

DOI: 10.26693/jmbs02.06.081

УДК 617.758.1-01

Ковтун Н. М.

## ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫЕ КАРТИНЫ РОГОВИЦЫ ГЛАЗА ПРИ РАЗНЫХ СОСТОЯНИЯХ ГЛАЗОДВИГАТЕЛЬНЫХ МЫШЦ

Харьковская медицинская академия последипломного образования

kochinaml@gmail.com

Разработка новых неинвазивных методов исследования и диагностики патологии глазодвигательного аппарата, основанных на физических свойствах глаза и его отдельных структур, является актуальной задачей. В этой связи большой теоретический и практический интерес представляет дальнейшее совершенствование объективных методов исследования глаза в поляризованном свете.

Целью данной работы является оценка параметров интерференционных картин глаз больных при разных видах косоглазия.

Для выявления особенностей изменения параметров ИК глаз при косоглазии было проведено исследование в поляризованном свете роговиц глаз 75 больных (150 ИК), среди которых было 42 (56±5,7)% человека со сходящимся косоглазием, 12 (16±4,2)% – с расходящимся, 10 (13±3,8)% – со сходящимся косоглазием с вертикальным компонентом, 11(15±4,1)% – с вертикальным косоглазием. Для сравнения были определены параметры ИК 20 глаз здоровых лиц, не имеющих косоглазия.

Проведенный анализ формы ИК показал, что при аккомодационном косоглазии параметры интерференционного ромба сходны с параметрами нормальных глаз. Горизонтальные отклонения глаз может возникать не только из-за дисбаланса действия горизонтальных глазодвигательных мышц, но и при аномалиях прикрепления мышц вертикального действия.

**Ключевые слова:** косоглазие, глазодвигательные мышцы, поляризационно-оптический метод, интерференционные картины.

**Связь работы с научными программами, планами, темами.** Данная работа выполнена в рамках реализации Глобальной программы по борьбе со слепотой «Зір 2020: Право на зір».

**Введение.** Патология глазодвигательного аппарата, сопровождающаяся косоглазием, и нарушение бинокулярного зрения имеют значительный удельный вес в структуре заболеваний органа зрения у детей. Помимо косметического недостатка, весьма тягостного в психологическом отношении,

косоглазие сопровождается серьезными расстройствами бинокулярных и монокулярных функций. По данным разных авторов явным косоглазием страдают 0,5–3,5% детей, в структуре детской глазной патологии косоглазие занимает второе место после аномалий рефракции, удельный вес его составляет 25,6% случаев, частота – 3,9 на 1000 [17–20]. В детских глазных стационарах больные с косоглазием составляют от 15 до 35% [1, 5, 7, 14, 15, 16]. Ежегодно в Украине специалисты выявляют косоглазие в среднем у 50 тысяч детей [13].

В настоящее время для исследования состояния глазодвигательных мышц (ГДМ) используются координетрия, компьютерная томография, оптико-электронный метод, методы фото- и видеодиагностики, хронаксиметрической электродиагностики, контактной термометрии, ультразвукового исследования [1, 7, 14, 15, 16]. Большинство перечисленных методов исследования ГДМ не позволяют объективно оценить их структурно-функциональное состояние и определить тактику лечения косоглазия. Объективные методы, такие как термометрия, томография, УЗ диагностика, электродиагностика требуют специального оборудования, в большинстве случаев – анестезии, и мало пригодны для исследования детей. Использование субъективных методов, таких как координетрия, метод спровоцированной диплопии, оценка и фоторегистрация положения глаз в восьми (девяти) положениях требует от пациента понимания инструкций врача и активного участия в процедуре, что ограничивает возможности применения перечисленных методов, например, при обследовании маленьких детей или лиц с пониженным интеллектом. С другой стороны, это усложняет процесс создания современных технологий диагностики состояния ГДМ.

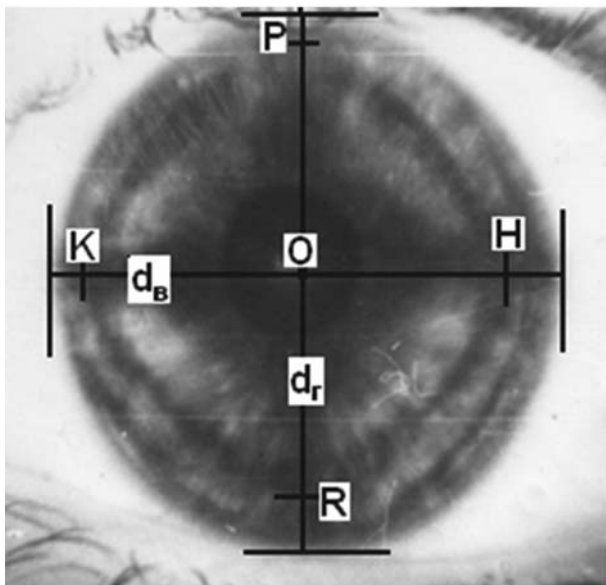
Разработка новых неинвазивных методов исследования и диагностики патологии глазодвигательного аппарата, основанных на физических свойствах глаза и его отдельных структур, является актуальной задачей. В этой связи большой

теоретический и практический интерес представляет дальнейшее совершенствование объективных методов исследования глаза в поляризованном свете.

Впервые поляризационно-оптический метод для качественной оценки состояния ГДМ был применен Пеньковым М. А. и Кочиной М. Л. [11, 12], позднее – Водовозовым А. М., Ковылиным В. В. [3, 4, 6]. Однако, для его эффективного использования в клинической практике необходима разработка количественных критериев оценки состояния ГДМ по интерференционным картинам (ИК), наблюдаемым на роговице глаза в поляризованном свете.

**Целью данной работы** является оценка параметров интерференционных картин глаз больных при разных видах косоглазия.

**Объект и методы исследования.** Поляризационно-оптический метод исследования состояния ГДМ основан на свойстве оптической анизотропии, которой обладает роговица живого глаза. Оптическая анизотропия роговицы обусловлена целым рядом факторов. Коллагеновые волокна, входящие в состав роговичной ткани, обладают свойством оптической анизотропии, что проявляется зависимостью их оптических свойств от направления распространения света [8, 10–12]. Эти волокна определенным образом расположены в ткани роговицы, причем еще и сама роговица имеет определенные геометрические параметры (разную толщину, которая возрастает от центра к периферии),



**Рис. 1.** Фотография ИК, наблюдаемой на роговице живого глаза. На фотографии обозначены центр роговицы (О) и отрезки диагоналей интерференционного ромба (ОК и ОН соответствуют ГДМ горизонтального действия; ОР и ОР – вертикального)

что также влияет на ее анизотропные свойства. Таким образом, статическая часть оптической анизотропии роговицы обусловлена свойствами роговичного коллагена, взаиморасположением его волокон в роговице и геометрическими параметрами самой роговицы. Эта составляющая оптической анизотропии роговицы является статической. Динамическая составляющая обусловлена растягивающим действием на роговицу внутриглазного давления и ГДМ.

При освещении роговой оболочки живого глаза поляризованным белым светом на ней наблюдается специфическая ИК, сходная с ромбом, углы которого опираются на горизонтальный и вертикальный диаметры глаза (**рис. 1**).

Вначале исследования формы ИК было установлено, что наиболее подходящими по информативности являются отрезки диагоналей интерференционного ромба [9, 10]. Однако более поздние исследования показали, что этих параметров достаточно для описания ИК нормальных глаз (без патологии мышечного аппарата), а также глаз больных, косоглазие которых вызвано не патологией ГДМ [14]. Длины отрезков диагоналей связаны с тонусом соответствующих ГДМ. Чем больше отрезок, тем больше усилие со стороны соответствующей мышцы, чем меньше – тем соответственно слабее действие мышцы [4, 6, 10–12]. Эти закономерности изменения отрезков диагоналей ромба в зависимости от состояния ГДМ были проверены и подтверждены при исследовании интерференционных картин глаз больных содружественным косоглазием (без смещения мест прикрепления ГДМ к склере) [9].

Если нет аномалий прикрепления мышц к склере, то этих четырех отрезков достаточно, так как они хорошо описывают как гипер-, так и гипофункцию экстраокулярных мышц, или те случаи, когда имеется смешение места прикрепления ГДМ мышц к склере по отношению к лимбу вдоль линии действия мышц (приближение места прикрепления к склере сухожилия мышцы биомеханически соответствует ее усилению, удаление – ослаблению). Если же имеет место смещение ГДМ в сторону от соответствующих меридианов, то информации только о соотношениях длин отрезков диагоналей интерференционного ромба недостаточно для описания всей картины. На практике встречаются случаи, когда все четыре прямые мышцы смещены от своих меридианов, вся ИК как бы повернута относительно главных меридианов, а отрезки диагоналей интерференционного ромба при этом одинаковые и по длине не отличались от нормы.

По этой причине, исходя из характера изменений геометрических параметров ИК, в качестве

Таблиця 1 – Средние значения параметров интерференционных картин глаз

Схемы	Значения параметров ИФК в кластерах							
	$\angle KOP^0$	$\angle PON^0$	$\angle HOR^0$	$\angle ROK^0$	OK	OH	OP	OR
а	90	90	90	90	0,42	0,40	0,42	0,41
б	90	90	90	90	0,47	0,41	0,41	0,40
в	70	110	90	90	0,41	0,46	0,44	0,41
г	110	79	90	90	0,42	0,50	0,40	0,41
д	90	90	90	90	0,4	>0,50	0,4	0,4
е	90	90	90	90	0,41	0,48	0,42	0,38
ж	90	90	90	90	0,42	0,40	0,38	0,47

дополнительных информативных параметров были выбраны углы между отрезками, соединяющими геометрический центр роговицы и углы интерференционной фигуры (рис. 1,  $\angle KOP$ ,  $\angle PON$ ,  $\angle HOR$ ,  $\angle ROK$ ).

В норме, как показали исследования, углы между отрезками диагоналей близки к 90 градусам, при аномалиях прикрепления ГДМ они изменяются от 70 до 110 градусов [9]. Использование для классификации ИК в качестве информативных параметров не только отрезков диагоналей ромба, но и углов между ними позволяет более точно описывать каждую картину и, соответственно, проводить дифференциальную диагностику.

Поскольку при регистрации ИК изображения могут отличаться масштабом, что приведет к разным значениям отрезков интерференционного ромба. Для исключения влияния масштаба изображений на результаты измерений отрезки диагоналей интерференционного ромба нормируются

на средний диаметр роговицы соответствующего глаза. В результате получают относительные значения диагоналей интерференционного ромба, которые можно сравнивать.

#### Результаты исследования и их обсуждение.

Для выявления особенностей изменения параметров ИК глаз при косоглазии было проведено исследование в поляризованном свете роговиц глаз 75 больных (150 ИК). У всех больных была установлена причина отклонения глаз от ортофорического положения. Среди обследованных больных было 42 (56±5,7)% человека со сходящимся косоглазием, 12 (16±4,2)% – с расходящимся, 10 (13±3,8)% – со сходящимся косоглазием с вертикальным компонентом, 11 (15±4,1)% – с вертикальным косоглазием. Для сравнения были определены параметры ИК 20 глаз здоровых лиц, не имеющих косоглазия. По изображениям ИК глаз были определены их параметры (относительные длины отрезков диагоналей и углы между этими отрезками), что позво-

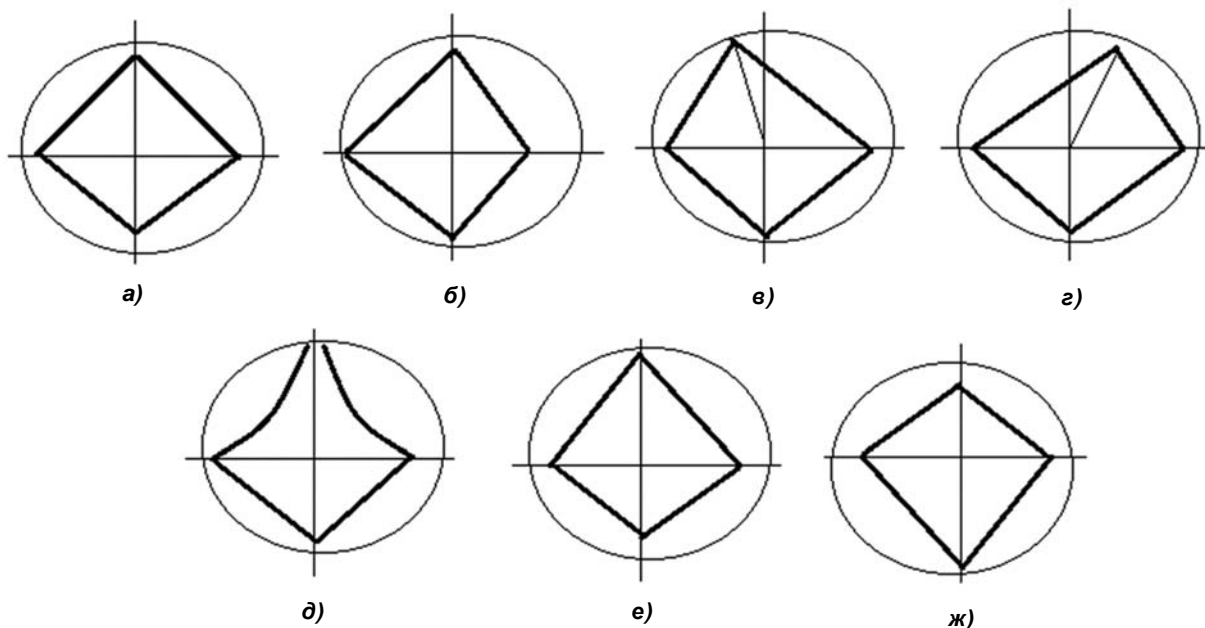


Рис. 2. Схемы ИК при разных видах отклонения глаз (а, б, в – сходящееся косоглазие; г – расходящееся; д – сходящееся косоглазие с вертикальным компонентом; е, ж – вертикальное косоглазие)

лило построить типичные «портреты» ИК при косоглазии, соответствующие разным видам отклонения глаз (рис. 2).

В табл. 1 приведены средние значения параметров ИК, соответствующие схемам (рис. 2).

Результаты исследований показали, что параметры ИК нормальных глаз и глаз, отклонение которых от ортофорического положения обусловлено проблемами с аккомодацией, сходные, что может быть использовано для дифференциальной диагностики патологии ГДМ. Рассмотрим более детально каждую из схем, представленную на рис. 2. Схема «а» соответствует случаю аккомодационного сходящегося косоглазия, при котором нет структурно-функционального нарушения ГДМ. Аналогичный вид и параметры имеет ИК нормального глаза. По данным, приведенным в табл. 1, можно отметить, что такой ситуации соответствуют одинаковые углы между отрезками диагоналей и длины этих отрезков. Получение при косоглазии такой симметричной картины является указанием на его аккомодационный характер. Схема «б» соответствует случаю косоглазия, обусловленному нарушением баланса действия горизонтальных прямых ГДМ (усилению внутренней прямой мышцы на фоне ослабленного действия наружной). Углы между отрезками диагоналей сохраняют свои значения, а соотношение длин отрезков диагоналей свидетельствует о дисбалансе. Схема «в» соответствует случаю сходящегося косоглазия, обусловленного аномалией прикрепления верхней прямой мышцы. Для ИК в таком случае характерно изменение углов между диагоналями интерференционного ромба и соотношения между длинами отрезков диагоналей. При таком нарушении ГДМ оперативное вмешательство на мышцах горизонтального действия обычно не приводит к исправлению положения глаза, поскольку будет сохраняться вражающий момент у верхней прямой мышцы.

Схема «г» соответствует случаю расходящегося косоглазия, обусловленного смещением места прикрепления верхней прямой мышцы от вертикального меридиана в височном направлении или изменением угла ее наклона относительно этого меридиана. С позиций биомеханики такие структурные нарушения приводят к нарушению баланса мышечного баланса в горизонтальном направле-

нии. Как известно, верхняя и нижняя прямые мышцы наклонены относительно вертикального меридиана на  $20^{\circ}$ , что приводит к тому, что они имеют не только вертикальную составляющую усилия, но и горизонтальную. При изменении угла наклона линии действия мышцы относительно вертикального меридиана происходит уменьшение или полное исчезновение горизонтальной составляющей усилия, что приводит к горизонтальному дисбалансу. Полученные нами результаты хорошо согласуются с данными Босенко Т. А. [2], проводившей изучение особенностей расходящегося косоглазия.

При исследовании глаз больных косоглазием при сходящемся косоглазии с вертикальным компонентом были получены ИК с разрывом верхнего угла интерференционного ромба (рис. 2, д). В этом случае определить длину соответствующей диагонали не представляется возможным, однако такой вид картины может указывать на гиперфункцию верхней прямой мышцы в сочетании с ее дислокацией или прикреплением параллельно лимбу.

Схемы «е» и «ж» соответствуют нарушению баланса действия вертикальных мышц («е» – гиперфункция верхней прямой мышцы, «ж» – нижней).

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать следующие **выводы**:

1. Проведенный анализ современных методов диагностики косоглазия показал, что для повышения их эффективности требуется разработка объективных неинвазивных методов диагностики структурно-функционального состояния ГДМ. Перспективным подходом является использование анализа информативных характеристик ИК, наблюдаемых на роговице живого глаза в поляризованном свете.
2. Исследование формы ИК при разных видах косоглазия позволило определить их особенности, что может быть использовано в качестве дополнительной информации при дифференциальной диагностике патологии ГДМ.
3. Горизонтальное отклонение глаза от ортофорического положения может возникать не только при патологии горизонтальных ГДМ, но и при аномалиях прикрепления к склере мышц вертикального действия.

**Перспективой дальнейших исследований** является разработка количественных методов оценки состояния ГДМ с использованием поляризационно-оптического метода.

## References

1. Avetisov ES. *Sodruzhestvennoe kosoglazie*. M: Meditsina, 1977. 312 s. [Russian].
2. Bosenko TO. *Diagnostika asimetriyi zovnishnikh m'yaziv oka u polarizovanomu svitli pri riznikh vidakh spivdruzhnoi kosookosti*: avtoref. dis. ... kand. med. nauk, Abstr. Phdr. (Med.). Odesa; 1994. 16 s. [Russian].
3. Vodovozov AM, Kovylin VV. Izokliny interferentsionnoy kartiny rogovitsy kak ukazateli mestopolozheniya glazodvigatelnykh myshts v norme i pri kosoglazii. *Oftalmologicheskij zhurnal*. 1983; 5: 260–2. [Russian].



4. Vodovozov AM, Kovylin VV. Znachenie issledovaniya rogovitsy polyarizovannym svetom v diagnostike kosoglaziya i geteroforii. VII sezd oftalmologov USSR: Tezisy dokladov, 13-15 noyabrya 1984 g. Odessa, 1984. s. 159-60. [Russian].
5. Ivanova VF. Vertikalnoe kosoglazie i taktika ego lecheniya: ucheb-metod posobie. Minsk: BGMU, 2014. 24 s. [Russian].
6. Kovylin VV. Ispolzovanie polyarizatsionno-opticheskogo metoda dlya diagnostiki sostoyaniya glazodvigatelnykh myshts pri vertikalnoy devyatsii. *Oftalmologicheskyy zhurnal*. 1990; 4: 201–204. [Russian].
7. Kosoglazie: [Elektronnyy resurs]. Available from: [http://www.vision-ua.com/patient/kosoglazz.php.\\_](http://www.vision-ua.com/patient/kosoglazz.php._) - Nazvanie s ekrana. [Russian].
8. Kochina ML, Kalimanov VG. Issledovanie i modelirovanie polyarizatsionno-opticheskikh svoystv rogovitsy glaza pri razlichnykh sostoyaniyakh ekstraokulyarnykh myshts. *Bionika intellekta*. 2008; 2 (69): 132-7. [Russian].
9. Kochina ML, Kalimanov VG. Klassifikatsiya porazheniy glazodvigatelnykh myshts s ispolzovaniem apparata nechetkoy logiki. *Kibernetika i vychislitel'naya tekhnika*. 2011; 166: 97-107. [Russian].
10. Kochina ML, Kaplin IV, Kovtun NM. Rezultaty ispolzovaniya polyarizovannogo sveta dlya issledovaniya glaza. *Vestnik problem biologii i meditsiny*. 2014; 4 (113): 139-45. [Russian].
11. Penkov MA, Kochina ML. Interferentsionnyy metod v diagnostike kosoglaziya. *Oftalmologicheskyy zhurnal*. 1979; 8: 497–8. [Russian].
12. Penkov MA, Kochina ML. Interferentsionnyy metod v diagnostike kosoglaziya. *Vestnik oftalmologii*. 1981; 1: 39–41. [Russian].
13. Petrov VV, Sergienko NM, Rykov SA. O probleme kosoglaziya v Ukraine. [Digital resource]. Available from: <http://www.ipri.kiev.ua/index.php?id=893>. [Russian].
14. Rykov SA, Senyakina AS. Vidy kosoglaziya, ikh klassifikatsiya, osobennosti diagnostiki i lecheniya. [Digital resource]. Available from: <http://www.miroft.org.ua/originalarts/169.html>. [Russian].
15. Serdyuchenko VI, Degtyareva NM. Klinika i lechenie atipichnogo akkomodatsionnogo sodruzhestvennogo skhodyashchegosya kosoglaziya s ekstsessom konvergentsii. *Oftalmologicheskyy zhurnal*. 1991; 1: 16-20. [Russian].
16. Serdyuchenko VI. Rezultaty khirurgicheskogo lecheniya vrozhdennoho kosoglaziya u detey, stradayushchikh detskim tserebralnym paralichom. *Problemi ekologichnoyi ta medichnoyi genetiki ta klinichnoyi imunologiyi*. 2003; 4 (50): 359-64. [Russian].
17. Dombrow M, Engel HM. Rates of strabismus surgery in the United States: implications for manpower needs in pediatric ophthalmology. *J AAPOS*. 2007 Aug; 11 (4): 330-5. PMID: 17689823. DOI: 10.1016/j.jaapos.2007.05.010.
18. Greenberg AE, Mohny BG, Diehl NN, Burke JP. Incidence and types of childhood esotropia: a population-based study. *Ophthalmology*. 2007; 114 (1): 170-4. PMID: 17070595. DOI: 10.1016/j.ophtha.2006.05.072.
19. Chia A, Dirani M, Chan Y-H, Gazzard G, Au Eong KG, Selvaraj P, Ling Y, Quah BL, Young TL, Mitchell P, Varma R, Wong TY, Saw SM. Prevalence of Amblyopia and Strabismus in Young Singaporean Chinese Children. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 2010; 51: 3411-7. PMID: 20207979. PMID: 20207979. DOI: 10.1167/iovs.09-4461.
20. Tarczy-Hornoch K, Varma R, Cotter S, et al. Prevalence of amblyopia and strabismus in African American and Hispanic children ages 6 to 72 months the multi-ethnic pediatric eye disease study. *Ophthalmology*. 2008; 115 (7): 1229 - 36. PMID: PMC4839485. doi: 10.1016/j.ophtha.2007.08.001.

УДК 617.758.1-01

## ІНТЕРФЕРЕНЦІЙНІ КАРТИНИ РОГІВКИ ОКА ПРИ РІЗНИХ СТАНАХ ОКОРУХОВИХ М'ЯЗІВ

Ковтун Н. М.

**Резюме.** Розробка нових неінвазивних методів дослідження і діагностики патології окорухового апарату, ґрунтованих на фізичних властивостях ока та його окремих структур, є актуальним завданням. В зв'язку з цим великий теоретичний і практичний інтерес представляє подальше вдосконалення об'єктивних методів дослідження ока в поляризованому світлі.

Метою роботи була оцінка параметрів інтерференційних картин (ІК) очей хворих при різних видах косоокості.

Для виявлення особливостей зміни параметрів ІК при косоокості було досліджено в поляризованому світлі рогівки 75 хворих (150 ІК), серед яких були 42 (56±5,7)% особи зі збіжною косоокістю, 12 (16±4,2)% – з розбіжною косоокістю, 10 (13±3,8)% – зі збіжною косоокістю з вертикальним компонентом, 11 (15±4,1)% – з вертикальною косоокістю. Для порівняння були визначені параметри ІК 20 очей здорових осіб, що не мають косоокості.

Проведений аналіз форми ІК показав, що при акомодативній косоокості параметри ІК схожі з параметрами нормальних очей. Горизонтальні відхилення очей можуть виникати не лише внаслідок дисбалансу дії горизонтальних окорухових м'язів, але і при аномаліях прикріплення м'язів вертикальної дії.

**Ключові слова:** косоокість, окорухові м'язи, поляризаційно-оптичний метод, інтерференційні картини.

UCD 617.758.1-01

**Interference Patterns of the Eye Cornea with Different States of Oculomotor Muscles***Kovtun N. M.*

**Abstract.** The pathology of the oculomotor apparatus, accompanied by strabismus, and disturbance of the binocular vision, have a significant specific gravity in the structure of eye diseases in children. According to various authors, between 0.5% and 3.5% of children suffer from obvious strabismus. In the structure of the child's ocular pathology the strabismus occupies the second place after refractive errors, its specific gravity makes 25.6% of the cases, the frequency is 3.9 per 1000. In children's eye hospitals, there are from 15 to 35% of patients with strabismus. Every year doctors diagnose strabismus in almost 50 thousand of children in Ukraine.

Currently, coordinometry, computed tomography, optoelectronic method, photo and video diagnostic methods, chronaximetric electro-diagnostics, contact thermometry, and ultrasound investigation are used for studying the state of oculomotor muscles (OMM). Most of the above-mentioned methods of studying OMM do not allow to objectively evaluate their structural and functional state as well as determine the tactics of strabismus treatment.

Objective methods such as thermometry, tomography, ultrasound diagnostics, electrode diagnostics require special equipment, in most cases anesthetics, which is not suitable for diagnosing children.

The use of subjective methods, such as co-ordination, the method of provoked diplopia, evaluation and photographic registration of eyes state in eight (nine) positions, requires the patient to understand the instructions of the physician and actively participate in the procedure. This limits the possibilities of using these methods, for example, in examining small children or persons with a lowered intelligence. On the other hand, this complicates the process of creating modern diagnostic technologies for the state of OMM.

The development of new non-invasive methods for studying and diagnosing the pathology of the oculomotor apparatus, based on the physical properties of the eye and its individual structures, is an urgent task. That is why, further improvement of objective methods for investigating the eye in polarized light is of great theoretical and practical interest.

*The purpose of this work* is to evaluate the parameters of interference patterns of the eyes of patients with different types of strabismus.

*Results and its discussion.* To identify the characteristics of changes in the parameters of the infrared eye in strabismus, we performed the study in polarized light of the eyes cornea in 75 patients (150 IP). All patients had eyes deviation of the from the orthophoric position. Among the examined patients there were 42 (56 ± 5,7)% of persons with converging strabismus, 12 (16 ± 4,2)% – with a divergent, 10 (13 ± 3,8)% – with a convergent strabismus with a vertical component, 11 (15 ± 4,1)% – with vertical strabismus. To compare the results, we determined the parameters of infrared 20 eyes of healthy individuals without strabismus. From the IP eye images, their parameters (the relative lengths of the diagonal segments and the angles between these segments) were determined, which allowed the construction of typical "portraits" of the IP with strabismus corresponding to different types of eye deflection. It is established that, normally, the angles between the segments of the diagonals of the interference rhombus are close to 90 degrees, for anomalies in the adherence of the OMM, they vary from 70 to 110 degrees.

The analysis of the IP shape showed that when accommodating strabismus, the parameters of interference rhombus are similar to those of normal eyes. Horizontal eye deviations may occur not only because of the imbalance of the action of horizontal HDM, but also in anomalies of vertical muscle attachment.

**Keywords:** strabismus, oculomotor muscles, polarization-optical method, interference patterns.

Стаття надійшла 07.09.2017 р.

Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування