

раза реже – в 11,94% случаев ($p=0,0593$, $p<0,1$).

При НТГ чаще наблюдались пологие края экскавации – в 60% случаев, крутой или подрытый края – в 40% случаев. При ПОУГ пологие края экскавации наблюдали реже – в 35,18% случаев, крутой или подрытый края, напротив, чаще – в 64,18%. Полученные данные согласуются с данными J. Carpioli, G. Spaeth (1985). Вместе с тем, нельзя исключить связь выявленных различий с большим числом пациентов в группе ПОУГ с далеко зашедшей и терминальной стадиями заболевания. При обеих формах глаукомы выявлялись α - и β -зоны вокруг ДЗН (25% и 70,59% при НТГ; 74,63% и 70,77% при ПОУГ соответственно).

Выводы

Проведенное исследование позволило выявить особенности НТГ.

1. Обнаружена гендерная предрасположенность к НТГ: женщины болеют в 6 раз чаще мужчин.
2. Системная гипотония, ассоциированная с вазоспазмами, может служить условным фактором риска развития НТГ.
3. Пик заболеваемости НТГ приходится на седьмую декаду жизни.
4. К характерным офтальмоскопическим особенностям НТГ относятся: круглая форма экскавации, пологие края экскавации, наличие перипапиллярной атрофии хориоидеи преимущественно β -зоны.

Сведения об авторах статьи:

Лихванцева Вера Геннадьевна – д.м.н., профессор кафедры офтальмологии ФФМ МГУ имени М.В. Ломоносова. Адрес: 119192, г. Москва, Ломоносовский просп., 31, корпус 5. E-mail: likhvantseva-4@yandex.ru.

Соломатина Мария Викторовна – врач офтальмолог ГБУ РО «КБ им. Н.А. Семашко». Адрес: 390005, г. Рязань, ул. Семашко, 3. E-mail: maria.vikto@gmail.com.

Колесников Александр Вячеславович – к.м.н., зав. второго глазного отделения ГБУ РО «КБ им. Н.А. Семашко». Адрес: 390005, г. Рязань, ул. Семашко, 3. E-mail: kolldoc@mail.ru.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьева, Е.Г. Современные аспекты изучения патогенеза глаукомы с нормальным давлением / Е.Г. Григорьева // Вестник офтальмологии. – 2004. – № 6. – С. 38-40.
2. Нестеров, А.П. Нормотензивная глаукома: современный взгляд на патогенез, диагностику, клинику и лечение. Ч. I / А.П. Нестеров, Ж.Ю. Алябьева // Глаукома. – 2005. – № 3. – С. 66-75.
3. Шмырева, В.Ф. Гемодинамика зрительного нерва и сетчатки при нестабилизированной глаукоме с нормальным внутриглазным давлением / В.Ф. Шмырева, Е.Н. Мостовой // Вестник офтальмологии. – 1997. – № 6. – С. 7-9.
4. Соболева, И.А. Значение гемореологии и перфузионного давления в течении глаукоматозного процесса с нормальным офтальмотонусом на фоне артериальной гипотензии / И.А. Соболева // Офтальмологический журнал. – 2002. – № 1. – С. 26-29.
5. Роль вазоспазма в патогенезе глаукоматозной оптической нейропатии / Н.И. Курьшева [и др.] // Глаукома. – 2004. – № 2. – С. 18-24.
6. Волков, В.В. Глаукома при псевдонормальном давлении / В.В. Волков. – М.: Медицина, 2001. – 350 с.
7. Wax, M.B. The case for autoimmunity in glaucoma / M.B. Wax // Experimental Eye Research. – 2011. – Vol. 93, № 2. – P. 187-190.
8. Joachim, S.C. Analysis of autoantibody repertoires in sera of patients with glaucoma / S.C. Joachim, F.H. Grus, N. Pfeiffer // Eur. J. Ophthalmol. – 2003. – Vol. 13. – P. 752-758.
9. Schwartz, M. Modulating the immune system: a vaccine for glaucoma? / M. Schwartz // Can. J. Ophthalmol. – 2007. – Vol. 42. – P. 439-441.
10. Poletaev, A. General network of natural autoantibodies as immunological homunculus (Immunculus) / A. Poletaev, L. Osipenko // Autoimmun. Rev. – 2003. – Vol. 2. – P. 264-271.
11. Joachim, S.C. Autoantibodies in patients with glaucoma: a comparison of IgG serum antibodies against retinal, optic nerve, and optic nerve head antigens / S.C. Joachim, N. Pfeiffer, F.H. Grus // Graefes' Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology. – 2005. – Vol. 243, № 8. – P. 817-823.
12. Complex autoantibody repertoires in patients with glaucoma / F.H. Grus [et al.] // Mol. Vis. – 2004. – Vol. 10. – P. 132-137.
13. Antiphosphatidylserine antibodies are elevated in normal tension glaucoma / S. Kremmer [et al.] // Clin. Exp. Immunol. – 2001. – Vol. 125. – P. 211-215.
14. Serum autoantibodies to alpha-fodrin are present in glaucoma patients from Germany and the United States / F.H. Grus [et al.] // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 2006. – Vol. 47. – P. 968-976.
15. Егоров, Е.А. Глаукома: национальное руководство. – М.: Геотар-Медиа, 2013. – 824 с.

617.7 - 007.681 : 617.754 - 072.7

© Н.В. Митрофанова, С.В. Анкудинова, З.А. Даутова, В.М. Хокканен, 2014

Н.В. Митрофанова, С.В. Анкудинова, З.А. Даутова, В.М. Хокканен
**НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ
 КОРОТКОВОЛНОВОЙ ПЕРИМЕТРИИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ГЛАУКОМЫ**

*ГБОУ ВПО «Северо-Западный государственный медицинский университет
 им. И.И. Мечникова» Минздрава России, г. Санкт-Петербург*

Сине-желтая периметрия обладает рядом преимуществ для определения прогрессирования дефектов поля зрения и выявления ранних изменений зрительных функций при глаукоме, но для ранней диагностики глаукомы этот метод применим лишь в том случае, если учитываются некоторые лимитирующие факторы. Метод может быть малоинформативным у па-

циентов с выраженной глаукомой или значительной катарактой. Также трудности применения метода связаны с утомляемостью пациентов из-за длительного времени исследования.

Ключевые слова: глаукома, коротковолновая автоматическая периметрия (КВАП), глаукома, периметрия, S-колбочки.

N.V. Mitrofanova, S.V. Ankudinova, Z.A. Dautova, V.M. Hokkanen
**SOME ASPECTS OF SW PERIMETRY USE IN CLINICAL PRACTICE
 FOR GLAUCOMA DIAGNOSTICS**

Although short-wavelength automated perimetry (SWAP) has a number of advantages for the determination of progression visual field defects and detect early changes in visual function in glaucoma and early diagnosis of glaucoma, this method is applicable only in the case if one includes some limiting factors. The method can be very informative in patients with severe glaucoma or significant cataract. The difficulties of applying the method are associated with fatigue patients because of the long time of research.

Key words: glaucoma, short-wavelength automated perimetry (SWAP), perimetry, S-cones.

Определение взаимосвязи между цвето-восприятием и глаукомой послужило толчком для развития цветовой периметрии [11,18]. На основе этой зависимости для определения коротковолновой чувствительности цветовой системы была разработана коротковолновая (сине-желтая) автоматическая периметрия (КВАП). У больных глаукомой выявлена тенденция к формированию тританподобных дефектов при фовеальных пробах цветовосприятия [18]. Фовеальные тесты клинически бесполезны на ранних стадиях болезни, так как центральное зрение сохранено. КВАП была разработана М. Marge и Е. Marge (1978) для получения периметрических показателей функции периферического зрения и базировалась на участии системы коротковолновой чувствительности в глаукомной нейрооптикопатии [37], что определяет клиническую значимость КВАП. Однако метод имеет свои ограничения, которые нужно четко представлять для корректного проведения диагностики.

Механизм КВАП

S-колбочки – это регулярная, независимая субмозаика через всю периферию сетчатки с максимальной плотностью на кольце в 1° вокруг фовеа. Синие сигналы потенцируют детекцию красных вспышек и ингибируют зелёные. В специализированных колбочковых путях центральной фовеа сетчатки межнейрональные взаимоотношения организуются по типу один к одному, чтобы обладать наименьшей конвергенцией и наибольшими различительными способностями.

Каждая колбочка фовеа имеет 2 миджит-биполяра (on- и off-типов), которые контактируют с on- и off-ганглиозными клетками соответственно, что обеспечивает высокую остроту зрения за счет наличия 2 каналов – on и off. Колбочки различных спектров несут информацию о чувствительности к одной длине волны. M- и L-миджит пути несут информацию о разрешающей способности и хроматической чувствительности зрительной системы. Миджит-система несет информацию

от красных и зеленых колбочек, а S-колбочковые пути проходят отдельно от этой группы.

В фовеа 1 колбочка контактирует с 2 миджит-биполярами (on- и off-центр типы) и 2 миджит-ганглиозными клетками (on- и off-типы). За пределами фовеа несколько типов колбочек соединяются с 1 биполяром: в 3 мм от фовеа миджит-биполярная клетка становится 2-, 3-головчатой, соединяясь с 2-3 колбочками соответственно [14,29]. В фовеа каждый колбочковый путь несет информацию об одном цвете в центре своего рецептивного поля, а вне ее многоканальные колбочковые пути могут либо передавать сигнал от одного типа колбочек, либо быть гетерохромными. Коротковолновая система обладает наименьшим пространственным и временным разрешением среди других колбочковых систем [55]. При этом она является единственным исключительно цветовым каналом [21], и пути для передачи зрительной информации от коротковолновых колбочек к ганглиозным клеткам отличаются от миджит-путей красно- и зеленочувствительных колбочек.

S-колбочки сообщаются с одним специфическим видом биполярных клеток – S-колбочковыми on-биполярами, которые соединяются соответственно с S-колбочковыми ганглиозными клетками. Цветоопponentное тормозное окружение рецептивных полей on-ганглиозных клеток формирует смешанные посылки от L- и M-колбочек по off-каналам миджит-системы: информация о красном и зелёном создает желтую off-периферию. То есть для этого типа ганглиозных клеток характерен простой синаптический механизм для сине-желтой опponentности через конвертирующий вход от соединяющих S-колбочки, on-биполярных клеток и соединяющих L- и M-колбочки по морфологии и off-биполярных клеток. Таким образом, формирование сине-желтого пути начинается в бистратофицированном типе ганглиозных клеток и ассоциативных интернейронах, комбинирующих возбуждение от S-колбочек и тор-

можение от L- и M-колбочек. В свою очередь S-колбочковые ганглиозные клетки передают синий-он/желтый-off спектрально оппонентный сигнал в кониоцеллюлярный отдел наружных колбоччатых тел.

Главный принцип организации зрительной системы состоит в том, что она объединена в четко отличающиеся друг от друга параллельные пути, соединяющие сетчатку с вышележащими зрительными центрами [32]. Существуют строгая ретинотопическая упорядоченность в зрительном нерве и оптическом тракте и тонкая пространственная упорядоченность в параллельных афферентных связях сетчатки со зрительными структурами промежуточного и среднего мозга [7].

КВАП выделяет пучки коротковолновой чувствительности на всем протяжении ретино-геникуло-кортикального пути. Он берет начало на уровне рецепторов сетчатки от коротковолновых (синих) колбочек. Их нет в центральной fovea, наибольшая их плотность – 0,1-0,3 мм. [4]. Эти колбочки посылают сигнал связанным с ними биполярным клеткам, которые в свою очередь передают его маленьким двухслойным ганглиозным клеткам сетчатки. D.M. Dacey и B.B. Lee (1994) отмечают, что маленькие двухслойные ганглионарные клетки сетчатки отличаются от парвоцеллюлярных клеток, так как их аксоны контактируют с интраляминарно-кониоцеллюлярными слоями наружных колбоччатых тел [16].

Маленькие двухслойные ретинальные ганглиозные клетки составляют около 9% всех ганглиозных клеток сетчатки и не густо распределены по ней. Считается, что КВАП способна выявить ранние повреждения не потому, что маленькие двухслойные клетки раньше поражаются при глаукоме [47], а потому, что это исследование специфично только для одного вида ганглиозных клеток [28]. Когда пучки коротковолновой чувствительности изолированы, дефицит можно выявить даже в случае поражения небольшой части клеток. Это объясняется тем, что другие типы клеток, еще функционирующие на данном участке сетчатки, не способны обнаружить раздражитель, пока он не станет гораздо ярче нормы [28].

Чтобы изолировать путь коротковолновой чувствительности, КВАП использует другие параметры стимулов и фонов, чем стандартная автоматическая периметрия (САП). Объект в виде узкой полоски 440 нм, что соответствует 1,8° угла зрения (по Гольдману размер V), подается через 200 мс на яркой широкой полосе 100 кд/м² желтого фона (530

нм и выше). Фон служит для того, чтобы приспособить пути средне- и длинноволновой чувствительности к возникающей в это время насыщенной активности палочек, поэтому только путь коротковолновой чувствительности способствует восприятию объекта. Данные параметры стимула стандартизованы в современных моделях периметров [48].

КВАП в клинической практике

КВАП имеет ряд преимуществ по сравнению со САП. У большинства больных глаукомой изменения КВАП появляются на 3-5 лет раньше таковых на САП и первых признаков будущего нарушения поля зрения [23,51]. Изменения на КВАП имеются у 15-30% больных с офтальмогипертензией и нормальными показателями САП. Более того, изменения на КВАП значительно преобладают у больных с высокой степенью офтальмогипертензии и прогрессивно уменьшаются у больных с умеренным и низким риском офтальмогипертензии [26]. Также при подозрении на глаукому изменения на КВАП преобладают у тех, кто имеет более высокий риск глаукомных дефектов поля зрения [26]. S. Demirel, C.A. Johnson (2001), исследовав пациентов с офтальмогипертензией, сообщили, что КВАП более вероятно показывает повторяемость в значениях патологии [17]. Наглядно показано, что оба исследования оценивают одинаковые процессы развития глаукомы [23], но дефекты, выявленные с помощью КВАП, более обширны, чем при САП у больных [23, 28].

Отмечается тесная связь между патологией диска зрительного нерва и дефектами поля зрения, наблюдаемыми при КВАП [35]. Изменения КВАП коррелируют с патологией нейроретинального края [31, 60], дефектами слоя нервных волокон [39, 43] и повреждением диска зрительного нерва [57]. Паттерн локального нарушения КВАП соответствует традиционным изменениям нервных пучков, типичных для САП [23]. P. Teesalu et al. (1997) сообщают, что корреляция между структурными изменениями, наблюдаемыми при лазерной сканирующей офтальмоскопии в ранней стадии глаукомы, и средним отклонением при КВАП соответствовали или превосходили в зависимости от оцениваемых параметров, таковых при САП [56].

Несмотря на явные преимущества метода определения коротковолновой чувствительности, у данного исследования имеются и недостатки. Одним из главных недостатков является время проведения исследования. С существующими программами КВАП оно занимает около 15-20 минут для каждого глаза.

Существует шведский интерактивный пороговый алгоритм (SITA). Это стратегия, которая позволила уменьшить время исследования для САП в среднем на 8 минут, что составило 30-65% [6, 27, 12, 41]. Сине-желтая периметрия на 7,65% продолжительнее по времени, чем периметрия «белое на белом» [1, 34].

«Слабым» местом методики сине-желтой периметрии считается ее чувствительность к изменениям прозрачности хрусталика [5, 8, 15]. Ряд авторов [3,15] полагают, что приобретенная сине-желтая дисхроматопсия может служить одним из дифференциально-диагностических признаков между офтальмогипертензией и начальной глаукомой еще до выявления нарушений в поле зрения при обычной периметрии. Однако М. Soliman и соавт. (2002) не подтвердили эти результаты [54].

С возрастом хрусталик становится более плотным и непрозрачным, и эти факторы могут влиять на пороговые значения КВАП [2,25,40]. Величина влияния катаракты на КВАП зависит от типа катаракты. Задняя субкапсулярная катаракта оказывает большее влияние на КВАП, чем на САП, тогда как передняя кортикальная катаракта имеет больший эффект на САП, чем на КВАП [95]. С другой стороны, нарушение цветовой чувствительности при глаукоме возникает именно под воздействием повышенного ВГД и не может быть объяснено только на основе возрастных изменений в сетчатке или хрусталике. Не было найдено статистически значимой корреляции между возрастом больных или плотностью хрусталика и результатами, полученными на 100-оттеночном цветотесте [50]. Несмотря на значительное усовершенствование КВАП, достигнутое благодаря разработке и внедрению статистической коррекции внешних факторов, относящихся к плотности хрусталика, что позволило избежать необходимости в индивидуальных измерениях, метод все же не рекомендуется применять пациентам с артификацией из-за наличия желтого фильтра в искусственной оптической линзе. [49]. Этим объясняется, что различия между САП и КВАП в исследованиях, где включались также данные пациентов с артификацией, статистически не значимы [58].

Вариабельность между субъектами больше в КВАП, чем в САП [30,59]. Это указывает на то, что в здоровой популяции изменчивость уровня порога чувствительности на каждом тестируемом участке приблизительно в 2,7 раза больше для КВАП, чем для САП (в 1,9 раза больше после коррекции

промежуточного окулярного поглощения). В результате для появления патологии на КВАП требуются более выраженные отклонения от нормальных порогов, чем на САП [30, 60]. Краткосрочная вариабельность более выражена у больных с офтальмогипертензией и глаукомой, чем у больных контрольной группы, но разница, наблюдаемая у больных, сходна по размерам с таковыми при САП [60]. Также при КВАП выше вариабельность при повторных исследованиях (тест-ретест) по сравнению с САП у здоровых людей [30] при подозрении на глаукому [22] и у больных глаукомой [13, 22]. Это затрудняет оценку прогрессирующих во времени изменений.

КВАП лимитирован динамическим диапазоном периметра [60]. Более яркая освещенность желтого фона в сочетании с уменьшенной передачей узкой полосы голубого фильтра приводит к сокращению диапазона воспринимаемой яркости объекта. В НФАП максимальная яркость стимула КВАП составляет 65 апостильбов, по сравнению с 10000 апостильбами стимула в САП. В результате пороговые значения чувствительности, производимые КВАП, немного ниже таковых в САП даже для здоровых глаз. В то же время Р.А. Sample et al. (1995) показали, что если остается даже немного участков для исследования на КВАП, прогрессирование снижения чувствительности в этих участках выявляется до изменений при САП [50].

По данным Н.А. Quigley с соавт. (1989) до 40-50% нервных волокон могут быть поражены при отсутствии изменений поля зрения. Результаты исследований с использованием САП показали, что 5-дБ потеря чувствительности возникает при повреждении 20% G-клеток, а 10-дБ снижение чувствительности возникает после 40% потери клеток в корреспондирующих полях. Однако в центре и парацентральной зоне (в пределах 12°), где большая плотность G-клеток 5-дБ, снижение чувствительности соответствует уже 50% потере G-клеток [44].

При глаукоме сначала возникают изменения цветовой и контрастной (пространственной и временной) чувствительности, которые, как правило, не ощущаются пациентом и обнаруживаются только с помощью очень чувствительных методик. В дальнейшем проявляются нарушения световой чувствительности – абсолютные и относительные скотомы в поле зрения, как правило, также не определяемые самим пациентом [10].

Хотя КВАП изначально разработан для выявления ранних зрительных изменений у

больных глаукомой, она также эффективна в выявлении и мониторинге изменений зрительных функций у больных с нейрооптикопатиями различной этиологии [19,52], диабетической ретинопатии [42] и макулодистрофии [45].

Таким образом, эффективное применение КВАП для ранней диагностики глаукомы возможно лишь, если принять во внимание все ограничения данного метода. КВАП целесообразно использовать у больных с повышенным риском глаукомы в виде отягощенного наследственного анамнеза, у больных пожилого возраста или этнической принадлежности. Больным с офтальмогипертензией

и с повышенным риском глаукомы также может быть полезен КВАП для мониторинга. КВАП может быть малопоказательна у пациентов с выраженной катарактой или далекозашедшей глаукомой. Кроме того, больные с тенденцией быстрой утомляемости могут иметь трудности при прохождении КВАП из-за длительного времени исследования. В настоящее время в качестве альтернативы данному методу рассматривается периметрия с удвоенной пространственной частотой, которая по сравнению с КВАП помимо высокой чувствительности, характеризуется существенно меньшими ограничениями [9,20,33,38].

Сведения об авторах статьи:

Митрофанова Наталья Васильевна – врач-офтальмолог офтальмологического отделения офтальмологической клиники, старший лаборант кафедры офтальмологии №2 ГБОУ ВПО СЗГМУ Минздрава России. Адрес: 195196, г. Санкт-Петербург, Заневский проспект, 1/82. Тел./факс: 8 (812) 303-51-11. E-mail: natalzin@mail.ru.

Анкудинова Светлана Викторовна – к.м.н., ассистент кафедры офтальмологии №2 ГБОУ ВПО СЗГМУ Минздрава России. Адрес: 195196, г. Санкт-Петербург, Заневский проспект, 1/82. Тел./факс: 8 (812) 303-50-00. E-mail: ankuদিনова@bk.ru.

Даутова Земфира Ахияровна – д.м.н., зав. офтальмологической клиникой, профессор кафедры офтальмологии №1 ГБОУ ВПО СЗГМУ Минздрава России. Адрес: 195196, г. Санкт-Петербург, Заневский проспект, 1/82. Тел./факс: 8 (812) 303-51-11. E-mail: zemfira.dautova@szgmu.ru.

Хокканен Валентина Михайловна – д.м.н., профессор кафедры офтальмологии №2 ГБОУ ВПО СЗГМУ Минздрава России. Адрес: 195196, г. Санкт-Петербург, Заневский проспект, 1/82. Тел./факс: 8 (812) 303-51-11. E-mail: hokkanen@bk.ru.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балашевич, Л.И. Методы исследования поля зрения: учебное пособие/ Л.И. Балашевич. – СПб: Издательский дом МАПО, 2004. – 54 с.
2. Волков, В.В. Скрининговые методики исследования поля зрения на глаукому/ В.В. Волков // Вест. офтальмол. – 1998. – №1. – С. 3-7.
3. Волков, В.В. Глаукома, преглаукома, офтальмогипертензия/ В.В. Волков, Л.Б. Сухина, Е.И. Устинова. – Л., 1985. – С. 18-21.
4. Клиническая физиология зрения / под ред. А.М. Шамшиновой, А.А. Яковлева, Е.В. Романовой. – М.: ПБОЮЛ «Т.М. Андреева», 2002. – 672 с.
5. Национальное руководство по глаукоме для практикующих врачей / под ред. Е.А. Егорова, Ю.С. Астахова, А.Г. Щуко. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. – 280 с.
6. Немцев, Г.И. Актуальные вопросы современной клинической периметрии. Клиническая физиология зрения/ Г.И. Немцев. – М., 1993. – С. 277-295.
7. Подвигин, Н.Ф. Элементы структурно-функциональной организации зрительно-глазодвигательной системы/ Н.Ф. Подвигин, Ф.Н. Макаров, Ю.Я. Шелепин. – Л.: Наука, 1986. – 252 с.
8. Симакова, И.Л. Влияния катаракты и макулодистрофии на результаты различных методов периметрии / И.Л. Симакова, Э.В. Бойко // Вестн. офтальмологии. – 2010. – Т. 126, № 3. – С. 10-14.
9. Симакова, И.Л. Периметрия в ранней диагностике глаукомы: новые тенденции / И.Л. Симакова // Глаукома. – 2009. – № 1. – С. 54-60.
10. Новый метод оценки контрастной чувствительности у пациентов с глазными заболеваниями / А.М. Шамшинова [и др.] // Вестн. офтальмол. – 1997. – Т.113, №1. – С.22-25.
11. Spectral sensitivity and color discrimination changes in glaucoma and glaucoma-suspect patients/ A.J. Adams [et al.] // Invest Ophthalmol Vis Sci. – 1982. – Vol. 23. – P. 516-524.
12. Bengtsson, B. Inter-subject variability and normal limits of the SITA Standard, SITA Fast, and the Humphrey Full Threshold computerized perimetry / B. Bengtsson, A. Heiji.
13. Comparison of long-term variability for standard and short-wavelength automated perimetry in stable glaucoma patients/ E.Z. Blumenthal [et al.] // Am J Ophthalmol. – 2000. – Vol. 129. – P. 309-313.
14. Boycott, B.V. Cone bipolar cells and cone synapses in the primate retina/ B.V. Boycott, J.M. Hopkins // Vis Neurosci. – 1991. – Jul-Aug, Vol. 7, №1-2. – P. 49-60.
15. Brenton R.S., Phelps C.D. // Ophthalmologica. – 1986. – vol. 193. – P. 56-61.
16. Dacey, D.M. The "blue-on" opponent pathway in primate retina originates from a distinct bistratified ganglion cell type/ D.M. Dacey, B.V. Lee // Nature. – 1994. – Vol.367. – P.731-735.
17. Demirel, S. Incidence and prevalence of short wavelength automated perimetry deficits in ocular hypertensive patients/ S. Demirel, C.A. Johnson // Am J Ophthalmol. – 2001. – Vol. 131. – P.709-715.
18. Acquired color vision changes in glaucoma: use of 100- hue test and Pickford anomaloscope as predictors of glaucomatous field change/ S.M. Drance [et al.] Arch Ophthalmol. – 1981. – Vol.99. – P. 829-831.
19. Eisner, A. Variability in short-wavelength automated perimetry among peri- or postmenopausal women: a dependence on phytoestrogen consumption? / A. Eisner, S. Demirel // Acta Ophthalmol. – 2011. – May, Vol. 89, №3. – P. 217-224.
20. Short-wavelength automated perimetry and frequency-doubling technology perimetry in glaucoma/ P. Fogagnolo [et al.] // Prog Brain Res. – 2008. – Vol. 173. – P.101-124.
21. Gouras, P. Retinal circuitry and its relevance to diagnostic psychophysics and electrophysiology / P. Gouras // Curr Opin Ophthalmol. – 1992. – Vol. 3. – P. 803-812.
22. Long-term fluctuation in short-wavelength automated perimetry in glaucoma suspects and glaucoma patients/ N. Hutchings [et al.] // Invest Ophthalmol Vis Sci. – 2001. – Vol. 42. – P. 2332-2337.
23. Yellow perimetry can predict the development of glaucomatous visual field loss/ C.A. Johnson // Arch Ophthalmol. – 1993. – Vol. 111. – P.645-650.

24. Progression of early glaucomatous visual field loss as detected by blue-on-yellow and standard white-on-white automated perimetry/ C.A. Johnson [et al.] // *Arch Ophthalmol.* – 1993. – Vol.111. – P. 651-656.
25. Johnson, C.A. Evidence for a neural basis of age-related visual field loss in normal observers/ C.A. Johnson, A.J. Adams, R.A. Lewis // *Invest Ophthalmol Vis Sci.* – 1989. – Vol.30. – P.2056-2064.
26. Short-wavelength automated perimetry in low-, medium-, and high-risk ocular hypertensive eyes. Initial baseline results/ C.A. Johnson [et al.] // *Arch Ophthalmol.* – 1995. – Jan, Vol. 113, № 1. – P. 70-76.
27. Johnson, C.A. Recent developments in automated perimetry in glaucoma diagnosis and management/ C.A. Johnson // *Curr Opin Ophthalmol.* – 2002. – Vol. 13. – P. 77-84.
28. Johnson, C.A. Selective versus nonselective losses in glaucoma/ C.A. Johnson // *J Glaucoma.* – 1994. – Vol. 3(suppl). – P.532- 544.
29. Macaque retina contains an S-cone OFF midgen pathway/ K. Klug [et al.] // *J Neurosci.* – 2003, Oct 29. – Vol. 23, № 30. – P. 9881-9887.
30. Test-retest variability of blue-on-yellow perimetry is greater than white-on-white perimetry in normal subjects/ Y.H. Kwon [et al.] // *Am J Ophthalmol.* – 1998. – Vol. 126. – P.29-36.
31. Short-wavelength automated perimetry and neuroretinal rim area/ J.M. Larrosa [et al.] // *Eur J Ophthalmol.* – 2000. – Vol. 10. – P.116-120.
32. Lennie, P. Recent developments in the physiology of color vision/ P. Lennie // *Trends Neurosci.* – 1984. – Vol. 5. – P. 243-248.
33. Comparison of standard automated perimetry, frequency-doubling technology perimetry, and short-wavelength automated perimetry for detection of glaucoma/ S. Liu [et al.] // *Invest Ophthalmol Vis Sci.* – 2011, Sep 21. – Vol. 52, № 10. – P. 7325-7331.
34. Malhotra, C. Long-term variability in short-wavelength automated perimetry compared to standard perimetry in glaucoma patients and normal subjects/ C. Malhotra // *Oman J Ophthalmol.* – 2009, Jan. – Vol. 2, № 1 P. 27-32.
35. Achromatic and short-wavelength automated perimetry in patients with glaucomatous large cups/ S.L. Mansberger [et al.] // *Arch Ophthalmol.* – 1999. – Vol. 117. – P. 1473-1477.
36. Achromatic and short-wavelength automated perimetry in patients with glaucomatous large cups/ S.L. Mansberger [et al.] // *Arch Ophthalmol.* – 1999, Nov. Vol. 117, № 11. – P.1473-1477.
37. Marré, M. Different types of acquired colour vision deficiencies on the base of CVM patterns in dependence upon the fixation mode of the diseased eye/ M. Marré, E. Marré // *Mod Probl Ophthalmol.* – 1978. – Vol. 19. – P. 248-252.
38. McManus, J.R. Screening for glaucoma: rationale and strategies/ J.R. Mcmanus, P.A. Netland // *Curr Opin Ophthalmol.* – 2013, Mar. – Vol. 24, № 2. – P. 144-149.
39. Mok, K.H. Nerve fiber analyzer and shortwavelength automated perimetry in glaucoma suspects: a pilot study/ K.H. Mok, V.W. Lee // *Ophthalmology.* – 2000. – Vol. 107. – P. 2101- 2104.
40. Moss, I.D. The influence of aged-related cataract on blue-on-yellow perimetry/ I.D. Moss, J.M. Wild, D.J. Whitaker // *Invest Ophthalmol Vis Sci.* – 1995. – Vol. 36. – P. 764-773.
41. Comparing the full-threshold and Swedish interactive thresholding algorithms for short-wavelength automated perimetry/ M. Ng [et al.] // *Invest Ophthalmol Vis Sci.* – 2009, Apr. – Vol. 50, № 4. – P. 1726-1733.
42. Blue-on-yellow perimetry to evaluate S cone sensitivity in diabetics/ R. Nomura [et al.] // *Ophthalmic Res.* – 2000. – Vol. 32. – P.69-72.
43. Short-wavelength automated perimetry and retinal nerve fiber layer evaluation in suspected cases of glaucoma/ V. Polo [et al.] // *Arch Ophthalmol.* – 1998. – Vol. 116. – P.295-298.
44. Quigley, H.A. Retinal ganglion cell atrophy correlated with automated perimetry in human eyes with glaucoma/ H.A. Quigley, G.R. Dunkelberger, W.R. Green // *Am J Ophthalmol.* – 1989, May 15. – Vol. 107, № 5. – P. 453-464. 70.
45. Remky, A. Short-wavelength automated perimetry and capillary density in early diabetic maculopathy/ A. Remky, O. Arend, S. Hendricks // *Invest Ophthalmol Vis Sci.* – 2000. – Vol. 41. – P.274-281.
46. From pigments to perception/ R.W. Rodieck [et al.] // New York: Plenum Publishing Corp. – 1991. – P. 83-94.
47. Visual function-specific perimetry for indirect comparison of different ganglion cell populations in glaucoma/ P.A. Sample [et al.] // *Invest Ophthalmol Vis Sci.* – 2000. – Vol. 41. – P. 1783-1790.
48. Optimum parameters for short-wavelength automated perimetry/ P.A. Sample [et al.] // *J Glaucoma.* – 1996. – Vol. 5. – P. 375-383.
49. Sample, P.A. Short-wavelength automated perimetry without lens density testing/ P.A. Sample, G.A. Martinez, R.N. Weinreb // *Am J Ophthalmol.* – 1994. – Vol. 118. – P. 632-641.
50. Sample, P.A. Standard achromatic automated perimetry vs. short-wavelength automated perimetry for following glaucoma. In: Krieglstein GK, editor/ P.A. Sample, D.J. Plummer, R.N. Weinreb // *Glaucoma update.* Köln: Kaden Verlag. – 1995. – P. 197-216.
51. Short-wavelength color visual fields in glaucoma suspects at risk/ P.A. Sample [et al.] // *Am J Ophthalmol.* – 1993. – Vol. 115. – P. 225-233.
52. Sample, P.A. Short-wavelength automated perimetry: its role in the clinic and for understanding ganglion cell function/ P.A. Sample // *Prog Retinal Eye Res.* – 2000. – Vol. 19. – P. 369-383.
53. Morphology and physiology of S-cone pathways in New-World primates/ L.C.L. Silveira [et al.] // *Investigative Ophthalmology & Visual Science (Suppl.).* – 1997. – Vol. 38. – P. 708.
54. Standard achromatic perimetry, short wavelength automated perimetry, and frequency doubling technology for detection of glaucoma damage/ M.A. Soliman [et al.] // *Ophthalmology.* – 2002, Mar. – Vol. 109, № 3. – P. 444-454.
55. Stockman, A. The temporal properties of the human short-wave photoreceptors and their associated pathways/ A. Stockman, D.I. Macleod, Depriest // *Vision Res.* – 1991. – Vol. 31, № 2. – P. 189-208.
56. Correlation of blue-on-yellow visual fields with scanning confocal laser optic disc measurements/ P. Teesalu [et al.] // *Invest Ophthalmol Vis Sci.* – 1997. – Vol. 38. – P. 2452- 2459.
57. Relationship between structural abnormalities and short-wavelength perimetric defects in eyes at risk of glaucoma/ S. Uruglu [et al.] // *Am J Ophthalmol.* – 2000. – Vol. 129. – P. 592-598.
58. The ability of short-wavelength automated perimetry to predict conversion to glaucoma/ J. Van der Schoot [et al.] // *Ophthalmology.* – 2010, Jan. – Vol. 117, №1. – P. 30-34.
59. Statistical aspects of the normal visual field in short-wavelength automated perimetry/ J.M. Wild [et al.] // *Invest Ophthalmol Vis Sci.* – 1998. – Vol. 39. – P. 54-63.
60. Mapping structural damage of the optic disc to visual field defect in glaucoma/ N. Yamagishi [et al.] // *Am J Ophthalmol.* – 1997. – Vol. 123. – P. 667-676.