профессор, нейрофизиолог, медицинский психолог
<https://orcid.org/0000-0002-0212-2162>

Шайхутдинова Элина Фаритовна
врач-офтальмолог
<https://orcid.org/0000-0002-0174-3637>

ABOUT THE AUTHORS

Mukhamadeev Timur R.
MD, head of the Chair of Ophthalmology; deputy director
<https://orcid.org/0000-0003-3078-2464>

Ahmadeev Rustem R.
MD, Professor, neurophysiologist, medical psychologist
<https://orcid.org/0000-0002-0212-2162>

Shaykhtudinova Elina F.
ophthalmologist
<https://orcid.org/0000-0002-0174-3637>