Вестник офтальмологии
2025, Т. 141, №4, с. 41–48
https://doi.org/10.17116/oftalma202514104141

Russian Annals of Ophthalmology
2025, vol. 141, №4, pp. 41–48
https://doi.org/10.17116/oftalma202514104141

Показатели компьютерной аккомодографии как предикторы развития миопической рефракции

© Р.Н. ЗЕЛЕНЦОВ

ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России, Архангельск, Россия

РЕЗЮМЕ

На сегодняшний день диагностический потенциал метода компьютерной аккомодографии остается недостаточно раскрытым. В то же время у современных молодых людей крайне распространено нарушение аккомодации и рефракции.

Цель исследования. Изучить объективные параметры аккомодации методом компьютерной аккомодографии в выборках лиц в возрасте 17—19 лет и 20—23 лет при наличии и при отсутствии диагноза миопии.

Материал и методы. Выполнено поперечное исследование случайной выборки населения молодого трудоспособного возраста (17—19 лет и 20—23 лет), проживающего в г. Архангельске. Выборка составила 210 человек (420 глаз). Было выполнено стандартное офтальмологическое обследование участников с выставлением диагноза в соответствии с МКБ-10, исследование аккомодационной способности глаза по методике объективной компьютерной аккомодографии с последующим анализом аккомодограмм.

Результаты. Представлены основные показатели аккомодограмм у лиц без офтальмопатологии и с нормальным аккомодационным ответом в возрастных группах 17—19 лет и 20—23 лет. Получены данные о различных диапазонах показателей аккомодографии у лиц без офтальмопатологии в общей группе 17—23 лет. Для лиц без офтальмопатологии и с риском развития компьютерно-зрительного синдрома выявлены статистически значимые различия показателей коэффициента устойчивости аккомодационного ответа (σКАО).

Заключение. Для нормирования результатов аккомодограмм у лиц без офтальмопатологии с нормальным аккомодационным ответом рекомендуется рассматривать их в объединенной возрастной группе — с 17 до 23 лет. В то же время для выявления лиц с предикторами развития миопической рефракции, но без офтальмопатологии, может быть рекомендовано использовать показатель σКАО.

Ключевые слова: *компьютерная аккомодография, компьютерно-зрительный синдром, миопия, молодые люди.*

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ:
Зеленцов Р.Н. — https://orcid.org/0000-0002-4875-0535
Автор, ответственный за переписку: Зеленцов Роман Николаевич — e-mail: zelentsovrn@gmail.com

КАК ЦИТИРОВАТЬ:
Зеленцов Р.Н. Показатели компьютерной аккомодографии как предикторы развития миопической рефракции. *Вестник офтальмологии*. 2025;141(4):41–48. https://doi.org/10.17116/oftalma202514104141

Indicators of computer accommodography as predictors of the development of myopic refraction

© R.N. ZELENTSOV

Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

ABSTRACT

The diagnostic potential of computer accommodography remains insufficiently studied. At the same time, accommodative and refractive disorders are extremely common today among the youth.

Objective. This study investigated objective accommodative parameters using computer accommodography in samples of individuals aged 17—19 and 20—23 years with and without a diagnosis of myopia.

Material and methods. This cross-sectional study was conducted on a random sample of young working-age individuals (aged 17—19 and 20—23 years) residing in Arkhangelsk. The sample included 210 individuals (420 eyes). All participants underwent a standard ophthalmological examination with diagnosis established in accordance with ICD-10, as well as an assessment of accommodative function using objective computer accommodography with subsequent analysis of accommodograms.

Results. The main accommodogram indicators in individuals without ophthalmic pathology and with a normal accommodative response were calculated for the 17—19 and 20—23 age groups. Data were obtained on the ranges of accommodography indicators in individuals without ophthalmic pathology in the combined 17—23-year age group. Statistically significant differences were identified in the accommodative response stability coefficient (σARS) in individuals without ophthalmic pathology but at risk of developing computer vision syndrome.

Conclusion. Thus, in order to standardize accommodogram results in individuals without ophthalmic pathology and with a normal accommodative response, it is recommended to consider the combined age group of 17—23 years. At the same time, the σARS parameter may be recommended for identifying individuals without ophthalmic pathology but with predictors of myopia development.

Keywords: *computer accommodography, computer vision syndrome, myopia, young adults.*

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR:
Zelentsov R.N. — https://orcid.org/0000-0002-4875-0535
Corresponding author: Zelentsov R.N. — e-mail: zelentsovrn@gmail.com

TO CITE THIS ARTICLE:
Zelentsov RN. Indicators of computer accommodography as predictors of the development of myopic refraction. *Russian Annals of Ophthalmology = Vestnik oftal'mologii*. 2025;141(4):41–48. (In Russ.). https://doi.org/10.17116/oftalma202514104141

Введение

На сегодняшний день диагностический потенциал метода компьютерной аккомодографии остается недостаточно раскрытым. В то же время аккомодация является важнейшим физиологическим механизмом оптимального качества зрения на различном расстоянии. Данная функция нуждается в контроле и определении количественных измерительных параметров. Рефракционные и аккомодационные нарушения крайне распространены среди современной молодежи [1, 2]. Этиология миопии сложна и включает в себя факторы окружающей среды, из которых ведущее место занимает интенсивная зрительная деятельность [3, 4]. Масштабная цифровизация всех сфер жизни, в том числе образовательного процесса, ведет к повышению риска развития миопии [5].

На сегодняшний день миопия является одной из самых распространенных причин потери зрения, при этом нескорректированная близорукость является основной причиной снижения остроты зрения вдаль. Проведенная оценка роста миопии высокой степени с 2000 г. с прогнозом на период до 2050 г. [6] свидетельствует о значительном прогнозируемом увеличении ее распространения в глобальном масштабе. Так, в Восточной Азии наблюдается высокая распространенность миопии (от 80% до 90%) среди молодых людей, и близорукость являются основной причиной слепоты в этом регионе [7]. В Российской Федерации миопия занимает 2-е место в структуре детской инвалидности и 3-е место в структуре инвалидности всего населения [8]. Миопия высокой степени является причиной 12% случаев слепоты и слабовидения, в 26,4% случаев она приводит к инвалидности у детей и в 19% — у взрослых [9].

Нами проведено исследование (Р.Н. Зеленцов и соавт. [10]), где продемонстрировано, что в Архангельской области около половины всех случаев впервые выявленной миопии приходится на детский возраст. Так, наибольший удельный вес случаев с впервые выявленной миопией на начальном этапе ее развития приходится на возраст 7—14 лет, независимо от пола ребенка. Выраженное увеличение удельного веса случаев с впервые выявленной миопией средней и высокой степени приходится на возраст 10—14 лет, а в возрасте 15—17 лет в половине всех случаев выявляется миопия уже высокой степени. Наибольшая доля лиц с впервые выявленной миопией у взрослых приходится на возраст 18—29 лет как у женщин (35%), так и у мужчин (59,9%). Выявленный нами миопический сдвиг (myopic shift) в сторону более ранней манифестации миопии на территории Архангельской области свидетельствует о высокой распространенности миопии в данном регионе и делает актуальным вопрос расширения возможностей ранней диагностики и определения предикторов развития данной офтальмопатологии [10].

В ранее выполненном исследовании [11] нами были определены объективные параметры аккомодации при ее недостаточности среди лиц молодого возраста (20—23 года) при наличии и при отсутствии диагноза миопии. Было выполнено поперечное исследование случайной выборки населения молодого (20—23 года) трудоспособного возраста. В ходе исследования были определены параметры аккомодографии в диапазоне между 10-м и 90-м перцентилями при нормальном аккомодационном ответе, которые можно рассматривать как норму для молодого возраста (20—23 года): коэффициент аккомодационного ответа (КАО) от (−)0,17 до 0,38 усл.ед.; коэффициент устойчивости аккомодационного ответа (σКАО) от 0,08 до 0,41 усл.ед.; коэффициент роста аккомодограммы (КР) от 0,0 до 0,43 усл.ед.; коэффициент микрофлюктуации (КМФ) от 54,26 до 58,55 мкф/мин; показатель устойчивости коэффициента микрофлюктуации (σКМФ) от 2,58 до 5,26 усл.ед. Выявлены риски развития близорукости у лиц без офтальмопатологии (отсутствие рефракционных и зрительных нарушений). Так, определены показатели для риска развития компьютерно-зрительного синдрома по результатам компьютерной аккомодографии для лиц без офтальмологической патологии: КАО от (−)0,37 до 0,48 усл.ед.; σКАО от 0,11 до 0,66 усл. ед.; КР от 0,0 до 0,43 усл.ед.; КМФ от 56,83 до 62,49 мкф/мин; σКМФ от 2,95 до 5,66 усл.ед.

Несмотря на несомненную актуальность проблемы изучения аккомодации, ее количественная оценка до настоящего времени не вошла в широкую клиническую практику и не имеет стандартизованного подхода.

Известны показатели для детского возраста. Однако данные о диагностической значимости компьютерной аккомодографии для взрослого населения в научной литературе не встречаются [12].

В связи с вышесказанным становится актуальным вопрос оценки параметров аккомодограмм как у пациентов с миопией различной степени, так и у пациентов без офтальмологической патологии в случайной выборке в возрастной группе 17—19 лет с учетом сравнения с более взрослой группой — 20—23 года.

Цель исследования — изучить объективные параметры аккомодации методом компьютерной аккомодографии в случайной выборке среди лиц в возрасте 17—19 лет в сравнении с группой лиц в возрасте 20—23 лет при наличии и при отсутствии диагноза миопии.

Материал и методы

Выполнено поперечное исследование случайной выборки населения молодого трудоспособного возраста, проживающего в г. Архангельске, из числа студентов ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» МЗ РФ. Выборка лиц 17—19 лет составила 94 человека (188 глаз), выборка лиц 20—23 лет — 114 человек (228 глаз). Средний возраст участников составил в группе 17—19 лет 18,3±0,1 года, в группе 20—23 лет — 22,3±0,1 года. Исследования проводились на базе консультативно-диагностической поликлиники ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» МЗ РФ. Научная работа одобрена локальным этическим комитетом при ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» (г. Архангельск) МЗ РФ (протокол №06/09-23 от 27.09.2023).

Критерии включения участников в исследование: возраст 17—23 года, наличие подписанного информированного согласия на участие в исследовании, соответствие критериям 1-й и 2-й групп здоровья диспансерного наблюдения по классам, группам болезней, отдельным нозологическим формам, за исключением рефракционных нарушений.

Критерии невключения в исследование: наличие психических (наличие выставленного диагноза по МКБ-10 F00-F99 — психические расстройства и расстройства поведения) и неврологических заболеваний (острое нарушение мозгового кровообращения и черепно-мозговые травмы в анамнезе), офтальмологических заболеваний (наличие выставленного диагноза по МКБ-10 H00-H59 — болезни глаза и его придаточного аппарата, за исключением H52 — нарушения рефракции и аккомодации; наличие установленного диагноза миопия (H52.1) на один глаз являлось критерием исключения), наличие симптомов острых инфекций или обострения хронических заболеваний (гипертонический криз, лихорадка, болевой синдром любой этиологии и т.д.). В ходе исследования участникам определены некорригированная острота зрения (НКОЗ) и максимально корригированная острота зрения (МКОЗ), величина клинической рефракции (в диоптриях), оценены качественные изменения офтальмологического статуса. По результатам комплексного исследования аккомодации проведена оценка положительной части объема аккомодации (в диоптриях), а также значений основных коэффициентов аккомодограммы: КАО, КР, КМФ и др. [13]. Участникам исследования выполнено исследование аккомодационной способности глаза по методике объективной компьютерной аккомодографии на приборе Acomoref-2 (Righton, Япония). В соответствии с инструкцией производителя [14] полученные аккомодограммы были разделены на следующие типы: 1 — нормальный вид; 2 — отсутствие аккомодационного ответа; 3 — риск развития компьютерно-зрительного синдрома; 4 — привычно-избыточное напряжение аккомодации; 5 — спазм аккомодации [14].

Полученные аккомодограммы были обработаны с помощью специальной компьютерной программы, предоставленной поставщиком используемого аккомодографа Acomoref-2 (Righton, Япония), что позволило определить количественные показатели: КАО, σКАО, КР, КМФ, σКМФ [15].

Участники исследования в каждой из групп были разделены на 4 подгруппы: с установленным диагнозом миопии (слабой, средней и высокой степени) и не имеющие патологии органа зрения на основе объективного обследования. Степени близорукости были определены по данным авторефрактометрии и разделены следующим образом: миопия слабой степени — от (−)0,5 до (−)3,0 дптр, средней степени — от (−)3,25 до (−)6,0 дптр, высокой степени — свыше (−)6,25 дптр [13, 16].

Возрастная норма положительной части объема аккомодации для молодых лиц согласно Э.С. Аветистову и К.М. Мац (1971) составляет от (−)3,0 до (−)5,0 дптр, согласно С.Л. Шаповалову и Т.А. Корнюшиной (2005) для возрастной группы 20—23 года — (−)4,0 дптр, согласно уточнениям О.В. Проскуриной и соавт. (2012) — от (−)3,0 до (−)5,0 дптр [17]. КАО, σКАО, КР, КМФ, σКМФ проанализированы как величины.

Статистический анализ проводился с помощью программы Stata 12.0 (StataCorp, USA). Категориальные переменные представлены в виде абсолютных значений и частотного распределения с процентными долями. Сравнение долей в группах осуществлялось с помощью критерия χ^2 Пирсона. Нормальность распределения непрерывных переменных оценивалась по тесту Шапиро—Уилка. Учитывая характер распределения результатов, показатели представлены в виде медианы (Me) и межквартильного интервала (между 25-м и 75-м перцентилями). Нормирование показателей выполнено с использованием средней величины (*M*) от 5-го до 95-го перцентиля. Показа-

Таблица 1. **Распределение по полу количества случаев (глаз) в зависимости от степени выраженности рефракционных нарушений в возрасте 17—19 лет**

Table 1. **Distribution by sex and number of cases (eyes) according to the degree of refractive error severity in the 17—19-year age group**

Пол	Без офтальмопатологии, абс. (%)	Миопия слабой степени, абс. (%)	Миопия средней степени, абс. (%)	Миопия высокой степени, абс. (%)
Мужской	32 (17,0)	20 (10,6)	4 (2,1)	2 (1,0)
Женский	40 (21,3)	58 (30,9)	29 (15,4)	3 (1,6)
Всего	72 (38,3)	78 (41,5)	33 (17,6)	5 (2,6)

Таблица 2. **Показатели компьютерной аккомодографии у лиц молодого возраста 17—19 лет, Me [25; 75]**

Table 2. **Computer accommodography indicators in young individuals aged 17—19 years, Me [25; 75]**

Показатель	Без офтальмопатологии, *n*=72	Миопия			*p*
		слабой степени, *n*=78	средней степени, *n*=33	высокой степени, *n*=5	
Коэффициент аккомодационного ответа (КАО), усл.ед.	0,15 (0,07; 0,33)	0,17 (0,02; 0,27)	0,13 (0,02; 0,23)	0,02 (−0,09; 0,14)	0,341
Коэффициент устойчивости аккомодационного ответа (σКАО), усл.ед.	0,19 (0,10; 0,28)	0,20 (0,12; 0,29)	0,17 (0,13; 0,26)	0,21 (0,20; 0,25)	0,897
Коэффициент роста аккомодограммы (КР), усл.ед.	0,29 (0,14; 0,29)	0,29 (0,14; 0,43)	0,14 (0,14; 0,43)	0,43 (0,43; 0,57)	0,134
Коэффициент микрофлюктуации (КМФ), мкф/мин	59,02 (57,29; 61,76)	57,44 (55,78; 59,47)	56,72 (55,26; 58,63)	60,65 (55,55; 61,73)	0,002
Показатель устойчивости коэффициента микрофлюктуации (σКМФ), усл.ед.	4,00 (3,17; 4,89)	4,02 (3,57; 4,70)	4,04 (3,19; 5,00)	4,12 (3,58; 6,17)	0,802

тели были классифицированы как низкие нормальные значения (от 5-го до 10-го перцентиля), норма (от 10-го до 90-го перцентиля) и высокие нормальные значения (от 90-го до 95-го перцентиля) [18]. Сравнение значений параметров между группами и подгруппами осуществлялось с использованием критерия Манна—Уитни. Статистически значимыми различия считались при уровне $p<0,05$.

Результаты и обсуждение

Среди участников в возрасте 17—19 лет в 38,3% случаев (72 глаза) не было выявлено патологии органа зрения. Наличие миопической рефракции в данной возрастной группе было выявлено в 61,7% случаев (116 глаз). Среднее значение рефракции в данной группе обследованных участников составило (−)2,25±0,12 дптр. В возрастной группе 20—23 лет в 48,25% случаев (110 глаз) не было выявлено патологии органа зрения. Наличие миопической рефракции было выявлено в 51,75% случаев (118 глаз); в среднем в данной подгруппе рефракция у обследованных участников составила (−)1,54±0,13 дптр.

Распределение по полу в случайной выборке представлено в **табл. 1**.

Как видно из **табл. 1**, в большинстве случаев была выявлена миопия слабой и средней степени — в 41,5% и 17,6% случаев соответственно. Отсутствие офтальмопатологии было выявлено в 38,3% случаев.

Среди участников в возрасте 20—23 лет в большинстве случаев была выявлена миопия слабой и средней степени — в 36,2% и 10,8% случаев соответственно. При обследовании случайной выборки отсутствие офтальмопатологии было выявлено в 48,7% случаев.

В **табл. 2** представлены показатели компьютерной аккомодографии у лиц молодого возраста 17—19 лет.

МКОЗ была определена среди участников с различной степенью миопии. Среди лиц с миопией слабой степени показатель МКОЗ составил 1,0 (1,0; 1,0), среди участников с миопией средней степени — 1,0 (0,9; 1,0), а при близорукости высокой степени — 0,9 (0,9; 1,0). Статистически значимых различий при сравнении групп выявлено не было (p=0,068).

Как правило, в ходе практического офтальмологического приема исследуют лишь один показатель функции аккомодации — запас относительной аккомодации (положительная часть объема аккомодации). По данным исследования было выявлено уменьшение положительной части объема аккомодации: при отсутствии патологии органа зрения этот показатель составил (−)4,44 дптр, при слабой степени миопии — (−)3,33 дптр с дальнейшим его незначительным ростом при близорукости средней степени — (−)3,56 дптр, а при миопии высокой

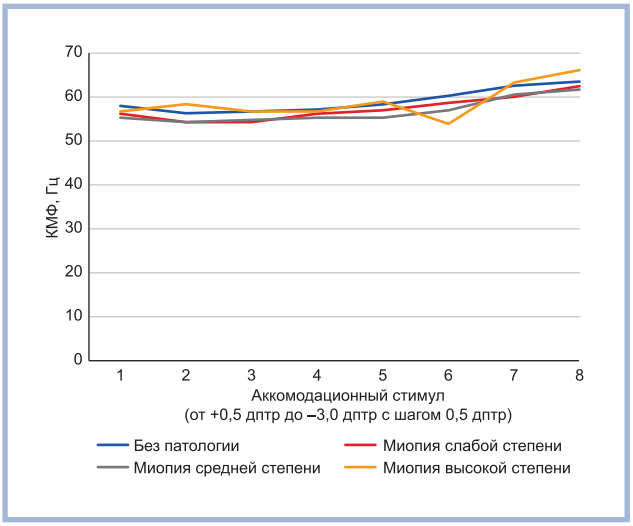

***Рис. 1.* Изменения микрофлюктуации при увеличении аккомодационного стимула в группах молодых людей в возрасте 17—19 лет без офтальмологической патологии и в группах с различной степенью миопии.**

***Fig. 1.* Changes in microfluctuation with increasing accommodative stimulus in young individuals aged 17—19 years without ophthalmic pathology and in groups with varying degrees of myopia.**

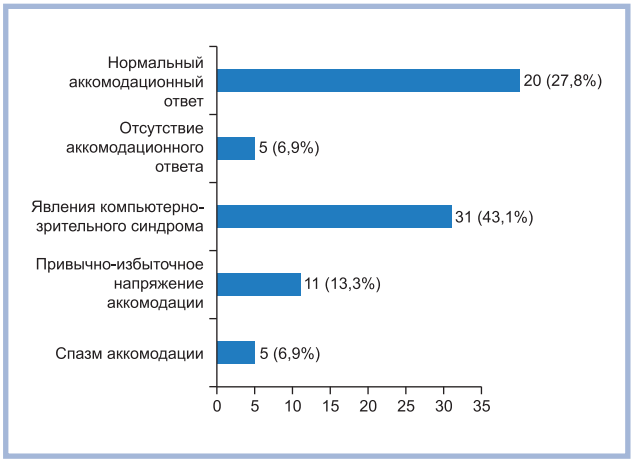

***Рис. 2.* Распределение количества аккомодационных нарушений по результатам компьютерной аккомодографии в группе участников без офтальмологической патологии (количество проанализированных аккомодограмм, абс. (%)).**

***Fig. 2.* Distribution of accommodative disorders based on computer accommodography findings in the group of participants without ophthalmic pathology (number of accommodograms analyzed, abs. (%)).**

степени — (−)3,80 дптр. Выявленные различия статистически значимы (p<0,001).

При оценке коэффициента микрофлюктуации было выявлено, что данный показатель выше в группе лиц без офтальмопатологии по сравнению с группами с различными степенями миопии **(рис. 1)**. Кроме того, при близорукости высокой степени частота сокращений цилиарной мышцы выше по сравнению с группами участников исследования с миопией слабой и средней степени. Данные различия статистически значимы (p=0,002).

Других статистически значимых различий в показателях компьютерной аккомодографии в изучаемых нами группах выявлено не было. Однако в группах миопии разной степени отмечается выраженная тенденция к снижению коэффициента аккомодационного ответа при нарастании степени близорукости.

В группе участников без патологии органа зрения были обнаружены следующие виды аккомодограмм: нормальный аккомодационный ответ, отсутствие аккомодационного ответа, риск развития компьютерно-зрительного синдрома, привычно-избыточное напряжение аккомодации, спазм аккомодации **(рис. 2)**.

На **рис. 2** видно, что в группе участников без патологии органа зрения в 27% случаев наблюдался нормальный аккомодационный ответ. Риск развития компьютерно-зрительного синдрома обнаружен в 43,2% случаев, в 16,2% случаев — привычно-избыточное напряжение аккомодации, в 6,8% случаев — отсутствие (слабость) аккомодационного ответа и спазм аккомодации.

Как известно, данные нарушения при отсутствии лечения либо корректировки зрительных нагрузок могут приводить к развитию миопии [19—22]. В связи с все возрастающей нагрузкой и цифровизацией современного образования [23, 24] крайне актуальным становится вопрос ранней диагностики данных аккомодационных нарушений в юношеском возрасте. Таким образом, возрастает значимость проведения аккомодографии для ранней диагностики нарушений аккомодации, которые, в свою очередь, могут быть предикторами развития близорукости у лиц молодого возраста (17—19 лет) даже при отсутствии другой симптоматики и без снижения зрительных функций.

С целью определения норм для участников в возрасте 17—19 лет без рефракционных нарушений были выделены случаи наблюдения, имеющие нормальный аккомодационный ответ. Для них подсчитаны следующие показатели: среднее значение, 5-й, 10-й, 25-й, 50-й, 75-й, 90-й и 95-й перцентили **(табл. 3)**. Данные показатели были рассчитаны для всех основных коэффициентов аккомодограмм: КАО, σКАО, КР, КМФ, σКМФ.

При сравнении основных показателей аккомодограмм у лиц без офтальмопатологии и с нормальным аккомодационным ответом в возрастных группах 17—19 лет и 20—23 лет статистически значимых различий выявлено не было, поэтому можно выделить нормы основных показателей компьютерной аккомодографии для всей возрастной группы (17—23 года). Для КАО можно считать нормой диапазон показателей от (−)0,17 до 0,45 усл.ед., для σКАО — от 0,07 до 0,41 усл.ед., для КР — от 0,0 до 0,43 усл.ед., для КМФ — от 54,26 до 58,75 мкф/мин, для σКМФ — от 2,44 до 5,65 усл.ед.

Как видно из графика, представленного на **рис. 2**, наиболее многочисленной когортой при анализе ак-

Таблица 3. **Показатели коэффициентов компьютерной аккомодографии у лиц без офтальмопатологии с нормальным аккомодационным ответом в обеих возрастных группах**

Table 3. **Coefficient indicators of computer accommodography in individuals without ophthalmic pathology and with a normal accommodative response in both age groups**

Возрастная группа	Показатель	Среднее (*M*)	P=5	P=10	P=25	P=50	P=75	P=90	P=95
17—19 лет	КАО, усл.ед.	0,21	−0,07	−0,06	0,09	0,16	0,38	0,45	0,54
	σКАО, усл.ед.	0,20	0,06	0,07	0,10	0,20	0,26	0,35	0,39
	КР, усл.ед.	0,22	0,00	0,07	0,14	0,22	0,29	0,38	0,43
	КМФ, мкф/мин	56,94	53,45	55,00	56,45	57,08	57,74	58,75	59,57
	σКМФ, усл.ед.	3,98	2,21	2,44	2,94	4,05	4,89	5,65	6,04
20—23 года	КАО, усл.ед.	0,13	−0,20	−0,17	−0,06	0,16	0,29	0,38	0,43
	σКАО, усл.ед.	0,22	0,07	0,08	0,12	0,18	0,33	0,41	0,42
	КР, усл.ед.	0,21	0,00	0,00	0,14	0,29	0,29	0,43	0,43
	КМФ, мкф/мин	56,42	53,64	54,26	54,65	56,55	57,95	58,55	59,68
	σКМФ, усл.ед.	3,81	2,13	2,58	3,11	3,80	4,45	5,26	5,53

Примечание. Здесь и в табл. 4: P — перцентиль; КАО — коэффициент аккомодационного ответа; σКАО — коэффициент устойчивости аккомодационного ответа; КР — коэффициент роста аккомодограммы; КМФ — коэффициент микрофлюктуации; σКМФ — показатель устойчивости коэффициента микрофлюктуации.

Таблица 4. **Показатели коэффициентов компьютерной аккомодографии у лиц без офтальмопатологии с риском развития компьютерно-зрительного синдрома в обеих возрастных группах**

Table 4. **Coefficient indicators of computer accommodography in individuals without ophthalmic pathology and at risk of developing computer vision syndrome in both age groups**

Возрастная группа	Показатель	Среднее (*M*)	P=5	P=10	P=25	P=50	P=75	P=90	P=95
17—19 лет	КАО, усл.ед.	0,16	−0,17	−0,10	0,09	0,15	0,26	0,39	0,60
	σКАО, усл.ед.	0,23*	0,08	0,08	0,10	0,16*	0,37	0,5	0,52
	КР, усл.ед.	0,26	0,14	0,14	0,14	0,29	0,29	0,43	0,43
	КМФ, мкф/мин	59,64	55,60	58,32	58,65	59,24	60,88	62,03	62,49
	σКМФ, усл.ед.	4.34	2,42	3,27	3,56	4,40	5,12	5,49	6,44
20—23 года	КАО, усл.ед.	0,07	−0,45	−0,37	−0,14	0,07	0,29	0,48	0,60
	σКАО, усл.ед.	0,35*	0,10	0,11	0,20	0,31*	0,44	0,66	0,71
	КР, усл.ед.	0,25	0,00	0,00	0,14	0,29	0,29	0,43	0,43
	КМФ, мкф/мин	59,56	55,97	56,83	57,90	59,27	61,59	62,49	63,06
	σКМФ, усл.ед.	4,06	2,44	2,95	3,41	3,84	4,73	5,66	5,85

Примечание. * — различия при сравнении возрастных групп статистически значимы ($p<0,05$).

комодограмм были группы с нормальным аккомодационным ответом и риском развития компьютерно-зрительного синдрома. В связи с этим для данных наблюдений были подсчитаны следующие показатели: среднее значение, 5-й, 10-й, 25-й, 50-й, 75-й, 90-й и 95-й перцентили. Данные показатели были рассчитаны для всех основных коэффициентов аккомодограммы: КАО, σКАО, КР, КМФ, σКМФ. Результаты представлены в **табл. 4**.

При анализе аккомодограмм у лиц без офтальмологической патологии и с явлениями компьютерно-зрительного синдрома в возрастных группах 17—19 лет и 20—23 лет выявлены статистически значимые различия в показателе σКАО, отражающем устойчивость аккомодационного ответа. Данный показатель был статистически значимо выше в возрастной группе 20—23 года по сравнению с группой 17—19 лет и составил 0,31 (0,20; 0,44) усл.ед. и 0,16 (0,10; 0,37) усл.ед. соответственно (p=0,0041).

Данный факт может быть обусловлен нарастающей с возрастом зрительной нагрузкой и истощением физиологических возможностей аккомодационной функции при еще высокой остроте зрения и отсутствии объективно подтвержденного нарушения рефракции у молодых людей в возрасте 20—23 лет. Отсюда можно сделать вывод о том, что показатель устойчивости аккомодационного ответа является одним из самых чувствительных и может рассматриваться как маркер и возможный предиктор риска развития близорукости у молодых людей без патологии органа зрения.

Выводы

1. Таким образом, при анализе аккомодограмм у лиц без офтальмопатологии и с нормальным аккомодационным ответом рекомендуется прово-

дить нормирование результатов в объединенной возрастной группе от 17 до 23 лет. Нормы основных показателей компьютерной аккомодографии для всей возрастной группы 17—23 лет находятся в следующих диапазонах: для коэффициента аккомодационного ответа — от (−)0,17 до 0,45 усл.ед., для изменения коэффициента аккомодационного ответа (σKAO) — от 0,07 до 0,41 усл.ед., для коэффициента роста аккомодограммы — от 0,0 до 0,43 усл.ед., для коэффициента микрофлюктуации — от 54,26 до 58,75 мкф/мин, для изменения коэффициента микрофлюктуации — от 2,44 до 5,65 усл.ед.

2. Для выявления лиц с предикторами развития миопической рефракции, но без офтальмопатологии может быть рекомендовано использовать показатель σKAO, который у лиц в возрасте 20—23 лет выше, чем в группе 17—19 лет.
3. Перспективой использования компьютерной аккомодографии является ранняя диагностика и более точное прогнозирование нарушений рефракции среди лиц старше 23 лет и в более молодой группе — менее 17 лет.

Финансирование. Исследование выполнено с использованием средств гранта Российского научного фонда №23-75-01072, https://rscf.ru/project/23-75-01072.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.
The author declares no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Cooper J, Tkatchenko AV. A Review of Current Concepts of the Etiology and Treatment of Myopia. *Eye & Contact Lens*. 2018;44(4):231-247. https://doi.org/10.1097/ICL.0000000000000499
2. Bullimore MA, Lee SS, Schmid KL, Rozema JJ, Leveziel N, Mallen EAH, Jacobsen N, Iribarren R, Verkicharla PK, Polling JR, Chamberlain P. IMI-Onset and Progression of Myopia in Young Adults. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 2023;64(6):2. https://doi.org/10.1167/iovs.64.6.2
3. Страхов В.В., Климова О.Н., Корчагин Н.В. Клиника активной аккомодации вдаль. *Российский офтальмологический журнал*. 2018;11(1):42-51. Strakhov VV, Klimova ON, Korchagin NV. The clinical picture of active accommodation for far vision. *Russian Ophthalmological Journal*. 2018;11(1): 42-51. (In Russ.). https://doi.org/10.21516/2072-0076-2018-11-1-42-51
4. Тарутта Е.П., Тарасова Н.А. Сравнительная оценка эффективности различных методов лечения расстройств аккомодации и приобретенной прогрессирующей близорукости. *Вестник офтальмологии*. 2015; 131(1):24-29. Tarutta EP, Tarasova NA. Comparative evaluation of the effectiveness of various treatment modalities for accommodation disorders and acquired progressive myopia. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2015;131(1):24-29. (In Russ.). https://doi.org/10.17116/oftalma2015131124-28
5. Donovan L, Sankaridurg P, Ho A, Naduvilath T, Smith EL 3rd, Holden BA. Myopia progression rates in urban children wearing single-vision spectacles. *Optometry and Vision Science*. 2012;89(1):27-32. https://doi.org/10.1097/OPX.0b013e3182357f79
6. Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, Jong M, Naidoo KS, Sankaridurg P, Wong TY, Naduvilath TJ, Resnikoff S. Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology*. 2016;123(5):1036-1042. https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2016.01.006
7. Wu PC, Huang HM, Yu HJ, Fang PC, Chen CT. Epidemiology of Myopia. *Asia-Pacific journal of ophthalmology*. 2016;5(6):386-393. https://doi.org/10.1097/APO.0000000000000236
8. Какорина Е.П. *Заболеваемость населения по субъектам РФ по данным на 2007 год*. М. 2008. Kakorina EP. *Morbidity of the population in the subjects of the Russian Federation according to data for 2007*. M. 2008. (In Russ.).
9. Либман Е.С., Шахова Е.В. Слепота и инвалидность вследствие патологии органа зрения в России. *Вестник офтальмологии*. 2006;122(1):35-37. Libman ES, Shakhova EV. Blindness and disability due to pathology of the organ of vision in Russia. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2006;122(1): 35-37. (In Russ.).
10. Зеленцов Р.Н., Унгуряну Т.Н., Поскотинова Л.В. Возрастные аспекты заболеваемости миопией на европейском севере России. *Экология человека*. 2022;1:19-26. Zelentsov RN, Unguryanu TN, Poskotinova LV. Age-related aspects of myopia incidence in the European North of Russia. *Human Ecology*. 2022;1: 19-26. (In Russ.). https://doi.org/10.17816/humeco84128
11. Zelentsov R, Poskotinova L, Moiseeva A, Kudryavtsev AV. Prospects for Using Computer Accommodography to Predict Myopia Development in Young Adults. *Life*. 2024;14:324. https://doi.org/10.3390/life14030324
12. Ершова Р.В., Бржеский В.В., Соколов В.О., Кравченко Е.А. Характеристика основных показателей компьютерной аккомодографии у школьников с миопией и эмметропией. *Российская педиатрическая офтальмология*. 2017;12(3):133-138. Ershova RV, Brzhesky VV, Sokolov VO, Kravchenko EA. The characteristic of the main parameters of computed accommodography for the schoolchildren presenting with myopia and emmetropia. *Russian Pediatric Ophthalmology*. 2017;12(3):133-138. (In Russ.). https://doi.org/10.18821/1993-1859-2017-12-3-133-138
13. Зеленцов Р.Н., Поскотинова Л.В., Кожевникова И.С. Особенности пространственного распределения параметров слуховых когнитивных вызванных потенциалов Р300 у молодых людей с миопией. *Экология человека*. 2023;30(11):865-874. Zelentsov RN, Kozhevnikova IS, Poskotinova LV. Spatial distribution of parameters of auditory cognitive evoked potentials p300 in young adults with myopia. *Human Ecology*. 2024;30(11):865-874. https://doi.org/10.17816/humeco626008
14. RIGHT. *Contributing to society through manufacturing.* Accessed October 23, 2024. https://rightmfg.co.jp/service/product.html
15. Жаров В.В., Никишин Р.А., Егорова А.В. и др. *Компьютерная аккомодография на приборе Speedy-Kver.MF-1 (Япония): Методические рекомендации*. Ижевск; 2007. Zharov VV, Nikishin RA, Egorova AV, et al. *Komp'yuternaya akkomodografiya na pribore Speedy-Kver.MF-1 (Yaponiya): Metodicheskie rekomendatsii*. Izhevsk; 2007. (In Russ.).
16. *Федеральные клинические рекомендации. Миопия.* Одобрено Научно-практическим Советом Минздрава России. 2020. Ссылка активна на 23.10.2024. *Federal Clinical Guidelines. Myopia*. Approved by the Scientific and Practical Council of the Ministry of Health of Russia. 2020. (In Russ.). Accessed October 23, 2024. https://cr.minzdrav.gov.ru/schema/109_1
17. Проскурина О.В. Исследование аккомодации, возрастные нормы. Субъективные методы. В кн.: Проскурина О.В., Голубев С.Ю., Маркова Е.Ю. *Аккомодация: рук-во для врачей*. М. 2012. Proskurina OV. Study of Accommodation, Age Norms. Subjective Methods. In: Proskurina OV, Golubev SYu, Markova EYu. *Akkomodatsiya: ruk-vo dlya vrachej*. M. 2012. (In Russ.).
18. Bushman ET, Blanchard C, Sinkey RG, Harris S, Casey B, Tita AT, Ramani M, Harper LM. Head Circumference within the Normal Range and Neurodevelopmental Outcomes in Preterm Infants. *American Journal of Perinatology*. 2021;38(14):1459-1464. https://doi.org/10.1055/s-0041-1732460
19. Trubilin VN, Yudin VE, Ovechkin IG, Trubilina MA, Orlova OM, Kovrigina EI, Budko AA, Matvienko VV. Modern Aspects of Computer Visual Syndrome. *Journal of Clinical Practice*. 2021;12(3):43-50. https://doi.org/10.17816/clinpract71366

20. Hua L, Zhu H, Li R, Li XX, Shen SY, Leng ZH, Guo W, Zhang T, Shao XD, Liu H. [Development of a quality of life questionnaire for adults with anisometropic amblyopia]. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi*. 2021;57(5):341-347. (In Chinese). https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112142-20200611-00392

21. Wolffsohn JS, Flitcroft DI, Gifford KL, Jong M, Jones L, Klaver CCW, Logan NS, Naidoo K, Resnikoff S, Sankaridurg P, Smith EL 3rd, Troilo D, Wildsoet CF. IMI — Myopia Control Reports Overview and Introduction. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 2019;60(3):M1-M19. https://doi.org/10.1167/iovs.18-25980

22. Zadnik K, Sinnott LT, Cotter SA, Jones-Jordan LA, Kleinstein RN, Manny RE, Twelker JD, Mutti DO; Collaborative Longitudinal Evaluation of Ethnicity and Refractive Error (CLEERE) Study Group. Prediction of Juvenile-Onset Myopia. *JAMA Ophthalmology*. 2015;133(6):683-689. https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2015.0471

23. Gordeeva EV, Muradian ShG, Zhajoyan AS. Digitisation in educations. *Journal of Economy and Business*. 2021;4-1(74):112-115. https://doi.org/10.24412/2411-0450-2021-4-1-112-115

24. Hamadi M, El-Den J. A conceptual research framework for sustainable digital learning in higher education. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*. 2024;19:001. https://doi.org/10.58459/rptel.2024.19001

Поступила 21.02.2025
Received 21.02.2025
Принята в печать 29.04.2025
Accepted 29.04.2025