

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА АБЕРРАЦИЙ ВЫСШЕГО ПОРЯДКА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СОСТОЯНИЯХ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ГЛАЗА

Н. М. Розумей, врач, **О. С. Аверьянова**, канд. мед. наук,

Р. Л. Скрипник, д-р мед. наук, проф., **Д. Г. Жабоедов**, канд. мед. наук

Кафедра офтальмологии Национального медицинского университета
Медицинский центр «Айлаз»

У роботі зроблено огляд сучасних напрямків вивчення аберацій вищого рівня. Подані результати власного аналізу аберацій вищого рівня в різних вікових групах, у пацієнтів з початковим помутнінням кришталика. Робиться висновок, що у пацієнтів старшої вікової групи збільшуються сферичні аберації в процесі розвитку пресбіопії. Робиться припущення, що зміни рівня аберації можуть також бути раннім критерієм початкового помутніння кришталика.

Ключевые слова: катаракта, помутнение хрусталика, аберрации.

Ключові слова: катаракта, помутніння кришталика, аберації.

Применение технологий измерения волнового фронта сделало возможным качественно и количественно оценить аберрации высшего и низшего порядка в глазу человека и лучше понять работу его оптики. Острота зрения снижается за счет нескольких оптических феноменов, включающих аберрации высшего порядка, рассеяние света и дифракцию. Анализ волнового фронта является одним из методов косвенного анализа нарушения зрения, вызванного оптическими аберрациями. Этот анализ дает количественную оценку общих аберраций и аберраций высшего порядка оптической системы глаза [12, 13].

Сегодня изучение аберраций высшего порядка становится все более популярным и используется для определения не только качества зрения пациентов, но все в большей мере и для оценки качества различных видов коррекции зрения [11].

Важность изучения и компенсации аберраций высшего порядка подтверждает работа Marsack J. D. с соавт. [10]. Авторы изучали зрительные функции и оптические свойства индивидуальных контактных линз, изготовленных с учетом результатов aberromетрии глаза пациента. Исследования проводились у пациентов с кератоконусом слабой и средней степени, которые пользовались мягкими контактными линзами МКЛ. На одном глазу линза была заменена на индивидуальную, изготовленную с учетом волнового фронта. Уровень аберраций высшего порядка снизился на 84% для скотопических условий и на 50% при мезопических условиях, а острота зрения при этом повысилась по сравнению с обычной контактной линзой в среднем на 1.5 строки [10].

Наиболее актуальны диагностические возможности определения волнового фронта в рефракционной хирургии. Исследование волнового фронта дает возможность оценки аберраций высшего по-

рядка до и после лазерной коррекции. Основной темой работ в этом направлении является оценка предсуществующих аберраций и их влияния на качество и контрастность зрения, обоснование выбора оптимальных программ лазерной коррекции с учетом аберраций глаза, оценка аберраций высшего порядка после коррекции и оценка влияния различных программ и методов коррекции на формирование аберраций после коррекции.

Так, Venter J. [16], обследовав 120 глаз до и после проведения ЛАСИК по поводу близорукости с использованием алгоритма, основанного на волновом фронте, показал, что в качестве зрения всегда выигрывают пациенты с высоким уровнем предсуществующих аберраций, которые устраняются в ходе персонализированной коррекции с учетом волнового фронта.

Stonecipher K. G. и Keririan G. M. (2008) опубликовали результаты исследований FDA лазера Allegretto, в которых проводилось сравнение коррекции миопического астигматизма методом стандартного и персонализированного ЛАСИКа. Был сделан вывод, что применение персонализированной коррекции целесообразно только у пациентов, где уровень RMS H выше чем 0.35 микрон. Если предсуществующие аберрации меньше, то персонализированная коррекция (устраняющая эти аберрации) не дает лучших результатов коррекции по качеству и контрастности зрения в сравнении со стандартной программой. Это связано с тем, что уровень среднестатистических аберраций здорового эмметропа составляет до 0,45 микрон [14].

Wallau A. D. (2007) сравнила PRK с применением митомицина С и ЛАСИКа (88 пациентов, у

которых на одном глазу проводилась PRK, а на другом глазу — ЛАСИК). Изучался волновой фронт до и после персонализированной коррекции миопии с минимальной абляцией не менее 50 микрон. Автор пришла к выводу, что PRK давала лучшие результаты как по остроте зрения, так и по сферическому эквиваленту. У пациентов был ниже уровень aberrаций высшего порядка, а контрастная чувствительность соответственно выше [17].

Cheng Z.-Y. с соавт. (2008) изучали воздействие толщины клапана на индуцированные aberrации после ЛАСИК (56 глаз). Сравнивались клапаны разной толщины на правом и левом глазах. Авторы пришли к выводу, что толщина клапана не оказывает влияния на величину aberrаций [6].

Alio J. L. и Pínero D. P. (2007), проводя аналогичную работу и исследуя волновой фронт роговицы после лазерной коррекции с формированием клапанов тремя различными способами — двумя механическими микрокератомами (качающийся и с линейной подачей) и фемтосекундным лазером, также не нашли различий в уровне роговичных aberrаций [1].

Alio J. с соавт. (2007) анализировали показатели волнового фронта и результаты основанной на нем программы персонализированной коррекции у пациентов с aberrацией после проведенных рефракционных операций и пришли к выводу, что именно персонализированные коррекции, основанные на изучении волнового фронта пациентов, дают наилучшие результаты докоррекции [2].

Оценка волнового фронта широко применяется для анализа качества зрения пациентов после факэмульсификации с имплантацией интраокулярных линз от различных производителей с разными характеристиками. Только за 2008 год в литературе мы встретили более 20 работ, посвященных этому вопросу.

В частности, Awwad S. T. с соавт. (2008) провели сравнительное исследование сферических и общих aberrаций высшего порядка и контрастной чувствительности после удаления катаракты с имплантацией линз AkrySof IQ (67 глаз) и AkrySof (55 глаз). Фотооптическая контрастная чувствительность была одинакова в обеих группах. Разница в RVS НО и сферических aberrациях при имплантации линзы AkrySof IQ была заметна при зрачке 4 и более мм. В мезопических условиях глаза с асферическими линзами показывали лучшую контрастную чувствительность [3].

Chei J. и соавторы (2008) изучали действие различных мультифакторных интраокулярных линз (ReSTOR, ReZoom, Tecnis) в условиях ночного вождения. Для этого была создана модель человеческого глаза со среднестатистическим уровнем сферических, хроматических и других aberrаций. В этой модели была предусмотрена камера, за-

полненная BSS, в которую можно было помещать различные линзы, а также имелась возможность менять диафрагму глаза соответственно диаметру зрачка 3 и 6 миллиметров. Этот же глаз использовался как портативное устройство для фотографирования в условиях ночного вождения. При зрачке в 3 мм дифракционные линзы разделяли поток света между дальним и ближним фокусами, в то время как зонированная рефракционная давала малый поток света на ближний фокус. При зрачке в 6 мм аподизированная дифракционная оптика большую часть света концентрировала на дальний фокус, и количество сферических aberrаций было минимальным, что создавало хорошие условия для ночного вождения. Полноапертурная и зонированная рефракционные линзы продолжали делить поток света между дальним и ближним фокусами, предоставляя тем самым худшие условия для ночного вождения [7].

В то же время Charmon W. N. с соавт. (2007), исследуя 12 глаз разных пациентов с различными мультифокальными линзами (как рефракционные, так и дифракционные), пришли к выводу, что aberrометрия у пациентов с мультифокальными линзами не является достоверным источником информации о качестве зрения на различные дистанции, поскольку оптические особенности мультифокальных линз не дают возможности достоверно исследовать волновой фронт в этих случаях [5].

Campbell C. E. (2008) исследовал волновой фронт дифракционных и рефракционных линз в искусственном глазу (модели глаза) с целью определить, достаточно ли изучения волнового фронта и aberrометрии глаз пациентов с мультифокальными интраокулярными линзами для расчета программы лазерной коррекции остаточных нарушений рефракции после хирургии катаракты. Автор приходит к выводу, что исследования волнового фронта не являются надежными при планировании лазерной докоррекции глаз с мультифокальными линзами [4].

Jendritza В. В. с соавт. (2008) пришли к аналогичным выводам и отметили, что после докоррекции aberrации высшего порядка на глазах с мультифокальными линзами не уменьшаются [8].

Исследователи отметили, что измерения волнового фронта у пациентов с дифракционными линзами могут быть с осторожностью применены для расчетов лазерной коррекции. Измерения волнового фронта глаз с рефракционными мультифокальными линзами нецелесообразны.

В последние годы большой интерес вызывает изучение aberrаций высшего порядка у пациентов с кератоконусом. Многие авторы отмечают, что прогрессивное нарастание комы свидетельствует о прогрессии кератоконуса уже тогда, когда еще нет рефракционных изменений.

Цель исследования. В нашей работе мы изучали аберрации высшего порядка с целью определить их диагностическую ценность при пресбиопии и начальной катаракте.

Для этого определялся волновой фронт у здоровых эметропов разных возрастных групп, а также у пациентов с начальной катарактой.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ. Всего было обследовано 124 пациента.

Первую возрастную группу составили 29 пациентов — от 12 до 25 лет. Вторую возрастную группу — 46 пациентов — от 26 до 45 лет. Третью возрастную группу — 37 пациентов — старше 45 лет. В четвертую группу вошли 12 пациентов с начальными помутнениями хрусталика.

Все пациенты имели остроту зрения 1,0, и были эметропами.

Всем пациентам были проведены визометрия, рефрактометрия, биомикроскопия и офтальмоскопия глаза, а также аберрометрия с помощью аберрометра ZYOPTIX 100 компании Baushc&Lomb, работающего по принципу Хартмана-Сака.

Исследования проводились в одинаковых условиях освещенности при ширине зрачка 6,5 — 6,8 мм.

Аберрометр ZYOPTIX 100 дает возможность определить уровень и структуру аберраций высшего порядка. Данные могут быть представлены в суммарном виде — среднее

квадратичное значение (RMS-H), а также в виде цифровых и графических изображений каждого вида аберраций. Большим преимуществом является возможность сравнения конкретных аберраций со средними значениями аберраций здорового эметропичного глаза.

Волновой фронт глаза может быть представлен в трехмерном графике (ЗД), а также в виде компьютерно смоделированного изображения точечного объекта на сетчатке глаза с учетом существующих аберраций (PSF).

Полученные нами данные обрабатывались статистически. Использовался следующий математический аппарат: однофакторный дисперсионный анализ, апостериорные критерии, и однородные подпоследовательности.

Сравнивались аберрации высшего порядка трех групп, различающихся по возрасту.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ. Однофакторный дисперсионный анализ трех возрастных групп здоровых эметропов показал, что имеются отличия аберраций среднего квадратичного значения (RMS-H) со зрачком 5 и 6 мм, трифоли — х, аберраций Z-44, сферических аберраций, Z-55 и Z-51, причем уровень аберраций прогрессивно растет с возрастом.

В таблице 1 представлены результаты данных исследований.

Таблица 1

Уровень аберраций высшего порядка в различных возрастных группах

Группа	RMS-H (5 мм)	RMS-H (6 мм)	Трифоли-х	Z-44	Сферические	Z-55	Z-51
< 25 лет	.2014	.3371	.06	.0004	-.0954	.0075	-.0032
25-45	.2330	.3870	.072	-.0067	-.0778	.0096	.0033
> 45	.3889	.6463	.145	-.0484	-.2800	.0374	.0153

Анализ апостериорных критериев показал, что значимо на уровне $p < 0,05$ различаются показатели группы старше 45 лет и совокупности групп < 25 и от 25 до 45 лет по аберрациям RMS-H (с 5 мм и 6 мм зрачком) и сферическим аберрациям.

Сравнительный анализ группы здоровых эметропов в возрасте старше 45 лет и пациентов с начальными помутнениями хрусталика выявил значительные различия в качественном и количественном уровне некоторых аберраций (табл. 2).

Таблица 2

Уровень аберраций высшего порядка у пациентов старше 45 лет и у пациентов с начальной катарактой

Группа	RMS-H (5 мм)	RMS-H (6 мм)	Трифоли-х/у	Кома-х	Сферические
Пресбиопия	.3889	.4897	.145/-0.163	-.0158	-.280
Начинающаяся катаракта	.4478	.5239	.310/-0.280	.0260	-.315

Таким образом, в группе пациентов с признаками начальных помутнений хрусталика возрастают суммарные аберрации высшего порядка, кома и трифоли.

ВЫВОДЫ

1. Анализ аберраций высшего порядка в разных возрастных группах показал выраженные различия суммарных и сферических аберраций у здоровых

эметропов до и после 45 лет. Отмечается статистически значимое увеличение сферических аберраций в глазах пациентов старше 45 лет.

2. По нашему мнению, рост сферических аберраций после 45 лет происходит в результате тех же изменений хрусталика, которые приводят к пресбиопии (изменение плотности ядра, увеличение размеров ядра, изменение размеров хрусталика и очевидно связанного с этим изменения формы поверхности хрусталика) и является ее проявлением.

3. У пациентов с начальными помутнениями хрусталика было отмечено увеличение как общих аберраций, так и трифоли и комы.

4. Проведенные исследования дают основания предполагать, что динамическое наблюдение за изменением аберраций высшего порядка может служить ранним диагностическим признаком и прогностическим критерием нарушения прозрачности хрусталика.

5. Дальнейшие исследования в этом направлении помогут сделать вывод о том, может ли оценка аберраций высшего порядка служить количественным критерием динамики изменения прозрачности хрусталика на ранних стадиях катаракты.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Alio J. L., Pinero D. P.** Very High-frequency Digital Ultrasound Measurement of the LASIK Flap Thickness Profile Using the IntraLase Femtosecond Laser and M2 and Carriazo-Pendular Microkeratomes // *J. Refract. Surg.* — 2008. — № 24. — P. 12-23.
2. **Alio J., Galal A., Montalban R., Pinero D.** Corneal Wavefront-guided LASIK Treatments for Correction of Highly Aberrated Corneas Following Refractive Surgery // *J. Refract. Surg.* — 2007. — № 23. — P. 760-773.
3. **Awwad S. T., Warmerdam D., Bowman R. W. et al.** Contrast Sensitivity and Higher Order Aberrations in Eyes Implanted With AcrySol IQ SN60WF and AcrySof SN60AT Intraocular Lenses // *J. Refract. Surg.* — 2008. — № 24. — P. 619-625.
4. **Campbell C. E.** Wavefront Measurements of Diffractive and Refractive Multifocal Intraocular Lenses in an Artificial Eye // *J. Refract. Surg.* — 2008. — № 24. — P. 308-311.
5. **Charman W. N., Montes-Mico R., Radhakrishnan H.** Problems in the Measurement of Wavefront Aberration for Eyes Implanted With Diffractive Bifocal and Multifocal Intraocular Lenses // *J. Refract. Surg.* — 2008. — № 24. — P. 280-286.
6. **Cheng Z.-Y., He J. C., Zhou X.-T., Chu R.-Y.** Effect of Flap Thickness on Higher Order Wavefront Aberrations Induced by LASIK: A Bilateral Study // *J. Refract. Surg.* — 2008. — № 24. — P. 524-529.
7. **Choi J., Schwiegerling J.** Optical Performance Measurement and Night Driving Simulation of ReSTOR, ReZoom, and Tecnis Multifocal Intraocular Lenses in a Model Eye // *J. Refract. Surg.* — 2008. — № 24. — P. 218-222.
8. **Jendritza B. B., Knorz M. C., Morton S.** Wavefront-guided Excimer Laser Vision Correction After Multifocal IOL Implantation // *J. Refract. Surg.* — 2008. — № 24. — P. 274-279.
9. **Kirman C., O'Keefe M.** Higher Order Aberrations in Children With Amblyopia // *J. Pediatr. Ophthalmol. Strabismus.* — 2008. — № 45. — P. 92-96.
10. **Marsack K. D., Parker K. E., Niu Y. et al.** On-eye Performance of Custom Wavefront-guided Soft Contact Lenses in a Habitual Soft Lens-wearing Keratoconic Patient // *J. Refract. Surg.* — 2007. — № 23. — P. 960-964.
11. **Mrochen M., Bueeler M., Donitzky C., Seiler T.** Optical Ray Tracing for the Calculation of Optimized Corneal Aberration Profiles in Refractive Treatment Planning // *J. Refract. Surg.* — 2008. — № 24. — P. 446-451.
13. **Sabesan R., Ahmad K., Yoon G.** Correcting Highly Aberrated Eyes Using Large-stroke Adaptive Optics // *J. Refract. Surg.* — 2007. — № 23. — P. 947-952.
13. **Stillitano J., Schor P., Lipener C., Hofling-Lima A. L.** Stability of Wavefront Aberrations During the Daytime After 6 Months of Overnight Orthokeratology Corneal Reshaping // *J. Refract. Surg.* — 2007. — № 23. — P. 978-983.
14. **Stonecipher K. G., Kezirian G. M.** Wavefront-optimized Versus Wavefront-guided LASIK for Myopic Astigmatism With the ALLEGRETTO WAVE: Three-month Results of a Prospective FDA Trial // *J. Refract. Surg.* — 2008. — № 24. — P. 44-430.
15. **Yoon G., Pantanelli S., MacRae S.** Comparison of Zernike and Fourier Wavefront Reconstruction Algorithms in Representing Corneal Aberration of Normal and Abnormal Eyes // *J. Refract. Surg.* — 2008. — № 24. — P. 582-590.
16. **Venter J.** Wavefront-guided Custom Ablation for Myopia Using the NIDEK NAVEX Laser System // *J. Refract. Surg.* — 2008. — № 24. — P. 487-493.
17. **Wallau A. D., Campos M.** Photorefractive Keratectomy With Mitomycin C Versus LASIK in Custom Surgeries for Myopia: A Bilateral Prospective Randomized Clinical Trial // *J. Refract. Surg.* — 2008. — № 24. — P. 326-336.

Поступила 19.02.2009.

Рецензент д-р мед. наук В. А. Коломиец

COMPARATIVE EVALUATION OF HIGH ORDER ABERRATIONS IN DIFFERENT CONDITIONS OF THE EYE OPTICAL SYSTEM

N. M. Rozumey, O. S. Averianova, R. L. Skripnyk, D. G. Zhaboedov
Kiev, Ukraine

The analysis of high order aberration for the age group was done. The spherical aberrations are increased in the oldest group, which is connected with development of presbyopia.

High order aberration may serve as the early diagnostic criterion for initial cataract.

