

Автоматизированная система подбора и конструирования контактных линз по данным компьютерного анализа топографии роговицы при кератоконусе

Т.Д.Абугова, к.м.н., В.Б.Блосфельд, вед. инж., Институт красоты, Москва

Одним из главных проявлений кератоконуса, приводящих к резкому снижению зрительных функций и невозможности подбора обычной очковой коррекции, является своеобразный неправильный астигматизм роговицы, получивший название конической или конусовидной деформации. Ранее нами были изучены некоторые особенности этой деформации [1,2,3], что позволило существенно улучшить традиционную методику подбора контактных линз при кератоконусе [6,4] и тем самым значительно повысить эффективность реабилитации этого контингента больных. Однако в процессе применения новой методики подбора линз выделились группы роговиц, для которых не подходил предложенный принцип конструирования линз. Стало очевидно, что для этих случаев требуется поиск принципиально нового решения на основе дополнительных данных о топографии роговицы.

ЦЕЛЬЮ настоящей работы явилось повышение эффективности реабилитации больных кератоконусом средствами контактной коррекции зрения на основе классификации типов конической деформации.

В ЗАДАЧИ исследования входило:

- на основании изучения топографии роговицы выделить и охарактеризовать типы кератоконуса,
- разработать оптимальные конструкции контактных линз для кератоконуса разных типов,
- разработать автоматизированную систему, позволяющую по данным исследования топографии роговицы классифицировать тип кератоконуса, рекомендовать оптимальный вид контактных линз, определить их конструкцию и рассчитать параметры,
- разработать методику подбора контактных линз для пациентов с кератоконусом разных типов,
- оценить эффективность предложенной системы.

КЛАССИФИКАЦИЯ ТИПОВ КЕРАТОКОНУСА

Топографию роговицы исследовали методом фиксации топометрии на офтальмометре 110 фирмы Karl Zeiss (Jena) с координатно-фиксационной лампой. Измерялись радиусы корнеальной кривизны в центре и 4-х полумеридианах наиболее плоского и наиболее крутого меридианов роговицы под углами 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 градусов, всего в 30 точках.

Исследование топографии роговицы проведено у 180 больных с кератоконусом разных стадий (345 глаз), предварительно разделенных нами на 6 групп – типов кератоконуса. Первую контрольную группу составили 20 человек (40 глаз) с эметропией, роговица которых отнесена к классу «регулярных» [2]. Во вторую контрольную группу включены другие виды деформации роговицы: правильный астигматизм высокой степени – 17 глаз, кератоглобус – 19 глаз, периферическая дистрофия – 34 глаза, роговица после сквозной кератопластики – 39 глаз, роговица после кератотомии – 14 глаз.

Для оценки топографии роговицы было выбрано 23 показателя, которые характеризовали величину и расположе-

ние минимального радиуса (вершины кератоконуса) относительно геометрического центра роговицы, а также асферичность, торичность и ассиметрию в различных зонах роговой оболочки.

Анализ полученных данных проводился на компьютере совместно с проф. Ч.А.Измайловым с помощью разработанной им методики многомерного шкалирования [10] по специально разработанной программе.

Сначала анализировались матрицы различий роговиц разных типов относительно показателей. Получали пространство, в котором каждый топографический показатель располагался в виде точки с определенными координатами. Наибольшую ценность для выявления различий роговиц имел показатель, располагавшийся в пространстве на значительном расстоянии от других. Из 23 проанализированных показателей для характеристики различий выбранных типов роговиц наиболее информативными являются только 9.

По полученным показателям проведен повторный анализ матриц различий выделенных групп роговиц (в том числе, роговиц контрольных групп) в каждой стадии кератоконуса. На рис.1 видно, что все первоначально выделенные нами типы кератоконуса имеют четко выраженные различия между собой и существенно отличаются от роговиц контрольных групп. Аналогичные закономерности сохраняются и в других стадиях кератоконуса.

Для разграничения выделенных типов кератоконуса требовалось определить ведущий признак каждого типа, диапазон его изменений для каждого типа и стадии, а также характер взаимосвязи. Решение этих вопросов также обеспечивалось методом многомерного шкалирования.

Наибольшее значение имели следующие данные:

1. Зависимость показателя центральной асферичности от типа кератоконуса оказалась строго линейной, но требовала учета стадии заболевания.

2. Ассиметрия роговицы, напротив, не зависела от стадии болезни и являлась характеристикой типа кератоконуса. Наибольшей асимметрией отличались 2 типа кератоконуса, в то время как ассиметрия роговицы при других типах была значительно меньше.

Полученные результаты подтвердили наличие 6 предварительно выделенных нами типов кератоконуса: островершинного (ОС), туповершинного (ТУ), пикообразного (ПИ), пикообразного атипичного (ПА), низкововершинного (НИ) и низкововершинного атипичного (НА), а также позволили не только количественно описать каждый из типов, но и разработать алгоритм и программу для определения типа кератоконуса по данным исследования топографии роговицы.

Типы кератоконуса различаются по степени центральной асферичности роговицы. Низкововершинный характеризуется углом отклонения вершины кератоконуса от центра роговицы на 20° и более. При низкововершинном атипичном кератоконусе, как правило, нижний полумеридиан крутой, а остальные 3 по-

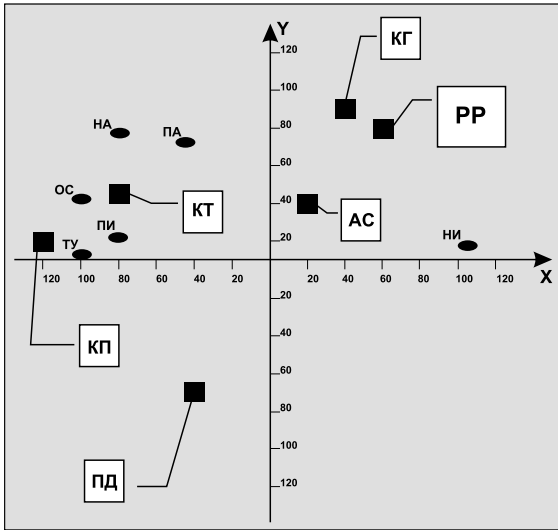


Рис.1. График распределения в пространстве роговиц с кератоконусом I стадии (разных типов) и роговиц контрольной группы

- Роговицы контрольной группы (РР – норма, «регулярная роговица», АС – правильный астигматизм, КГ – кератоглобус, ПД – периферическая дистрофия, КП – сквозная кератопластика, КТ – кератотомия)
- Кератоконус (ОС – островершинный, ТУ – туповершинный, ПИ – пикообразный, ПА – пикообразный атипичный, НИ – низковершинный, НА – низковершинный атипичный)

лумеридиана плоские, что, как и при низковершинном кератоконусе, приводит к резкой асимметрии роговицы. Пикообразный атипичный кератоконус схож с пикообразным по центральной асферичности, но отличается от него и всех других типов уменьшением асферичности в промежуточной зоне роговицы по сравнению с центральной, точнее говоря, характеризуется немонотонным нарастанием асферичности от центра к периферии роговицы.

ПРИНЦИПЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ЛИНЗ

Изучение особенностей конической деформации роговицы при кератоконусе разных типов дало возможность разработать новые принципы конструирования жестких роговичных контактных линз [9].

Форму задней поверхности линзы выбирали с отступлением от формы роговицы, увеличивая зазор между ними в зависимости от расстояния от оси линзы и топографии поверхности роговицы при условии пропорциональности степени асферичности задней поверхности линзы степени асферичности роговицы.

Радиус кривизны при вершине этой линзы пропорционален усредненному значению радиуса роговицы в центральной зоне и степени приращения асферичности от центра к периферии. Для роговиц с немонотонным нарастанием асферичности выбирали линзу уменьшенного общего диаметра; для роговиц с резким изменением асферичности в какой-либо зоне – линзу, имеющую оптический диаметр не меньше диаметра этой зоны; в случаях нарушения осевой симметрии асферичности роговицы – мягкую контактную линзу.

Каждому типу кератоконуса соответствует определенная конструкция жестких роговичных контактных линз, описываемая 4 параметрами: радиусом оптической зоны (Р), асферичностью опорной зоны, характеризуемой эксцентриситетом (Е), общим диаметром (ДОБ) и диаметром оптической зоны (ДОЗ); где соотношение ДОБ и ДОЗ характеризует ширину основных зон контактной линзы (оптической и опорной), а Р и Е степень отступления контактной линзы от роговицы соответственно в оптической и опорной зонах. Выбор параметров контактной линзы (Р, Е, ДОБ, ДОЗ) производили в зависимости от типа кератоконуса и параметров роговицы.

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ КОНТАКТНЫХ ЛИНЗ

Параметры конкретной контактной линзы рассчитывали по данным исследования топографии роговицы с помощью специальных уравнений линейной регрессии, выведенных путем анализа результатов подбора контактных линз большим кератоконусом методами многомерной статистики. Расчет осуществлялся на компьютере по разработанной нами программе.

МЕТОДИКА ПОДБОРА КОНТАКТНЫХ ЛИНЗ

Полученные данные послужили основой для разработки новой методики подбора контактных линз при кератоконусе, которая состоит из следующих этапов:

- 1) У каждого больного кератоконусом проводится компьютерный анализ топографии роговицы по описанной выше методике, в результате которого определяется тип кератоконуса и конструктивные параметры контактной линзы.
- 2) С помощью разработанного нового пробного набора контактных линз для коррекции кератоконуса, состоящего из 51 жесткой газопроницаемой и 9 мягких контактных линз, уточняются рассчитанные конструктивные параметры линзы и определяется ее оптическая сила.
- 3) По конструктивным параметрам с помощью специальной программы производится расчет технологических и контрольных параметров линзы, необходимых для ее изготовления (рис.2).

СГЛАЖЕННЫЙ: 5.8 9 / 6 – 1.7				
Радиус	Подача	HLS	X	Y
9.34	0	4.5	2.5	.566
8.47	.984	4.15	3	.827
8.17	1.327	4.041215	3.5	1.087
7.87	1.669	3.825727	4	1.356
7.57	2.008	3.606001	4.5	1.623
7.27	2.345	3.381217	5	1.918

Рис.2. Пример расчета технологических и контрольных параметров контактной линзы

- 4) Контактная линза изготавливается методом точения на сферотокарном станке.
- 5) Адаптация подобранных контактных линз пациенту проводится по традиционной методике.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДИКИ

Клиническая апробация методики подбора контактных линз при кератоконусе по данным компьютерного анализа топографии роговицы проводилась в кабинете контактной коррекции зрения Института красоты. Жесткие газопроницаемые и мягкие контактные линзы для коррекции кератоконуса

нуса изготавливались в ООО «Северный ветер» методом точения на оборудовании фирмы Gfeleg.

Компьютерный анализ топографии роговицы проведен у 69 больных (123 глаза). Из них кератоконус I стадии был на 58 глазах, II стадии – на 31 глазу, III стадии – на 9 и IV стадии – на 1 глазу, состояние после сквозной кератопластики по поводу кератоконуса – на 24 глазах. Частота встречаемости разных типов кератоконуса представлена на рис.3.

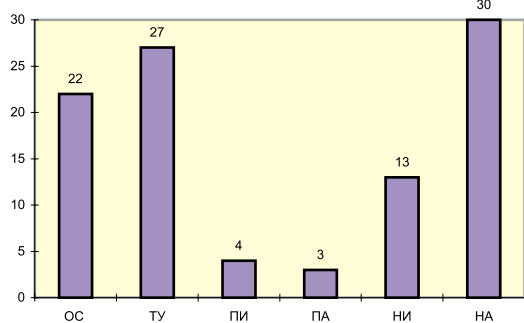


Рис.3. Частота встречаемости кератоконуса разных типов

На 65 глаз были подобраны жесткие роговичные газопроницаемые контактные линзы. Отмечено, что *подбор и адаптация контактных линз при кератоконусе* на основании компьютерного анализа топографии роговицы *приобрел объективную основу и практически перестал быть мучительно трудоемким как для врача, так и для пациента*. Уточненные с помощью пробного набора параметры линз мало отличались от расчетных, в процессе подбора обычно требовалось надеть на глаз от 1 до 3 контактных линз. Изготовленные линзы с высокой точностью повторяли заданные параметры и *лишь в единичных случаях потребовалась незначительная доработка линзы*. Несмотря на расположение производства на другой территории, подбор, изготовление и адаптация линз были проведены практически во всех случаях в течение 2-3 дней.

Когда по данным компьютерного анализа топографии роговицы определялось, что подбор жестких линз невозможен и предлагаемая для попытки подбора линза не устраивала врача, пациентам подбирали мягкие контактные линзы различных конструкций: торические [11] – 20 глаз, специальные для коррекции кератоконуса [7, 8] – 11 глаз, линзы для коррекции астигматизма фирмы Nissel (Великобритания) – 8 глаз, стандартные (*Optima-38, Soflens* и др.) – 5 глаз.

Контактные линзы, подобранные нами пациентам с кератоконусом, позволили получить высокую остроту зрения (в среднем 0,81) и хорошую переносимость (в среднем 13 часов в сутки). 3 пациентам (6 глаз) с не прогрессирующим кератоконусом в возрасте после 35 лет (абортивная форма) подобраны очки. В 5 случаях (5 глаз) контактные линзы подобрать не удалось, и пациенты были направлены на хирургическое лечение. Следует отметить, что в данное исследование не включались глаза пациентов с кератоконусом 3-4 стадии, которым уже была рекомендована сквозная кератопластика на одном глазу. Такие пациенты чаще всего направлялись к нам д.м.н. Ю.Б.Слонимским с целью коррекции парного глаза перед операцией.

В таблице 1 представлены результаты сравнительной оценки эффективности двух методик подбора контактных линз при кератоконусе.

Новая методика позволила увеличить число пациентов,

которым удается их подобрать, улучшить переносимость, уменьшить трудоемкость и сократить сроки подбора.

Таб.1. Эффективность новой методики подбора линз

ПОКАЗАТЕЛИ	ПРЕДЫДУЩАЯ МЕТОДИКА	НОВАЯ МЕТОДИКА
Число больных, которым удалось подобрать линзы (%)	70,4	91,1
Средняя переносимость линз (M±σ часов в сутки)	11,3±2,5	13,1±1,8
Число переделок линз (%)	6,4	0,8
Число доработок линз (%)	10,6	4,1
Среднее число посещений (M±σ)	3,8±1,2	2,1±0,5

Таким образом, разработанная нами автоматизированная система подбора контактных линз при кератоконусе на основании данных компьютерного анализа топографии роговицы позволила повысить эффективность реабилитации этого контингента больных средствами контактной коррекции зрения.

Литература

1. А.Ф.Шкатова, Т.Д.Абугова, С.А.Элькин, Т.Н.Большакова. Применение фотокератометрии при коррекции кератоконуса контактными линзами. Симпозиум по контактной коррекции зрения. Тез. докл., Тбилиси, 1979, с.15-17.
2. А.А.Киваев, Е.Ш.Шапиро, Г.А.Бабич, Т.Д.Абугова, А.В.Карпов. Методы подбора и адаптации контактных линз. Методические рекомендации. Москва, МЗ СССР, 1981, 44с.
3. А.А.Киваев, Г.А.Бабич, Р.С.Сорокина, Е.Ш.Шапиро, Т.Д.Абугова. Новая система подбора, изготовления контактных линз и ее эффективность. *Офтальмологический журнал*, 1984, №8, с.484-486.
4. А.А.Киваев, А.В.Карпов, Т.Д. Абугова, Т.Н.Большакова, В.Б.Блосфельд. Таблицы технологических и контрольных параметров типовых жестких роговичных контактных линз для коррекции кератоконуса. Москва, Минздрав СССР, 1985,428 с.
5. Т.Д.Абугова. Ранняя диагностика и медицинская реабилитация больных кератоконусом средствами контактной коррекции зрения. Автореф. дисс. канд.мед.наук, Москва, 1986, 17с.
6. А.А.Киваев, Г.А.Бабич, Т.Д.Абугова, Е.Ш.Шапиро, В.Б.Блосфельд. Ранняя диагностика и методика подбора контактных линз при кератоконусе. Методические рекомендации. Москва, МЗ СССР, 1987, 16с.
7. Т.Д.Абугова, Г.А.Бабич, Л.А.Лапина, В.Б.Блосфельд. Применение мягких контактных линз при кератоконусе. В кн.: Актуальные вопросы офтальмологии. Тезисы докладов респ. науч.-практ. конф. Удм.АССР, Ижевск, 1989, с.144.
8. Т.Н.Большакова, А.И.Москвитин. Технология изготовления мягких контактных линз для больных кератоконусом. В кн.: Актуальные вопросы контактной коррекции зрения. Сб. науч. работ, М., 1989, с.100-103.
9. Т.Д.Абугова, В.Б.Блосфельд, Ч.А. Измайлов. Способ выбора контактной линзы для коррекции кератоконуса. Авт. свид. 1816444 от 11.10.1992.
10. Ч.А.Измайлов, М.Б.Михалевская. Общий практикум по психологии. Изд. Московского Университета, 1983, с.176-211.
11. Т.Д.Абугова, М.В.Зеленская. Мягкие торические контактные линзы. *Глаз*, 1998, №2, с.34-35.