

Розанова О.И.Иркутский филиал ФГБУ «МНТК «Микрохирургия глаза»
им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России
E-mail: olgrozanova@gmail.com

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИНВОЛЮЦИОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ЗРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

С помощью сравнительного и корреляционного анализа выявлены достоверные различия в состоянии зрительной системы лиц молодого и зрелого возраста, с остротой зрения 1.0 и выше, не страдающих офтальмопатологией. Установлены различия структуры глазного яблока, значений оптических аберраций, электрофизиологических параметров, основных зрительных функций. Выявлено наличие феномена бинокулярной супрессии, сопровождающего возрастное снижение аккомодации. Предложена теория трансформации функциональной системы зрительного восприятия при формировании пресбиопии.

Ключевые слова: зрительная система, старение, пресбиопия.

Актуальность

Инволюционные, генетически детерминированные возрастные изменения затрагивают все органы человеческого организма. Зрительная система не является исключением. С возрастом происходят значимые инволюционные изменения всех структур зрительного анализатора, сопровождающиеся снижением функциональных возможностей. Так, изменения со стороны оптического аппарата ведут к увеличению процессов светорассеяния, увеличению оптических аберраций [1,2,3]. Сенильные изменения нервной ткани сопровождаются постепенным уменьшением способности к световосприятию и нейропроводимости [4]. Однако наиболее заметным для индивидуума признаком старения глаз является снижение аккомодационной способности, влекущее за собой утрату возможности фокусировать зрение на близко расположенных предметах и снижение зрения вблизи, – формирование так называемого «старческого зрения» или пресбиопии.

Следует отметить, что пресбиопия является одной из самых актуальных проблем офтальмологии. В мире, по данным ВОЗ, насчитывается около 2 миллиардов человек с пресбиопией. В настоящее время в подходах к коррекции пресбиопии происходят значительные перемены. Помимо традиционной очковой коррекции внедряются новые методы – как нехирургические, так и хирургические [3,5], что связано со стремлением улучшить качество жизни пожилых людей. Однако вопрос о патогенетически обоснованной оптимальной коррекции пресбиопии до сих пор остается открытым [6].

Несмотря на многочисленные исследования, до сих пор нет работ, которые бы рассмат-

ривали весь комплекс структурно-функциональных изменений, составляющих основу возрастной инволюции зрительной системы.

Цель исследования

Раскрытие закономерностей инволюционных изменений зрительной системы.

Материал и методы

Обследовано 66 человек. Группа лиц для исследования была сформирована на добровольных началах, в соответствии с положениями Хельсинкской Декларации Всемирной медицинской ассоциации (1996, 2002). Критериями отбора пациентов в группы исследования служили наличие эметропии (объективная рефракция в условиях циклоплегии в пределах от +0,25 до -0,25 Дптр), острота зрения вдаль каждого глаза по десятичной шкале 1,0 и выше, нормальное цветовосприятие, отсутствие офтальмопатологии. В первую группу вошли 32 человека в возрасте от 18 до 30 лет. Вторую группу составили 34 пациента с пресбиопией в возрасте от 45 до 60 лет.

Были проведены следующие методы исследования: кераторефрактометрия, биометрия, тонометрия и тонография (Mentor), ультразвуковая биомикроскопия переднего отрезка глазного яблока (УБМ), пупиллометрия (Nidek), аберрометрия, визометрия (0,33 м и 5 м), оценка пространственной контрастной чувствительности, кинетическая и статическая периметрия, определение ближайшей точки ясного зрения и запаса относительной аккомодации, стереоостроты, границ фузионного поля, а также электроретинография (ЭРГ) и

регистрация зрительных вызванных потенциалов (ЗВП).

Границы фузионного поля были определены в условиях бинарметрии [7,8]. Выбор бинарметра для определения характеристик бинокулярного взаимодействия был основан на том, что исследование на данном приборе проводится в естественных условиях, без разделения полей. Когда взгляд направлен вдаль, линии фиксации двух глаз параллельны в ортоположении. Для эметропичного глаза это положение соответствует нулевой точке на аккомодационно-вергентной диаграмме. При предъявлении парных объектов в условиях физиологического двоения достигается устойчивое восприятие бинокулярного зрительного образа. При изменении расстояния между тест-объектами и расстояния от предъявляемых тестов до глаз пациента определяются крайние значения, в пределах которых возможно слияние двойных изображений. Иными словами определяются границы диспаратной фузии. Результаты значений расстояния между тестами фиксируются на протяжении 1 метра от глаз исследуемого пациента с интервалом 5 см. Результаты исследования заносятся на сетку с нанесенными делениями. По окончании исследования производится расчет площади фузионного поля S в квадратных мм [9].

Результаты исследований были обработаны с применением компьютерной программы Statistica 6.0. Были вычислены средние арифметические M, стандартные отклонения от среднего s. Правильность распределения значений

в группах оценена с использованием критерия Колмогорова-Смирнова. Проведены сравнительный анализ между группами и парный корреляционный анализ (по Пирсону) для всей выборки данных.

Результаты

У пациентов зрелого возраста выявлены значительные изменения структурно-функционального состояния зрительного анализатора. Определена трансформация анатомических взаимоотношений переднего отрезка глазного яблока: увеличение толщины хрусталика сопровождается измельчением передней камеры, уменьшением длины цинновой связки, повышением ригидности оболочек глаза, уменьшением диаметра зрачка (Таб.1). При этом более значимое уменьшение площади зрачка отмечено в фотопических условиях освещенности.

Известно, что сужение зрачка ведет к уменьшению числа интраокулярных оптических аберраций [2,3]. Однако у лиц зрелого возраста, даже при значительно меньшем диаметре зрачка, оптическая система у пациентов зрелого возраста находится на значительно большем отдалении от идеальной оптики, чем у пациентов молодого возраста. Происходит значимое увеличение числа суммарных аберрацией волнового фронта оптических аберраций (RMS total). Увеличение рефракционных ошибок обусловлено ростом оптических аберраций как низшего порядка (астигматизм), так и высшего порядка (комы и тетрафойла), что отличает оптическую систему лиц зрелого возраста от молодых пациентов

Таблица 1. Структурные показатели периферической части зрительного анализатора

Параметры	Лица молодого возраста	Лица зрелого возраста	p
	n=32	n=34	
Глубина передней камеры (ПК), мм	3,46±0,32	3,06±0,21	<0,001
Объём передней камеры, мм ³	177,5±33,9	125,2±30,3	<0,001
Толщина хрусталика (ТХ), мм	3,78±0,32	4,33±0,25	<0,001
Площадь зрачка в фотопических условиях освещенности, мм ²	20,8±6,03	11,2±5,3	<0,001
Площадь зрачка в скотопических условиях освещенности, мм ²	33,1±5,7	23,6±8,7	<0,001
Внутриглазное давление (ВГД), мм рт. ст.	17,27±1,25	19,06±1,21	<0,001
Толщина цилиарного тела, мм	0,79±0,17	0,72±0,11	<0,001
Длина передней порции цинновой связки, мм	1,33±0,31	1,04±0,28	<0,001
Угол примыкания «трабекула-радужка», град	37,4±10,5	30,7±7,4	<0,001
Среднеквадратичное отклонение реального фронта оптических аберраций (RMS total), мкм	0,37±0,17	0,48±0,14	<0,001

Наряду с этим наблюдаются изменения электрической активности сетчатки. Сравнительный анализ параметров электроретинографии показал, что у лиц зрелого возраста наблюдается снижение амплитуды и увеличение временных характеристик колбочкового, палочкового и смешанного ответов, выявлено снижение амплитуды осцилляторных потенциалов.

Видно, что инволюционные физиологические изменения затрагивают все структуры зрительного анализатора. Наблюдаются изменения условий для получения, переработки и восприятия информации зрительным анализатором.

Анализ изменения зрительных функций показал, что с возрастом происходит значительный сдвиг по большинству параметров (Табл.2). Отмечено снижение аккомодации и сдвиг ближайшей точки ясного видения. Выявлено снижение остроты зрения, пространственной контрастной чувствительности, светочувствительности сетчатки, стереозрения, сужение поля зрения. Данные изменения говорят о более низком функциональном уровне нейронов, обеспечивающих зрительную сенсорную рецепцию. Об этом же свидетельствуют снижение амплитуды и увеличение временных параметров ЭРГ и ЗВП.

Результаты исследования бинокулярного взаимодействия крайне интересны. У лиц зрело-

го возраста у 20% лиц отсутствовало физиологическое двоение вблизи. Выявлено уменьшение (на 46%) площади поля, в пределах которого возможно слияние двойных изображений. При этом уменьшены как длина, так и ширина данного поля, наиболее выраженные потери фузионной способности наблюдаются в зоне конвергенции.

Для определения взаимоотношений между структурно-функциональными элементами зрительной системы у здоровых лиц был применен корреляционный анализ по Пирсону (Табл.3), направленный на выявление и математическое представление структурных зависимостей между переменными [10]. Данный анализ позволил количественно исследовать стохастическую, т. е. вероятностную зависимость между различными показателями, характеризующими механизмы зрительной системы. Было определено наличие согласованных изменений, уровень прочности и направление связи между варьирующими признаками (положительное или отрицательное). Сила корреляционной связи была определена по абсолютному значению коэффициента корреляции: при коэффициенте $r > 0,70$ – связь считается сильной, при $0,30 < r < 0,70$ – средней, при $0,0 < r < 0,29$ – слабой [11]. Оценка достоверности (значимости) корреляционных связей в зависимости от

Таблица 2. Показатели деятельности зрительной системы

Параметры	Лица молодого возраста	Лица зрелого возраста	p
	n=32	n=34	
Острота зрения монокулярно без коррекции (5 м), у.е.	1,14±0,13	0,99±0,02	<0,001
Острота зрения бинокулярно без коррекции (5 м), у.е.	1,24±0,17	1,01±0,04	<0,001
Острота зрения вблизи монокулярно без коррекции, у.е.	1,0±0,01	0,25±0,09	<0,001
Острота зрения вблизи бинокулярно без коррекции, у.е.	1,0±0,01	0,3±0,09	<0,001
Пространственная чувствительность (суммарно в частотах от 3 до 18 цикл/град), Дб	24,84±4,32	20,58±5,0	<0,001
Светочувствительность сетчатки, Дб	28,1±1,2	26,1±1,2	<0,001
Поле зрения, град	550,2±11,0	517,08±22,3	<0,001
Стереострота, сек	29,2±3,1	26,8±5,6	<0,05
Запас относительной аккомодации, Дптр	6,2±1,8	1,3 ±0,9	<0,001
Ближайшая точка ясного видения, см	5,2±1,9	23,95±12,2	<0,001
Площадь бинокулярного поля, см ²	362,1±14,5	105,8±10,2	<0,001
Ближняя граница фузионного поля, см	10,6 ± 3,3	18,6±4,7	<0,001
Дальняя граница фузионного поля, см	88,7 ± 6,2	67,2±8,3	<0,001
Медиальная граница фузионного поля, мм	22,2±2,5	39,2±1,8	<0,001
Латеральная граница фузионного поля, мм	62,6±4,2	64,4±4,2	<0,001

числа наблюдений проводилась с помощью соответствующих таблиц [12]. Значимый коэффициент корреляции в данной группе с учётом выборки должен превосходить критическое значение равное 0,29.

Выявлено, что наиболее высокий уровень прочности взаимосвязи с возрастом (табл. 3) имеют не только такие параметры, как «острота зрения вблизи» (монокулярно $r = -0,91$, бикулярно $r = -0,85$) и «объём аккомодации» ($r = -0,87$), но и «площадь фузионного поля» ($r = -0,82$). При этом взаимосвязи между потерями в бикулярном взаимодействии и фორией не выявлены, поэтому уровень исходного окуло-моторного статуса не может объяснить причину бикулярного дефицита у пациентов с пресбиопией.

Также выявлены взаимосвязи со средней силой прочности между возрастом и временны-

ми параметрами ЗВП, В-волны максимальной ЭРГ, амплитудой ЗВП, а также амплитудным индексом осцилляторных потенциалов. Эти данные отражают происходящие с возрастом деградиационные изменения нейронов и проявление начальных метаболических нарушений в сетчатке.

Обсуждение

Таким образом, установлено, что структурно-функциональное состояние зрительного состояния у лиц юношеского и зрелого возраста отличается по значительному ряду параметров. Снижение аккомодации является одним из симптомов всей совокупности инволюционных изменений зрительного анализатора. При старении происходит трансформация анатомических взаимоотношений и топографии всего переднего отрезка глаза, сопровождающаяся ростом оптических aberrаций. Наблюдаются процессы снижения нейронпроводимости. Полученные результаты соотносятся с данными, представленными в литературе [3,4], и являются отражением инволюционных физиологических процессов организма.

Вместе с тем, выявлено новое явление. Впервые установлено, что у лиц старшего возраста наблюдается феномен бикулярной супрессии. Данный феномен выражается в четырехкратном уменьшении зоны бикулярного взаимодействия, снижении пределов диспаратной вергенции. При этом наиболее драматичные утраты бикулярной суммации происходят в зоне конвергенции и в наиболее близкой зоне от глаз пациента, подавление физиологического двоения вблизи отмечено в 20% случаев.

Эти данные говорят о наличии процессов торможения и стремлении организма к освобождению от излишнего потока зрительной информации в условиях дефицита аккомодации и дефокусировки изображения вблизи. В процессах эфферентного синтеза происходит активный отбор информации, направленный на выделение биологически значимых потоков, и происходит формирование такого интеграла эфферентных возбуждений, которые необходимы организму в данной ситуации [13,14]. По нашей гипотезе, формирование пресбиопии является отражением совокупно-

Таблица 3. Коэффициенты парных корреляций между возрастом и функциональными показателями зрительной системы

Показатели	Возраст
	r
Острота зрения вдаль бикулярно без коррекции	-0,28
Острота зрения вдаль монокулярно без коррекции	-0,26
Острота зрения вблизи монокулярно без коррекции	-0,91
Острота зрения вблизи бикулярно без коррекции	-0,85
Пространственная контрастная чувствительность	-0,85
Светочувствительность сетчатки	-0,55
Стереозрение	-0,08
Площадь фузионного поля	-0,82
Запас относительной аккомодации	-0,84
Ближайшая точка ясного видения	-0,87
Ближняя граница фузионного поля	0,95
Дальняя граница фузионного поля	-0,73
Медиальная граница фузионного поля	0,85
Латеральная граница фузионного поля	-0,03
ЗВП амплитуда	-0,41
ЗВП время	0,5
ЭРГ максимальная, амплитуда А-волны	-0,18
ЭРГ максимальная, время А-волны	-0,07
ЭРГ максимальная, амплитуда В-волны	-0,25
ЭРГ максимальная, время В-волны	0,53
Осцилляторные потенциалы, амплитудный индекс	-0,46

сти, как первичных инволюционных физиологических изменений зрительного анализатора, ведущих к снижению аккомодации, так и вторичных, к которым относится подавление избыточной зрительной информации вблизи. Иными словами, инволюционная трансформация зрительного восприятия при старении и формировании пресбиопии характеризуется процессами приспособления к сдвигу фокусной зоны. Именно поэтому феномен бинокулярного дефицита можно рассматривать как проявление механизмов адаптации и дизадаптации организма, как составную часть патологической системы зрительного восприятия.

В данной работе представлены данные о снижении уровня бинокулярного взаимодействия у лиц с состоянием зрительной системы, максимально приближенным к идеальному. Можно предполагать, что наличие сопутствующей патологии может дополнительно затруднять бинокулярное сотрудничество.

Заключение

Нормальное старение характеризуется не только формированием пресбиопии и общим снижением уровня сенсорной рецепции, но и существенной перестройкой деятельности всего зрительного анализатора с созданием принципиально иной системы зрительного восприятия. Выявлен феномен бинокулярной супрессии при формировании пресбиопии, который можно рассматривать как результат дизадаптации организма к процессам старения. При планировании оптической коррекции пресбиопии необходимо принимать во внимание наличие устойчивых патологических взаимоотношений в системе зрительного восприятия у лиц зрелого возраста. При отборе пациентов для хирургического лечения характеристикам бинокулярного взаимодействия следует уделять особое внимание. А хирургическое лечение пресбиопии должно сопровождаться дополнительными мероприятиями, направленными на воссоздание функциональных взаимоотношений, характерных для нормальной зрительной системы.

09.02.2013

Список литературы:

1. Офтальмогериярия / Под ред. Пучковской Н.А. М.: Медицина. 1982. – 304 с.
2. Балашевич Л.И., Качанов А.Б. Клиническая корнеотопография и aberрометрия. М.: Наука. – 2008. – 167 с.
3. Pallikaris I., Plainis S., Charman W.N. Presbyopia. – Danvers: Slack incorporated. 2012. – 318 p.
4. Шамшинова А.М., Волков В.В. Функциональные методы исследования в офтальмологии. М.: Медицина. – 1998. – 416 с.
5. Балашевич Л.И. Хирургическая коррекция аномалий рефракции и аккомодации. СПб: Человек. – 2009. – 296 с.
6. Belville J.K., Smith R.J. Presbyopia surgery. New York: SLACK incorporated. -2006.-209p.
7. Могилев Л.Н. Механизмы пространственного зрения. Л.: Наука. – 1982. – 112 с.
8. Рабичев И.Э., Котов А.В. «Мнимый зрительный образ» как информационный эквивалент нормы при направленной коррекции зрения // Труды межведомственного научного совета по экспериментальной и прикладной физиологии. Том 11. Системные аспекты физиологических функций. М. 2002. – С.81-84
9. Мищенко Т.С., Новожилова Е.Т., Селиверстова Н.Н Розанова О.И., Малышев В.В. Исследование уровня бинокулярного взаимодействия у пациентов с пресбиопией // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2011. – №13 – С.157 -159.
10. Кендалл М.Д., Стюарт А. Многомерный статистический анализ и временные ряды. М. Наука.– 1973. – 736 с.
11. Зайцев В.М., Лифляндский В.Г., Маринкин В.И. Прикладная медицинская статистика. СПб.: Издательство Фолиант. – 2003. – 432с.
12. Закс Л. Статистическое оценивание. М.: Статистика. – 1976. – 598с.
13. Меерсон Ф.З. Защитные эффекты адаптации и некоторые перспективы развития адаптационной медицины // Успехи физиол. наук. – 1991. – Т. 22. – № 2. – С. 52–89.
14. Малышев В.В., Розанова О.И., Гутник И.Н., Пивоваров Ю.И. Трансформация функциональной системы зрительного восприятия из нормальной в патологическую // Бюлл. ВСНЦ СО РАМН. 2004.-№2.– С.19-26.

Сведения об авторе:

Розанова Ольга Ивановна, зав. лечебно-консультационным отделением Иркутского филиала ФГБУ МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова, кандидат медицинских наук

UDC 617.753.4

Rozanova O.I.

E-mail: olgrozanova@gmail.com

REGULARITIES OF INVOLUTION CHANGES OF VISUAL SYSTEM

Through comparative and correlation analysis the significant differences in the visual system of young and middle-aged persons with a visual acuity of 1.0 and more without ophthalmopathy were revealed. The differences in the structure of the eyeball, the optical aberrations of electrophysiological parameters, the basic visual functions were defined. The presence of the phenomenon of binocular suppression that accompanies age-related decrease of accommodation was revealed. The theory of the transformation of a functional system of visual perception in the formation of presbyopia was proposed.

Key words: visual system, aging, presbyopia.