

О. И. Розанова<sup>1</sup>, А. Г. Щуко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Иркутский филиал МНТК «Микрохирургия глаза»  
им. акад. С. Н. Федорова  
ул. Лермонтова, 337, Иркутск, 664033, Россия

<sup>2</sup> Иркутская государственная медицинская академия  
последипломного образования  
Юбилейный мкр., 100, Иркутск, 664079, Россия

E-mail: olgrozanova@gmail.com

### ИЗМЕНЕНИЕ БИНОКУЛЯРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПРЕСБИОПИИ

Определены закономерности изменения зрительного восприятия при формировании пресбиопии. Обследованы 190 человек с различными видами рефракции в двух возрастных группах: 18–30 и 45–60 лет. Выявлено, что при формировании пресбиопии у лиц с эметропической рефракцией площадь фузионного поля с возрастом уменьшается на 46 %, у больных с миопической рефракцией – на 66, у пациентов с гиперметропией – на 70 %. Уменьшение площади фузионного поля обусловлено снижением как длины, так и ширины поля. Наиболее выраженные потери фузионной способности наблюдаются в зоне конвергенции. Феномен бинокулярной супрессии при формировании пресбиопии можно рассматривать как результат дезадаптации организма к процессам старения. Определение уровня бинокулярного взаимодействия должно быть обязательным на этапе выбора метода коррекции пресбиопии. Оптическая коррекция с целью компенсации потери аккомодации у лиц с пресбиопией должна сопровождаться мерами по улучшению бинокулярного сотрудничества.

*Ключевые слова:* фузия, пресбиопия, бинокулярное взаимодействие.

Решение проблемы пресбиопии (ПБ) является одним из динамично развивающихся направлений офтальмологии. Для коррекции утраченной аккомодации внедряются новые методы лечения. При этом все более широко применяются не только нехирургические методы, такие как прогрессивные очки или мультифокальные контактные линзы [1], но и хирургические. К последним относятся фоторефракционный кератомилез [2], кондуктивная кератопластика [3], имплантация интракорнеальных апертур и оптических линз, факичных интраокулярных линз (ИОЛ) [4], удаление хрусталика с имплантацией мультифокальных [5] и аккомодирующих ИОЛ [6; 7], имплантация склеральных бандажей [8], лазерная модуляция склеры [9] и т. д. Однако, несмотря на многообразие предлагаемых методов, до сих пор остается открытым вопрос о патогенетически обоснованной оптимальной кор-

рекции при ПБ [5; 10]. Стремление компенсировать недостаток аккомодации за счет создания иной оптической системы сталкивается с трудностями адаптации части пациентов к новым оптическим условиям [11], что подчеркивает необходимость детального изучения механизмов формирования ПБ.

По нашему мнению, определено это тем, что до сих пор нет четкого представления о механизмах формирования ПБ, отсутствуют данные о трансформации зрительного восприятия при развитии болезни. Под пресбиопией принято понимать возрастное снижение аккомодации, однако аккомодация является одним из трех компонентов рефлекса на приближение. Поэтому вполне логично предположить, что выпадение одного из составных частей синергетического рефлекса влечет за собой и изменение других компонентов рефлекса на приближение. Именно поэтому для выявления механизмов

формирования ПБ считается необходимым изучение как бинокулярного взаимодействия, так и зрачковой функции.

В литературе отсутствуют данные об уровне бинокулярного взаимодействия при различных рефракционных нарушениях и об его изменении при формировании ПБ. Во многом это обусловлено тем, что наиболее часто используемые методы оценки бинокулярного взаимодействия основаны на принципе жесткой гаплоскопии, направлены на выявление грубых нарушений бинокулярного зрения и не могут оценивать уровень дисфункции в естественных условиях, тогда как предложенный Л. Н. Могилевым (1978) бинариметр позволяет исследовать бинокулярное сотрудничество в естественных условиях, что намного повышает его диагностическую значимость. Позднее И. Э. Рабичев [12] доказал, что мнимый бинокулярный образ, полученный в условиях бинариметрии, является «мерой» бинокулярного взаимодействия. На основе бинариметрии разработана методика проектирования модели условного фузионного поля на различных расстояниях в условиях свободной гаплоскопии – карта бинокулярности 2D [13].

**Цель** исследования – изучить закономерности изменения зрительного восприятия при формировании пресбиопии, в том числе определить значимость изменений бинокулярного взаимодействия.

### Материал и методы

Обследованы 190 человек двух возрастных групп: с 18 до 30 и с 45 до 60 лет. Группа лиц для исследования сформирована на добровольной основе, работа проведена в соответствии с положениями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (1996; 2002). В зависимости от рефракции и возраста пациенты разделены на 6 групп: 1-я группа – лица молодого возраста с эметропией (объективная рефракция  $0,3 \pm 0,1$  D), 2-я – лица молодого возраста с миопией ( $-3,6 \pm 0,3$  D), 3-я – лица молодого возраста с гиперметропией ( $2,7 \pm 0,2$  D), 4-я – лица зрелого возраста с эметропией ( $0,3 \pm 0,2$  D), 5-я – лица зрелого возраста с миопией ( $-3,4 \pm 0,8$  D) и 6-я – лица зрелого возраста с гиперметропией ( $2,8 \pm 0,3$  D). Все пациенты не имели в анамнезе травм и заболеваний органа зрения.

Всем обследованным проводилось всестороннее исследование состояния зрительного анализатора. В монокулярных условиях проведены рефрактометрия, ультразвуковая биомикроскопия, определение максимальной остроты зрения (вблизи и вдаль), определение ближайшей точки ясного видения, периметрия, определение электрической чувствительности сетчатки, визоконтрастометрия, электроретинография (ЭРГ), регистрация зрительных вызванных потенциалов. Для оценки бинокулярных функций проведено определение характера зрения, бинокулярной остроты зрения (вблизи и вдаль), определение запаса относительной аккомодации, стереоостроты, определение величины гетерофории, исследование площади фузионного поля.

Исследование границ условного фузионного поля проводилось по следующей методике. В условиях бинариметрии добивались физиологического двоения, затем при предъявлении парных одиночных объектов достигали устойчивого восприятия бинокулярного зрительного образа. При изменении расстояния между тест-объектами и изменении расстояния от предъявляемых тестов до глаз пациента определяли крайние значения, в пределах которых возможно слияние двойных изображений (рис. 1).

Данные заносили на сетку с делениями, на следующем этапе производился расчет площади фузионного поля ( $S$ ). Нами представлены примеры измерения фузионного поля. Так, у молодого пациента (рис. 2, а) с соразмерной рефракцией площадь фузионного поля составила  $371 \text{ см}^2$ , тогда как у пациента с гиперметропией и пресбиопией (см. рис. 2, б) площадь фузионного поля оказалась всего  $30 \text{ см}^2$ .

Результаты исследований обработаны с применением программы Statistica 6.0, проведено попарное сравнение групп с применением  $U$ -критерия и критерия Колмогорова – Смирнова. Для выявления совокупности наиболее информативных показателей для разделения групп проведен многофакторный дискриминантный анализ.

### Результаты исследования и обсуждение

Характеристика функционального состояния зрительной системы у пациентов в группах исследования представлена в таб-

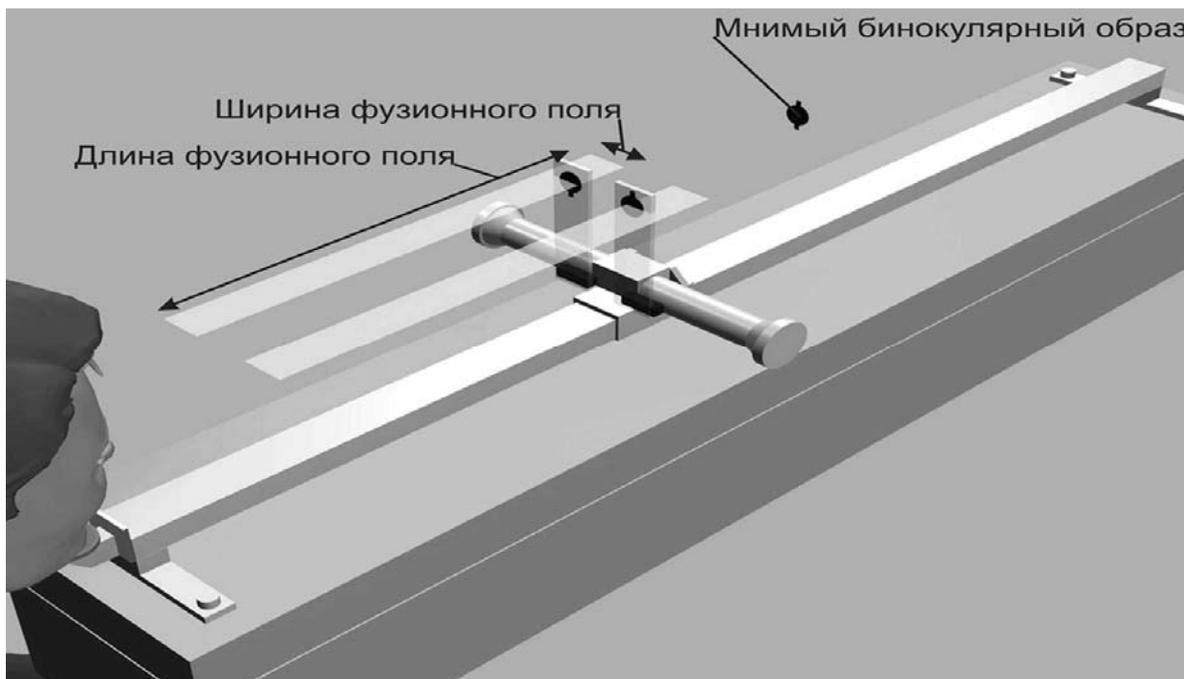


Рис. 1. Определение ширины и длины условного фузионного поля при бинарметрии

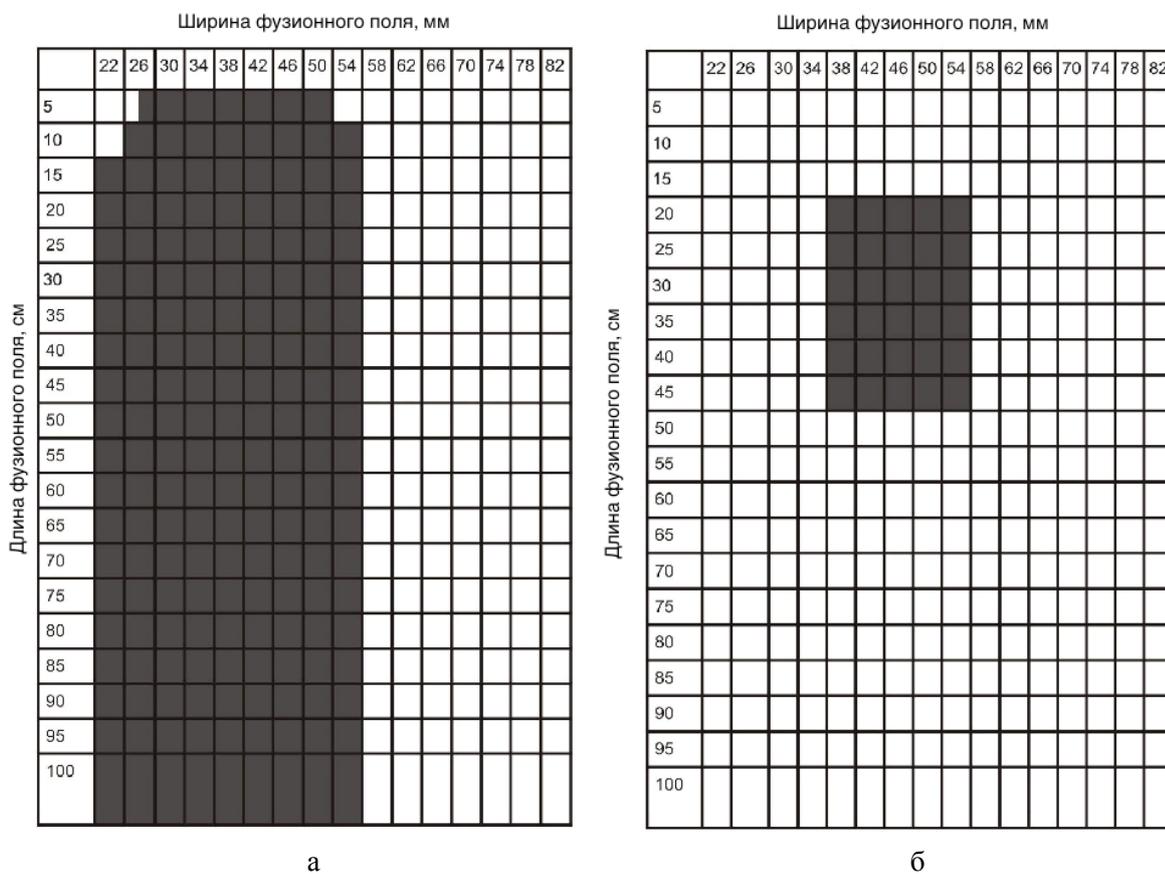


Рис. 2. Карта бинокулярности 2D:  
 а – здоровый человек 18 лет; б – пациент 54 лет с гиперметропической рефракцией и пресбиопией

Показатели деятельности зрительной системы у пациентов с различными видами рефракции при формировании пресбиопии ( $M \pm \sigma$ )

Показатель	Возраст обследованных					
	18–30 лет			40–60 лет		
	1-я группа ( $n=34$ )	2-я группа ( $n=31$ )	3-я группа ( $n=30$ )	4-я группа ( $n=34$ )	5-я группа ( $n=31$ )	6-я группа ( $n=30$ )
Острота зрения бинокулярно вдаль (без коррекции), ед.	$1,12 \pm 0,08$	$0,42 \pm 0,17$	$0,98 \pm 0,01$	$0,98 \pm 0,03$	$0,24 \pm 0,04$ $p_{2-5} < 0,001$	$0,74 \pm 0,06$ $p_{3-6} < 0,05$
Острота зрения бинокулярно вдаль (с коррекцией аметропии), ед.	$1,12 \pm 0,08$	$1,02 \pm 0,05$	$1,01 \pm 0,01$	$0,98 \pm 0,03$	$0,98 \pm 0,01$	$0,91 \pm 0,05$
Поля зрения, в град. суммарно	$528,9 \pm 10,1$	$514,0 \pm 7,4$	$519,0 \pm 10,5$	$517,1 \pm 9,7$	$508,5 \pm 7,4$	$502,4 \pm 5,7$
Величина гетерофории, град.	$-0,66 \pm 0,02$	$-1,97 \pm 0,90$	$0,50 \pm 0,04$	$-1,66 \pm 0,13$	$-2,11 \pm 0,15$	$0,70 \pm 0,05$
Контрастная чувствительность, ед. суммарно в 4 частотах	$25,78 \pm 3,70$	$24,91 \pm 1,23$	$24,70 \pm 2,50$	$20,25 \pm 4,60$	$19,51 \pm 2,13$	$18,43 \pm 2,65$
Запас относительной аккомодации, $D$	$13,6 \pm 1,8$	$10,8 \pm 1,2$	$7,3 \pm 0,6$	$4,1 \pm 0,1$	$2,8 \pm 0,9$ $p_{2-5} < 0,001$	$1,4 \pm 0,1$ $p_{3-6} < 0,001$
Ближайшая точка ясного видения, $10^{-2}$ м	$5,28 \pm 1,98$	$5,92 \pm 2,91$	$6,10 \pm 0,46$	$20,20 \pm 9,51$	$24,60 \pm 5,40$ $p_{2-5} < 0,0001$	$40,90 \pm 0,58$ $p_{3-6} < 0,0001$
Уровень стереозрения, с	$1\ 145,5 \pm 50,5$	$1\ 107,0 \pm 22,0$	$900,0 \pm 34,6$	$1\ 125,0 \pm 25,5$	$905,0 \pm 24,5$ $p_{2-5} < 0,01$	$700,0 \pm 20,5$ $p_{3-6} < 0,01$
Бинокулярный характер зрения (с расстояния 5 м), %	100	100	100	100	100	100
Электрическая чувствительность сетчатки, мкА	$83,00 \pm 5,25$	$86,50 \pm 5,25$	$85,50 \pm 3,50$	$99,50 \pm 0,35$	$99,76 \pm 0,27$	$99,91 \pm 0,38$

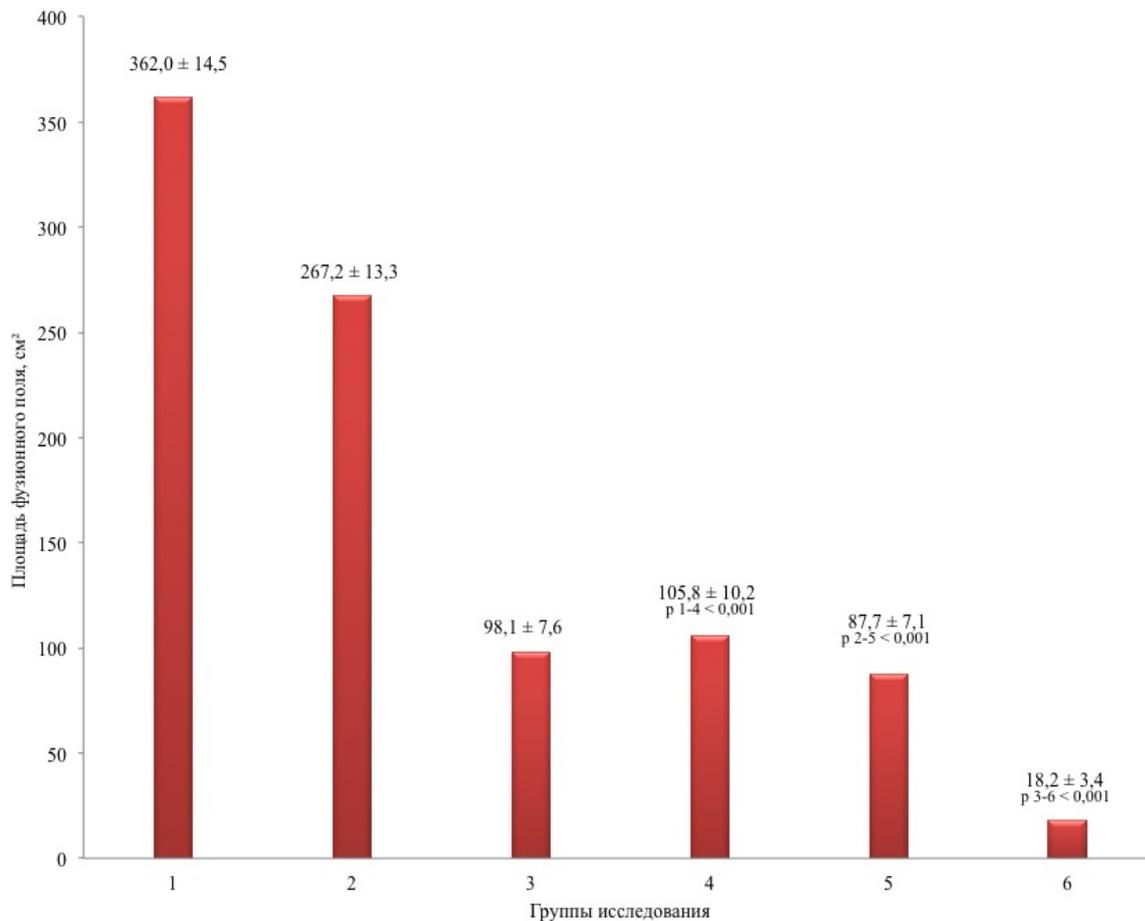


Рис. 3. Площадь условного фузионного поля при формировании пресбиопии у пациентов с различными видами рефракции

лице. Установлено, что у всех обследованных показатели центрального и периферического поля зрения были высокими. У лиц зрелого возраста происходил сдвиг ближайшей точки ясного зрения, снижался запас относительной аккомодации, что свидетельствует о развитии пресбиопии.

Со стороны бинокулярного статуса выявлено следующее. Характер зрения у всех пациентов при оценке на четырехточечном приборе Уорса (в условиях жесткой гаплоскопии) был бинокулярным, но площадь фузионного поля имела достоверные отличия (рис. 3). Так, у лиц молодого возраста с эметропией площадь фузионного поля составила  $362,1 \pm 14,5 \text{ см}^2$ , тогда как у пациентов того же возраста с миопической рефракцией она составила  $267,2 \pm 13,3 \text{ см}^2$ , а с гиперметропией –  $98,1 \pm 7,6 \text{ см}^2$  ( $p < 0,001$ ). У больных с ПБ наряду со снижением объема аккомодации отмечено значительное

уменьшение площади фузионного поля, свидетельствующее о снижении бинокулярного взаимодействия. Площадь фузионного поля у лиц зрелого возраста с эметропией составила  $105,8 \pm 10,2 \text{ см}^2$ , в группе пациентов с миопической рефракцией –  $87,7 \pm 7,1$ , в группе пациентов с гиперметропией –  $18,2 \pm 3,4 \text{ см}^2$ .

Отмечено, что при формировании ПБ у лиц с эметропической рефракцией площадь фузионного поля с возрастом уменьшалась на 46 %, у больных с миопической рефракцией – на 66, у пациентов с гиперметропией – на 70 %. Уменьшение площади фузионного поля обусловлено снижением как длины, так и ширины поля. При этом наиболее выраженные потери фузионной способности наблюдались в зоне конвергенции.

С целью дальнейшего выявления механизмов, определяющих основу формирова-

ния ПБ, проведен многофакторный дискриминантный анализ, в основе которого лежит вычисление канонической величины, зависящей от нескольких наиболее информативных показателей, максимально разграничивающих данные группы. Так, полученная в исследовании каноническая величина ( $K$ ) для разделения лиц молодого и зрелого возрастов с эмметропической рефракцией состоит из следующих переменных:

$$K = 31,61 + 0,89X_1 + 0,33X_2 + 0,46X_3 - 0,48X_4 - 0,33X_5 + 0,3X_6 + 0,3X_7 - 0,32X_8 + 0,29X_9,$$

где  $X_1$  – возраст;  $X_2$  – ближайшая точка ясного видения;  $X_3$  – граница фузионного поля при конвергенции;  $X_4$  – запас относительной аккомодации;  $X_5$  – бинокулярная острота зрения;  $X_6$  – внутриглазное давление;  $X_7$  – цилиндрический компонент рефракции;  $X_8$  – толщина цилиарного тела;  $X_9$  – амплитуда волны  $A$  максимальной ЭРГ. Суммарный коэффициент распределения равен 100 %;  $F(9,124) = 365,23$  ( $p < 0,000001$ ).

Значение центров распределения канонических величин в группе лиц молодого возраста составило  $-5,87$ , в группе лиц зрелого возраста –  $5,28$ . При вычислении меры Махаланобиса ( $D^2$ ) выяснено, что между значениями 1-й и 2-й групп установлено достоверное отличие ( $p < 0,0001$ ).

Определено, что помимо возраста исследуемые группы различались по следующим параметрам: по ближайшей точке ясного видения, фузионной способности при конвергенции, запасу относительной аккомодации, бинокулярной остроте зрения, внутриглазному давлению, цилиндрическому компоненту рефракции, толщине цилиарного тела, амплитуде волны  $A$  максимальной ЭРГ.

В результате исследования установлено, что структурно-функциональное состояние зрительной системы у лиц молодого и зрелого возраста отличается не только по значительному ряду параметров, но и имеет различные устойчивые функциональные зависимости. Снижение аккомодации ведет к смещению зоны фузионного поля, уменьшению его площади, ухудшению фузионной способности при конвергенции, что указывает на феномен функциональной бинокулярной супрессии. Иными словами, формирование ПБ сопровождается существенной перестройкой деятельности всего зрительного анализатора и характеризуется созда-

нием новой патодинамической организации – патологической системы зрительного восприятия [14]. Возникновение патологической системы происходит в результате инволюционных морфологических изменений и измененной деятельности зрительного анализатора – составной части ЦНС. Поэтому изменение деятельности зрительной системы при старении сопровождается не только адаптивными механизмами компенсации, но и дезадаптационными механизмами [15], к которым можно отнести феномен бинокулярной супрессии. Следует отметить, что в различных рефракционных условиях выраженность проявления данного феномена является неодинаковой.

Наличие устойчивых патологических взаимоотношений в системе зрительного восприятия у лиц зрелого возраста необходимо принимать во внимание при планировании оптической коррекции ПБ. Выявление уровня бинокулярного взаимодействия при формировании ПБ позволяет более полно определить показания для проведения мультифокальной или анизометропической коррекции данного состояния. Сниженный уровень бинокулярного сотрудничества может стать причиной плохой адаптации к предложенным видам коррекции и в связи с этим неудовлетворенности пациентов полученным результатом. Хирургическое лечение больных с ПБ должно сопровождаться дополнительными мероприятиями, направленными на воссоздание функциональных взаимоотношений, характерных для нормальной зрительной системы. При этом одной из первоочередных задач в системе реабилитации пациентов является восстановление бинокулярного взаимодействия.

## Заключение

Формирование пресбиопии сопровождается дизрегуляторными изменениями зрительного восприятия и созданием патологической системы. Феномен бинокулярной супрессии при формировании ПБ можно рассматривать как результат дезадаптации организма к процессам старения. Определение уровня бинокулярного взаимодействия должно быть обязательным на этапе выбора метода коррекции пресбиопии. Оптическая коррекция с целью компенсации потери аккомодации у лиц с пресбиопией должна со-

проводятся мерами по улучшению бинокулярного сотрудничества.

### Список литературы

1. *Бородина Н. В.* Исследование возможностей контактной коррекции пресбиопии: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 2004.

2. *Jain S., Ou R., Azar D. T.* Monovision Outcomes in Presbyopic Individuals after Refractive Surgery // *Ophthalmology*. 2001. Vol. 108, № 8. P. 1430–1433.

3. *Naoumidi T. L.* Conductive Keratoplasty – A Surgical Management Option for Presbyopia // *Cataract and Refractive Surgery today*. 2007. № 1–2. P. 65–67.

4. *Baikoff G., Matach G., Fontaine A., Ferraz C., Spera C.* Lentille intraoculaire réfractive multifocale pour la correction de la presbytie chez le sujet phaque // *J. Fr. d'Ophtalm.* 2005. Vol. 28, № 3. P. 258–265.

5. *Балашевич Л. И.* Хирургическая коррекция аномалий рефракции и аккомодации. СПб., 2009.

6. *Cumming J. S., Slade S. G., Chayet A.* Clinical Evaluation of the Model AT-45 Silicone Accommodating Intraocular Lens: Results of Feasibility and the Initial Phase of a FDA Clinical Trial // *Ophthalmology*. 2001. Vol. 108. P. 2005–2009.

7. *Kuchle M., Nguyen N. X., Langenbacher A., Gusek-Schneider G. C., Seitz B., Hanna K. D.* Implantation of a New Accommodative Posterior Chamber Intraocular Lens // *J. Refr. Surg.* 2002. Vol. 18. P. 208–216.

8. *Schachar R. A.* Cause and Treatment of Presbyopia with a Method for Increasing the Amplitude of Accommodation // *Ann. Ophthalmol.* 1992. Vol. 24, № 2. P. 445–452.

9. *Hipsley A. M., Dementiev D.* VisioDynamics Theory. A Biomechanical Model for the Aging Ocular Organ. Chicago, 2006.

10. *Belville J. K., Smith R. J.* Presbyopia Surgery. N. Y., 2006.

11. *Bassam A., Donnenfeld E.* Bonus Feature: IOL Explantation: Indications and Strategies for Multifocal IOL Explantation // *Cataract and Refractive surgery today*. 2011. № 4. P. 18–20.

12. *Рабичев И. Э.* Системная организация и механизмы направленной коррекции бинокулярного зрения: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 1998.

13. *Мищенко Т. С., Новожилова Е. Т., Селиверстова Н. Н.* Карта бинокулярности как метод оценки зрительных функций при рефракционных и аккомодационных нарушениях // *Бюл. Восточно-Сибирского научного центра СО РАМН*. 2011. № 3 (1). С. 73–76.

14. *Крыжановский Г. Н.* Общая патофизиология нервной системы. М., 1997.

15. *Меерсон Ф. З.* Защитные эффекты адаптации и некоторые перспективы развития адаптационной медицины // *Усп. физиол. наук*. 1991. Т. 22, № 2. С. 52–89.

*Материал поступил в редколлегию 17.08.2012*

**O. I. Rozanova, A.G. Shchuko**

### CHANGE OF BINOCULAR INTERACTION IN PRESBYOPIA FORMATION

Study of reveal the regularities in visual perception change in presbyopia formation. The study included 190 individuals with various types of refraction in the two age groups: from 18 to 30 and from 45 to 60 years. It was found that in presbyopia formation the fusion field area decreases with age by 46 % in individuals with emmetropic refraction, in patients with myopic refraction – by 66, and patients with hyperopia – 70 %. Reducing of fusion field area is due to decrease both of length and width of field. The most pronounced loss of fusion abilities were observed in the convergence zone. The phenomenon of binocular suppression in presbyopia formation was noted as the result of dysadaptation of organism to the aging process. Determination of binocular interaction level should be mandatory when choosing a method of presbyopia correction. Optical correction to compensate for loss of accommodation in presbyopia must be accompanied by measures to improve binocular cooperation.

*Keywords:* fusion, presbyopia, binocular interaction.