

ОФТАЛЬМОЛОГИЯ

OPHTHALMOLOGY

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЬЮТЕРНОЙ АККОМОДОГРАФИИ У ЛИЦ СРЕДНЕГО (ПРЕСБИОПИЧЕСКОГО) ВОЗРАСТА

**Зеленцов Р.Н.¹,
Кузнецова Е.И.¹,
Поскотинова Л.В.^{1,2},
Синайская М.А.¹,
Кудрявцев А.В.¹**

¹ ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (163000, г. Архангельск, пр. Троицкий, д. 51, Россия)
² ФГБУН «Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. акад. Н.П. Лаверова» УрО РАН (163029, г. Архангельск, пр. Никольский, д.20, Россия)

Автор, ответственный за переписку:
Зеленцов Роман Николаевич,
e-mail: zelentsov@gmail.com

РЕЗЮМЕ

Обоснование. Изучение пресбиопии направлено на улучшение качества жизни стареющего населения посредством коррекции зрения вблизи и своевременной коррекции аккомодационных нарушений у пресбиопов, в особенности сочетающихся с гиперметропической и миопической рефракцией.

Цель исследования. Оценить основные параметры компьютерной аккомодографии у лиц 45–59 лет с пресбиопией в сочетании с гиперметропической и миопической рефракцией.

Методы. Проведено поперечное исследование случайной выборки населения г. Архангельска 45–59 лет ($n = 69$), включавшее офтальмологическое обследование с комплексным исследованием аккомодации. В анализ включены данные 127 глаз. Участники были разделены на 5 групп: лица с установленным диагнозом «миопия» (слабой, средней и высокой степени), лица с пресбиопией (с эмметропией) и лица, у которых пресбиопия сопровождалась гиперметропией с величиной рефракции до 3,0 дптр включительно.

Результаты. В 32,3 % случаев (41 глаз) не было выявлено патологии органа зрения за исключением пресбиопии. Наличие миопической рефракции выявлено в 46,5 % случаев (59 глаз) и среднее значение рефракции в данной группе участников составило $-3,26 \pm 0,13$ диоптрий. При сравнении групп по количественным параметрам аккомодограмм коэффициент микрофлюктуации был наиболее высок (до +3,0 дптр, включительно) в группах участников с миопией средней степени и лиц с возрастной пресбиопией в сочетании с гиперметропией, наиболее низким – у участников пресбиопов с эмметропией, и в группах миопии слабой и высокой степеней ($p = 0,028$). Коэффициент микрофлюктуации был наиболее устойчив среди лиц без патологии органа зрения, за исключением возрастной пресбиопии, и у участников с миопией слабой степени ($p = 0,017$).

Заключение. Применение компьютерной аккомодографии в офтальмологической практике может значительно расширить диагностические возможности в части определения аккомодационных изменений у лиц среднего возраста.

Ключевые слова: пресбиопия, компьютерная аккомодография, здоровое старение, миопия, гиперметропия

Статья поступила: 03.06.2025
Статья принята: 09.10.2025
Статья опубликована: 26.11.2025

Для цитирования: Зеленцов Р.Н., Кузнецова Е.И., Поскотинова Л.В., Синайская М.А., Кудрявцев А.В. Диагностические возможности компьютерной аккомодографии у лиц среднего (пресбиопического) возраста. *Acta biomedica scientifica*. 2025; 10(5): 122-131. doi: 10.29413/ABS.2025-10.5.14

DIAGNOSTIC CAPABILITIES OF COMPUTER ACCOMMODOGRAPHY IN MIDDLE-AGED (PRESBYOPIC) INDIVIDUALS

**Zelentsov R.N.¹,
Kuznetsova E.I.¹,
Poskotinova L.V.^{1,2},
Sinayskaya M.A.¹,
Kudryavtsev A.V.¹**

¹ Northern State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Troitskiy ave., 51, 163000 Arkhangelsk, Russian Federation)

² N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Nikolsky Ave., 20, 163029 Arkhangelsk, Russian Federation)

Corresponding author:
Roman N. Zelentsov,
e-mail: zelentsovrn@gmail.com

RESUME

Background. Presbyopia research aims to improve the quality of life of the aging population by correcting near vision and timely addressing accommodative disorders in presbyopes, particularly when combined with hypermetropic and myopic refraction.

The aim. To assess the parameters of computer accommodography in individuals aged 45–59 with presbyopia combined with hypermetropic and myopic refraction.

Methods. A cross-sectional study was conducted on a random sample of Arkhangelsk population aged 45–59 ($n = 69$), including ophthalmological examination with a comprehensive accommodation assessment. Data of 127 eyes were analysed. Participants were divided into five groups: those diagnosed with myopia (mild, moderate, and high degree), those with presbyopia (with emmetropia), and those with presbyopia accompanied by hypermetropia (refraction up to 3.0 D inclusive).

Results. In 32.3% of cases (41 eyes), no ocular pathology was detected except for presbyopia. Myopic refraction was found in 46.5% of cases (59 eyes), with an average refraction of 3.26 ± 0.13 D in this group. When comparing groups on quantitative accommodogram parameters, the highest microfluctuation coefficient (up to +3.0 D inclusive) was in participants with moderate myopia and in those with age-related presbyopia combined with hypermetropia, the lowest – in participants with presbyopia (with emmetropia) and in groups with mild and high myopia ($p = 0.028$). Microfluctuation coefficient was the most stable was in individuals without visual organ pathology, with the exception of age-related presbyopia, and among participants with mild myopia ($p = 0.017$).

Conclusion. The use of computer accommodography in ophthalmological practice can significantly expand diagnostic capabilities for identifying accommodative changes in middle-aged individuals.

Keywords: presbyopia, computer accommodography, healthy aging, myopia, hypermetropia

Received: 03.06.2025
Accepted: 09.10.2025
Published: 26.11.2025

For citation: Zelentsov R.N., Kuznetsova E.I., Poskotinova L.V., Sinayskaya M.A., Kudryavtsev A.V. Diagnostic capabilities of computer accommodography in middle-aged (presbyopic) individuals. *Acta biomedica scientifica*. 2025; 10(5): 122-131. doi: 10.29413/ABS.2025-10.5.14

ОБОСНОВАНИЕ

Согласно первому докладу Всемирной организации здравоохранения о проблемах зрения [1] во всем мире не менее 2,2 миллиарда людей имеют ту или иную форму нарушения функций органа зрения. В рамках здорового старения особенно актуальным в оценке снижения зрительных функций является изучение пресбиопии. Развитие пресбиопии – характерный процесс здорового старения органа зрения, обусловленный изменением его аккомодационной функции.

Согласно данным, опубликованным в 2020 году, более полумиллиарда человек в мире имеют нарушения зрения из-за нескорректированной пресбиопии, и это число неуклонно растет и по причине старения населения [2, 3]. Несмотря на распространность проблемы, исследование процессов развития пресбиопии остается актуальными, поскольку механизм ее возникновения до конца не изучен. Одной из существующих теорий является теория аккомодации Гельмгольца, согласно которой изменение формы хрусталика происходит за счет изменения диаметра цилиарной мышцы, а пресбиопия объясняется продолжающимся экваториальным увеличением хрусталика и неспособностью цилиарной мышцы натягивать экваториальные связки [4].

При пресбиопии наблюдается снижение бинокулярного взаимодействия из-за снижения аккомодации [5]. У пресбиопов уменьшается длина и ширина фузионного поля. Более значимое сужение поля возникает из-за потерь в зоне конвергенции. Наиболее выраженный дефицит бинокулярного зрения наблюдается у пресбиопов с гиперметропией [6]. У лиц молодого возраста имеется дополнительная аккомодация, обусловленная конвергенцией, когда конвергенция стимулов довольно высока. Это не так очевидно у пожилых людей, поскольку цель видна с расстояния около полуметра, и потребность в конвергенции невелика. Повышенная потребность в конвергенции может также привести к дальнейшему сужению зрачка и соответствующему увеличению глубины резкости [7].

Для выявления пресбиопии используются различные методы диагностики. Аккомодография является наиболее объективным методом исследования аккомодации, помогает оценить амплитуду аккомодационного ответа и микрофлюктуации. При пресбиопии эти показатели снижаются с возрастом, достигая нуля примерно к 50–55 годам [8].

В литературе пресбиопия рассматривается лишь как факт снижения аккомодационной способности [9]. При этом зрительный анализатор является сложной функциональной системой, эффективная деятельность которой определяется нормальной работой многих компонентов. Выпадение функции одного из них должно сопровождаться мерами по ее компенсации или адаптации. Однако эти механизмы при формировании пресбиопии недостаточно изучены. В литературе не системно представлена информация о трансформации зрачковой диафрагмальной функции, отсутствуют

какие-либо данные об изменении уровня бинокулярного взаимодействия и о влиянии аккомодационно-рефракционного фактора, которые являются главными составляющими зрительного восприятия [10].

Продолжающиеся исследования пресбиопии направлены на улучшение качества жизни стареющего населения и полную коррекцию зрения вблизи, на своевременную, раннюю коррекцию аккомодационных нарушений у пресбиопов в сочетании с гиперметропической и миопической рефракцией [11]. В связи с этим актуальна оценка распространенности аккомодационных нарушений у лиц среднего возраста без офтальмопатологии и имеющих гиперметропическую и миопическую рефракцию.

В ранее проведенном нами исследовании показано, что показатели компьютерной аккомодографии дополняют традиционные методы исследования аккомодации. Были представлены параметры компьютерной аккомодографии у молодых людей, студентов без офтальмопатологии и с нормальным аккомодационным ответом [12]. В научной литературе не представлены данные об этих параметрах применительно к исследованию аккомодации у лиц среднего возраста.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценить основные параметры компьютерной аккомодографии у лиц 45–59 лет с пресбиопией в сочетании с гиперметропической и миопической рефракцией.

МЕТОДЫ

Выполнено поперечное исследование случайной выборки жителей города Архангельска 45–59 лет из числа участников исследования «Биомаркеры индивидуальной жизнеспособности у жителей Европейского Севера России» (далее – БИЖ), проведенного на базе клинико-диагностической поликлиники Северного государственного медицинского университета (г. Архангельск) с 01 марта по 31 мая 2024 года. Участники БИЖ набирались из числа жителей г. Архангельска, ранее вошедших в случайную популяционную выборку исследования «Узнай свое сердце» (2015–2017 гг.), сформированную на основе обезличенной базы адресов жителей города, предоставленной региональным фондом обязательного медицинского страхования, посредством посещения случайно отобранных адресов [13]. Набор участников проводился посредством телефонных и почтовых контактов с 1014 участниками «Узнай свое сердце» в возрасте 45–59 лет, проживающих на территории Архангельской области более 10 лет. Критериями исключения были наличие психических заболеваний, симптомы острых инфекций или обострения хронических заболеваний (гипертонический криз, лихорадка, болевой синдром любой этиологии и т.д.) накануне или непосредственно перед проведением обследования. В результате 612 человек

прошли обследование в рамках БИЖ, включая осмотр офтальмолога.

Критериями включения в дополнительное обследование с использованием компьютерной аккомодографии были возраст 45–59 лет, соответствие критериям 1 и 2 групп здоровья диспансерного наблюдения врачом-офтальмологом по классам, группам болезней, отдельным нозологическим формам, за исключением рефракционных нарушений, т.е. среди участников исследования были только лица с изменениями рефракции, лица с другими патологиями органа зрения были исключены. Критериями исключения были наличие в анамнезе острого нарушения мозгового кровообращения и черепно-мозговых травм, офтальмологических заболеваний (наличие выставленного диагноза по МКБ-10 Н00-Н59 – болезни глаза и его придаточного аппарата, за исключением Н52 – нарушения рефракции и аккомодации). Также критериями исключения были: кераторефракционная хирургия в анамнезе, наличие частичной атрофии зрительного нерва обоих глаз, полученные неинформативные данные компьютерной аккомодографии. Из всех участников 74 человека прошли обследование с применением методики компьютерной аккомодографии. В результате применения критерии включения и исключения в данное исследование отобрано 69 мужчин и женщин в возрасте 45–59 лет.

Офтальмологическое обследование участников включало оценку некорригированной остроты зрения (НКОЗ) в диапазоне от 0 до 1,0 условных единиц (у.е.) с помощью таблиц Сивцева – Головина (Головин С.С., Сивцев Д.А., 1928). Была определена острота зрения вблизи для каждого глаза. Также были определены параметры максимально корригированной остроты зрения (МКОЗ). Методом автоматической рефрактометрии была определена величина клинической рефракции. На основании данных осмотра врача-офтальмолога (осмотр офтальмолога первый, приложение к форме 025/У-07, утвержденный приказом Минздрава от 30.08.2007 № 710) выставлялся диагноз в соответствии с Международной классификацией болезней 10 пересмотра (МКБ-10). По результатам комплексного исследования аккомодации были оценены качественные изменения положительной части объема аккомодации (ПЧОА в диоптриях), а также значения основных коэффициентов аккомодограммы – коэффициент аккомодационного ответа (КАО), коэффициент роста (КР), коэффициент микрофлюктуации (КМФ) и др. Исследование аккомодационной способности глаза выполнено 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 – пресбиопия; 3 – пресбиопия с напряжением аккомодации; 4 – явления компьютерно-зрительного синдрома; 5 – привычно-избыточное напряжение аккомодации; 6 – спазм аккомодации. В 5 случаях (5 глаз) данные компьютерной аккомодографии были

не информативны, поэтому, согласно критериям исключения, они не вошли в исследование.

Графическое отображение аккомодограммы, получаемой при использовании прибора «Acomoref-2», включает в себя цветовую палитру, при этом выраженность высокочастотных микрофлюктуаций отражается от зеленого (норма) до красного (выраженное напряжение цилиарной мышцы) [15]. Наряду с этим, аккомодограмма иллюстрирует характер аккомодационного ответа (АО, цветовые столбцы) в соответствии с предъявляемым аккомодационным стимулом (АС, контурные столбцы). Нормальная аккомодограмма характеризуется нарастающим, устойчивым ходом кривой, АО меньше аккомодационного стимула, палитра микрофлюктуаций представлена зеленым и желто-зеленым цветом с возможными единичными вкраплениями красного на последних шагах максимального напряжения аккомодации. Аккомодограмма при привычно-избыточном напряжении и спазме аккомодации характеризуется неустойчивым нарастающим ходом кривой, палитра представлена красно-оранжевым цветом. Аккомодограмма при пресбиопии характеризуется значительно меньшим АО, «плоским» ходом кривой в виде плато, цветовая палитра представлена зеленым цветом. При пресбиопии с напряжением аккомодации аккомодограмма представлена «плоским» ходом кривой в виде плато при цветовой палитре представленной желто-красным цветом.

Участники исследования были разделены на 5 групп: с установленным диагнозом «миопия» (слабой, средней и высокой степени), участники с пресбиопией в сочетании с эмметропией (далее – группа без патологии, группа сравнения) и участники, у которых пресбиопия сопровождалась гиперметропией с величиной рефракции до 3,0 дптр включительно. 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 – выше -6,25 дптр [16].

Категориальные переменные представлены в виде абсолютных значений (абс.) с процентными долями (%). Сравнение долей в группах осуществлялось с помощью χ^2 -критерия Пирсона. Нормальность распределения непрерывных переменных оценивалась по тесту Шапиро – Уилка. Учитывая характер распределения анализируемых признаков, результаты представлены в виде медиан (Me) со значениями 25 и 75 процентилей (Р25-Р75). Сравнения значений непрерывных переменных у мужчин и женщины проводились с использованием критерия Манна – Уитни, между пятью анализируемыми группами – с использованием критерия Краскела – Уоллиса. Статистически значимыми считались различия при уровне $p < 0,05$. При последующих попарных сравнениях групп с офтальмопатологиями с референсной группой без таковых использовался критерий Манна – Уитни с применением поправки Бонферрони, и статистически значимыми считались различия при уровне $p < 0,0125$.

Статистический анализ проводился с помощью Stata 18.0 (StataCorp, USA, Texas, College Station).

Исследование одобрено Локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО СГМУ (г. Архангельск) Минздрава России (Протокол № 03/04-23 от 26.04.2023). Все участники исследования предоставили добровольное информированное согласие.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Обследовано 69 участников 45–59 лет, средний возраст – 51,5 лет. В анализ включено 127 глаз (44 мужских и 83 женских; 64 правых и 63 левых), которые соответствовали критериям включения и не имели критерии исключения.

В 32,3 % случаев (41 глаз) была выявлена эмметропическая рефракция в сочетании с пресбиопией (табл. 1). Наличие миопической рефракции было выявлено в 46,5 % случаев (59 глаз). Наибольшее количество участников было в группах без офтальмопатологии (32,3 %), с установленным диагнозом «миопия слабой степени» (26,0 %) и в группе с гиперметропической рефракцией до +3,0 дптр (21,3 %). Распределение участников по группам не имело значимых отличий между мужчинами и женщинами ($p = 0,18$). В среднем, в группе с миопической рефракцией обследованных участников составила: $-3,26 \pm 0,13$ диоптрий.

Основные показатели, которые были оценены в ходе проведения офтальмологического обследования (НКОЗ, МКОЗ, острота зрения вблизи, авторефрактометрия и др.), в т.ч. показатели компьютерной аккомодографии представлены в таблице 2. Анализируемые группы различались по НКОЗ ($p < 0,001$), показатели в группах с миопией и с пресбиопией и гиперметропией были ниже в сравнении с группой без патологии. После исключения участников без патологии определены различия групп по МКОЗ ($p < 0,001$), у лиц с миопией

значения данного показателя были снижены. Группы отличались по остроте зрения вблизи ($p < 0,001$), самые низкие показатели определены в группе участников с пресбиопией и гиперметропией. При оценке положительной части объема аккомодации во всех группах участников исследования составил 0 (0;0) дптр.

При оценке коэффициента микрофлюктуации (КМФ) выявлено, что наиболее высокая частота сокращения наблюдается в группах участников с миопией средней степени и у участников, имеющих возрастную пресбиопию в сочетании с гиперметропией величиной до +3,0 дптр включительно; наиболее низкие значения КМФ – у участников пресбиопов с эмметропией и в группах с миопией слабой и высокой степеней ($p = 0,028$) (табл. 2 и рис. 1). Устойчивость коэффициента микрофлюктуации (σКМФ) была наиболее низкой у участников с миопией слабой степени и у тех, кто не имел патологии органа зрения ($p = 0,017$) (табл. 2).

При попарных сравнениях группы без патологии с другими группами статистически значимые различия выявлены для показателя КМФ с группой участников, у которых пресбиопия сопровождалась гиперметропией ($p = 0,008$) и с группой участников с установленным диагнозом «миопия средней степени» ($p = 0,010$). Для показателя σКМФ значимые различия выявлены для участников из группы с установленным диагнозом «миопия средней степени» ($p = 0,008$).

При оценке вида аккомодограмм (рис. 2), участники с миопией средней и высокой степени были объединены в одну группу по причине малой численности последних, и в рассматриваемых после этого четырех группах выявлены следующие виды аккомодационных нарушений: пресбиопия, пресбиопия с напряжением аккомодации, явления компьютерно-зрительного синдрома, привычно-избыточное напряжение аккомодации и спазм аккомодации. Распределения четырех групп по видам аккомодационных нарушений не достигали статистической значимости ($p = 0,123$).

ТАБЛИЦА 1

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПО ПОЛУ КОЛИЧЕСТВА СЛУЧАЕВ (ГЛАЗ) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ ВЫРАЖЕННОСТИ РЕФРАКЦИОННЫХ НАРУШЕНИЙ

TABLE 1
GENDER DISTRIBUTION OF CASES (EYES)
BY SEVERITY OF REFRACTIVE DISORDERS

Группы	Пол		Всего n = 127
	Мужской n = 44	Женский n = 83	
Пресбиопия с эмметропией	абс. (%)	абс. (%)	абс. (%)
	18 (14,2%)	23 (18,1%)	41 (32,3%)
Пресбиопия с гиперметропией до +3,0 дптр включительно	12 (9,4%)	15 (11,8%)	27 (21,3%)
Миопия слабой степени	7 (5,5%)	26 (20,5%)	33 (26,0%)
Миопия средней степени	4 (3,1%)	13 (10,2%)	17 (13,4%)
Миопия высокой степени	3 (2,4%)	6 (4,8%)	9 (7,1%)

ТАБЛИЦА 2

ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ, ОЦЕНЕННЫЕ В ХОДЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, В Т.Ч. ДАННЫЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ АККОМОДОГРАФИИ, У ЛИЦ В ВОЗРАСТЕ 45–59 ЛЕТ

TABLE 2

KEY STUDY PARAMETERS, INCLUDING COMPUTER ACCOMMODOGRAPHY DATA, IN INDIVIDUALS AGED 45–59 YEARS

Характеристики	Пресбиопия с эмметропией n = 41	Пресбиопия с гиперметропией n = 27	Слабой степени n = 33	Средней степени n = 17	Миопия Высокой степени n = 9	p*
	Me (25; 75)	Me (25; 75)	Me (25; 75)	Me (25; 75)	Me (25; 75)	
Показатели остроты зрения вдали и вблизи, аккомодации						
Некорригированная острота зрения, усл. ед. по таблице Сивцева – Головина	1,00 (0,90; 1,00)	0,70 (0,40; 0,80)	0,20 (0,10; 0,30)	0,05 (0,04; 0,05)	0,02 (0,01; 0,10)	<0,001
Максимально корригированная острота зрения, усл. ед. по таблице Сивцева – Головина	–	1,0 (1,0; 1,0)	1,0 (0,9; 1,0)	1,0 (0,8; 1,0)	0,9 (0,5; 0,9)	<0,001
Острота зрения вблизи, усл. ед.	0,5 (0,3; 0,5)	0,3 (0,2; 0,3)	0,7 (0,5; 0,8)	0,5 (0,2; 0,6)	0,5 (0,1; 0,9)	<0,001
Авторефрактометрия:						
- сферический компонент, дптр	+0,5 (+0,25; +0,75)	+1,75 (+1,5; +2,5)	-1,25 (-2,0; -0,75)	-4,25 (-4,75; -3,5)	-7,5 (-10,0; -6,5)	<0,001
- цилиндрический компонент, дптр	-0,25 (-0,75; -0,25)	-0,5 (-0,75; -0,25)	-0,5 (-0,75; -0,25)	-0,5 (-0,75; -0,5)	-1,0 (-1,25; -0,75)	0,001
Внутриглазное давление, мм.рт.ст.	14,0 (12,0; 16,0)	14,0 (12,0; 16,0)	16,0 (14,0; 18,0)	15,0 (14,0; 17,0)	14,0 (13,0; 19,0)	0,076
Положительная часть объема аккомодации, дптр	0,0 (0,0; 0,0)	0,0 (0,0; 0,0)	0,0 (0,0; 0,0)	0,0 (0,0; 0,0)	0,0 (0,0; 0,0)	0,559
Показатели компьютерной аккомодографии						
Коэффициент аккомодационного ответа (КАО), усл. ед.	0,04 (-0,01; 0,14)	0,12 (-0,06; 0,32)	0,03 (-0,16; 0,14)	0,09 (-0,06; 0,16)	-0,02 (-0,09; 0,18)	0,509
Коэффициент устойчивости коэффициента аккомодационного ответа (σКАО), усл. ед.	0,09 (0,06; 0,24)	0,19 (0,11; 0,34)	0,13 (0,08; 0,20)	0,12 (0,07; 0,19)	0,12 (0,09; 0,14)	0,077
Коэффициент роста аккомодограммы (КР), усл. ед.	0,43 (0,29; 0,57)	0,57 (0,43; 0,57)	0,43 (0,43; 0,57)	0,43 (0,43; 0,57)	0,57 (0,43; 0,57)	0,448
Коэффициент микрофлюктуации (КМФ), мкф/мин	54,6 (51,1; 56,9)	58,5** (54,3; 61,8)	55,0 (52,8; 59,0)	59,2** (55,2; 61,1)	55,3 (54,3; 56,7)	0,028
Коэффициент устойчивости коэффициента микрофлюктуации (σКМФ), усл. ед.	3,47 (2,79; 4,21)	3,62 (3,14; 4,41)	3,14 (2,65; 3,73)	4,97** (3,80; 5,23)	4,06 (2,57; 5,03)	0,017

Примечания:* Сравнение значений параметров между группами с использованием критерия Краскела – Уоллиса. ** Значимые отличия, полученные при попарном сравнении групп с группой без офтальмопатологии с учетом поправки Бонферрони и критическом уровне значимости $p < 0,0125$.

Однако стоит отметить, что аккомодограммы участников без патологии органа зрения наиболее часто соответствовали пресбиопическому аккомодационному ответу (46,3 %) и пресбиопическому ответу с напряжением аккомодации (29,3 %), в 5 случаях (12,2 %) выявлен нормальный вид аккомодограммы, а среди участников с пресбиопией и гиперметропической рефракцией преобладающее количество аккомодограмм демонстрировали пресбиопию с напряжением аккомодации (44,4 %). В группе участников с миопией слабой степени чаще других отмечен пресбиопический вид

аккомодограммы (57,6 %), а среди участников с миопией средней и высокой степени преобладала пресбиопия с напряжением аккомодации (46,3 %).

ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенное исследование продемонстрировало снижение зрительных функций в группе участников с пресбиопией и гиперметропией в сравнении с группой без офтальмопатологии, за исключением

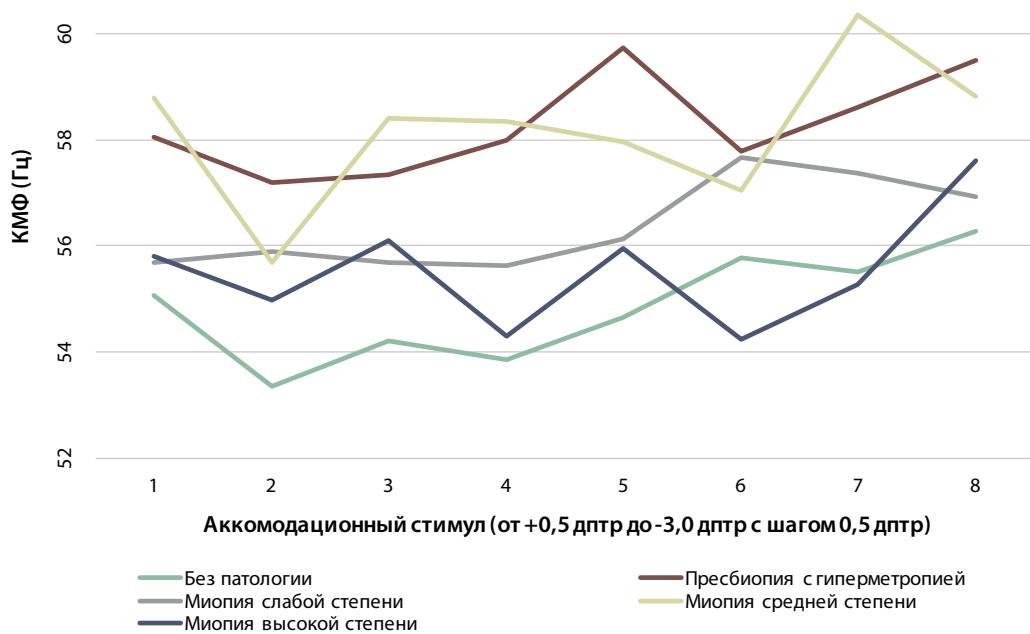


РИС. 1.

Изменения микрофлюктуации при увеличении аккомодационного стимула в группах участников исследования в возрасте 45–59 лет без офтальмопатологии и в группах с различной степенью миопии

пресбиопии, что объясняется нарастанием степени рефракционной ошибки и ее влиянием на центральное зрение.

Острота зрения вблизи была снижена во всех группах, что связано с возрастом участников исследования. Наиболее низкой острота зрения вблизи была в группе с пресбиопией и гиперметропией, что объясняется наличием у участников этой группы гиперметропической рефракции, которая дополнительно снижает остроту зрения вблизи. Учитывая низкую остроту зрения вблизи у лиц данной возрастной группы, оценка аккомодационной функции с помощью определения запаса аккомодации нецелесообразна. По этой причине, в ходе проведенного нами исследования, использовался метод компьютерной аккомодографии, позволивший выявить различия анализируемых групп по значениям коэффициента микрофлюктуации и показателя его устойчивости. Данные результаты подтверждают актуальность использования данного метода для выявления аккомодационных нарушений у лиц пресбиопического возраста.

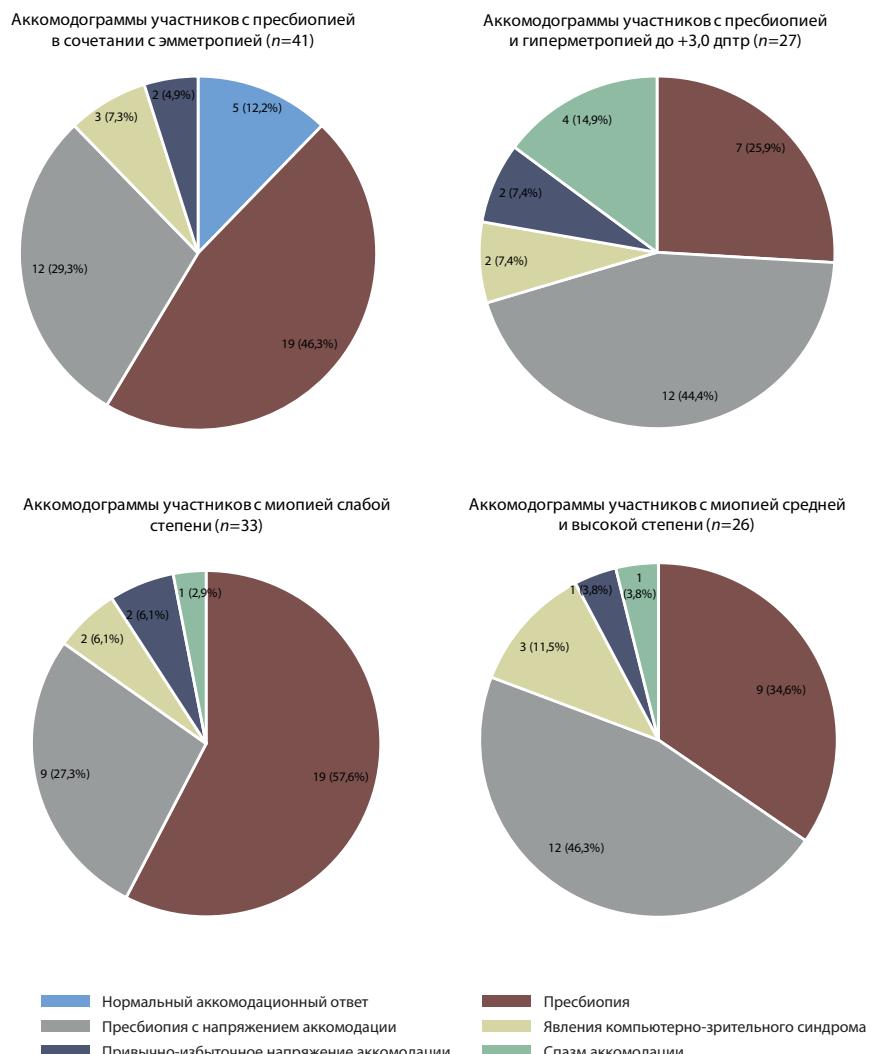
При оценке вида аккомодограмм нормальный аккомодационный ответ определен только в 5 из 127 случаев, что согласуется с литературными данными, в соответствии с которыми в возрасте старше 45 лет аккомодация резко ослабевает [17]. Изучение аккомодационной функции в возрастной группе 45–59 лет позволило выделить различные виды аккомодационных нарушений, которые, как видно из результатов, могут наблюдаться и в данном возрасте, помимо традиционно упоминаемой в научной литературе пресбиопии.

FIG. 1.

Microfluctuation changes with increasing accommodative stimulus in study participants aged 45–59 years without ophthalmopathy and in groups with different degrees of myopia

В ранее проведенных исследованиях показано, что у определенного числа пациентов даже в возрасте старше 60 лет выявляются признаки функционирования аккомодации. В частности, по данным Е.Л. Шалыгиной, аккомодационный ответ в возрастной группе 46–50 лет отмечен в 49 % случаев, а в группе 51–55 лет – в 17 %; наличие микрофлюктуаций аккомодации – в 58 % случаях для лиц 46–50 лет и 21 % – для возрастной группы 56–60 лет [18]. Отдельно И.Г. Овеккиным и соавт. подчеркнуто, что факт наличия аккомодационного ответа и микрофлюктуаций у лиц старше 55 и даже 60 лет свидетельствует о целесообразности дальнейшего более углубленного изучения данного вопроса [19]. Однако, распространенность аккомодационных нарушений среди лиц среднего возраста изучено не было.

Широко изучена аккомодационная способность глаза у пациентов после факоэмульсификации катаракты с имплантацией различных видов интраокулярных линз (ИОЛ) (монофокальных, мультифокальных и аккомодирующих) [20]. При имплантации монофокальных и трифокальных ИОЛ отмечалось существенное ухудшение КМФ (на 3,8–4,4 %) и устойчивости КМФ (на 26,5–31,4 %). Данные изменения по мнению авторов отражают переход аккомодационной системы глаза из состояния «норма» в «привычное избыточное напряжение аккомодации» [21]. Выявленные в указанном исследовании особенности аккомодационного ответа у лиц после факоэмульсификации указывают на чувствительность показателей КМФ и устойчивости КМФ (σ КМФ) в данной возрастной группе, что было отражено и в нашем исследовании.

**РИС. 2.**

Распределение количества аккомодационных нарушений по результатам компьютерной аккомодографии в группах участников (количество проанализированных аккомодограмм, абс., %)

Полученные результаты в разрезе изменений показателей КМФ и устойчивости КМФ (σКМФ) можно рассматривать в качестве предикторов аккомодационных нарушений в возрастной группе 45–59 лет, а возможно и у более старших пациентов, что открывает перспективу для дальнейшего изучения данных параметров.

Таким образом, выявленные показатели компьютерной аккомодографии могут помочь выявить аккомодационные нарушения у лиц пресбиопического возраста, требующие своевременного назначения лечения. Наиболее высокие риски развития аккомодационных нарушений выявлены в группах участников с пресбиопией в сочетании с гиперметропией и миопией средней и высокой степени, что требует особого внимания при обследовании пациентов с такими характеристиками. Выявленная повышенная частота аккомодационных нарушений в данных группах может быть отчасти объяснена наличием рефракционных нарушений.

FIG. 2.

Distribution of accommodation disorders based on computer accommodation findings in participant groups (number of analyzed accommodograms, abs., %)

Традиционно применяемый метод оценки аккомодационной функции путем определения положительной части объема аккомодации, как видно из результатов проведенного исследования, является недостаточно информативным. Дополнительным методом, позволяющим выявить аккомодационные нарушения в данной возрастной группе, мог бы стать метод компьютерной аккомодографии, который позволяет не только визуализировать процесс аккомодации, но и количественно оценить ряд показателей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показатели компьютерной аккомодографии могут значительно расширить диагностические возможности в части определения аккомодационных изменений у лиц среднего возраста. Наше исследование продемонстрировало, что в возрасте 45–59 лет

аккомодационные изменения включают не только традиционно описываемую пресбиопию. Коэффициенты микрофлюктуации и устойчивости микрофлюктуации определены как наиболее чувствительные к изменениям количественные показатели аккомодограмм, которые можно рассматривать в качестве предикторов аккомодационных нарушений у лиц среднего возраста, а возможно и у более старших пациентов, что открывает перспективу их дальнейшего изучения.

Финансирование

Исследование выполнено с использованием средств гранта Российского научного фонда № 23-15-20017, <https://rscf.ru/project/23-15-20017/>.

Конфликт интересов

Авторы данной статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Blindness GBD, Vision Impairment C. Trends in prevalence of blindness and distance and near vision impairment over 30 years: an analysis for the global burden of disease study. *Lancet Glob Health*. 2021; 9: e130–43. doi: 10.1016/S2214-109X(20)30425-3
- Wolffsohn JS, Davies LN, Sheppard AL. New insights in presbyopia: impact of correction strategies. *BMJ Open Ophthalmol*. 2023; 8(1): e001122. doi: 10.1136/bmjophth-2022-001122
- Розановой О.И., Щуко А.Г. Пресбиопия. М.: Издательство «Офтальмология», 2015. – 154. [Rozanova Ol, Shchuko AG. *Presbyopia*. Moscow: Ophthalmology Publishing House, 2015. 154. (In Russ.)].
- Gualdi L, Gualdi F, Rusciano D, et al. Ciliary Muscle Electrostimulation to Restore Accommodation in Patients With Early Presbyopia: Preliminary Results. *Journal of Refractive Surgery*. 2017; 33(9): 578-583. doi: 10.3928/1081597X-20170621-05
- Wolffsohn JS, Davies LN. Presbyopia: effectiveness of correction strategies. *Prog Retin Eye Res*. 2019; 68: 124–43. doi: 10.1016/j.preteyeres.2018.09.004
- Rozanova Ol, Shchuko AG, Mischenko TS. Fundamentals of Presbyopia: visual processing and binocularly in its transformation. *Eye and Vis*. 2018; 5: 1. doi: 10.1186/s40662-018-0095-0
- Dhallu SK, Sheppard AL, Drew T, Mihashi T, Zapat-Díaz JF, Radhakrishnan H, et al. Factors influencing pseudo-accommodation—the difference between subjectively reported range of clear focus and objectively measured accommodation range. *Vision (Basel)*. 2019; 3(3): 34. doi: 10.3390/vision3030034
- Davies LN, Biswas S, Bullimore M, Cruickshank F, Estevez JJ, Khanal S, et al. BCLA CLEAR presbyopia: Mechanism and optics. *Cont Lens Anterior Eye*. 2024; 47(4): 102185. doi: 10.1016/j.clae.2024.102185
- Plainis S, Panagopoulou S, Charman WN. Longitudinal changes in objective accommodative response, pu-
- pil size and spherical aberration: A case study. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2024; 44(1): 168-176. doi: 10.1111/opo.13250
- Розанова О.И., Селиверстова Н.Н., Щуко А.Г., Малышев В.В. Закономерности структурно-функциональных изменений зрительной системы у пациентов с миопической рефракцией при развитии пресбиопии. *Вестник офтальмологии*. 2013; 129(2): 50-53. [Rozanova Ol, Seliverstova NN, Shchuko AG, Malyshev VV. Regularities of structural and functional visual system changes in patients with myopic refraction and presbyopia. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2013; 129(2): 50-53. (In Russ.)].
- Fricke TR. Global Prevalence of Presbyopia and Vision Impairment from Uncorrected Presbyopia. Systematic Review, Meta-analysis, and Modelling. *Ophthalmology*. 2018; 125: 1492-1499. doi: 10.1016/j.ophtha.2018.04.013
- Zelentsov R, Poskotinova L, Moiseeva A, Kudryavtsev AV. Prospects for using computer accommodography to predict myopia development in young adults. *Life*. 2024; 14: 324. doi: 10.3390/life14030324
- Cook S, Malyutina S, Kudryavtsev A, et al. Know Your Heart: rationale, design and conduct of a cross-sectional study of cardiovascular structure, function and risk factors in 4500 men and women aged 35-69 years from two Russian cities, 2015-18 [version 3; peer review: 3 approved]. *Wellcome Open Res*. 2018; 3: 67. doi: 10.12688/wellcomeopenres.14619.3
- Right. Medical Equipment. URL: <https://rightmfg.co.jp/service/product.html> [date of access: October 23, 2024].
- Kajita M., Muraoka T., Orsborn G. Changes in accommodative micro-fluctuations after wearing contact lenses of different optical designs. *Cont Lens Anterior Eye*. 2020; 43(5): 493-496. doi: 10.1016/j.clae.2020.03.003
- Федеральные клинические рекомендации. Миопия. Одобрено Научно-практическим Советом Минздрава России. 2020 год. [Federal Clinical Guidelines. Myopia. Approved by the Scientific and Practical Council of the Ministry of Health of Russia. 2020. (In Russ.)]. URL: https://cr.menzdrav.gov.ru/schema/109_1 [date of access: October 22, 2024].
- Wolffsohn JS, Berkow D, Chan KY, Chaurasia SK, Fadel D, Haddad M, et al. BCLA CLEAR Presbyopia: Evaluation and diagnosis. *Cont Lens Anterior Eye*. 2024; 47(4): 102156. doi: 10.1016/j.clae.2024.102156
- Шалыгина Е.Л., Овчинин И.Г. К вопросу о механизмах аккомодации при имплантации аккомодирующих интраокулярных линз. Актуальные проблемы медицинской реабилитации (сборник научных трудов, посвященных 25-летию филиала №2 ФГБУ «3 Центральный военный клинический госпиталь им. А.А. Вишневского» Минобороны России). М.; 2014: 105-106. [Shalygina EL, Ovchinnik IG. On the issue of mechanisms of accommodation during implantation of accommodating intraocular lenses. Actual problems of medical rehabilitation (collection of scientific papers dedicated to the 25th anniversary of Branch No. 2 of the Federal State Budgetary Institution "3 Central Military Clinical Hospital named after A.A. Vishnevsky" of the Ministry of Defense of the Russian (In Russ.)].

19. Овечкин И.Г., Антонюк В.Д., Антонюк С.В., Шалыгина Е.Л. Исследование аккомодационной способности у пациентов пресбиопического возраста без патологии зрения. *Катарактальная и рефракционная хирургия*. 2013; 1(9): 47–49. [Ovechkin IG, Antonyuk VD, Antonyuk SV, Shalygina EL. Study of accommodative capacity in presbyopic patients without visual pathology. *Cataract and refractive surgery*. 2013; 1(9): 47–49. (In Russ.)].
20. Овечкин И.Г., Беликова Е.И., Шалыгина Е.Л. и др. Аккомодационная способность глаза у пациентов после факоэмульсификации катаракты с имплантацией монофокальных, мультифокальных и аккомодирующих интраокулярных линз. *Российский офтальмологический журнал*. 2014; 7(3): 32–37. [Ovechkin IG, Belikova EI, Shalygina EL, Antonyuk SV, Ovechkin NI. The accommodative ability of the eye of patients after cataract phacoemulsification with implantation of monofocal, multifocal and accommodating intraocular lenses. *Russian Ophthalmological Journal*. 2014; 3: 32–7 (In Russ.)].
21. Коновалов М.Е и др. Сравнительная оценка кривой дефокусировки монофокальных ИОЛ, ИОЛ с расширенной глубиной фокуса и трифокальных ИОЛ. *Офтальмология*. 2023; 20(4): 683–687. [Konovalov ME, et al. Comparative Evaluation of the Defocus Curve of Monofocal IOL, Extended Depth of Focus IOL, and Tri-focal IOL. *Ophthalmology in Russia*. 2023; 20(4): 683-687. (In Russ.)]. doi: 10.18008/1816-5095-2023-4-683-687

Сведения об авторах

Зеленцов Роман Николаевич – кандидат медицинских наук, доцент кафедры семейной медицины и внутренних болезней ФГБОУ ВО Северный государственный медицинский университет Минздрава России; e-mail: zelentsovrn@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4875-0535>

Кузнецова Евгения Иннокентьевна – студентка 6 курса Педиатрического факультета ФГБОУ ВО Северный государственный медицинский университет Минздрава России; e-mail: evgeniaroza2020@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0009-1462-2832>

Поскотинова Лилия Владимировна – доктор биологических наук, кандидат медицинских наук, доцент, главный научный сотрудник, заведующая лабораторией биоритмологии Института физиологии природных адаптаций ФГБУН Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук (ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН); профессор кафедры семейной медицины и внутренних болезней ФГБОУ ВО Северный государственный медицинский университет Минздрава России; e-mail: liliya200572@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7537-0837>

Синайская Мария Александровна – кандидат медицинских наук, доцент кафедры семейной медицины и внутренних болезней ФГБОУ ВО Северный государственный медицинский университет Минздрава России; e-mail: msinayskaya@inbox.ru, <https://orcid.org/0009-0009-6587-7149>

Кудрявцев Александр Валерьевич – кандидат медицинских наук, заведующий международным центром научных компетенций Центральной научно-исследовательской лаборатории, ФГБОУ ВО Северный государственный медицинский университет; e-mail: ispho09@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8902-8947>

Information about the authors

Roman N. Zelentsov – Cand. Sc. (Med), Associate Professor of the Department of Family Medicine and Internal Diseases, Northern State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation; e-mail: zelentsovrn@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4875-0535>

Evgeniya I. Kuznetsova – 6th-year student at the Faculty of Pediatrics, Northern State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation; e-mail: evgeniaroza2020@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0009-1462-2832>

Liliya V. Poskotinova – Dr. Sc. (Biol.), Cand. Sc. (Med.), Associated Professor, Chief Scientific Resercher, Head of the Biorhythmology Laboratory, Institute of Environmental Physiology, N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; Professor of the Department of Family Medicine and Internal Diseases, Northern State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation; e-mail: liliya200572@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7537-0837>

Mariya A. Sinayskaya – Cand. Sc. (Med), Associate Professor of the Department of Family Medicine and Internal Diseases, Northern State Medical University; e-mail: msinayskaya@inbox.ru, <https://orcid.org/0009-0009-6587-7149>

Alexander V. Kudryavtsev – Cand. Sc. (Med), Head of International Research Competence Centre, Central Scientific Research Laboratory, Northern State Medical University; e-mail: ispho09@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8902-8947>