

Обзоры

© ПЕРШИН К.Б., 2016
УДК 617.753.353.4-089

Першин К.Б.

ХИРУРГИЧЕСКАЯ КОРРЕКЦИЯ ПРЕСБИОПИИ — СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

Клиника «Эксимер», ООО «Современные медицинские технологии», 109147, г. Москва, Россия

♦ В статье представлен обзор современных данных литературы по хирургической коррекции пресбиопии. Приведены данные о социальной значимости пресбиопии наряду с другими нарушениями рефракции. К методам, использующим монозрение, относятся термокератопластика и модификация — лазерная и радиочастотная термокератопластика, имеющие ряд недостатков. К кераторефракционным методам коррекции пресбиопии относятся эксимерлазерная абляция роговицы в виде LASIK или ФРК, а также INTRACOR, в принцип которой заложено создание интрастромальных концентрических колец в центральной оптической зоне роговицы. Недостатком INTRACOR является относительно высокая стоимость процедуры в связи с использованием фемтосекундного лазера. Имплантация инлаев (искусственных устройств) в роговицу позволяет корригировать пресбиопию с меньшими финансовыми затратами, однако для ее выполнения существует ряд противопоказаний. К группе склеральных операций для коррекции пресбиопии относят операции Торнтон и Шахара, однако в настоящее время они практически не применяются. Наиболее адекватным способом коррекции пресбиопии можно считать имплантацию ИОЛ, в том числе аккомодирующих, мультифокальных и монофокальных по принципу монозрения. Подробно рассмотрены преимущества и недостатки имплантации различных видов интраокулярных линз.

Ключевые слова: обзор; пресбиопия; термокератопластика; кераторефракционная хирургия; INTRACOR; инлаи; имплантация ИОЛ.

Для цитирования. Першин К.Б. Хирургическая коррекция пресбиопии — современные возможности. *Российский медицинский журнал.* 2016; 22 (3): 146—152. DOI 10.18821/0869-2106-2016-22-3-146-152.

Для корреспонденции: Першин Кирилл Борисович, доктор медицинских наук, профессор, академик РАЕН, профессор кафедры офтальмологии ФГОУ ИПК ФМБА России, медицинский директор сети офтальмологических клиник «Эксимер», 109147, Москва, E-mail: kpershin@mail.ru

Pershin K.B.

THE SURGERY CORRECTION OF PRESBYOPIA: THE MODERN POSSIBILITIES

The clinic «Excimer» of «Modern medical technologies», 109147, Moscow, Russia

♦ The article presents review of actual publications' data concerning surgical correction of presbyopia. The data is presented related to social significance of presbyopia alongside with other disorders of refraction. The techniques applying monovision include thermokeratoplasty and such its modification as laser and radio-frequency thermokeratoplasty. All of them have number of deficiencies. The excimer-laser ablation of cornea in the form of Laser-Assisted in Situ Keratomileusis (LASIK) or Photorefractive keratectomy (PRK) are considered as kerato-refractive techniques of correction of presbyopia. The femtosecond laser intrastromal correction of presbyopia (INTRACOR) is also labeled as kerato-refractive technique of correction of presbyopia and it is based on making intrastromal concentric rings in the central optical zone of cornea. The deficiency of INTRACOR is a relatively high cost of procedure due to application of femtosecond laser. The implantation of inlays (artificial devices) into cornea permits correcting presbyopia with less financial expenses. However, there are number of contraindications for implementing. The Tornton and Schachar operations are referred to the group of sclerotic operations of correcting presbyopia. However, nowadays these interventions are practically out of application. The implantation of intraocular lenses, including accommodating, multi-focal and monofocal by the principle of monovision ones, can be considered as the most adequate mode of correction of presbyopia. The advantages and disadvantages of implantation of various types of intraocular lenses are considered in detail.

Keywords: reviews; presbyopia; thermokeratoplasty; kerato-refractive surgery; INTRACOR; inlays; implantation of intraocular lens.

For citation: Pershin K.B. The surgery correction of presbyopia: the modern possibilities. *Rossiiskii meditsinskii zhurnal (Medical Journal of the Russian Federation, Russian journal).* 2016; 22(3): 146—152. (In Russ.) DOI 10.18821/0869-2106-2016-22-3-146-152.

For correspondence: Kiril B. Pershin, doctor of medical sciences, RANS academician, professor of chair of ophthalmology the institute of post-graduate training of the Federal medical biological agency of Russia, medical director of «Excimer» ophthalmologic clinics network, 109147, Moscow, Russia, E-mail: kpershin@mail.ru

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study had no sponsorship.

Received 07.07.15
Accepted 29.09.15

Пресбиопия (возрастная дальнозоркость) — естественный процесс возрастного снижения аккомодационных возможностей хрусталика человека, в результате становится невозможной зрительная работа на близком расстоянии без дополнительной коррекции. Наряду с миопией, гиперметропией и астигматизмом, пресбиопия относится к рефракционной патологии гла-

за. Сюда же можно отнести афакию — состояние глаза после удаления катаракты. До середины прошлого века единственным способом лечения рефракционных отклонений была очковая коррекция, к которой в скором времени добавились контактные линзы. В 1949 г. доктор Баракер предложил операцию кератомилез для хирургического лечения рефракционных отклонений путем

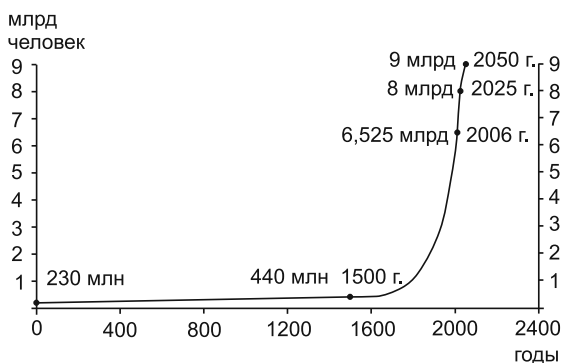


Рис. 1. Рост населения Земли.

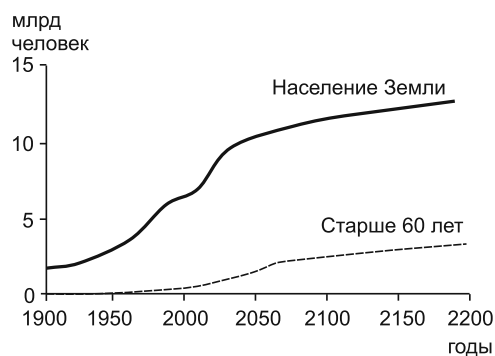


Рис. 2. Изменение возрастного состава населения Земли.

изменения кривизны роговицы. Однако только после работ С.Н.Федорова и с появлением операции кератотомии появилось отдельное направление в офтальмохирургии — рефракционная хирургия, а операции по хирургической коррекции миопии стали реально массовыми (миллионы прооперированных пациентов по всему миру). Появление эксимерных и фемтосекундных лазеров, новых материалов и технологий, развитие микрохирургии катаракты (бесшовная факоэмульсификация, современные мягкие интраокулярные линзы и т. д.) сделали рефракционную хирургию реальной альтернативой очковой и контактной коррекции по уровню эффективности, безопасности, стабильности получаемых результатов, не говоря о качестве зрения и жизни.

Экспоненциальный рост населения (рис. 1 и 2) и увеличение продолжительности жизни, а что самое главное — активной жизни, бурный рост IT-технологий и компьютерной техники значительно повысили требования к качеству зрения у людей пресбиопического возраста (40—45 лет и старше).

На популяционной пирамиде России 2015 г. видно, что эта группа населения вторая по численности, а к 2025 г. она будет самой многочисленной (рис. 3). Эта тенденция характерна для всех развитых стран мира, поэтому поиск оптимальных методов хирургической коррекции пресбиопии, безопасность вмешательства, скорость восстановления зрительных функций, стабильность и предсказуемость рефракционного результата, качественные характеристики зрения становятся основными трендами развития рефракционной хирургии в последнее время.

Современная хирургия катаракты также стала рефракционной. Это значит, что целью операции является не только восстановление прозрачности оптических сред и послеоперационной коррекции «толстыми» очками (+12,0 дптр), как было до 60—70-х годов прошлого века, не только восстановление того зрения, которое было до развития катаракты, как было в конце XX века. Хирургия XXI века подразумевает не только исправление предшествующих отклонений рефракции (миопии, гиперметропии, астигматизма), но и коррекции пресбиопии.

Итак, сегодня все способы коррекции пресбиопии можно представить следующим образом:

- ◆ Очки
- ◆ Контактные линзы
- ◆ Хирургия роговицы
- ◆ СК, PRK, LASIK, Inlays, KAMRA, INTRACOR, PresbyLASIK, SUPRACOR
- ◆ Хирургия склеры

- ◆ Scleral Expansion Bands, Laser Presbyopia, Reversal (LARP), ScleroTomia
- ◆ Хирургия хрусталика
- ◆ Мультифокальные интраокулярные линзы (ИОЛ), аккомодационные ИОЛ, факичные ИОЛ
- ◆ Внутрехрусталиковая фемтоабляция

На рис. 4 схематически отражены методы хирургического лечения пресбиопии, применяемые сегодня. Одни из них уже утратили свою актуальность из-за доказанной неэффективности, другие находятся в стадии экспериментальных или клинических испытаний.

Любая рефракционная или катарактальная хирургия в возрасте после 40 лет сегодня должна каким-то

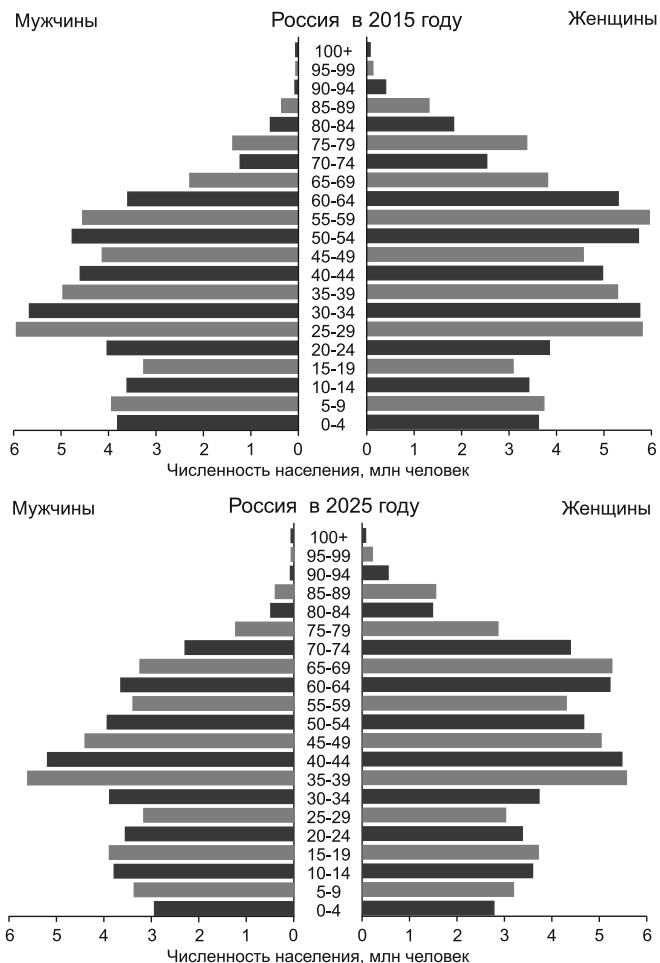


Рис. 3. Популяционная пирамида РФ 2015 г. и прогноз на 2025 г.
 Источник: Федеральное бюро переписи населения (США).
<http://www.census.gov/ipc/www/idb/country.php>.

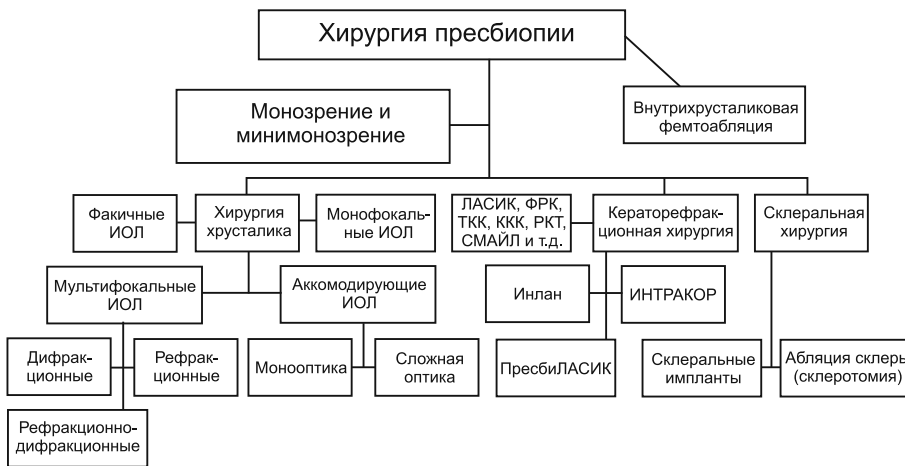


Рис. 4. Хирургические методы коррекции пресбиопии (Першин К.Б., Пашинова Н.Ф. Ярославль, 2015).

образом решать проблему пресбиопии. Самое простое решение — это согласие пациента пользоваться очками для близи или дали в зависимости от профессиональной деятельности и других особенностей стиля жизни (вождение автомобиля, хобби, спорт и т. д.).

Однако если все-таки стоит задача максимальной независимости от очков, то первым методом, о котором необходимо задуматься — это монозрение. Подход, при котором ведущий глаз (доминантный) корригируется до эметропии (т. е. максимальное зрение вдаль), а на парном глазу (неведущем) планируется миопия в $2,0 \pm 0,5$ дптр. Таким образом мы получаем запланированную анизометропию, и при бинокулярном зрении пациенту не требуется коррекция ни для дали ни для близи, а очками он будет пользоваться в специфических ситуациях (ночное вождение автомобиля, длительное чтение в условиях плохой освещенности и т. п.). Успех в этом случае зависит от возможности и точности определения доминантного глаза, индивидуальных способностей подавления размытого изображения, возраста, особенностей стереозрения и фории.

Несомненным преимуществом такого подхода является достижение удовлетворительного зрения на всех расстояниях без очковой коррекции. К недостаткам можно отнести: снижение бинокулярной остроты зрения, стереозрения, глубины фокуса, контрастной чувствительности, снижение зрения на среднем расстоянии, трудности вождения в темное время суток, ореолы и боковые засветы при недостаточном механизме подавления. К косвенным преимуществам также можно отнести возможность моделирования послеоперационного эффекта с помощью контактных линз (если позволяет дооперационная острота зрения) и возможность докоррекции в случае непереносимости анизометропии пациентом. Для того чтобы снизить недостатки монозрения, можно уменьшить степень анизометропии, т. е. разницы между глазами до $0,75$ дптр — минимонозрение. Однако в этом случае снижается качество зрения на каком-либо расстоянии, например: на ведущем глазу эметропия, на парном миопия $-0,75$ или $-1,0$, тогда пациент хорошо видит вдаль и на среднем расстоянии, но для работы вблизи понадобится дополнительная коррекция.

Для лечения гиперметропии С.Н.Федоровым и соавт. был предложен метод термокератопластики — коагуляция волокон коллагена роговицы в средней периферии и как результат усиление роговицы в центре. Современ-

ными методиками, использующими тот же принцип, являются лазерная термокератопластика (ЛТК) [1] и радиочастотная кератопластика (Conductive Keratoplasty — СК) (рис. 5 см. на 3-й странице обложки). При лечении пресбиопии в этом случае используют принцип монозрения со всеми преимуществами и недостатками, обсужденными выше. К преимуществам этих методик можно отнести неполостной характер вмешательства. Специфические недостатки заключаются в том, что они показаны только при гиперметропии и эметропии, индуцируемом астигматизме и неправильном астигматизме, регрессе эффекта, прогрессировании пресбиопии [2].

Вообще, оперируя роговицу в случае пресбиопии, мы изменяем стабильную ткань роговицы, которая очень незначительно изменяется с возрастом, с целью воздействовать на нестабильную ситуацию в хрусталике, изменения в котором происходят постоянно. Именно поэтому, на мой взгляд, несмотря на то что эти методики разрешены FDA, в клинической практике они используются все реже и реже.

Наиболее массовая рефракционная операция на сегодня в мире это эксимерлазерная абляция роговицы в виде ЛАСИКа (лазерный кератомилез *in situ*) или ФРК (фоторефрактивная кератэктомия). Отработанная методика, возможность докоррекции позволяют довольно широко применять ее в хирургической коррекции пресбиопии в двух направлениях. В виде обычных операций (LASIK, PRK) и монозрения и в виде формирования асферической поверхности роговицы (мультифокальной) на одном глазу, как правило, неведущем (рис. 6).

Есть два подхода к применению методики монозрения:

- ♦ при формировании зоны для дали в центре роговицы мультифокальность создается на доминантном глазу, а парный корригируется до миопической рефракции;
- ♦ при формировании центральной зоны для зрения вблизи, наоборот, мультифокальность создается на недоминантном глазу, а доминантный корригируется до эметропии.

Наряду с известными, но довольно редкими осложнениями эксимерлазерных кераторефракционных операций (помутнение роговицы (хэйз), DLK, врастание эпителия, индуцированная кератоктазия, регресс эффекта и т. д.), снижение максимально корригированной остроты зрения [3, 4], специфическим недостатком мультифокальности роговицы являются индуцированные aberrации высшего порядка, влияющие на качествен-

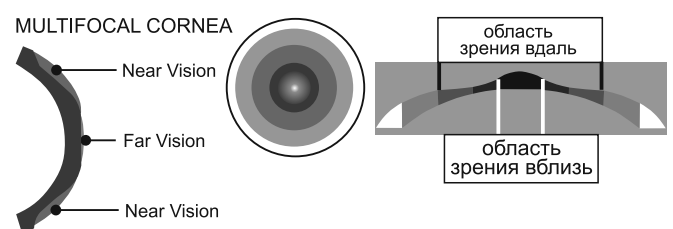


Рис. 6. Варианты распределения зон для дали и близи при мультифокальной абляции роговицы.

ные характеристики зрения (снижение контрастной чувствительности), и появление фотопических жалоб (боковые засветы, хало, глэр, монокулярное двоение, радужные круги вокруг светящихся объектов в мезопических условиях) [5].

Опять же мы получаем стабильный результат (относительно стабильное изменение формы роговицы) в нестабильной ситуации прогрессирования пресбиопии за счет изменений в хрусталике. Отсроченным недостатком всех кераторефракционных вмешательств являются трудности расчета оптической силы ИОЛ и некоторые ограничения в выборе дизайна оптики ИОЛ, когда требуется удалять катаракты прооперированным ранее пациентам.

Другим способом изменить сферичность роговицы является процедура INTRACOR. Фемтосекундным лазером на неведущем глазу создается пять интрастромальных концентрических колец в центральной оптической зоне роговицы (глубже боуеновой мембраны и не достигая десцеметовой) диаметром от 0,9 до 3,2 мм, что приводит к укручению и соответственно усилению рефракции роговицы в оптической зоне (рис. 7 см. на 3-й странице обложки).

Первые клинические результаты появились в 2009 г. [6] и были очень обнадеживающими. Практически единственным недостатком методики было то, что она показана только эметропам и слабым гиперметропам (от +0,5 до +1,5 дптр) и требует дорогого оборудования (фемтосекундный лазер). Однако в более поздних работах появились сообщения об индуцированных кератоктазиях после операции [7] и о потере максимально скорректированной остроты зрения вдаль у 7% пациентов и снижении контрастной чувствительности [8, 9], поэтому для окончательной оценки эффективности методики требуются дальнейшие исследования и более отдаленные результаты.

Следующей группой вмешательств по поводу коррекции пресбиопии являются операции имплантации инлаев (Inlays). Этим термином обозначаются искусственные устройства, имплантируемые в роговицу, что приводит к изменению оптической силы роговицы в центре (т. е. мультифокальности) или эффекту диафрагмирования и соответственно увеличению глубины фокуса изображения на недоминантном глазу. Они могут различаться по материалу изготовления, механизму действия и дизайну конструкции. По механизму действия могут быть рефракционные инлаи, когда имплантируемое устройство обладает оптической силой, могут ремоделировать (усиливать в центре) форму роговицы и служить диафрагмой с малой апертурой. Коммерчески доступные инлаи представлены на рис. 8, в России сертифицирован только один из них — KAMRA Inlay (Acufocus Inc.). Технически несложная операция состоит из формирования кармана в строме роговицы с помощью микрокератома или фемтосекундного лазера и имплантации в этот интерфейс инлая (рис. 9 см. на 3-й странице обложки).

К преимуществам инлаев можно отнести относительную простоту хирургической техники, обратимость, возможность замены и неполостной характер

Показатель	AcuFocus Hydragel Lens®	Biovision Invue™ Intracorneal Microlens System	AcuFocus ACI 7000®	ReVision Optics PresbyLens®
Толщина	0,03—0,006 мм	20 мкм	10 мкм	10 мкм
Диаметр	1,8—2,2 мм	3,0 мм	3,8 мм	1,5 мм
Материал	45% hydrogel (Hefilcon-A)	78% water-permeable biocompatible hydrogel	Kynar (opaque polymer) with a small central aperture	Micro-porous hydrogel (Nutrepore) for permeability of nutrients within the cornea

Рис. 8. Виды инлаев. (Dr Moshegov presentation on: Advances in presbyopia treatment Published in: Health & Medicine 14.03.2011).

процедуры, быстрый и прогнозируемый результат [10]. К недостаткам относятся сложность определения оптического центра, который может не совпадать ни с центром зрачка, ни с центром роговицы [11]; манипуляции в зрительной оси; влияние на качество зрения вдаль и снижение максимально корригируемой остроты зрения [12]; осложнения, связанные с роговичным интерфейсом (смотри выше LASIK); недостатки монозрения вообще (см. выше) и возможность смещения инлая.

Восстановление аккомодационной способности хрусталика путем воздействия на склеру было предложено Торнтоном в виде склеротомии [13]. На рис. 10 представлен схематически механизм действия склеротомии по Торнтону.

Эффект от этой процедуры был временным и плохо предсказуемым. Современной модификацией этой операции, использующей тот же механизм воздействия на аккомодационные возможности хрусталика при пресбиопии, является LARP (Laser Assist Presbyopia Reversal), при которой ослабление и растяжение склерального кольца в области цилиарного тела достигается с помощью специального инфракрасного эрбиевого ИАГ-лазера.

В конце XX века доктор Шахар предложил свою теорию аккомодации и на ее основе операцию по ее восстановлению при пресбиопии [14]. На рис. 11 (см. на 3-й странице обложки) продемонстрирован механизм действия операции Шахара — SEB (Scleral Expansion Band) — имплантированные в четырех косых сегментах вставки из полиметилметакрилата в области цилиарного тела растягивают, по мнению автора, склеральное кольцо, тем самым увеличивая пространство для действия цинновых связок и восстанавливая аккомодацию.

Разные модификации операций Шахара и Торнтон технически несложны, есть работы, подтверждающие эффект восстановления аккомодации до 2,0 дптр, однако специфические осложнения (кисты, дефекты склеры, атрофия радужки), сомнительный эффект и регресс, отмеченный большинством исследователей [15, 16], при-

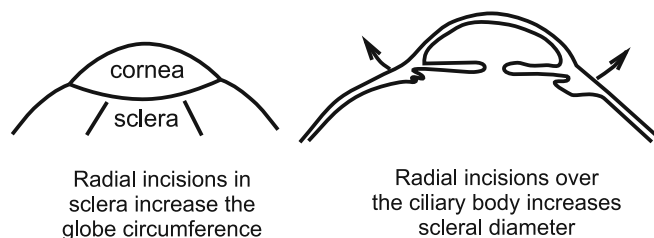


Рис. 10. Склеротомия по S. Thornton.

вели к тому, что сегодня они практически не используются с целью лечения пресбиопии.

Какой бы теории аккомодации мы ни придерживались, ясно, что причина ее возрастного снижения и соответственно развития пресбиопии находится в хрусталике. Поэтому логично и воздействовать на хрусталик для лечения пресбиопии. Наиболее часто выполняемая операция сегодня — это замена хрусталика на искусственную ИОЛ. В современном ее исполнении (бесшовная факоэмульсификация через самогерметизирующиеся микро разрезы (менее 2 мм) с имплантацией гибкой ИОЛ) признана Всемирной Организацией Здравоохранения самым реабилитирующим хирургическим вмешательством не только в офтальмологии, но и во всей медицине, так как с его помощью не только восстанавливаются утраченные в результате развития катаракты функции, но и устраняются аномалии рефракции, существующие до развития основного заболевания (миопия, астигматизм, гиперметропия, пресбиопия). Восстановление аккомодационных способностей артификального глаза может быть достигнуто следующими способами:

- ♦ имплантация монофокальных ИОЛ по принципу монозрения,
- ♦ имплантация мультифокальной ИОЛ,
- ♦ имплантация аккомодирующей ИОЛ,
- ♦ коррекция пресбиопии другими методами (инлай, INTRACOR, кераторефракционные операции и т. д.) на артификальном глазу.

Имплантация мультифокальных ИОЛ позволяет достичь высокого зрения на разных расстояниях благодаря формированию на сетчатке двух фокусов или более, однако платой за это удобство являются снижение контрастной чувствительности, колебания остроты зрения при изменении освещенности, возникновение фотических (световых) феноменов — повышенной чувствительности к слепящим засветам (glare), проблесков (flashes), вспышек (flare), ореолов светорассеяния вокруг источников света в ночное время суток (halos), особенно в первые недели и месяцы после имплантации [17, 18]. Все это ограничивает применение мультифокальных ИОЛ и повышает требования к отбору пациентов. Наряду с понятными абсолютными противопоказаниями к имплантации мультифокальных ИОЛ, есть область относительных противопоказаний, при этом врач и пациент должны прийти к компромиссному решению и определиться, какими качественными характеристиками зрения можно пожертвовать ради возможности обходиться без очков на всех расстояниях. Вот неполный список относительных противопоказаний: пресбиопы со зрением 1,0 вдаль без коррекции, пресбиопы со слабой миопией — 1,0 вблизи без коррекции, пресбиопы с уже существующими или возможными заболеваниями макулы — высокие миопы, сахарный диабет, глаукома начальной стадии и т. д.; монофокальная ИОЛ в парном глазу, единственный глаз, кераторефракционная хирургия в анамнезе, кератоконус, пациенты после кератопластики, дети, очень узкий или фиксированный зрачок, заболевания макулы, неправильный астигматизм или аберрации высокого порядка, пациенты с нереальными ожиданиями, слабость связочного аппарата глаза или его дефекты, пациенты старшего возраста (80 лет и старше) из-за возрастного снижения контрастной чувствительности, некоторые профессии (дальнобойщики, летчики и т. д.) [19, 20].

Мультифокальные линзы (рис. 12 см. на 3-й странице

обложки) делятся на дифракционные, рефракционные и рефракционно-дифракционные (рис. 13 см. на 3-й странице обложки).

Добавки для близи варьируют от +1,5 до +4,0 дптр в зависимости от рабочего расстояния для близи.

Есть методика, используя которую офтальмохирурги пытаются комбинировать разные ИОЛ на парных глазах одного пациента, добываясь максимального бинокулярного зрения на дальнем, ближнем и среднем расстоянии (Mix&Match) [21]. Другие считают это нецелесообразным и рекомендуют имплантировать одинаковые мультифокальные ИОЛ в парные глаза, чтобы не усложнять и так довольно сложные нейрорецепторные процессы в коре головного мозга человека. Достигаемую в этих случаях аккомодацию называют псевдоаккомодацией, так как она не похожа на физиологическую. Суммировать преимущества и недостатки мультифокальной коррекции можно следующим образом. Преимущества: высокое зрение вдаль и вблизи, отработанная технология факоэмульсификации, относительная стабильность, возможность докоррекции (добавочные ИОЛ, кераторефракционная хирургия).

Недостатки: снижение контрастной чувствительности, фотопические феномены, нейроадаптация, высокие требования к диагностике, хирургии, коррекции астигматизма и расчету ИОЛ.

В отличие от псевдоаккомодирующих мультифокальных ИОЛ монофокальные линзы, изменяющие свое положение в глазу за счет работы цилиарной мышцы, можно назвать аккомодирующими ИОЛ. За счет особенностей конструкции самой линзы, работы цилиарной мышцы, изменения объема полости стекловидного тела и гидродинамики происходит перемещение ИОЛ внутри глаза в переднезаднем направлении и соответственно изменение рефракции глаза (рис. 14 см. на 3-й странице обложки). К сожалению, все существующие модели таких линз не имеют достаточного объема аккомодации, чтобы обеспечить высокое зрение на ближнем расстоянии. Аккомодационные возможности этих ИОЛ оцениваются разными авторами от 0 до 1,5 дптр, что в лучшем случае может обеспечить хорошее зрение на среднем расстоянии [22, 23].

За аккомодирующие ИОЛ: преимущества монофокальной оптики по сравнению с мультифокальной, отработанная технология факоэмульсификации, относительная стабильность, возможность докоррекции (кераторефракционная хирургия).

Против: пока нет ИОЛ с достаточной аккомодацией; нейроадаптация; высокие требования к диагностике, хирургии, коррекции астигматизма и расчету ИОЛ.

Для того чтобы увеличить аккомодационную амплитуду в ИОЛ, сегодня разрабатываются несколько направлений.

1. Двойная оптика

Положительная и отрицательная линзы, перемещаясь относительно друг друга, дают большую аккомодационную амплитуду, чем одна оптическая поверхность (рис. 15 см. на 4-й странице обложки) [24, 25].

Теоретически такая линза должна обеспечивать 2,4—2,5 аккомодации при перемещении оптики на 1 мм вне зависимости от диоптрийности самой ИОЛ, что в 2 раза больше, чем при таком же перемещении обычной аккомодационной ИОЛ средней диоптрийности (18—22 дптр). Первые клинические испытания показали обнадеживающие результаты — средний объем

аккомодации 3,2 дптр (от 1,0 до 5,0 дптр). На сегодня в мире имплантировано около 1000 таких линз, однако у разных авторов есть диаметрально противоположные мнения об эффективности коррекции пресбиопии линзами с двойной оптикой: от восторженных — ИОЛ обеспечивает отличное зрение без очков на всех расстояниях в отдаленном периоде наблюдения [26], до умеренных — ИОЛ обеспечивает хорошее зрение вдаль и на среднем расстоянии, но в некоторых случаях для близи необходимы очки +1,0 дптр [27], и полностью отрицательных — ИОЛ перестает работать через 3 мес после имплантации, поэтому ее сняли с производства из-за ее неэффективности в 2014 г. и сейчас работают над новым дизайном [28].

2. Деформационная оптика

Принцип основан на изменении кривизны поверхности мягкого материала при его взаимодействии с более жестким каркасом (рис. 16 см. на 4-й странице обложки). Теоретически возможная аккомодация до 50 дптр. У первых пациентов, которым была имплантирована подобная ИОЛ, объем аккомодации был около 10 дптр [29].

Как и в других аккомодационных ИОЛ, изменения в ней происходят под воздействием цилиарной мышцы. Технология находится в стадии первичных клинических испытаний и требуются отдаленные результаты ее эффективности.

3. Гидродинамическая аккомодация

a) FluidVision IOL (PowerVision, Belmont, Calif.) — при физиологическом механизме аккомодации жидкость внутри ИОЛ выдавливается из периферии в центральную оптическую часть и меняет кривизну ее поверхности (рис. 17 см. на 4-й странице обложки), теоретически возможная аккомодация — 5,0 дптр. Технология находится на стадии экспериментальных исследований на животных моделях [30].

б) LiquiLens (Vision Solutions) — внутри ИОЛ находятся две несмешивающиеся жидкости с разными коэффициентами преломления. В нижней части (3/4) находится жидкость с низким рефракционным индексом, обеспечивающим зрение вдаль при горизонтальном расположении глаза. В верхней части (1/4) жидкость с высоким рефракционным индексом обеспечивает зрение вблизи при взгляде вниз (рис. 18 см. на 4-й странице обложки) [31, 32].

4. SmartLENS (Medennium Inc.) (рис. 19 см. на 4-й странице обложки). Заполнение хрусталиковой капсулы полимерным гелем из термодинамического гидрофобного акрила

Инъектируется через 2-миллиметровую канюлю в передний капсулорексис нормального размера и заполняет капсульный мешок, обеспечивая физиологический механизм аккомодации [33—35].

Нет данных о возможности фармакологически влиять на пресбиопию, однако есть первые результаты о воздействии фемтосекундного лазера на хрусталик и его «размягчение» с возможным восстановлением аккомодации и сохранением его прозрачности [36—38].

Пресбиопия является наиболее распространенным офтальмологическим заболеванием, а точнее — состоянием, встречающимся у 100% населения, из-за его старения процент людей, требующих коррекции этого состояния, увеличивается. Это хроническое состояние с «медленным, неопределенным началом». Оно отмечается у 100% лиц в возрасте 50 лет, если принимать во внимание глубину фокуса глаза. Возраст возникновения

пресбиопии не зависит от пола, субъективно люди маленького роста отмечают более раннее появление пресбиопии из-за того, что у них короче руки. Мы переживаем эпоху демографического взрыва, когда за последние 100 лет численность населения Земли увеличилась с 1,5 млрд до 7 млрд. Это уникальное событие, которое человечество не переживало со времен неолита, т. е. 4 млн лет назад, с момента появления человека как вида. По вероятному сценарию развития человечества, к 2050 г. численность населения земли составит 13 млрд, после чего наступит демографическая стабилизация, которая уже сейчас наблюдается в странах Европы, с выравниванием уровней смертности и рождаемости [39]. Влияние пресбиопии на качество жизни современного человека требует других подходов, чем использование обычных очков для чтения. Изучение хирургической коррекции пресбиопии является захватывающей, высокотехнологичной и быстро развивающейся областью исследований. И хотя мы находимся только в начале этого пути, уже сегодня получаем результаты коррекции пресбиопии, ломающие старые парадигмы и улучшающие качество жизни.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

(п. п. 2, 4—14, 17—19, 21—38 см. References)

1. Мушкова И.А., Антонова Е.Г. Инфракрасная кератопластика (ЛТК) в коррекции аномалий рефракции. В кн.: *Лазерно-оптические технологии в биологии и медицине: Тезисы докладов международной конференции*. Минск; 2004: 26.
3. Баталина Л.В. Клинико-функциональное исследование динамики состояния органа зрения после проведения ЛАСИК при миопии: Дис. ... канд. мед. наук. М.; 2002.
15. Малюгин Б.Э., Багров С.Н., Новиков С.В., Узунян Д.Г., Радованович Л.В. Хирургическое лечение пресбиопии методом супрацилиарной склеротомии. В кн.: *Федоровские чтения 2002: Материалы II научно-практической конференции*. М.; 2002: 236—8.
16. Антонян С.А. Клинико-функциональные результаты коррекции пресбиопии с использованием различных хирургических подходов: Дис. ... канд. мед. наук. М.; 2009.
20. Тахтаев Ю.В. Интраокулярная коррекция аметропий и пресбиопии: Дис. ... д-ра мед. наук. СПб.; 2008.
39. Капица С.П. *Сколько людей жило, живет и будет жить на земле. Очерк теории роста человечества*. М.; 1999.

REFERENCES

1. Mushkova I.A., Antonova E.G. Infrared keratoplasty (LTC) in refraction anomalies correction. In: *Laser and Optical Technologies in Biology and Medicine: Abstracts of the International Conference. [Lazerno-opticheskie tekhnologii v biologii i meditsine: Tezisy dokladov mezhdunarodnoy konferentsii]*. Minsk; 2004: 26. (in Russian)
2. Ayoubi M.G., Leccisotti A., Goodall E.A., McGilligan V.E., Moore T.C. Femtosecond laser in situ keratomileusis versus conductive keratoplasty to obtain monovision in patients with emmetropic presbyopia. *J. Cataract Refract. Surg.* 2010; 36 (6): 997—1002.
3. Batalina L.V. *Clinical and Functional Investigation of Eye Dynamics after LASIK in Myopia Patients: Diss.* Moscow; 2002. (in Russian)
4. Alió J.L., Chaubard J.J., Caliz A., Sala E., Patel S. Correction of presbyopia by technovision central multifocal LASIK (PresbyLASIK). *J. Refract. Surg.* 2006; 22 (5): 453—60.
5. Gifford P., Kang P., Swarbrick H., Versace P. Changes to corneal aberrations and vision after Presbylasik refractive surgery using the MEL 80 Platform. *J. Refract. Surg.* 2014; 30 (9): 598—603.
6. Holzer M.P., Mannsfeld A., Ehmer A., Auffarth G.U. Early outcomes of INTRACOR femtosecond laser treatment for presbyopia. *J. Refract. Surg.* 2009; 25 (10): 855—61.

7. Taneri S., Oehler S. Keratectasia after treating presbyopia with INTRACOR followed by SUPRACOR enhancement. *J. Refract. Surg.* 2013; 29 (8): 573—6.
8. Holzer M.P., Knorz M.C., Tomalla M., Neuhann T.M., Auffarth G.U. Intraström laser femtosecond laser presbyopia correction: 1—year results of a multicenter study. *J. Refract. Surg.* 2012; 28 (3): 182—8.
9. Fitting A., Menassa N., Auffarth G.U., Holzer M.P. Effect of intraström correction of presbyopia with femtosecond laser (INTRACOR) on mesopic contrast sensitivity. *Ophthalmologie.* 2012; 109 (10): 1001—7.
10. George O. Waring IV. Correction of presbyopia with a small aperture corneal inlay. *J. Refract. Surg.* 2011; 27 (11): 842—5.
11. Schwiegerling J.T. Eye axes and their relevance to alignment of corneal refractive procedures. *J. Refract. Surg.* 2013; 29 (8): 515—6.
12. Seyeddain O., Hohensinn M., Riha W., Nix G., Rückl T., Grabner G. et al. Small-aperture corneal inlay for the correction of presbyopia: 3-year follow-up. *J. Cataract Refract. Surg.* 2012; 38 (1): 35—45.
13. Thornton S.P. Anterior ciliary sclerotomy (ACS): a procedure to reverse presbyopia. In: Sher N.A., ed. *Surgery for Hyperopia and Presbyopia*. New York: Williams & Wilkins; 1997: 33—6.
14. Schachar R.A. The mechanism of accommodation and presbyopia. The scleral expansion band procedure. In: Agarwal A., ed. *Presbyopia: a Surgical Textbook*. NJ. SLACK Incorporated; 2002: 37—49.
15. Malyugin B.E., Bagrov S.N., Novikov C.B., Uzunyan D.G., Radovanovich L.V. Presbyopia surgical treatment with the help of supraciliary sclerotomy. In: *Fedorovskaya Read 2002: Materials of II Scientific Conference. [Fedorovskie chteniya 2002: Materialy II nauchno-prakticheskoy konferentsii]*. Moscow; 2002: 236—8. (in Russian)
16. Antonyan S.A. *Clinical and Functional Results of Presbyopia Correction with Use of Different Surgical Approaches: Diss.* Moscow; 2009. (in Russian)
17. Weghaupt H., Pieh S., Skorpik C. Comparison of pseudoaccommodation and visual quality between a diffractive and refractive multifocal intraocular lens. *J. Cataract Refract. Surg.* 1998; 24 (5): 663—5.
18. Dick H.B., Krummenauer F., Schwenn O., Krist R., Pfeiffer N. Objective and subjective evaluation of photic phenomena after monofocal and multifocal intraocular lens implantation. *Ophthalmology.* 1999; 106 (10): 1878—86.
19. Braga-Mele R., Chang D., Dewey S., Foster G., Henderson B.A., Hill W. et al. Multifocal intraocular lenses: relative indications and contraindications for implantation. *J. Cataract Refract. Surg.* 2014; 40 (2): 313—22.
20. Takhtaev Yu.V. *Ametropia and Presbyopia Intraocular Correction: Diss.* St. Petersburg; 2008. (in Russian)
21. Yoon S.Y., Song I.S., Kim J.Y., Kim M.J., Tchah H. Bilateral mix-and-match versus unilateral multifocal intraocular lens implantation: long-term comparison. *J. Cataract Refract. Surg.* 2013; 39 (11): 1682—90.
22. Win-Hall D.M., Glasser A. Objective accommodation measurements in prepresbyopic eyes using an autorefractor and an aberrometer. *J. Cataract Refract. Surg.* 2008; 34 (5): 774—84.
23. Hunter J.J., Campbell M.C., Geraghty E. Optical analysis of an accommodating intraocular lens. *J. Cataract Refract. Surg.* 2006; 32 (2): 269—78.
24. McLeod S.D., Vargas L.G., Portney V., Ting A. Synchrony dual-optic accommodating intraocular lens. Part 1: Optical and biomechanical principles and design considerations. *J. Cataract Refract. Surg.* 2007; 3 (1): 37—46.
25. Ossma I.L., Galvis A., Vargas L.G., Trager M.J., Vagefi M.R., McLeod S.D. Synchrony dual-optic accommodating intraocular lens. Part 2: pilot clinical evaluation. *J. Cataract Refract. Surg.* 2007; 33 (1): 47—52.
26. Larkin H. DUAL-OPTIC IOL Patients exhibit latent accommodation at three years. *EUROTİMES.* 2010; 16 (5): 24.
27. Matteo Piovella, Lynda Charters. Dual-optic lens accommodates vision at all distances. *Ophthalmology Times.* April 01, 2014. Available at: <http://ophthalmologytimes.modernmedicine.com/ophthalmologytimes/content/tags/abbott-medical-optics/dual-optic-lens-accommodates-vision-all-distan?page=full>.
28. Alió J. New Technology IOL: where innovations lies. *Eye World.* Feb. 2015; 58. Available at: <http://www.eyeworld.org/article.php?sid=7639>.
29. Alió J.L., Ben-nun J., Rodríguez-Prats J.L., Plaza A.B. Visual and accommodative outcomes 1 year after implantation of an accommodating intraocular lens based on a new concept. *J. Cataract Refract. Surg.* 2009; 35 (10): 1671—8.
30. Kohl J.C., Werner L., Ford J.R., Cole S.C., Vasavada S.A., Gardiner G.L. et al. Long-term uveal and capsular biocompatibility of a new accommodating intraocular lens. *J. Cataract Refract. Surg.* 2014; 40 (12): 2113—9.
31. Glasser A. Restoration of accommodation: surgical options for correction of presbyopia. *Clin. Exp. Optom.* 2008; 91 (3): 279—95.
32. Fine H. Refractive Surgery and IOLs — future trends. In: Chang D., ed. *Mastering refractive IOLs: the art and science*. SLACK Inc.; 2008.
33. Kohnen T., Koch D., eds. *Cataract and Refractive Surgery*. Springer Inc.; 2005.
34. Fine H., Hoffman R.S., Packer M. Optimizing refractive lens exchange with bimanual microincision phacoemulsification. *J. Cataract Refract. Surg.* 2004; 30: 550—4.
35. de Groot J.H., van Beijma F.J., Haitjema H.J., Dillingham K.A., Hodd K.A., Koopmans S.A. et al. Injectable intraocular lens material based upon hydrogels. *Biomacromolecules.* 2001; 2 (3): 628—34.
36. Myers R.I., Krueger R.R. Novel approaches to correction of presbyopia with laser modification of the crystalline lens. *J. Refract. Surg.* 1998; 14 (2): 136—9.
37. Krueger R.R., Kuszak J., Lubatschowski H., Myers R.I., Ripken T., Heisterkamp A. First safety study of femtosecond laser photodisruption in animal lenses: tissue morphology and cataractogenesis. *J. Cataract Refract. Surg.* 2005; 31 (12): 2386—94.
38. Stachs O., Schumacher S., Hovakimyan M., Fromm M., Heisterkamp A., Lubatschowski H. et al. Visualization of femtosecond laser pulse-induced microincisions inside crystalline lens tissue. *J. Cataract Refract. Surg.* 2009; 35 (11): 1979—83.
39. Kapitsa S.P. *How Many People Lived, Live and Will Live on the Earth. Essay on the Theory of Human Population Growth. [Skol'ko lyudey zhilo, zhivet i budet zhit' na zemle. Ocherk teorii rosta chelovechestva]*. Moscow; 1999. (in Russian)