

© Кочина М. Л., *Каплин И. В., **Ковтун Н. М.

УДК 612.846:004

Кочина М. Л., *Каплин И. В., **Ковтун Н. М.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛЯРИЗОВАННОГО СВЕТА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЛАЗА

**Харьковская медицинская академия последипломного образования
(г. Харьков)**

***Донецкий центр терапии и микрохирургии глаза (г. Донецк)**

****КУОЗ «Харьковская городская клиническая больница № 14
им. проф. Л. Л. Гиршмана» (г. Харьков)**

Работа выполнена в рамках реализации Глобальной программы по борьбе со слепотой «Зрение 2020: Право на зрение».

Разработка новых неинвазивных методов исследования и диагностики патологии глаза является актуальной задачей. В этой связи большой теоретический и практический интерес представляют методы, основанные на исследовании тканей глаза в поляризованном свете [9,11,14,18,23,25,26,29].

Вступление. Физические основы исследования глаза в поляризованном свете.

Обыкновенный свет представляет собой совокупность множества электромагнитных волн, плоскости поляризации которых ориентированы произвольно, так как процессы излучения света атомами происходят независимым образом [1,26,27,30]. Свет, в котором в равной мере представлены электромагнитные волны со всевозможными направлениями колебаний, называется естественным или неполяризованным. При поляризации света, которая осуществляется с использованием различных оптических устройств или физических эффектов, происходит выделения из светового пучка составляющих со строго определенной ориентацией электрической и магнитной составляющих электромагнитной волны [30].

Использование поляризованного света позволяет не только улучшить качество оптических изображений, но и исследовать физические свойства сред. Значительный интерес представляет исследование в поляризованном свете оптически анизотропных сред. Анизотропия – это зависимость физических свойств вещества (теплопроводности, электропроводности, упругости, скорости распространения волн, преломления и др.) от направления. Оптическая анизотропия проявляется в виде зависимости скорости распространения световой волны от направления в веществе. Оптическая анизотропия присуща многим материалам и биологическим тканям [1,19,32,42]. При исследовании в поляризованном свете анизотропные вещества, обладающие свойством двулучепреломления, изменяют плоскость поляризации падающего света и при наблюдении через поляризатор на них наблюдается интерференционная картина в виде радужно окрашенных полос и пятен. Особый интерес

представляет оптическая анизотропия, возникающая в результате механических воздействий на вещество, называемая фотоупругостью. Свойство фотоупругости приводит к появлению эффекта временного (при действии внешнего механического воздействия) двулучепреломления. Механические напряжения в исследуемом веществе можно визуализировать в поляризованном свете. Линии одинаковой окраски на интерференционных картинах, наблюдаемых в поляризованном свете на анизотропных материалах, называют изохромами (это геометрические места точек, где разность хода лучей одинакова). Одинаковая окраска соответствует эквинапряженным зонам, темные линии на интерференционных картинах называют изоклинами или линиями равного наклона (геометрические места точек, где направление главных напряжений совпадает с направлением плоскости поляризации). [1,8,26,27,30,43].

Поляризованный луч света, направленный на фотоупругий объект, отражается от его поверхности, а также проходит через его толщину дважды. Из фотоупругого объекта свет выходит в виде двух лучей, поляризованных в направлении главных напряжений. При наблюдении объекта через поляризатор (анализатор), плоскость поляризации которого перпендикулярна входному поляризатору (поляризатору) на поверхности объекта наблюдается интерференционная картина. Величину механических напряжений, возникающих в объекте, оценивают по окраске изохром. Каждый цвет интерференционной окраски соответствует определенной разности хода световых лучей. Увеличение разности главных напряжений и соответственно разности хода лучей сопровождается последовательной сменой цвета. Цвета появляются в следующем порядке: желтый, красный, фиолетовый, синий, зеленый. Все цвета между начальной темной окраской и первым зеленым относят к цветам первого порядка. Затем появляются цвета второго, третьего и т. д. порядков. Простое рассматривание интерференционной картины позволяет получить информацию о напряженно-деформированном состоянии объекта.

Результаты исследования тканей глаза в поляризованном свете. Впервые поляризованный свет для исследования глаза был использован

Д. Брюстером в 1815 году [33]. Он описал интерференционную картину, наблюдаемую на роговице живого глаза, а также провел первое исследование хрусталика в поляризованном свете. Брюстер не обнаружил проявлений оптической анизотропии хрусталика и считал, что хрусталик глаза изотропный. В настоящее время при исследовании оптических свойств изолированного хрусталика установлено, что он оптически анизотропен и его поляризационно-оптические свойства значительно меняются с развитием катаракты. Высушенный порошок катарактального хрусталика в поляризованном свете обладает легкой анизотропией с желтыми тонами интерференции первого порядка, волнистым погасанием; при бурой катаракте наблюдается выраженная анизотропия с желтой интерференционной окраской порошка хрусталика; при черной катаракте – слабая анизотропия всей массы хрусталика [17,20,28,29,36]. При биомикроскопии хрусталика в поляризованном свете более четко видны предкатарактальные изменения. Использование поляризованного света позволяют выявить начальные помутнения, не диагностируемые другими методами, определить степень зрелости старческой катаракты, проследить набухание хрусталика после травмы.

При исследовании конъюнктивы в поляризованном свете более четко видны мельчайшие сосуды, нервы конъюнктивы, миелиновая оболочка которых также анизотропна и обладает двойным лучепреломлением. У пожилых людей в конъюнктиве обнаруживаются блестящие, с цветными переливами кристаллы холестерина и солей извести. Значительно контрастнее выглядят отложения пигмента [37].

На роговице в поляризованном свете хорошо различимы нервные волокна и межволоконная система связывающих линий роговичных пластинок. При бельмах роговицы можно детально рассмотреть структуру рубцовых помутнений, глубину их расположения, поверхностные сосуды в рубцах и глубокие запустевшие сосуды в строме. В поляризованном свете хорошо видны отек эпителия роговицы и складки десцеметовой оболочки, эндотелий, преципитаты [32,37-40].

На радужной оболочке в поляризованном свете более четко различаются мелкие патологические очаги, контрастнее становятся пигментные включения, участки атрофии приобретают зеленовато-голубую окраску, выделяющую их на фоне нормальной ткани.

Объективным методом исследования глазного дна, основанным на оптической анизотропии и дихроизме тканей, является поляризационная офтальмоскопия. Дихроизм – это свойство вещества по-разному поглощать свет с разными направлениями плоскости

поляризации. Дихроичные ткани в поляризованном свете приобретают яркость и необычные оттенки. Глазное дно обладает свойством дихроизма, в зависимости от направления плоскости поляризации освещенность и цвет отдельных участков глазного дна заметно меняется за счет гашения одних структурных элементов и усиления других [14,17,21,24,32]. Ткани глазного дна активно взаимодействуют с поляризованным светом, что используется для диагностики.

На основании вышеизложенного можно выделить основные направления использования поляризованного света в офтальмологии (**рис. 1**).

Целью данной работы явилась оценка перспектив использования поляризованного света для исследования напряженно-деформированного состояния глаза.

Объект и методы исследования. Для реализации поставленной цели нами было проведено исследование в поляризованном свете 450 роговиц глаза при различном состоянии экстраокулярных мышц (100 роговиц здоровых людей и 350 с разными видами косоглазия). Исследования и фоторегистрация интерференционных картин проводились с использованием поляризационного офтальмоскопа ФОСП-1, а также разработанного нами поляризационного прибора на базе ПЗС камеры.

Результаты исследования и их обсуждение. Результаты исследования напряженно-деформированного состояния глаза и их обсуждение.

Живой глаз постоянно находится в напряженно-деформированном состоянии, поскольку на его оболочку изнутри действует внутриглазное давление (ВГД), а снаружи – экстраокулярные мышцы (ЭОМ). Действие прямых ЭОМ растягивает роговицу и сжимает склеру, а косых – только сжимает склеру, поскольку они прикреплены за экватором



Рис. 1. Направления применения поляризованного света в офтальмологии.

и направление их усилий таково, что они не изменяют внутренние напряжения в роговице глаза.

Детальное изучение поляризационно-оптических свойств роговицы было проведено многими авторами, однако до настоящего времени результаты этих исследований не получили широкого распространения в клинической практике [10, 17, 33, 34].

С позиций фотоупругости первое исследование роговицы было проведено Ф. Зандманом [44]. Автор, будучи по образованию физиком, указал на возможность использовать интерференционных картин глаз для диагностики, отметив, что фотоупругие свойства роговой оболочки глаза зависят от ее состояния и существенно изменяются при различных патологических процессах. Автором было проведено изучение интерференционных картин на роговице и показано, что все здоровые люди имеют сходные интерференционные картины, а больные – существенно различающиеся, однако в чем конкретно состоят эти различия и каким образом можно использовать интерференционные картины для диагностики установлено не было. Позднее роговицу в поляризованном свете исследовали многие авторы [5, 12, 18, 22, 25, 32, 41].

Оптическую анизотропию роговицы глаза можно условно разделить на статическую и динамическую [12, 13]. Статическая анизотропия обусловлена структурой роговичного коллагена и взаиморасположением его волокон в ткани роговицы, формой самой роговицы; динамическая – связана с уровнем внутриглазного давления и анатомо-функциональным состоянием экстраокулярных мышц, т. е. имеет фотоупругую природу [2-7, 15, 16].

При освещении роговицы живого глаза поляризованным белым светом на ней наблюдается специфическая интерференционная картина, представляющая собой фигуру в форме ромба, образованную радужными полосами (изохромами). Интерференционный ромб расположен по периферии роговицы, его углы опираются на горизонтальный и вертикальный диаметры глаза (рис. 2). Картину пересекают темные полосы, образующие фигуру роговичного креста (изоклины) [5, 35]. Фактически на роговице глаза в поляризованном свете видны изоклины, которые при вращении поляризаторов в скрещенном положении также вращаются, а при вращении одного из поляризаторов распадаются на две гиперболы и смещаются от центра картины.

Как показали наши исследования [2, 3, 12, 15, 16], а также более поздние исследования других авторов [4-7], такая форма интерференционной картины обусловлена растягивающим действием ЭОМ. Действие ЭОМ вносит наиболее существенный вклад в формирование интерференционной картины именно в виде ромба. Эти мышцы, удерживая глазное яблоко в определенном положении, всегда находятся в тонусе. Исследования формы интерференционных картин в норме и при различной патологии ЭОМ позволили выявить закономерности их изменения и разработать объективные бесконтактные способы диагностики [2, 3, 15, 16].

Так, на основании экспериментальных исследований живых и трупных глаз нами установлено, что ослабление усилия со стороны одной из мышц

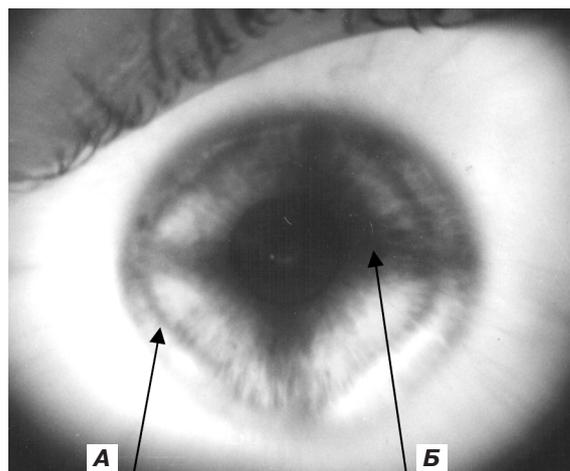


Рис. 2. Интерференционная картина живого глаза; а – изохромы, б – изоклины.

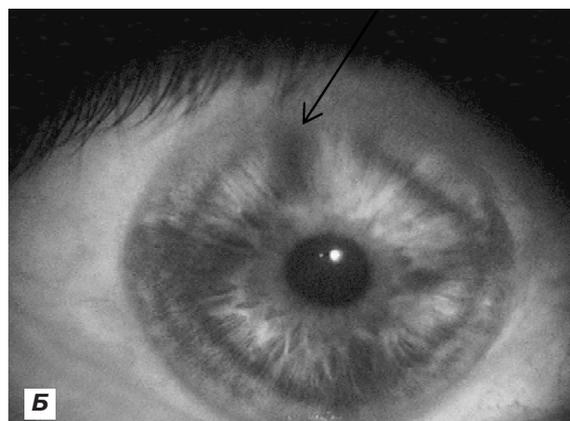
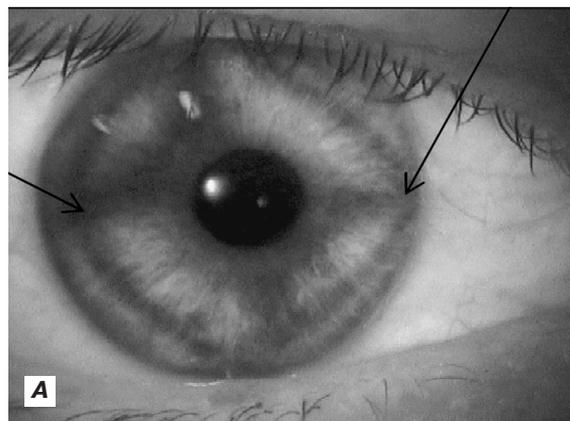


Рис. 3. Интерференционные картины глаз с патологией ЭОМ (А – усиление действия внутренней прямой мышцы, ослабление – наружной; Б – смещение верхней прямой мышцы от линии действия).

приводит к скруглению соответствующего ей угла интерференционного ромба и уменьшению длины соответствующего ей отрезка диагонали. При увеличении мышечного усилия происходит вытяжение соответствующего угла и увеличение длины отрезка диагонали (рис. 3, а). Смещение

места прикрепления мышцы вдоль линии ее действия эквивалентно изменению усилия, а смещение в сторону от линии действия приводит к смещению в ту же сторону соответствующего угла ромба (рис. 3, 6) [12,15,16].

При изменении тонуса глазодвигательных мышц, обусловленного конвергенцией, например, в процессе напряженного зрительного труда на близком расстоянии, выполняемого длительное время, форма интерференционного ромба также изменяется, причем эти изменения сходны с теми, которые наблюдаются при изменении силы действия или места прикрепления ЭОМ при косоглазии.

Исходя из вида интерференционных картин в норме и при патологии глазодвигательного аппарата нами были изучены следующие параметры изохром: окраска полос, ширина полос, геометрические размеры полос (периметр, размеры диагоналей и отрезков диагоналей). Все измерения параметров производились по изохроме первого порядка относительно геометрического центра роговицы. В результате анализа измеренных параметров, сравнения их значений в норме и при патологии было установлено, что наиболее подходящими по информативности являются отрезки диагоналей интерференционного ромба. Однако этих параметров достаточно для описания интерференционных картин только нормальных глаз (без патологии мышечного аппарата). Длины отрезков диагоналей связаны с тономом соответствующих ЭОМ. Чем больше отрезок, тем больше усилие со стороны соответствующей мышцы, чем меньше – тем соответственно слабее действие мышцы [10, 11, 19, 20, 69, 77, 114, 120]. Эти закономерности изменения отрезков диагоналей ромба в зависимости от состояния ЭОМ были проверены и подтверждены при исследовании интерференционных картин глаз 150 больных косоглазием (без смещения мест прикрепления ЭОМ к склере). Если нет аномалий прикрепления мышц к склере, то этих четырех отрезков достаточно, так как они хорошо описывают как гипер-, так и гипофункцию ЭОМ, или те случаи, когда имеется смещение места прикрепления мышцы к склере по отношению к лимбу вдоль линии действия мышц. Если же имеет место смещение мышцы в сторону от меридианов (линий действия), то информации о величине отрезков диагоналей интерференционного ромба недостаточно для описания всей картины. На практике встречались случаи, когда все четыре прямые мышцы были смещены от своих меридианов, вся интерференционная картина была, как бы повернута относительно главных меридианов, а отрезки диагоналей интерференционного ромба были одинаковыми и по величине не отличались от нормы.

По этой причине, исходя из характера изменений геометрических параметров интерференционных

картин, в качестве дополнительных информативных параметров были выбраны углы между отрезками, соединяющими геометрический центр роговицы и углы интерференционного ромба [12,13]. В норме, как показали исследования, углы между отрезками диагоналей близки к 90 градусам, при аномалиях прикрепления они изменяются от 70 до 110 градусов. Использование для более точной классификации интерференционных картин в качестве информативных параметров не только отрезков диагоналей ромба, но и углов между ними позволяет более точно описывать каждую картину, проводить дифференциальную диагностику поражений ЭОМ.

Нами также были проведены исследования и выявлено изменение формы и геометрических параметров интерференционных картин глаз при разных уровнях внутриглазного давления [9,19]. Установлено, что при повышении ВГД происходит перераспределение внутренних напряжений в роговице, наблюдаются нелинейные эффекты и существенным образом изменяется форма интерференционной картины. В настоящее время нами проводятся дополнительные исследования связи между параметрами интерференционных картин и величиной ВГД.

Значительный интерес представляют исследования влияния геометрических параметров роговицы на форму интерференционных картин при роговичном астигматизме разной природы. Нами предложен, например, способ интраоперационного контроля параметров роговицы с целью профилактики послеоперационного астигматизма [23].

На основании вышеизложенного можно сделать следующие **выводы**:

1. Применение поляризованного света позволяет не только повысить качество изображений тканей глаза, но и визуализировать картину распределения внутренних напряжений в роговице.

2. Форма интерференционных картин связана со структурно-функциональным состоянием ЭОМ. Анализ формы интерференционных картин и определение их геометрических параметров позволяет определить место прикрепления мышц к склере и состояние мышечного баланса, что, в свою очередь, позволяет определить тактику лечения больных косоглазием.

3. Перспективным в плане получения новой информации является исследование напряженно-деформированного состояния роговицы глаза при роговичном астигматизме и разных уровнях внутриглазного давления.

Перспективной дальнейших исследований является разработка количественных методов анализа интерференционных картин, наблюдаемых на роговице глаза в поляризованном свете, при астигматизме и патологии внутриглазного давления.

Литература

1. Адзериho К. С. Взаимодействие поляризованного излучения с веществом / К. С. Адзериho, А. Я. Силенко. – Минск, 1975. – 100 с.
2. А. с. 799716 СССР, МКІ² А 61 F 9/00. Способ диагностики патологии глазодвигательных мышц / М. А. Пеньков, М. Л. Кочина (СССР). – №. 2666874; заявл. 05. 07. 78; опубл. 30. 01. 81; Бюл. №4. – 2 с.

3. А. с. 1762893 СССР. Способ определения функционального состояния глазодвигательных мышц / М. А. Пеньков, М. Л. Кочина [и др.] (СССР). – № 4182507; заявл. 16. 01. 87; опубл. 23. 09. 92; Бюл. № 35.
4. Босенко Т. А. Диагностика асимметрии наружных мышц глаза в поляризованном свете при косоглазии / Т. А. Босенко // Актуальные вопросы офтальмологии: сборник научных трудов. – Х., 1987. – С. 33–35.
5. Водовозов А. М. Изоклины интерференционной картины роговицы как указатели местоположения глазодвигательных мышц в норме и при косоглазии / А. М. Водовозов, В. В. Ковылин // Офтальмологический журнал. – 1983. – № 5. – С. 260–262.
6. Водовозов А. М. Использование поляризационно-оптического метода для диагностики состояния глазодвигательных мышц при вертикальной девиации / А. М. Водовозов, В. В. Ковылин // Офтальмологический журнал. – 1990. – № 4. – С. 201–204.
7. Ковылин В. В. Использование поляризационно-оптического метода для диагностики состояния глазодвигательных мышц при вертикальной девиации / В. В. Ковылин // Офтальмологический журнал. – 1990. – № 4. – С. 201–204.
8. Кокер Л. Оптический метод исследования напряжений / Л. Кокер, Н. Файлон. – М. : ОНТИ, 1936. – 120 с.
9. Кочина М. Л. Возможности поляризационно-оптического метода исследования глаз / М. Л. Кочина // Актуальные вопросы офтальмологии : сборник научных трудов. – Х., 1987. – С. 54–56.
10. Кочина М. Л. Поляризованно-оптические свойства роговой оболочки глаза / М. Л. Кочина // Актуальные вопросы офтальмологии: сборник научных трудов. – Х., 1980. – С. 45–47.
11. Кочина М. Л. Применение поляризованного света в медико-биологических исследованиях / М. Л. Кочина // Применение поляризованного света в медицине: тезисы докладов областной научно-практической конференции. – Х., 1986. – С. 24–26.
12. Кочина М. Л. Исследование и моделирование поляризационно-оптических свойств роговицы глаза при различных состояниях экстраокулярных мышц / М. Л. Кочина, В. Г. Калиманов // Бионика интеллекта. – 2008. – № 2 (69). – С. 132–137.
13. Кочина М. Л. Методы обработки изображений для автоматизации диагностики патологии экстраокулярных мышц / М. Л. Кочина, В. Г. Калиманов // Прикладная радиоэлектроника. – 2008. – Т. 7, № 1. – С. 93–96.
14. Миткох Д. И. Применение поляризованного света для изучения анатомии, физиологии и патологии глазного дна / Д. И. Миткох // Проблемы физиологической оптики. – М., 1969. – Т. XV. – С. 164–167.
15. Пеньков М. А. Интерференционный метод в диагностике косоглазия / М. А. Пеньков, М. Л. Кочина // Офтальмологический журнал. – 1979. – № 8. – С. 497–498.
16. Пеньков М. А. Интерференционный метод в диагностике косоглазия / М. А. Пеньков, М. Л. Кочина // Вестник офтальмологии. – 1981. – № 1. – С. 39–41.
17. Пеньков М. А. Применение поляризованного света в офтальмологии (обзор) / М. А. Пеньков, М. Л. Кочина // Офтальмологический журнал. – 1981. – № 6. – С. 368–372.
18. Пеньков М. А. Поляризационный метод исследования роговицы глаза / М. А. Пеньков, Р. М. Тамарова, М. Л. Кочина // Новости медицинской техники : сборник статей / ВНИИМП. – М., 1982. – Вып. 1. – С. 27–30.
19. Поляризационно-оптический метод исследования напряжений / под ред. Н. И. Пригоровского. – М. : Наука, 1965. – 776 с.
20. Рапис Е. Г. Использование метода поляризационной микроскопии для исследования хрусталика / Е. Г. Рапис // Офтальмологический журнал. – 1976. – № 2. – С. 128–130.
21. Русакович О. А. Исследование глазного дна при миопии в поляризованном свете / О. А. Русакович // Вестн. офтальмологии. – 1979. – № 4. – С. 38–41.
22. Современное состояние и перспективы применения метода фотоупругости / В. В. Волков, В. К. Малышев, А. И. Журавлев [и др.] // Офтальмологический журнал. – 1990. – № 8. – С. 479–482.
23. Способ профилактики послеоперационного астигматизма / М. А. Пеньков, М. Л. Кочина, А. В. Яворский, Д. М. Миросшник // Офтальмологический журнал. – 1988. – № 4. – С. 230–233.
24. Тамарова Р. М. Об исследовании глазного дна в поляризованном свете / Р. М. Тамарова // Проблемы физиологической оптики. – 1969. – Т. XV. – С. 158–163.
25. Тамарова Р. М. Об исследовании роговицы глаза в поляризованном свете / Р. М. Тамарова, Т. В. Зубарева // Новости медицинской техники: сборник статей. – М., 1977. – Вып. 2. – С. 29.
26. Файлон Л. Оптический метод исследования напряжений / Л. Файлон. – М.; Л. : Гостехлитиздат, 1940. – 120 с.
27. Фрохт Макс Марк. Фотоупругость. Поляризационно-оптический метод исследования напряжений / Макс Марк Фрохт. – М.; Л. : Гостехиздат, 1950. – 488 с.
28. Чередниченко В. М. Биомикроскопия в поляризованном свете / В. М. Чередниченко // Вестник офтальмологии. – 1973. – № 2. – С. 20–22.
29. Чередниченко В. М., Воронцова Н. М. Применение поляризационной биомикроскопии для диагностики катаракты / В. М. Чередниченко, Н. М. Воронцова // Офтальмологический журнал. – 1987. – № 1. – С. 19–21.
30. Шерклифф У. Поляризованный свет (получение и применение) / У. Шерклифф. – М. : Мир, 1965. – 264 с.
31. Anderson K. Application of structural analysis to the mechanical behavior of the cornea / K. Anderson, A. El-Sheikh, T. Newton // J. R. Soc. Interface. – 2004. – Vol. 1. – P. 1–15.
32. Bour L. J. On the birefringence of the living human eye / L. J. Bour, N. J. Lopez Cardozo // Vision Res. – 1981. – Vol. 21, № 9. – P. 1413–1421.
33. Brewster D. Experiments on the depolarization of light as exhibited by various mineral, animal and vegetable bodies with a reference of the phenomena to the general principles of polarization / D. Brewster // Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. – 1815. – Vol. 1. – P. 21–53.
34. Cogan D. C. Some ocular phenomena produced with polarized light / D. C. Cogan // Arch. Ophthalmol. – 1941. – Vol. 25, № 3. – P. 391–400.

35. Cope W. T. The corneal polarization cross / W. T. Cope, M. L. Wolbarsht, B. S. Yamanashi // J. Opt. Soc. Am. – 1978. – Vol. 68, № 8. – P. 1139–1141.
36. De Vries H. L. Properties of the eye with respect to polarized light / H. L. de Vries, A. Spoor, R. Jielof // Physica. – 1953. – Vol. 19. – P. 419–432.
37. Komai Y. The three dimensional organization of collagen fibrils in the human cornea and sclera / Y. Komai, T. Ushiki // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 1991. – Vol. 32, № 8 – P. 2244–2257.
38. Stanworth A. Polarized light studies of the cornea I. The isolated cornea / A. Stanworth, E. J. Naylor // J. Exp. Biol. – 1953. – Vol. 30. – P. 160–163.
39. Stanworth A. Polarized light studies of the cornea II. The effect of intra-ocular pressure / A. Stanworth // J. Exp. Biol. – 1953. – Vol. 30, № 2. – P. 164–169.
40. Stanworth A. The polarization optics of the isolated cornea / A. Stanworth, E. J. Naylor // Br. J. Ophthalmol. – 1950. – Vol. 34, № 4. – P. 201–211.
41. Van Bloklant G. J. Corneal polarization in the living human eye explained with a biaxial model / G. J. van Bloklant, S. C. Verhelst // Opt. Soc. Am. A. – 1987. – Vol. 4, № 1. – P. 82–90.
42. Von Erlach C. Mikroskopische Beobachtungen über organische Elementarteile bei polarisiertem Licht / C. von Erlach // Arch. f. Anat. u. Physiol. – 1847. – S. 313.
43. Wave Interference for Pattern Description / S. Atasoy, D. Mateus, A. Georgiou [et al.] // Proc. Asian Conference on Computer Vision (ACCV), Queenstown, New Zealand, 8-12 Nov., 2010. – Queenstown, 2010. – P. 124.
44. Zandman F. The photoelastic effect of the living eye / F. Zandman // Experim. Mechanics. – 1966. – Vol. 6, № 5. – P. 19–25.

УДК 612. 846:004

РЕЗУЛЬТАТИ ВИКОРИСТАННЯ ПОЛЯРИЗОВАНОГО СВІТЛА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ОКА

Кочина М. Л., Каплін І. В., Ковтун Н. М.

Резюме. Представлені результати дослідження тканин ока з використанням поляризованого світла. Показано, що використання поляризованого світла дозволяє не лише підвищити якість зображень тканин ока, але і візуалізувати картину розподілу внутрішніх напружень в рогівці.

Форма інтерференційних картин, які спостерігаються на рогівці ока в поляризованому світлі, пов'язана з її геометричними параметрами, структурно-функціональним станом екстраокулярних м'язів і рівнем внутрішньоочного тиску.

Аналіз форми інтерференційних картин і визначення їх геометричних параметрів дозволяє встановити місце прикріплення екстраокулярних м'язів до склери і стан м'язового балансу, що, у свою чергу, дозволяє визначити тактику лікування хворих косоокістю.

Перспективним в плані отримання нової діагностичної інформації є дослідження напружено-деформованого стану рогівки ока при астигматизмі і різних рівнях внутрішньоочного тиску.

Ключові слова: поляризоване світло, оптична анізотропія, рогівка ока, екстраокулярні м'язи, інтерференційна картина.

УДК 612. 846:004

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛЯРИЗОВАННОГО СВЕТА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЛАЗА

Кочина М. Л., Каплин И. В., Ковтун Н. М.

Резюме. Представлены результаты исследования тканей глаза с использованием поляризованного света. Показано, что использование поляризованного света позволяет не только повысить качество изображений тканей глаза, но и визуализировать картину распределения внутренних напряжений в роговице.

Форма интерференционных картин, наблюдаемых на роговице глаза, связана с ее геометрическими параметрами, структурно-функциональным состоянием экстраокулярных мышц и уровнем внутриглазного давления.

Анализ формы интерференционных картин и определение их геометрических параметров дает возможность определить место прикрепления экстраокулярных мышц к склере и состояние мышечного баланса, что, в свою очередь, позволяет определить тактику лечения больных косоглазием.

Перспективным в плане получения новой диагностической информации является исследование напряженно-деформированного состояния роговицы глаза при астигматизме и разных уровнях внутриглазного давления.

Ключевые слова: поляризованный свет, оптическая анизотропия, роговица глаза, экстраокулярные мышцы, интерференционная картина.

UDC 612. 846:004

The Results of Polarized Light Usage for the Eye Research

Kochina M. L., Kaplin I. V., Kovtun N. M.

Abstract. The main tendencies of polarized light usage in ophthalmology are polarized biomicroscopy and research of tense-deformed condition of cornea. The usage of polarized light allows not only to increase quality of eye tissue pictures, but also to visualize picture of internal stain distribution in cornea.

The majority of eye tissues are optically anisotropic. The optical anisotropy has cornea, lens, especially during cataract maturing, conjunctiva, sclera, eye ground structure, nerves and vessels, which clearly seen during biomicroscopy and ophthalmoscopy in polarized light.

Cornea optical anisotropy can be conditionally subdivided into static and dynamic. Static anisotropy is caused by the corneal collagen structure and fiber positioning in cornea tissues, as well as cornea form. Dynamical anisotropy has photo-elastic nature, since it is connected with tensile influence of intraocular pressure and extra-ocular muscles on cornea.

During live eye cornea illumination by polarized white light we can see specific rhomb-shaped interference picture, formed by iridescent stripes (izochromes). Interference rhomb is disposed at the cornea periphery and its corners lean on horizontal and vertical eye diameters. The picture is crossed by dark stripes which form the figure of corneal cross (isoclinal lines). It has been determined, those extraocular muscles actions contribute to the formation of interference picture which has exact rhomb form. The researches of interference pictures forms in normal state and with different pathologies of extraocular muscles have allowed us to discover regularities in their changes and develop objective noncontact forms of diagnostics.

Thus, weakening of one muscle strain leads to circling of proper corner of interference rhomb and decrease of the length of particular diagonal segment. In case of muscle strain increase the traction of corresponding rhomb corner and increase of segment length appear. Retraction of muscle attachment place along line of its action is equivalent to strain changes, and retraction towards the line of action leads to retraction to the same way as corresponding corner of interference rhomb.

We has carried out research of form and geometrical parameters of eyes interference pictures at different levels of intraocular pressure. It has been established that during increase of intraocular pressure redistribution of internal strain in cornea and nonlinear effects take place, the interference picture form significantly changes. Currently we are carrying out additional researches of connections between parameters of interference pictures and intraocular pressure value.

The researches of the influence of cornea geometrical parameters on the interference pictures during corneal astigmatism of different nature are of noticeable interest.

Thus, analysis of interference pictures forms which are observed on eye cornea under the polarized light, and determination of their geometrical parameters gives us an ability to research structural functional condition of extra-ocular muscles, define level of intraocular pressure, and get new information about cornea condition during astigmatism. This in turn allows define heterotropy patients' treatment, and research intraocular pressure without direct contact with patient's eye.

Keywords: polarized light, optical anisotropy, corneal, extra-ocular muscles, interference picture.

Рецензент – проф. Воскресенська Л. К.

Стаття надійшла 25. 07. 2014 р.