

- 52 Roth RH. Treatment mechanics for the straight-wire appliance // Orthodontics, current principles and techniques. / Graber TM, Swain BF, eds. St. Louis: Mosby. – 1985. – P. 665–716.
- 53 Schmitt ME, Kulbersh R, Freeland T, Bever K, Pink FE. Reproducibility of the Roth power centric in determining centric relation // Seminars in Orthodontics. – 2003. – Vol. 9. – P. 102–108.
- 54 Shildkraut M, Wood DP, Hunter WS. The CR-CO discrepancy and its effect on cephalometric measurements // Angle Orthodontist. – 1994. – Vol. 64. – P. 333–342.
- 55 Stohler CS. Craniofacial pain and motor function: pathogenesis, clinical correlates, and implications // Critical Reviews in Oral Biology & Medicine. – 1999. – Vol. 10. – P. 504–518.
-

Рукопись получена: 3 июня 2019 г.

Принята к публикации: 12 июня 2019 г.

УДК 61:617 617-089.844

ВЛИЯНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РОГОВИЦЫ НА ПАРАМЕТРЫ ЛАЗЕРНЫХ ОПЕРАЦИЙ

© 2019 В.В. Бакуткин¹, И.В. Бакуткин², В.А. Зеленов², Н.Р. Нугаева¹

¹Частное учреждение образовательная организация высшего образования

«Саратовский медицинский университет «Реавиз», Саратов

²ООО МАКАО, Саратов

Оптические характеристики роговицы имеют значительное влияние на параметры лазерного воздействия на структуры глаза при хирургическом лечении глаукомы. Исследованы различные виды аберраций роговицы и их влияние на параметры лазерного излучения при выполнении антиглакоматозных операций. Разработана компьютерная программа для оптимизации параметров лазерного воздействия и приведены результаты клинического применения.

Ключевые слова: глаукома, лазерные операции, аберрации глаза, роговица.

Введение. Лазерные операции при глаукоме имеют большое распространение ввиду малой травматичности и высокой эффективности. Воздействие лазерным излучением производится на структуры переднего сегмента глаза, а именно-радужную оболочку, трабекулярную зону угла передней камеры глаза [3]. При этом лазерный луч проходит через оптические среды глаза: роговицу и влагу передней камеры глаза. Оптические свойства данных оптических сред глаза человека имеют значительные аберрации, которые искажают параметры лазерного луча [1, 5]. Имеются аберрации низших порядков, связанные с клиническими видами рефракции – близорукостью, дальнозоркостью и астигматизмом, которые наиболее распространены. Кроме того, присутствуют аберрации высших порядков – сферические и дисторсия [2, 4]. С возрастом аберрации увеличиваются, и в период от 30 до 60 лет аберрации высшего порядка удваиваются. Даже слой слезы влияет на преломление световых лучей [6, 9]. Аберрации имеют индивидуальный характер и на них оказывают влияние очень многие факторы [5, 7, 8]. Для повышения эффективности лазерных операций и оптимизации параметров воздействия необходимо учитывать аберрации глаза.

Цель работы: разработка программы анализа оптических характеристик роговицы и ее использование в лазерной хирургии глаукомы.

Материалы и методы. В лазерной хирургии используются различные источники излучения, в частности аргоновый лазер с длиной излучения 480 нм, YAG:Nd-лазер с длиной излучения 1064 нм, YAG:Nd-лазер с удвоением частоты 532 нм. Были использованы данные об абберрации глаза, полученные при кератометрии и рефрактометрии с помощью авторефкератометров. Для оценки влияния оптических характеристик роговицы на параметры лазерного воздействия производили математическое моделирование волновых aberrаций по коэффициенту как соотношение между пиком интенсивности функции светорассеяния изображения точки определенного глаза и глаза без aberrаций. В результате математического моделирования был разработан алгоритм, который использован для разработки компьютерной программы, с учетом различных длин волн используемых лазерных источников. Рассматривалась модель таких лазерных операций, как иридэктомия, иридопластика, лазерный мидриаз, синехиотомия. Разработанная компьютерная программа для предоперационной оценки влияния aberrаций роговицы на параметры лазерного воздействия на ткани глаза учитывает асферичность преломляющих поверхностей, астигматизм косо падающих лучей, децентрированием преломляющих поверхностей. Практическим аспектом данной программы является исследование влияния на энергетические параметры лазерного луча оптических aberrаций переднего сегмента глаза. Данные кератометрии и рефрактометрии вводятся в программу в предоперационном периоде для получения рекомендаций по определению параметром лазерного воздействия.

Результаты. Влияние длины волны источника лазерного излучения определяется величиной хроматической aberrации спектра и в среднем составляет 1,3 дптр. для аргонового лазера с длиной излучения 480 нм, YAG:Nd-лазер с удвоением частоты 532 нм. В отличие от YAG:Nd-лазера с длиной излучения 1064 нм., Особое значение имеет наличие астигматизма более 1,5 дптр. В этом случае происходит изменение параметров лазерного воздействия на 15 % и более в зависимости от меридиана фокусирования луча. При этом наибольшее влияние оказывает сложный астигматизм. При наличии простого астигматизма более 1,5 дптр. Желательно осуществлять лазерное воздействие за пределами меридиана астигматизма. При сложном астигматизме более 1,5 дптр. основным параметром является сферический эквивалент. В случае сложного смешанного астигматизма производилось деление площади роговицы на зоны и миопической и гиперметропической рефракцией и программирование параметров лазерной операции для каждой зоны. Для получения данных о рефракции, состоянии аккомодации и оптических характеристиках роговицы можно использовать данные топографии роговицы или авторефрактометра-кератометра. Режим рефрактометра позволяет определить показатели сферической и астигматической рефракции. Режим кератометрии определяет данные о рефракции и кривизне роговицы. Режим компьютерной топографии показывает aberrации роговицы. Также следует учитывать параметр собственной поляризации роговицы, который имеет горизонтальную ориентацию. Для лазерного излучения, которое является поляризованным, меридиональные отличия в точке фокусировки могут составлять до 10 процентов. В связи с этим горизонтальный меридиан может считаться предпочтительным при выборе места выбора лазерного воздействия на структуры переднего сегмента глаза. Оптические aberrации изменяют параметр плотности мощности лазерного излучения. Соответственно, для обеспечения клинического эффекта операции необходимо коррекция стандартных параметров лазерного излучения. Использование специализированного программного

обеспечения позволяет составить оптимизированную схему энергетических параметров лазерного воздействия на ткани переднего сегмента глаза. Необходимо получение топографических данных роговицы и их корреляции с параметрами лазерной операции. В ходе исследований установлено, что существенным недостатком использования авторефрактометра-кератометра является отсутствие оценки сферической и хроматической аберрации структур глаза у конкретного пациента.

Наиболее сложным в отношении аберраций является кератоконус. При 1 и 2 стадиях кератоконуса в 2–3 раза повышается показатель аберраций. При третьей стадии кератоконуса в некоторых случаях кератометрия технически невозможна. Также при кератоконусе снижается прозрачность роговицы, при наличии отека роговицы резко увеличивается светорассеяние лазерного луча и увеличивается риск возникновения ожога роговицы. Практически единственным методом компенсации аберраций при кератоконусе является использование контактной линзы.

Заключение. Оптические характеристики роговицы в значительной степени влияют на параметры лазерного воздействия при антиглаукоматозных операциях. Для оптимизации воздействия лазерного излучения на структуры глаза необходимо осуществлять предоперационный компьютерный анализ аберраций роговицы и корректировать их с полученными данными. Наиболее выраженные аберрации роговицы возникают при астигматизме и кератоконусе. В компьютерной программе используются среднестатистические параметры сферической и хроматической аберрации. Также введена поправка на поляризационные показатели роговицы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Балашевич Л.И. Оптические аберрации глаза: диагностика и коррекция // Окулист. – 2001. – № 6 (22). – С. 12–15.
- 2 Корнюшина Т.А., Розенблюм Ю.З. Аберрации оптической системы глаза человека и их клиническое значение // Вестник оптометрии. – 2002. – № 3. – С. 13–20.
- 3 Румянцев А.Д. Импульсный инфракрасный лазер в комбинированном хирургическом лечении катаракты и открытоугольной глаукомы: дис. ... канд. мед. наук. – 2011. – С. 149.
- 4 Barbero S., Marcos S., Merayo-Llodes J., Moreno-Barruso E. Validation of the estimation of corneal aberration from videokeratography in keratokonius // J. Refract. Surg. – 2002. – Vol. 18. – No 3. – P. 263–270.
- 5 Brabander J., Chaten N., Bouchard F. et al. Contrast sensitivity soft contact lenses compensated for spherical aberration in high ametropia // Optom. Vis. Sci. – 1998. – Vol. 75. – № 1. – P. 43.
- 6 Marsack J., Milner T., Rylander G., et al. Applying wavefront sensors and corneal topography to keratokonius // Biomed. Sci. Instrum. – 2002. – Vol. 38. – P. 471–476.
- 7 Molebny V.V., Panagopoulou S.I., Molebny S.V., Wakil Y.S., Pallikaris I.G. Principles of Ray Tracing Aberrometry // J. Refract. Surg. – 2000. – Vol. 16. – No 5. – P. 572–575.
- 8 Mrochen M., Kaemmerer M., Mierdel P., Krinke H.E., Seiler T. Principles of Tscherning Aberrometry // J. Refract. Surg. – 2000. – Vol. 16. – No 5. – P. 570–571.
- 9 Williams D., Yoon GY., Porter J., et al. Visual benefit of correcting higher order aberrations of the eye // J. Refract. Surg. – 2000. – Vol. – 16. – № 5. – P. 554–559.

Рукопись получена: 3 июня 2019 г.

Принята к публикации: 12 июня 2019 г.