

Богданова Т.К.
Москва, НИУ ВШЭ
bogtan@mail.ru

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ОФТАЛЬМОЛОГИИ

В последнее время все большую актуальность приобретает использование статистических методов в области медицины и здравоохранения. Это в значительной мере связано с повсеместной компьютеризацией медицинских учреждений. Этому же способствует и повышение компьютерной грамотности лечащих врачей.

Одним из актуальных направлений, где применяются статистические методы исследования, является офтальмология. Причин тому несколько. Как показывает практика численность населения, имеющего нарушение зрительных функций, с годами растет, а возраст людей, нуждающихся в лечении, становится значительно моложе. Возможно, это следствие повсеместного использования компьютеров и различных гаджетов во многих сферах деятельности человека, ухудшение экологии и аллергизация населения. Но факт остается фактом. Одной из серьезных офтальмологических проблем являются оптические аберрации при кератоконусе, выявление зависимости снижения зрительных функций от величины и структуры оптических аберраций при наличии кератоконуса и методы их компенсации.

Характеристика оптических аберраций зрительной системы человека и причины их появления. Человеческий глаз представляет собой сложную оптическую систему. Как любой оптической системе, человеческому глазу свойственны оптические дефекты — аберрации, искажающие изображение на сетчатке и, тем самым, снижающие качество зрения. Аберрация — это любое угловое отклонение узкого параллельного пучка света от точки идеального пересечения с сетчаткой глаза при его прохождении через всю оптическую систему глаза [1]. Качество технической оптической системы определяется аберрациями плоского или сферического фронта световой волны при ее прохождении через эту систему.

Количественной характеристикой оптического качества изображения является среднеквадратичное значение ошибок отклонения реального волнового фронта от идеального. Для описания аберраций волнового фронта немецким математиком Зернике (Zernike) была предложена серия полиномов. Полиномы первого и второго, т.е. низших порядков, описывают известные оптические аберрации — близорукости, дальнозоркости и астигматизма. Полиномы высших порядков используются для описания менее известных аберраций: сферических и нерегулярных. Так, для описания сферической аберрации косых пучков света, падающих под углом к оптической оси глаза — коме, используется полином третьего порядка. В основе этой аберрации лежит асимметрия оптических элементов глаза, в результа-

те которой центр роговицы не совпадает с центром хрусталика. К aberrациям четвертого порядка относится сферическая aberrация, которая в основном обусловлена неравномерностью преломляемой силы хрусталика в различных его точках. Более высокие порядки известны как нерегулярные aberrации [2]. Оптическая система считается хорошей, если коэффициенты Зернике близки к нулю и, следовательно, среднеквадратичное значение ошибок волнового фронта меньше $1/14$ длины световой волны (критерий Марешаля). На основе этого коэффициента можно прогнозировать остроту зрения.

Основными причинами возникновения aberrаций в оптической системе глаза являются следующие: форма и прозрачность роговицы и хрусталика; состояние сетчатки; прозрачность внутриглазной жидкости и стекловидного тела; увеличение диаметра зрачка свыше 3,22 мм; аккомодация глаза; состояние слезной пленки, одной из разновидностей которой является синдром сухого глаза, возникающий в связи с пересыханием поверхности роговицы от редкого моргания и непрерывного смотрения на объект; ношение контактных линз.

Кератоконус и его основные проявления и характеристика. В норме роговица человеческого глаза имеет сферическую форму. Дегенеративное заболевание глаз, при котором роговица вследствие структурных изменений истончается и принимает коническую форму, называется кератоконус [3]. Дистрофический процесс при кератоконусе приводит к значительным морфологическим изменениям в тканях роговицы, что является причиной нарушения ее прозрачности, истончения и изменения биомеханических свойств. Следствием снижения прочностных свойств роговицы является возникновение ее деформации, нарушения регулярности поверхности, возникновение неправильного астигматизма, что приводит к неэффективности очковой коррекции. Возрастание уровня aberrаций, особенно высокого порядка, обуславливает необходимость и целесообразность изучения зависимости этих нарушений от величины и структуры оптических aberrаций при данном заболевании.

Этиология кератоконуса, несмотря на проведенные обширные исследования, остаётся неизвестной. Предположительно, причины этого заболевания следующие: генетическая предрасположенность, стресс, травма роговицы, клеточные факторы и влияние окружающей среды.

По величине кривизны роговицы различают следующие стадии кератоконуса:

- лёгкую (менее 45 Дптр);
- среднюю (от 45 до 52 Дптр);
- развитую (от 52 до 62 Дптр);
- тяжёлую (более 62 Дптр).

Для полноценной реабилитации пациентов необходимо компенсировать и нейтрализовать оптические aberrации, в том числе и aberrации

высокого порядка. В данном исследовании рассматривается применение статистических методов анализа для обоснования возможности компенсации оптических aberrаций и повышения зрительных функций при кератоконусе с помощью жестких газопроницаемых контактных линз.

Информационная база исследования включает 136 наблюдений (77 пациентов). Это пациенты офтальмологической клиники, имеющие в анамнезе заболевание кератоконус. Кератоконус 1 стадии был выявлен на 39 глазах, 2 стадии – на 41 глазу, 3 стадии – на 25 глазах и 4 стадии на 31 глазу. Возраст пациентов составил от 16 до 64 лет. В группе пациентов с кератоконусом количество мужчин составило 56 человек, количество женщин – 21 человек.

База содержит в себе следующие данные о пациентах: стадию кератоконуса, данные об общих aberrациях, aberrациях кома, трейлоид, сферических, роговичных aberrациях, значениях контрастометрии и остроты зрения до и после подбора жестких газопроницаемых контактных линз. Всего 77 переменных.

Взаимосвязь уровня оптических aberrаций и зрительных функций при кератоконусе.

При обследовании пациентов исследовалась острота зрения без коррекции и острота зрения с максимальной очковой коррекцией. По результатам обследования была выявлена статистически высокозначимая ($P < 0,001$) разница между данными показателями [4].

При исследовании волнового фронта у пациентов с кератоконусом при прогрессировании заболевания отмечалось увеличение всех видов aberrаций. Была выявлена положительная статистически высокозначимая связь между стадией кератоконуса и величиной каждой aberrации ($P < 0,01$). Выявлена статистически значимая отрицательная связь между величиной остроты зрения без коррекции и уровнем общих aberrаций и aberrаций высшего порядка. Что указывает на значительное влияние величины оптических aberrаций на остроту зрения при кератоконусе.

Также был проанализирован уровень роговичных оптических aberrаций, их структура и величина по отношению к общему волновому фронту. Роговичные aberrации возникают в результате нарушения регулярности поверхности роговицы и изменения ее кривизны, а также за счет увеличения светорассеяния в результате появления оптически неоднородных зон. Для проведения этого анализа предварительно первичные данные о роговичных aberrациях были прологарифмированы, что позволило приблизить распределение роговичных aberrаций внутри групп по стадиям кератоконуса к нормальному, и сделать дисперсию более однородной.

Анализ показал, что с увеличением стадии кератоконуса растет уровень всех видов роговичных aberrаций. Выявлена слабая положительная значимая ($P < 0,04$) корреляционная взаимозависимость всех видов роговичных и общих aberrаций. Выявлена сильная положительная высокозна-

чимая корреляционная связь между показателями всех роговичных аберраций и аберраций высших порядков ($P < 0,0001$). Было выявлено наличие слабой отрицательной корреляционной связи между величинами всех видов роговичных аберраций и величиной остроты зрения без коррекции и с максимальной очковой коррекцией ($P < 0,04$).

Оценка качества зрения.

Важной характеристикой разрешающей способности глаза и качества зрения являются показатели контрастной чувствительности. По мере прогрессирования патологических процессов при кератоконусе и увеличении при этом волнового фронта снижается чувствительность к контрасту. Разница между значениями показателей на одноименных частотах в разных стадиях кератоконуса была статистически значима ($P < 0,01$) с высокой степенью отрицательной корреляции со стадией кератоконуса.

Выявлена высокосignификантная отрицательная корреляция между уровнями показателей контрастной чувствительности на всех частотах и величиной общих аберраций, высших порядков и сферических.

Результаты компенсации оптических аберраций при кератоконусе с помощью жестких газопроницаемых контактных линз.

При сравнении максимальной остроты зрения, достигаемой с помощью очковой коррекции и с помощью ЖГКЛ, была показана высокая эффективность контактной коррекции ЖГКЛ при всех стадиях кератоконуса. Разница показателей была статистически высокосignификантной ($P < 0,01$). Значительное повышение остроты зрения при всех стадиях заболевания сопровождалось улучшением функций бинокулярного зрения. Стойкое бинокулярное зрение было получено при коррекции ЖГКЛ в 100% случаев с различными комбинациями стадий кератоконуса на парных глазах.

Исследование уровня аберраций выявило их значимое снижение при коррекции ЖГКЛ. По сравнению с исходными данными средние значения общих аберраций у пациентов с разными стадиями кератоконуса при коррекции ЖГКЛ уменьшились в среднем на 70%, высших порядков на 55%, аберраций типа кома на 50%, аберраций трейфойл - на 60%, сферических аберраций – на 45%. На основе непраметрических тестов было показано, что различия средних значений аберраций до и после подбора ЖГКЛ статистически высокосignификантны ($P < 0,01$).

Список использованной литературы:

1. Балашевич Л.И. Оптические аберрации глаза: диагностика и коррекция. // Окулист. - 2001. - №6 (22). - С.12-14.
2. Егорова Г.Б., Бородина Н.В, Бубнова И.А. Аберрации человеческого глаза, способы их измерения и коррекции (обзор литературы). // Клиническая офтальмология. - 2003. - Т.4. - №4. - С. 30 - 32.
3. Каспарова Е.А. Современные представления об этиологии и патогенезе кератоконуса. // Вестник офтальмологии - 2002. - №3. - С. 50 - 53.
4. Тюрин, Ю. Н. Анализ данных на компьютере: учеб. пособие / Ю. Н. Тюрин, А. А. Макаров. – Изд. 4-е, перераб. – М.: ФОРУМ, 2008. – 367 с. – (Сер. "Высшее образование"). - ISBN 5-8199-0356-8.