

УДК 617.753.1:617.726

Реорганизация аккомодационной системы у пациентов с гиперметропией при формировании гидродинамических блоков

Розанова О.И., к.м.н., врач-офтальмолог, зав. лечебно-консультационным отделением¹;

Новожилова Е.Т., врач-офтальмолог лечебно-консультационного отделения¹;

Щуко А.Г., д.м.н., профессор, директор¹, заведующий кафедрой глазных болезней^{2,3};

Юрьева Т.Н., д.м.н., заместитель директора по научной работе¹, доцент кафедры глазных болезней².

¹Иркутский филиал ФГБУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, 664033, Российская Федерация, Иркутск, ул. Лермонтова, 337;

²Иркутский государственный медицинский университет Минздрава России, 664003, Российская Федерация, Иркутск, ул. Красного Восстания, 1;

³ГБОУ ДПО «Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования» Минздрава России, 664079, Российская Федерация, Иркутск, м/р Юбилейный, 100.

Авторы не получали финансирование при проведении исследования и написании статьи.
Конфликт интересов: отсутствует.

Резюме

ЦЕЛЬ. Определение закономерностей структурно-функциональной реорганизации аккомодационной системы у пациентов с гиперметропией в процессе нормального старения и при формировании гидродинамических блоков.

МЕТОДЫ. Обследованы 110 пациентов с гиперметропией 1-2 степени (220 глаз) в 5 группах: лица молодого, зрелого, пожилого возраста без признаков нарушения гидродинамики, пациенты пожилого возраста с функциональным ангулярным блоком (ФАБ), пациенты пожилого возраста с макрофакией. Помимо стандартного офтальмологического обследования проведены ультразвуковая биомикроскопия, оценка шеймпфлюг-изображений, пупиллометрия.

РЕЗУЛЬТАТЫ. У пациентов с гиперметропией молодого возраста величина аккомодации зависит от состояния цилиарной мышцы и величины зрачка. У пациентов зрелого возраста размеры хрусталика увеличены на 15-20%, выявлено утолщение верхушки цилиарного тела с уменьшением ее угла на 24-30% и акустическими признаками гипертрофии циркулярной порции ресничной мышцы. При этом величина аккомодации коррелирует с толщиной хрусталика ($r=0,82$; $p=0,0001$), размерами задней камеры ($r=-0,45$; $p=0,042$) и величиной угла внутренней вершины цилиарного тела ($r=-0,81$; $p=0,0001$), градиентом повышения ВГД после проведения нагрузочной пробы ($r=0,53$; $p=0,012$). При нормальном

старении наблюдаются дистрофические изменения цилиарной мышцы и появляется прочная взаимосвязь запаса аккомодации с уровнем ВГД ($r=-0,81$; $p=0,001$). При гидродинамических блоках увеличение хрусталиковой массы становится критическим, а гипертрофия цилиарной мышцы сохраняется. При этом происходит изменение конфигурации внутренней вершины цилиарного тела и уменьшение верхушечного угла у пациентов с ФАБ на 30-40%, а у пациентов с макрофакией — на 50-60%. Величина аккомодации у пациентов с ФАБ коррелирует с коэффициентом легкости оттока внутриглазной жидкости ($r=-0,71$; $p=0,021$), а у пациентов с макрофакией — с уровнем ВГД ($r=-0,72$; $p=0,009$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Аккомодационная система у молодых пациентов с гиперметропией характеризуется активным участием цилиарной мышцы, зрачковой диафрагмы. При нормальном старении выявлены последовательные изменения цилиарной мышцы: гипертрофия сменяется дистрофией. У пациентов с гидродинамическими блоками явления гипертрофии цилиарной мышцы сохраняются, увеличение хрусталиковой массы становится критическим, что свидетельствует о нарушении механизмов управления аккомодационным ответом.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: гиперметропия, аккомодация, функциональный ангулярный блок, закрытоугольная глаукома, цилиарная мышца, цилиарное тело, ультразвуковая биомикроскопия, старение.

Для контактов:

e-mail: olgrozanova@gmail.com

ENGLISH

Reorganization of accommodative system in patients with hypermetropia during the formation of hydrodynamic blocks

ROSANOVA O.I., M.D., Ph.D., Chief of the Medical Consulting Department¹;

NOVOZHILOVA E.T., M.D. of the Medical Consulting Department¹;

SHCHUKO A.G., Med.Sc.D., Professor, Director¹, Head of the Eye Diseases Department^{2,3};

YURIEVA T.N., Med.Sc.D., Deputy Director for Science¹, Head of the Eye Diseases Department².

¹Irkutsk Branch of S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, 337 Lermontova Str., Irkutsk, Russian Federation, 664033;

²Irkutsk State Medical University, 1 Krasnogo Vosstania Str., Irkutsk, Russian Federation, 664003;

³Irkutsk Institute of Continuing Medical Education, 100 Yubileinyi microdistrict, Irkutsk, Russian Federation, 664079.

Conflicts of Interest and Source of Funding: none declared.

Abstract

PURPOSE: To determine consistent patterns of structural and functional reorganization of the accommodative system in patients with hypermetropia during normal aging and hydrodynamic block formation.

METHODS: The study included 110 patients with low and moderate hypermetropia (220 eyes), divided into 5 groups: young patients, mature patients, elderly patients without evidence of hydrodynamics disturbance, elderly patients with a functional angular block and elderly patients with macrophakia. In addition to the standard ophthalmologic examination all patients underwent ultrasound biomicroscopy, Scheimpflug imaging assessment and pupillometry.

RESULTS: In young patients with hypermetropia the accommodation value depends on the state of the ciliary muscle and the size of the pupil. In patients of mature age the lens dimensions are increased by 15-20%, decreasing the angle of the ciliary body by 24-30%, and the acoustic features of hypertrophy of the circular portion of the ciliary muscle are also found.

Accommodation value correlates with the thickness of the lens ($r=0.53$), the posterior chamber dimensions ($r=-0.45$) and the value of the ciliary body inner apex angle ($r=-0.57$), as well as IOP increase gradient after the load test ($r=0.43$).

Normal aging process involves degenerative changes of the ciliary muscle and there is a strong correlation of accommodation reserve with IOP level ($r=-0.81$; $p=0.001$). When a hydrodynamic block occurs, the increase of the lens mass becomes critical, and hypertrophy of the ciliary muscle is preserved. Thus there is a change in configuration of the internal top of ciliary body and the decrease of apex angle in patients with functional angular block by 30-40%, while in patients with macrophakia it is decreased by 50-60%. Accommodation value in patients with functional angular block correlates with the facility of intraocular fluid outflow ($r=-0.71$; $p=0.021$) and in patients with macrophakia — with IOP level ($r=-0.72$; $p=0.009$).

CONCLUSION: Accommodative system in young patients with hypermetropia is characterized by active participation of the ciliary muscles and pupillary diaphragm. In normal aging hypertrophy of the ciliary muscle is replaced with dystrophy. In patients with hydrodynamic blocks ciliary muscle hypertrophy phenomenon persists, the increase in the lens mass becomes critical, suggesting a disorder of accommodative response regulatory mechanism.

KEYWORDS: hypermetropia, accommodation, functional angular block, angle-closure glaucoma, ciliary muscle, ciliary body, ultrasound biomicroscopy, aging.

Риски развития гидродинамических блоков и закрытоугольной глаукомы (ЗУГ) значительно повышены на глазах с осевой гиперметропией у лиц старшего возраста [1-9].

Установлено, что для функционального ангулярного блока (ФАБ) являются характерными сдвиг иридохрусталиковой диафрагмы кпереди, выпуклый профиль радужки, глубокая задняя камера глаза, переднее положение цилиарных отростков и малое расстояние между радужкой и трабекулой [3]. У пациентов с имеющейся ЗУГ также наблюдаются

смещение цилиарного тела кпереди, уменьшение глубины передней камеры, при этом происходит уменьшение пространства для цилиарных отростков и увеличение их контакта с радужкой [5-9].

Вместе с тем исследования факторов риска развития ЗУГ, представленные в литературе, опираются на наличие уже сформированных анатомических сдвигов [5, 8, 12-16], тогда как состояние гиперметропического глаза отличает не только более тесная интраокулярная компоновка перилентикулярных структур, но и избыточное напряжение аккомодации,

что в детском возрасте является провоцирующим фактором для развития косоглазия и амблиопии [17-19]. У взрослых пациентов наличие гиперметропии предопределяет более раннее проявление пресбиопии [20-21, 34].

Однако состоянию аккомодационной системы у взрослых пациентов с гиперметропией посвящено не так много работ. Известно, что для улучшения аккомодационного ответа повышается сократительная сила цилиарной мышцы и вследствие этого развивается ее гипертрофия [22-23]. В исследованиях Pucker [24] было показано, что для глаз с гиперметропией слабой и средней степени характерно медленнофазовое напряжение аккомодации, влекущее за собой увеличение объема внутренней верхушки цилиарного тела, обусловленное гипертрофией циркулярной порции цилиарной мышцы. В целом же организация аккомодационной системы у пациентов с гиперметропией изучена недостаточно. Остаются неясными закономерности аккомодационного ответа у пациентов с гиперметропией как в молодом возрасте, так и в процессах нормального (физиологического) и патологического старения.

Выяснение цилиарно-лентикулярных взаимоотношений у пациентов с гиперметропической рефракцией в различных возрастных группах и установление роли аккомодационной нагрузки может стать основой для решения задач профилактики развития гидродинамических блоков и ЗУГ.

Исходя из этого, цель нашей работы — определение закономерностей структурно-функциональной реорганизации аккомодационной системы у пациентов с гиперметропией в процессе нормального старения и при формировании гидродинамических блоков.

Материалы и методы

Группа лиц для исследования была сформирована на добровольных началах, в соответствии с положениями Хельсинкской Декларации Всемирной медицинской ассоциации (1964-2013). Проведено всестороннее исследование переднего отрезка глаза у 110 пациентов с гиперметропической рефракцией (220 глаз). Общими критериями отбора пациентов для исследования были: наличие гиперметропии 1-2 степени (объективная рефракция от +2,0 до +4,0 дптр); острота зрения вдаль не менее 0,8; отсутствие сопутствующей офтальмопатологии; ВГД ниже 21 мм рт.ст.; экскавация диска зрительного нерва не более 0,3 диаметра диска; разница экскавации на обоих глазах не более 0,2 диаметра диска зрительного нерва. В зависимости от возраста (классификация ВОЗ, 2007) и наличия гидродинамических нарушений пациенты были разделены на 5 групп.

1. *Молодые пациенты* без признаков нарушения гидродинамики, возраст в среднем составил $25,0 \pm 2,8$ года.

2. *Пациенты зрелого возраста* без гидродинамических нарушений, средний возраст составил $52,8 \pm 6,3$ года.

3. *Пожилые пациенты* без гидродинамических нарушений, средний возраст $64,4 \pm 5,6$ года.

4. *Пожилые пациенты с ФАБ*, с гидродинамическими нарушениями. Средний возраст — $64,7 \pm 5,1$ года. Степень открытия угла передней камеры (УПК) по классификации Shaffer 1-2. Повышение ВГД (Δ) при проведении водно-позиционной нагрузочной пробы (ВПП) составило в среднем $5,8 \pm 0,4$ мм рт.ст.

5. *Пожилые пациенты с макрофакцией*. Средний возраст — $64,8 \pm 6,7$ года. Степень открытия УПК по классификации Shaffer 0-2. ВГД в покое в пределах нормы, после ВПП повышение ВГД составило в среднем $5,9 \pm 0,5$ мм рт.ст.

Всем пациентам помимо стандартных методов офтальмологического обследования были проведены: ультразвуковая биомикроскопия (Hi-scan) и 3D фотографирование переднего отрезка глаза с помощью ротационной шеймпфлюг-камеры (Pentacam), денситометрия хрусталика (Pentacam), пушиллометрия (OPD scan).

Параметры анатомических структур при выполнении ультразвуковой биомикроскопии (УБМ) определены по критериям, предложенным ранее С. Pavlin и А. Sheppard [23, 25]. Исследованы: положение внутренней вершины цилиарного тела, максимальная толщина цилиарного тела в проекции внутренней вершины (ТЦТmax), угол внутренней вершины цилиарного тела (УВЦТ), угол примыкания «трабекула — радужка» (УТР), расстояние между хрусталиком и внутренней вершиной цилиарного тела (РХВВ), длина передней порции цинновой связки (ЦС). Схематичное отображение регистрации анатомических параметров представлено на *рис. 1*. Для статистического анализа использованы анатомические данные верхнего сегмента глазного яблока в проекции меридиана 12 часов как самого узкого.

Результаты исследований были обработаны с применением компьютерной программы Statistica 6.0. Были вычислены средние арифметические M , стандартные отклонения от среднего s . Проведен сравнительный анализ групп с применением критерия Манна — Уитни и корреляционный анализ по Пирсону.

Результаты и обсуждение

При оценке анатомических взаимоотношений у пациентов с гиперметропией определено, что пространственные размеры хрусталика и цилиарной мышцы соответствуют среднестатистическим показателям популяции, представленным в литературе [14, 23, 26]. Результаты исследования отражены в *табл. 1*.

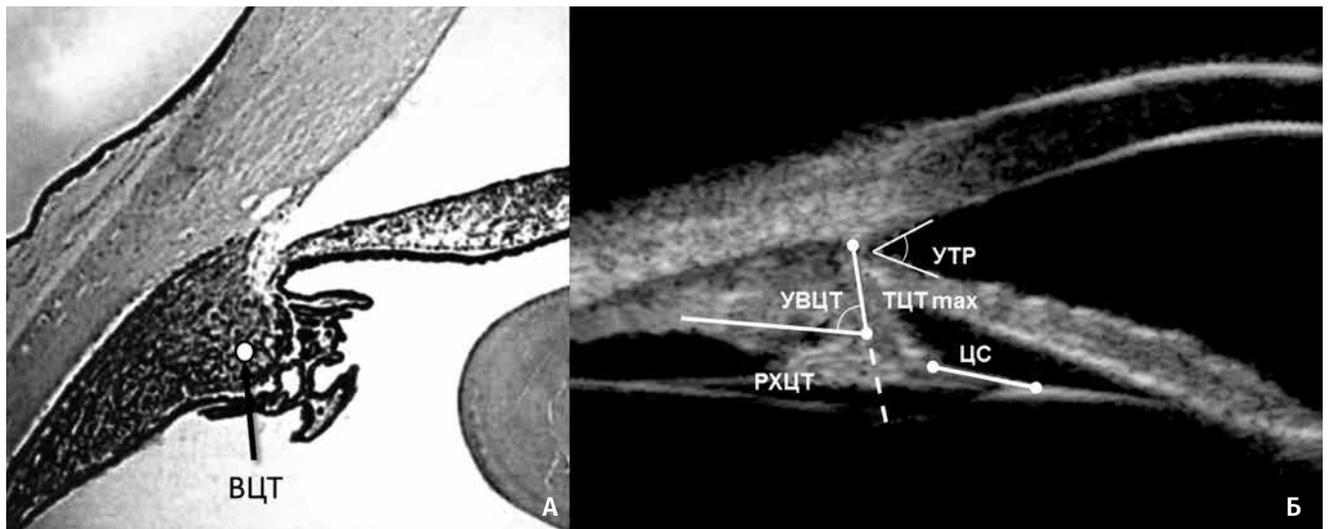


Рис. 1. Иридоцилиарная зона: А — гистологический срез; Б — УБМ-картина со схематичным отражением анатомических параметров. ВЦТ — внутренняя вершина; ТЦТmax — максимальная толщина цилиарного тела в проекции внутренней вершины; УТР — угол примыкания «трабекула-радужка»; УВЦТ — угол внутренней вершины цилиарного тела; РХЦТ — расстояние между хрусталиком и внутренней вершиной цилиарного тела; ЦС — длина передней порции цинновой связки

Таблица 1

Структурно-функциональное состояние глаз у пациентов с гиперметропией (M±s, критерий Манна – Уитни)

Показатели	Молодые пациенты	Пациенты зрелого возраста	Пациенты пожилого возраста		
			пресбиопия	ФАБ	макрофакия
			группа 3	группа 4	группа 5
	группа 1	группа 2	группа 3	группа 4	группа 5
	n=40 глаз	n=60 глаз	n=40 глаз	n=40 глаз	n=40 глаз
ПЗО, мм	22,2±0,4	21,9±1,1	22,1±0,5	22,3±0,2	22,0±0,76
ЗОА, дптр	5,71±3,19	2,11±1,01 p1-2=0,001	1,21±1,08 p1-3=0,0001	1,11±1,08 p1-4=0,0001	1,01±1,04 p1-5=0,0001
Переднезадний размер хрусталика, мм	3,6±0,3	4,2±0,4 p1-2=0,005	4,6±0,1 p1-3=0,0001	4,7±0,2 p1-4=0,0001	5,1±0,2 p1-5=0,0001
ТЦТ max, мм	1,2±0,3	1,3±0,2 p1-2=0,003	1,11±0,2 p1-3=0,005	1,2±0,1	1,2±0,1
Глубина ПК в центре, мм	2,7±0,1	2,1±0,1 p1-2=0,015	2,1±0,1 p1-3=0,0001	1,9±0,1 p1-4=0,0001	1,8±0,3 p1-5=0,01
УВЦТ, град	134,6±16,4	102,7±0,5 p1-2=0,004	115,2±4,7 p1-3=0,0001	97,9±4,1 p1-4=0,005	79,1±1,9 p1-5=0,031
РХЦТ, мм	0,8±0,1	0,8±0,1	1,0±0,1	0,7±0,1 p1-4=0,0001	0,4±0,1 p1-5=0,005
Диаметр зрачка, фотопич., мм	2,92±0,05	2,92±0,09	2,64±0,23 p1-3=0,0001	2,19±0,47	2,98±0,42
Диаметр зрачка, скотоп., мм	3,01±0,22	3,47±0,46 p1-2=0,004	3,01±0,12 p1-3=0,0001	2,4±0,55	2,8±0,51

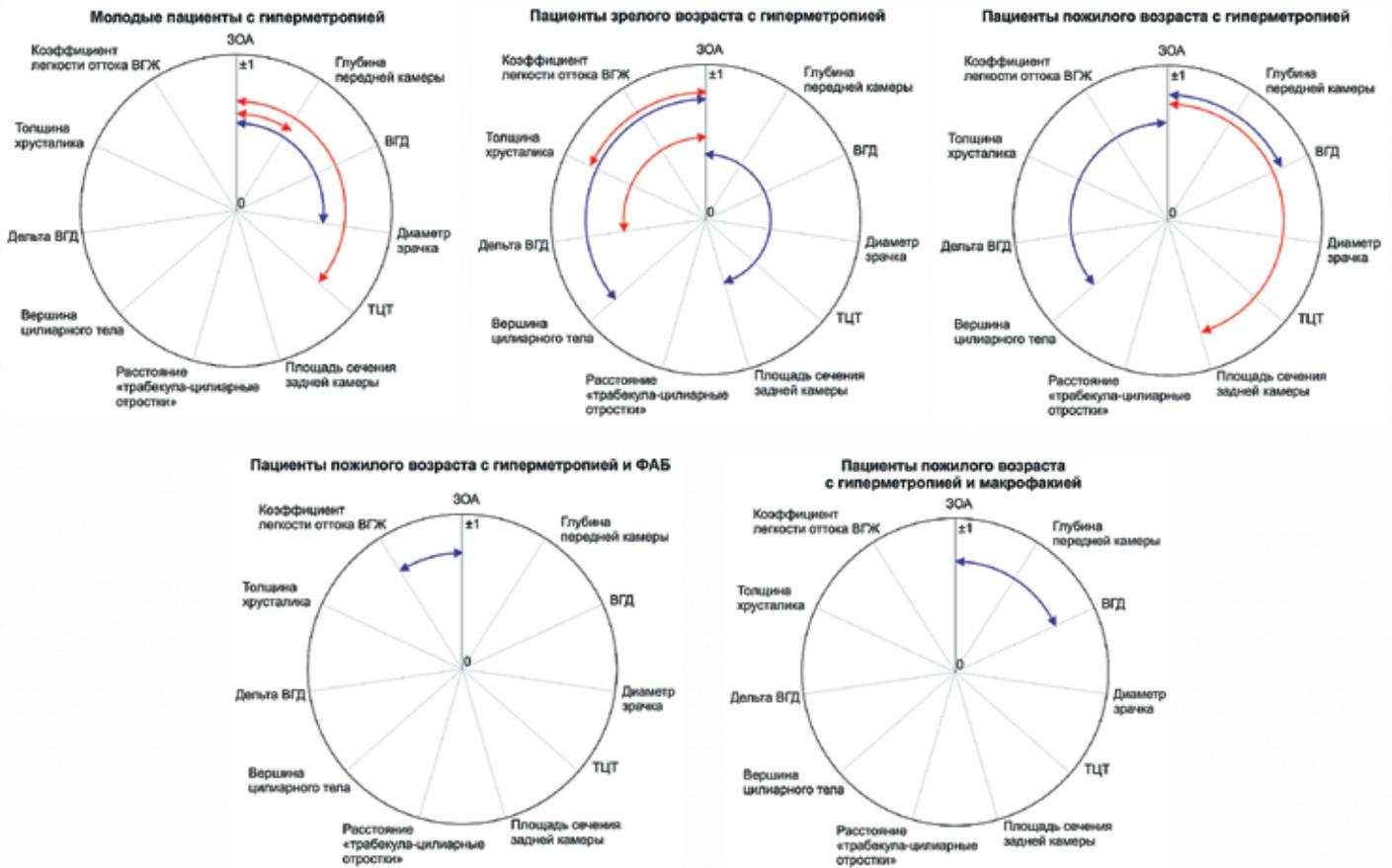


Рис. 2. Корреляционные взаимосвязи запаса относительной аккомодации у пациентов с гиперметропической рефракцией

При более детальном анализе топографической анатомии иридо-цилиарно-лентикулярных взаимоотношений у молодых пациентов установлено, что цилиарное тело визуализируется как гипозоженное однородное образование, с максимальной толщиной от 1,1 до 1,4 мм, расположением внутренней вершины в 1,1-1,5 мм от края трабекулы, угол внутренней вершины при этом составляет от 115 до 136°. Крайне малые значения диаметра зрачка как в фотопических, так и скотопических условиях освещения, с малым диапазоном зрачковой экскурсии, могут быть следствием постоянной тонической аккомодационной нагрузки. Выявлены прочные корреляционные зависимости (рис. 2) запаса относительной аккомодации (ЗОА) с толщиной цилиарного тела в проекции внутренней вершины ($r=0,7$; $p=0,001$), диафрагмальными возможностями зрачка ($r=-0,56$; $p=0,01$) и глубиной передней камеры (ПК) ($r=0,65$; $p=0,002$), что указывает на существенное влияние экстралентикулярных структур на результаты аккомодационного ответа.

У пациентов зрелого возраста наблюдается существенная реорганизация аккомодационной системы, характеризующая развитие пресбиопии. Увеличение размеров хрусталика на 15-20% и усиление его плотности ведет к утрате лентикулярного компонента аккомодации. Вместе с тем установлено

достоверное утолщение цилиарного тела в проекции внутренней вершины. На УБМ-картине данной зоны на гипоэхогенном фоне четко выделяется гиперэхогенная однородная структура, топографически соответствующая циркулярной порции цилиарной мышцы. Также зафиксировано изменение конфигурации верхушки цилиарного тела с уменьшением ее угла на 24-30%, что может свидетельствовать в пользу гипертрофии циркулярной порции ресничной мышцы.

Выявлено, что аккомодационная способность тем выше, чем толще хрусталик ($r=0,82$; $p=0,0001$), чем менее выражена задняя камера ($r=-0,45$; $p=0,042$) и чем меньше угол внутренней вершины цилиарного тела ($r=-0,81$; $p=0,0001$). Помимо этого, определено, что чем выше ЗОА, тем выше градиент повышения ВГД после проведения ВПП ($r=0,53$; $p=0,012$).

В процессе дальнейшего старения наблюдается более выраженный дефицит аккомодации, однако картина цилиарно-лентикулярных взаимоотношений различается в зависимости от наличия или отсутствия гидродинамических нарушений.

У пациентов пожилого возраста, не имеющих гидродинамических нарушений, размеры хрусталика на 27-30% превалируют над показателями молодых пациентов, а толщина цилиарного тела

уменьшена на 7-9%. При этом между экватором хрусталика и внутренней вершиной цилиарного тела сохраняется достаточное расстояние — от 1,2 до 0,9 мм. При проведении УБМ отмечены элементы гипер- и гипоехогенности в структуре цилиарной мышцы, что в совокупности с уменьшением объема цилиарного тела свидетельствует о явлениях дистрофии. Обнаруженные дистрофические изменения цилиарной мышцы могут быть результатом частичного замещения миофибрилл соединительной тканью [29-30, 35, 38].

Результаты корреляционного анализа состояния зрительной системы у пациентов с нормальным старением показывают, что аккомодация остается включенной в процессы нормализации гидродинамики глаза: сохраняются взаимосвязи ЗОА с величиной угла внутренней вершины цилиарного тела ($r=-0,63$; $p=0,02$), с объемом задней камеры ($r=0,75$; $p=0,003$). Одновременно появляется новая прочная отрицательная взаимосвязь ЗОА с уровнем ВГД ($r=-0,81$; $p=0,001$).

Пациенты с ФАБ и макрофакией по возрасту также относятся к пожилым лицам с признаками пресбиопии, однако цилиарно-лентикулярные взаимоотношения у них совершенно иные.

Так, у пациентов с ФАБ наблюдается более выраженное (на 20-25%) увеличение плотности хрусталика в сочетании с измельчением передней камеры, двукратным уменьшением угла примыкания «трабекула — радужка» и изменением конфигурации внутренней вершины цилиарного тела. Верхушка становится более заостренной (угол уменьшен на 30% и более) и более близко расположенной к экватору хрусталика по сравнению с молодыми пациентами. Исходя из УБМ-картины, всей цилиарной мышце присущи признаки выраженной гипертрофии. Установлено наличие сильной корреляционной взаимосвязи между величиной аккомодации и коэффициентом легкости оттока внутриглазной жидкости ($r=-0,71$; $p=0,021$), что указывает на негативное влияние аккомодационной функции на процессы ретенции внутриглазной жидкости.

Формирование макрофакии у пациентов пожилого возраста анатомически проявляется сочетанием критического увеличения размеров хрусталика (на 40-45%), выраженного изменения конфигурации верхушки цилиарного тела и пространственным сдвигом ее вперед. Внутренняя вершина цилиарного тела имеет еще более заостренный верхушечный угол (угол уменьшен на 50-60%) и становится близкорасположенной к хрусталику (расстояние между экватором хрусталика и внутренней вершиной составило всего лишь 0,3-0,5 мм). В этой ситуации величина аккомодации проявляет прочную взаимосвязь с уровнем ВГД ($r=-0,72$; $p=0,009$), что является следствием искаженного аккомодационного ответа.

Таким образом, видно, что исходное структурно-функциональное состояние аккомодационной системы у пациентов с гиперметропией в процессе старения претерпевает значительные изменения.

Нормальное старение характеризуется наличием реакции управляющих систем организма на изменение внешних и внутренних сигналов организма [31, 32, 36, 37].

Из представленных результатов исследования видно, что инволюционные физиологические изменения структур аккомодационной системы глаза проявляются не только прогрессирующим увеличением и уплотнением хрусталика, но и последовательными изменениями цилиарной мышцы. Явления гипертрофии циркулярной порции цилиарной мышцы у лиц зрелого возраста усиливаются, но в последующем сменяются явлениями дистрофии. Выявленная прямая взаимосвязь между величиной аккомодации с уровнем ВГД в условиях гидродинамической нагрузки отражает критичное напряжение аккомодационной системы у пациентов с пресбиопией и подтверждает концепцию взаимодействия аккомодационной системы и системы регуляции ВГД [1, 27, 28].

При патологическом старении с формированием гидродинамических блоков, в отличие от нормальных инволюционных процессов, циркулярная порция цилиарной мышцы остается в гипертрофированном виде, увеличение хрусталиковой массы становится критическим. Проявление гипернатяжения аккомодационного аппарата в данной ситуации позволяет говорить о нарушении характерных для нормального старения управляющих механизмов, что может быть одной из причин формирующихся гидродинамических нарушений.

Выводы

1. Аккомодационная система у молодых пациентов с гиперметропией характеризуется активным влиянием экстралентикулярных структур на результаты аккомодационного ответа.

2. Нормальное старение у пациентов с гиперметропией характеризуется прогрессирующим снижением аккомодации, увеличением и уплотнением хрусталика и последовательностью изменений цилиарной мышцы: явления гипертрофии циркулярной порции цилиарной мышцы у лиц зрелого возраста сменяются явлениями дистрофии в пожилом возрасте. Взаимосвязь между аккомодационной системой и системой регуляции ВГД сохраняется на различных возрастных этапах.

3. Патологическое старение у пациентов с гиперметропией наряду с формированием пресбиопии характеризуется нарушением механизмов управления аккомодационным ответом, сохранением гипертрофии цилиарной мышцы, критическим увеличением хрусталиковой массы, что является основой для формирования гидродинамических блоков.

Литература / References

1. Волков В.В., Котляр К.Е., Светлова О.В., Смольников Б.А. Биомеханические особенности взаимодействия дренажной и аккомодационной регуляторных систем глаза в норме и при контузионном подвывихе хрусталика. *Вестник офтальмологии* 1997; 113(3):5-7. [Volkov V.V., Kotlyar K.E., Svetlova O.V., Smolnikov B.A. Biomechanical features of interaction of drainage and accommodative regulatory systems in health and eye contusion when subluxation of the lens. *Vestn Oftalmol* 1997; 113(3):5-7. (In Russ.)].
2. Аветисов С.Э. Современные подходы к коррекции рефракционных нарушений. *Вестник офтальмологии* 2004; 120(1):19-22. [Avetisov S.E. Current approaches to correcting refractive disorders. *Vestn Oftalmol* 2004; 120(1):19-22. (In Russ.)].
3. Чешейко Е.Ю., Шуко А.Г., Юрьева Т.Н. Критерии дифференциальной диагностики функционального ангулярного блока – латентной стадии закрытоугольной глаукомы. *Вестник Оренбургского государственного университета* 2012; 148(12):10-13. [Chesheyko E.Y., Shchuko A.G., Iurieva T.N. The criteria for the differential diagnosis of functional angular block-latent stage of angle-closure glaucoma. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* 2012; 148(12):10-13. (In Russ.)].
4. Егорова Э.В., Файзиева У.С. Анатомо-топографические особенности иридозонкулярной зоны при прогрессировании катарактальных помутнений по данным ультразвуковой биомикроскопии у пациентов узбекской национальности с первичной закрытоугольной глаукомой. *Глаукома* 2009; 8(1):12-17. [Egorova E.V., Fayzieva U.S. Anatomic-topographic features of iridozonular zone in progressive cataract opacity according to ultrasound biomicroscopy in Uzbek patients with primary angle-closure glaucoma. *Glaucoma* 2009; 8(1):12-17. (In Russ.)].
5. Егорова Э.В., Файзиева У.С. Факоэмульсификация хрусталика в случаях блокады УПК после ранее выполненной лазерной иридэктомии при закрытоугольной глаукоме. *Офтальмохирургия* 2013;(4):6-11. [Egorova E.V., Fayzieva U.S. Phacoemulsification of the lens in the case of an anterior chamber angle block after previously performed laser iridectomy in closed-angle glaucoma. *Ophthalmosurgery* 2013; (4):6-11. (In Russ.)].
6. Нестеров А.П. Глаукома. М.: Медицина, 1995; 288 с. [Nesterov A.P. *Glaukoma* [Glaukoma] Moscow, Medicine publ., 1995. 288 p. (In Russ.)].
7. Barkana Y., Dekel I., Goldich Y., Morad Y., Avni I., Zadok D. Angle closure in Caucasians — a pilot, general ophthalmology clinic-based study. *J Glaucoma* 2012; 21(1):337-341. doi:10.1097/IJG.0b013e31820d7e89.
8. Марченко А.Н., Сорокин Е.Л. Прогностические возможности выявления факторов высокого риска факоморфической глаукомы у лиц с гиперметропической рефракцией. *Офтальмохирургия* 2011; (3):10. [Marchenko A.N., Sorokin E.L. Prognostic capabilities of phacomorphic glaucoma high risk factors identification in patients with hyperopic refraction. *Ophthalmosurgery* 2011; (3):10. (In Russ.)].
9. Ботабекова Т.К., Джуматуева З.А. Особенности формирования блоков при первичной закрытоугольной глаукоме. *Глаукома* 2013;12(1):16-19. [Botabekova T.K., Dzhumatueva Z.A. Specifics of block formation in primary angle-closure glaucoma. *Glaucoma* 2013;12(1):16-19. (In Russ.)].
10. Quigley H.A. Glaucoma: what every patient should know. Part 2. Factors increasing the risk for angle closure glaucoma. Will you go blind? Can glaucoma be cured? How can you help your family avoid glaucoma damage? *Natsional'nyi zhurnal glaukoma* 2014; 13(4):79-84.
11. van Romunde S.H., Thepass G., Lemij H.G. Is Hyperopia an important risk factor for PACG in the Dutch population? — A Case Control Study. *J Ophthalmol* 2013; a630481. doi: 10.1155/2013/630481. Epub 2013 Sep 15.
12. Lowe R.F. Aetiology of the anatomical basis for primary angle-closure glaucoma. Biometrical comparisons between normal eyes and eyes with primary angle-closure glaucoma. *Br J Ophthalmology* 1970; 54(3):161-169. doi: 10.1136/bjo.54.3.161.
13. Ходжаев Н.С., Тимошкина Н.Т., Узунян Д.Г. Возможности ультразвуковой биомикроскопии в диагностике различных форм глаукомы. *Глаукома* 2004; 3(4):3-5. [Khodzhaev N.S., Timoshkina N.T., Uzunyan D.G. Capabilities of ultrasound biomicroscopy in the diagnostics of various forms of glaucoma. *Glaucoma* 2004; 3(4):3-5. (In Russ.)].
14. Юрьева Т.Н. Современные представления о структурно-функциональной организации иридоцилиарной системы. *Медицинская визуализация* 2011; 2(2):44-50. [Yurieva T.N. Modern understanding of the structural and functional organization of iridociliary system. *Medicinskaja vizualizacija* 2011; 2(2):44-50. (In Russ.)].
15. Chen Y.Y., Sheu S.J., Chou P. The biometric study in different stages of primary angle-closure glaucoma. *Eye (Lond)* 2013; 27(9):1070-1076. doi: 10.1038/eye.2013.127.
16. Xu L., Cao W.F., Wang Y.X., Chen C.X., Jonas J.B. Anterior chamber depth and chamber angle and their associations with ocular and general parameters: the Beijing Eye Study. *Am J Ophthalmology* 2008; 145(5):929-936. doi:10.1016/j.ajo.2008.01.004.
17. Копалева В.Г. Глазные болезни. М.: Медицина, 2002; 560 с. [Kopaleva V.G. *Glaznye bolezni* [Eye diseases]. Moscow: Medicine publ., 2002. 560 p. (In Russ.)].
18. Аветисов С.Э., Кащенко Т.П., Шамшинова А.М. Зрительные функции и их коррекция у детей. М.: ОАО «Медицина» 2005; 872 с. [Avetisov S.E., Kashchenko T.P., Shamshinova A.M. *Zritel'nye funktsii ikh korektsiya u detei* [Visual functions and their correction in children]. Moscow: ОАО «Медицина», 2005. 872 p. (In Russ.)].
19. Colburn J.D., Morrison D.G., Estes R.L., Li C., Lu P., Donahue S.P. Longitudinal follow-up of hypermetropic children identified during preschool vision screening. *J AAPOS* 2010; 14(3):211-215. doi: 10.1016/j.jaapos.2010.02.006.
20. Аккомодация. Под ред. Катагариной Л.А. М.: Апрель, 2012; 136 с. [Katargina L.A. eds. *Akkomodatsiya* [Accommodation]. Moscow: Arg Publ., 2012. 136 p. (In Russ.)].
21. Розанова О.И., Шуко А.Г. Пресбиопия. М.: Офтальмология, 2015; 154 с. [Rozanova O.I., Shchuko A.G. *Presbiopija* [Presbyopia]. Moscow: Ophthalmology publ., 2015. 154 p. (In Russ.)].
22. Bailey M.D., Sinnott L.T., Mutti D.O. Ciliary body thickness and refractive error in children. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008; 49(10):4353-4360. doi:10.1167/iovs.08-2008.
23. Sheppard A.L., Davies L.N. In vivo analysis of ciliary muscle morphologic changes with accommodation and axial ametropia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2010; 51(12):6882-6889. doi: 10.1167/iovs.10-5787.
24. Pucker A.D., Sinnott L.T., Kao C.Y., Bailey M.D. Region-specific relationships between refractive error and ciliary muscle thickness in children. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2013;54(7):4710-4716. doi: 10.1167/iovs.13-11658.
25. Pavlin C.J., Foster F.S. *Ultrasound biomicroscopy of the eye*. New York: Springer-Verlag, 1995: 214 p. doi 10.1007/978-1-4612-2470-9.
26. Lossing L.A., Sinnott L.T., Kao C.Y. et al. Measuring changes in ciliary muscle thickness with accommodation in young adults. *Optom Vis Sci* 2012; 89(5):719-726. doi: 10.1097/OPX.0b013e318252cad.
27. Золотарев А.В., Карлова Е.В., Пересыпкин В.П., Павлова О.В., Синеок А.Е. Патогенез первичной открытоугольной глаукомы: роль пресбиопических изменений. *Офтальмохирургия* 2011; (2):81-84. [Zolotarev A.V., Charles E., Peresypkin V.P., Pavlov O.V., Sineok A.E. The pathogenesis of primary open-angle glaucoma: the role of the presbyopic change. *Ophthalmosurgery* 2011; (2):81-84. (In Russ.)].
28. Светлова О.В., Засева М.В., Суржииков А.В., Кошиц И.Н. Развитие теории оттока водянистой влаги и перспективные гипотензивные воздействия. *Глаукома* 2003; 2(1):51-59. [Svetlov O.V., Zaseva M.V., Surzhikov A.V., Koshits I.N. Development of the aqueous humor outflow theory and perspective hypotensive meases. *Glaucoma* 2003; 2(1):51-59. (In Russ.)].
29. Витт В.В. Строение зрительной системы человека. Одесса: Аспринт, 2003; 664 с. [Witt V.V. *Stroenie zritel'noj sistemy cheloveka*. [The structure of the human visual system.] Odessa: Asprint, 2003. 664 p. (In Russ.)].
30. Анисимов В.Н. Молекулярные и физиологические механизмы старения. СПб.: Наука, 2003; 468 с. [Anisimov V.N. *Molekuljarnye i fiziologicheskie mehanizmy starenija*. [Molecular and physiological mechanisms of aging]. St. Petersburg: Nauka publ., 2003. 468 p. (In Russ.)].
31. Timiras S. *Physiological basis of aging and geriatrics*. 4th edition. New York: Informa Healthcare, 2007; 536 p. doi: 10.1201/9781420025187.

32. Крутько В.Н., Подколзин А.А., Донцов В.И. Общие причины, механизмы и типы старения. *Успехи геронтологии* 1997; 28(1):34-40. [Krut'ko V.N., Podkolzin A.A., Dontsov V.I. Common causes, mechanisms and types of aging. *Uspehi gerontologii* 1997; 28(1):34-40. (In Russ.)].
33. Халявкин А.В., Яшин А.И. Нормальное старение как следствие реакции управляющих систем организма на внешние сигналы, не способствующие его полному самоподдержанию. Биологические предпосылки. *Проблемы управления* 2004; 16(4):57-61. [Khalyavkin A.V., Yashin A.I. Normal aging as a result of the reaction control systems of the body to external signals that are not conducive to its full self-maintenance. biological background. *Problemy upravleniya* 2004; 16(4):57-61. (In Russ.)].
34. Курышева Н.И., Федоров А.А., Еричев В.П. Патоморфологические особенности катарактального хрусталика у больных глаукомой. *Вестник офтальмологии*. 2000; 116(2):13-16. [Kuryshcheva N.I., Fedorov A.A., Eriчев V.P. Pathological features of cataract lens in patients with glaucoma. *Vestn Oftalmol* 2000; 116(2):13-16. (In Russ.)].
35. Хорошилова-Маслова И.Р., Ганковская Л.В., Андреева Л.Д., Еричев В.П., Василенкова Л.В., Илатовская Л.В. Экспериментальное изучение ингибирующего действия комплекса цитокинов на заживление раны после фильтрующей операции при глаукоме. Гистопатологические и иммунохимические находки. *Вестник офтальмологии* 2000; 116(1):5-8. [Khoroshilova-Maslova I.R., Gankovskaya L.V., Andreeva L.D., Eriчев V.P., Vasilenkova L.V., Ilatovskaya L.V. Experimental study of the inhibitory effect of cytokines on wound healing after glaucoma surgery. Histopathological and immunochemistry findings. *Vestn Oftalmol* 2000; 116(1):5-8. (In Russ.)].
36. Аветисов С.Э., Полунин Г.С., Шеремет Н.Л., Муранов К.О., Макаров И.А., Федоров А.А. и др. Поиск шапероноподобных антикатарактальных препаратов — антиагрегантов кристаллинов хрусталика глаза. Сообщение 3. Возможности динамического наблюдения за процессами катарактогенеза на «продолженной» модели УФ-индуцированной катаракты у крыс. *Вестник офтальмологии* 2008; 124(2):8-12. [Avetisov S.E., Polunin G.S., Sheremet N.L., Muranov K.O., Makarov I.A., Fedorov A.A. et al. Search chaperone similar anti cataract drugs — antiplatelet agents lens crystallins. 3. Post the ability to dynamically monitor processes cataractogenesis on «prolonged» model of UV-induced cataract in rats. *Vestn Oftalmol* 2008; 124(2):8-12. (In Russ.)].
37. Шмырева В.Ф., Петров С.Ю., Антонов А.А., Сипливый В.И. и др. Метод оценки оксигенации субконъюнктивального сосудистого русла с помощью спектроскопии отраженного света (экспериментальное исследование). *Глаукома* 2008; 2:9-14. [Shmyreva V.F., Petrov S.Yu., Antonov A.A., Sipliviy V.I. et al. Method of evaluation of subconjunctival vascular bed with reflected light spectroscopy (experimental study). *Glaucoma* 2008; 2:9-14. (In Russ.)].
38. Шмырева В.Ф., Зиангирова Г.Г., Мазурова Ю.В., Петров С.Ю. Клинико-морфологическая характеристика дренажной зоны склеры при глаукоме нормального внутриглазного давления. *Вестник офтальмологии* 2007; 123(6):32-35. [Shmyreva V.F., Ziangirova G.G., Mazurova Yu.V., Petrov S.Yu. Clinical and morphological characteristics of the scleral drainage area in normotensive glaucoma. *Vestn Oftalmol* 2007; 123(6):32-35. (In Russ.)].

Поступила 17.09.2015

КАПСУЛОТОМИЯ ИРИДОТОМИЯ СЕЛЕКТИВНАЯ ТРАБЕКУЛОПЛАСТИКА

- Сверхточная высококачественная оптика
- Улучшенная технология Crystal-Q лазерного резонатора
- Интеграция с целевой лампой с 5-ступенчатым увеличением
- Смещение фокуса лазерного луча ± 500 мкм
- Возможность комбинирования с фотокоагулятором
- Инновационная модульная конструкция

Лазерная система
LightLas SeLecTor Deux

**YAG/SLT – ДВОЙНОЙ УДАР
ПО ГЛАУКОМЕ**

Stormoff®

Tel.: (495) 780-0792, 780-7691, 956-0557
www.stormoff.com; optik@stormoff.com



LIGHTMED USA
Enlightening Vision