

Влияние состояния слезной пленки при кератоконусе на результаты топографических и томографических методов исследования роговицы. Обзор литературы

А.Ю. Слонимский¹В.В. Аверич^{2,3}Т.С. Митичкина²¹ ООО «Московская глазная клиника»

пер. Хользунова, 8, стр. 1, Москва, 119021, Российская Федерация

² ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней им. М.М. Краснова»
ул. Россолимо, 11а, б, Москва, 119021, Российская Федерация³ АНО «Национальный институт миопии»
ул. Дегунинская, 7, Москва, 127486, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2025;22(2):237–243

Современные методы визуализации роговицы (кератотопографы на основе диска Пласидо, Шаймпфлюг-томографы) играют ключевую роль в диагностике различных патологических состояний роговицы, а также при планировании хирургических вмешательств. Однако, несмотря на точность данных приборов, существуют потенциальные риски высокой погрешности измерения, связанные с дестабилизацией прекорнеальной слезной пленки (СП) и наличием признаков синдрома сухого глаза. Анализ литературных источников выявил высокую степень изученности данной проблемы с позиции кераторефракционной и катарактальной хирургии. Исследования показывают, что нестабильность слезной пленки приводит к значительной вариабельности параметров кератометрии, повышению показателей аберраций, усилению светорассеяния и появлению артефактов на топографических картах. В случае выявления синдрома сухого глаза проведение симптоматического лечения позволяет минимизировать ошибки измерения приборов и повысить функциональные результаты планируемого хирургического вмешательства. Особый интерес представляет влияние синдрома сухого глаза на диагностику и мониторинг кератоконуса (КК), поскольку оба состояния часто сопутствуют друг другу. Несмотря на наличие лишь единичных публикаций, есть основания предполагать, что сочетание признаков синдрома сухого глаза и дестабилизации СП при КК может оказывать значимое влияние на результаты данных диагностических методов и их трактовку.

Ключевые слова: кератоконус, синдром сухого глаза, слезная пленка, кератотопография, кератотомография, аберрации**Для цитирования:** Слонимский А.Ю., Аверич В.В., Митичкина Т.С. Влияние состояния слезной пленки при кератоконусе на результаты топографических и томографических методов исследования роговицы. Обзор литературы. *Офтальмология*. 2025;22(2):237–243. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2025-2-237-243>**Прозрачность финансовой деятельности:** никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.**Конфликт интересов отсутствует.**

Influence of Tear Film Condition in Keratoconus on the Results of Topographic and Tomographic Methods of Corneal Examination. Review

A.Yu. Slonimsky¹, V.V. Averich^{2,3}, T.S. Mitichkina²

¹ Moscow Eye Clinic

Kholzunov lane, 8/1, Moscow, 119021, Russian Federation

² Krasnov Research Institute of Eye Diseases

Rossolomo str., 11A, B, Moscow, 119021, Russian Federation

³ National Myopia Institute

Deguninskaya str., 7, Moscow, 127486, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2025;22(2):237–243

Modern methods of corneal visualization (Placido disk keratotopographs, Schimpflug tomographs) play a key role in the diagnosis of various pathological conditions of the cornea, as well as in the planning of surgical interventions. However, despite the accuracy of these devices, there are potential risks of high measurement error associated with destabilization of the precorneal tear film and the presence of signs of dry eye syndrome. Analysis of literature sources revealed a high degree of study of this problem from the position of keratorefractive and cataract surgery. Studies show that tear film instability leads to significant variability of keratometry parameters, increased aberration indices, increased light scattering and appearance of artifacts on topographic maps. In case of dry eye syndrome detection, symptomatic treatment allows to minimize instrument measurement errors and increase functional results of the planned surgical intervention.

Of particular interest is the impact of dry eye syndrome on the diagnosis and monitoring of keratoconus, as the two conditions often co-occur. Despite the existence of only a single publication, there are reasons to assume that the combination of signs of dry eye syndrome and SP destabilization in KC may have a significant impact on the results of these diagnostic methods and their interpretation.

Keywords: keratoconus, dry eye syndrome, tear film, keratotopography, keratotomography, aberrations

For citation: Slonimsky A.Yu., Averich V.V., Mitichkina T.S. Influence of Tear Film Condition in Keratoconus on the Results of Topographic and Tomographic Methods of Corneal Examination. Review. *Ophthalmology in Russia*. 2025;22(2):237–243. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2025-2-237-243>

Financial Disclosure: no author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

There is no conflict of interests.

Согласно литературным источникам попытки измерения формы роговицы и ее оптических свойств были предприняты еще в XVII веке путем сравнения отражений стеклянных сфер известных размеров от передней поверхности роговицы [1]. Появление в XIX веке метода Пласидо, основанного на проецировании ряда последовательных концентрических черных и белых колец на роговицу, позволило более детально оценить форму передней поверхности роговицы, однако такие показатели, как кривизна и преломление роговицы, оставались недоступными исследователю [2]. Попытки изучения количественных показателей привели к использованию ручных электронных кератометров в комбинации с диском Пласидо, позволяющих измерять радиус кривизны роговицы в определенных точках. Эти устройства предоставляли ограниченные данные и не могли создать полную картину поверхности роговицы [3].

Появление более сложных технологий с использованием компьютерной обработки данных привело к разработке и выпуску полностью автоматизированных видеокератотопографов. Основанные на методе Пласидо

и автоматическом вычислении полученного с видеокамеры изображения поверхности роговицы приборы позволили создавать более детализированные карты ее передней поверхности, что повысило точность расчета количественных показателей [4].

Развитие технологий методов визуализации привело к появлению сканирующих кератотомографов, основанных на принципе Шаймпфлюга. За счет создания трехмерного изображения на основе полученных изображений оптических срезов такие приборы дают полную качественную и количественную характеристику передней и задней поверхностей роговицы, в том числе расчет пахиметрических и элевационных карт, а также различные авторские протоколы скрининга на предмет выявления кератэктазии [5, 6]. Кроме того, с помощью Шаймпфлюг-анализатора можно получить данные волнового фронта роговицы, расчет параметров передней камеры, денситометрию структур переднего сегмента глаза, а также его биометрические данные [2].

Таким образом, в современной клинической практике кератотопографическое исследование является

А.Ю. Слонимский, В.В. Аверич, Т.С. Митичкина

Контактная информация: Аверич Вероника Валерьевна veroniky@mail.ru

Влияние состояния слезной пленки при кератоконусе на результаты топографических...

неотъемлемым диагностическим инструментом, позволяющим быстро и неинвазивно оценивать анатомо-оптические свойства роговой оболочки, необходимые как для диагностических целей и мониторинга роговичной патологии, так и для проведения различных хирургических вмешательств, в частности кераторефракционных и факохирургических [7].

Однако, несмотря на высокую прецизионность такого диагностического оборудования, существуют потенциальные риски ошибки измерения, связанные с аномалиями прекорнеальной слезной пленки (СП). Известно, что, помимо защитной и трофической функции, СП выполняет еще одну важную функцию — оптическую. За счет мигательных движений СП равномерно распределяется по роговичной поверхности, делая ее более гладкой и сферичной, способствуя тем самым более правильному светопреломлению. Нарушение стабильности СП неминуемо приводит к ксерозу роговичного эпителия. Доказано, что размер так называемого сухого пятна в пределах 0,3 мкм² по площади и 0,5 мкм вглубь может значительно снижать качество зрительного восприятия [8].

Поскольку СП является первым светопреломляющим слоем, с которым сталкивается измерительная система прибора, нарушение адгезии и функционирования СП на поверхности роговичного эпителия, в частности ассоциированное с синдромом сухого глаза (ССГ), может приводить к некорректному получению информации прибором и, соответственно, некорректному расчету количественных показателей. При планировании рефракционной или катарактальной операции для достижения ожидаемых и стабильных функциональных результатов хирургу крайне важно получать высокоточные измерения переднего сегмента глаза. Дестабилизация СП может привести к ошибкам в расчете параметров интраокулярных линз или при определении толщины лоскута, остаточной толщины стромы и планировании глубины абляции. Кроме того, по последним данным Международного общества экспертов по изучению СП и глазной поверхности (TFOS DEWS II, 2017), распространенность ССГ в мире варьирует от 5 до 50 % среди популяции репродуктивного возраста [9]. По различным данным, среди кандидатов на проведение кераторефракционной операции признаки ССГ встречаются в 37,6 % [10], 57,9 % [11] и вплоть до 75 % [12], а у кандидатов на операцию по поводу катаракты встречаемость ССГ достигает 85 % [13].

Актуальность проблемы влияния ССГ на результаты лечебно-диагностических методов в области рефракционной и катарактальной хирургии обуславливает высокую степень ее изученности и внедрения в клиническую практику различных способов ее решения. Изучению потенциального влияния ССГ на результаты кератотопографии посвящено довольно большое количество публикаций. Многочисленные исследования влияния ССГ на топографические индексы передней поверхности

роговицы, полученные с помощью отражающих кератотопографов, свидетельствуют о значимом изменении топографии роговицы у пациентов с дестабилизацией СП [14–18]. Кроме того, рядом авторов было предложено использовать топографические индексы SRI (Surface Regularity Index; индекс, отражающий регулярность роговицы внутри центральной зоны диаметром 4,5 мм), SAI (Surface Asymmetry Index; индекс разницы оптической силы роговицы между противоположными точками, находящимися на 180° на одном и том же кольце миры кератотопографа) и IAI (Irregular Astigmatism Index; индекс неправильного астигматизма) как объективный диагностический метод выявления ССГ [17]. В литературе описан случай получения ложной топографической картины кератэктазии, индуцированной выраженным изменением роговичной поверхности у пациента с ССГ. После проведения лечения топография роговицы соответствовала картине правильного роговичного астигматизма и без признаков эктазии [18].

С точки зрения принципа работы кератотопографов отражающего типа полученные результаты могут быть вполне объяснимы: проецируемые кольца Пласидо на передней поверхности роговицы отражаются непосредственно не от самой роговицы, а от СП, и результаты измерения будут напрямую зависеть от ее состояния [19].

Несмотря на тот факт, что качество измерений сканирующих кератотомографов не зависит от состояния СП [20–23], схожие результаты были получены в ряде исследований с применением Шаймпфлюг-анализаторов [11, 24, 25]. В одной из таких работ была проведена сравнительная оценка топометрических показателей передней поверхности роговицы с помощью Шаймпфлюг-камеры Pentacam (Oculus GmbH, Германия) в группе с признаками ССГ и в группе здоровых лиц. Средние показатели индексов ISV (Index of Surface Variance, индекс различия поверхности) IVA (Index of Vertical Asymmetry, индекс вертикальной асимметрии), IHA (Index of height asymmetry, индекс наивысшей асимметрии) и IHD (Index of Height Decentration, индекс наивысшей децентрации) демонстрировали достоверно более высокие значения в группе с ССГ, а также имели значимую регрессионную зависимость с результатами функциональных проб [24]. Проведенное отечественными авторами исследование показало, что нарушение стабильности СП в 8,7 %, а при наличии кератопатии — в 24,5 % случаев вызывает искажение колец Пласидо, что приводит к неправильной интерпретации топографии передней поверхности роговицы прибором. Так, из 7 анализируемых топографических индексов по данным Шаймпфлюг-камеры Oculyzer (Alcon/WaveLight, Германия) в 87,6 % случаев регистрировали аномальные значения индексов IHD, IVA, ISV, KI (Keratoconus Index, индекс кератоконуса) [11].

В другой работе было проведено сравнение результатов повторяемости измерений, теста на стандартное

отклонение (между измерениями одного и того же обследуемого) и коэффициента вариации по керато-, пахи- и aberрометрии, полученных с помощью Шаймпфлюг-камеры Pentacam и aberрометра iTrace (Tracey Technologies Corp., США) у группы пациентов после проведения кераторефракционного вмешательства (100 глаз) и у группы контроля (100 глаз). Дополнительно состояние СП было оценено неинвазивным способом (система качества оптического анализа OQAS, Visiometrics S.L., Испания) с расчетом объективного индекса светорассеяния (OSI). При наличии признаков ССГ индекс OSI имел значение ≥ 1 и был выявлен в 42 и 21% случаев в основной и контрольной группах соответственно. Помимо этого, в данных подгруппах отмечали снижение теста на стандартное отклонение и коэффициента вариации, а также более низкую повторяемость кератометрических показателей, пахиметрии и aberрометрии по двум приборам, что трактовалось авторами как влияние повышенного светорассеяния, индуцированного дестабилизацией СП, на качество измерения. Кроме того, при сравнении двух приборов Pentacam показал лучшую повторяемость измерений [25].

Помимо этого, в научной литературе имеются публикации, посвященные изучению влияния дестабилизации СП на показатели светорассеяния роговицы. В частности, в одной из таких работ была проведена оценка влияния ССГ на прямое светорассеяние (отражение волны, исходящей от источника к роговице), измеренного количественно с помощью прибора C-Quant Straylight Meter (Oculus GmbH, Wetzlar, Германия) и обратное светорассеяние (отражение волны в сторону источника) роговицы, полученное с помощью денситометрии по Шаймпфлюг-камере Pentacam (Oculus GmbH, Германия) у 35 пациентов с признаками ССГ (в половине случаев наблюдали точечную эпителиопатию в центральной 6 мм зоне роговицы) и группы контроля. Результаты исследования демонстрируют достоверное повышение прямого и обратного светорассеяния в группе с ССГ относительно контроля. Внутригрупповое сравнение показало, что самые высокие значения преобладали у пациентов с наличием точечной эпителиопатии [26]. Эти данные в обобщенном виде согласуются с результатами других исследований [27–29].

Ключевым компонентом формул расчета силы интраокулярной линзы (ИОЛ) являются данные кератометрии. Выявлено, что погрешность в полученных от прибора данных по кривизне роговицы в 1,0 дптр приводит к приблизительно такой же погрешности в послеоперационной рефракции [30]. У пациентов, имеющих признаки ССГ и гиперосмолярность слезной жидкости, обследованных с разницей в три недели, наблюдается значимая вариабельность среднего значения кератометрии по данным прибора IOLMaster (Carl Zeiss Meditec, Германия) до 1 дптр, а сила рассчитанной ИОЛ имела достоверную разницу более чем 0,5 дптр [31]. Разброс данных кератометрии при ССГ, а также показателей аксиальной длины глаза отмечают и другие исследователи [32,

33]. Кроме того, отмечено, что у пациентов с ССГ в послеоперационном периоде рефракция смещается в сторону гиперметропии с девиацией в 0,5–0,75 дптр [34] и более 0,75 дптр [35].

Параллельно с этим доказано, что дестабилизация СП приводит к повышению волнового фронта роговицы, в особенности aberраций высших порядков, что сказывается на качестве проводимых кератотопографических измерений [36–40].

Во избежание потенциальных лечебно-диагностических ошибок авторы большинства исследований единогласно рекомендуют проводить более тщательный предоперационный мониторинг состояния СП и глазной поверхности [10–12, 14–16, 30, 35, 39]. При выявлении признаков ССГ необходимо провести симптоматическое лечение в соответствии с рекомендациями Международного общества экспертов TFOS DEWS II, после которого возможно начать все этапы подготовки к операции [10–12, 15]. Кроме того, при возникновении необходимости в проведении диагностических процедур до получения пациентом курса слезозаместительной терапии имеет смысл прибегнуть к заблаговременной инстилляции лубриканта [40]. Доказано, что предварительная инстилляция слезозаместительных препаратов у пациентов с признаками ССГ достоверно приводит к улучшению количественных и качественных показателей роговицы по данным топо- и томографии [14, 29, 40, 41], снижению aberраций высших порядков [39], а также повышению контрастной чувствительности и снижению глэр-эффекта [16]. В проведенном проспективном исследовании «случай-контроль» было показано, что на фоне инстилляции лубриканта достоверно увеличились индексы передней поверхности роговицы SRI, SAI, а аномальная кератотопографическая картина, регистрируемая до закапывания капель у 45,24 % пациентов с признаками ССГ, после инстилляции снизилась до 30,95 % [14]. Кроме того, применение слезозаместительного препарата перед диагностической процедурой способно снизить эффект светорассеяния роговицы в течение как минимум 60 минут [29]. По другим данным, на фоне инстилляции капель индуцированные ССГ aberрации высшего порядка снизились в 2,5 раза, и этот эффект сохранялся в течение 10 минут [41].

Результаты проведенного анализа литературы по данной проблеме позволяют сделать заключение, что во всех представленных случаях исследования проводились у пациентов с условно регулярной поверхностью роговицы, где на ошибки измерения может влиять только наличие признаков ССГ и нарушение стабильности СП, но что, если перед нами пациент с иррегулярной поверхностью роговицы и наличием ССГ?

В частности, при КК, патогномичными клиническими признаками которого являются выраженные топографические изменения формы и толщины роговицы, происходит сдвиг клинической рефракции в сторону

миопии и формирование иррегулярного астигматизма [42]. Кроме этого, на сегодняшний день многочисленными исследованиями доказан факт наличия прямой ассоциации КК с признаками ССГ. Это проявляется в виде снижения функциональных показателей, таких как время разрыва слезной пленки (ВРСП) и общая слезопродукция, а также наличием высоких баллов по общепринятому опроснику OSDI (Ocular surface disease index — индекс заболевания глазной поверхности) [43–53]. С позиции патогенеза это может быть обосновано сочетанием различных факторов (воспалительный, иммунно-аллергический, нейропатический и пр.) при КК, которые одновременно могут играть ключевую роль в возникновении признаков роговично-конъюнктивального ксероза [50, 53–56]. Помимо этого, было показано, что по мере увеличения стадии кератэктазии происходит усиление клинических признаков ССГ [44, 46, 48, 49].

При поиске публикаций по вопросу возможного влияния ССГ при КК на достоверность топо- и томографических методов исследования роговицы нами была обнаружена лишь единичная работа [57].

В данное исследование были включены 49 пациентов (77 глаз) с различными стадиями КК (средний возраст $34,4 \pm 11,6$ года). Пациенты были разделены на 2 группы: с легкой (I–II стадии — 33 глаза) и тяжелой (III–IV стадии — 44 глаза) стадией КК. С помощью кератотопографа TMS-5 (Tomey, Германия), и Шаймпфлюг-камеры Pentacam (Oculus, Германия) была проведена оценка основных топографических индексов передней поверхности роговицы. Кроме того, для оценки степени ССГ были оценены показатели теста Ширмера, ВРСП, состояния слезной пленки с помощью высокоскоростной видеоокулатоскопии (система Tear Inspect), а также анкетирование по опроснику Макмонни (анкета по самооценке сухости глаз). Целью данной работы являлось выявление взаимосвязи между степенью деформации роговицы при КК и клиническими признаками ССГ, а также оценка потенциального влияния стабильности СП на результаты диагностических методов.

Результаты исследования свидетельствуют об отсутствии достоверной разницы между двумя группами при сравнении показателей теста Ширмера ($19,6 \pm 10,5$ и $18,6 \pm 11,4$ мм), ВРСП ($8,4 \pm 2,9$ и $8,1 \pm 2,2$ сек. соответственно). Не было выявлено достоверных различий между топографическими индексами у пациентов с положительным и отрицательным результатами опросника Макмонни. Кроме того, авторы не обнаружили корреляцию между топографическими индексами, ис-

следованными параметрами слезной пленки и результатами опросника. В связи с этим авторы сделали вывод об отсутствии взаимосвязи между состоянием СП и топографическими и томографическими показателями при КК, а также об отсутствии значимых различий и корреляции между стадиями КК и признаками ССГ.

Конструктивная критика данного исследования может заключаться в следующем: показатели теста Ширмера и ВРСП соответствовали нормальным значениям, что не согласуется с результатами других исследований [43–53] и может быть связано с малой выборкой и значительной вариабельностью возрастной когорты. Кроме того, авторами не была обоснована целесообразность деления обследуемых на две группы. Учитывая наличие прямой зависимости между увеличением клинической стадии эктазии и усилением признаков ССГ, имеет смысл проводить статистический анализ в рамках каждой конкретной стадии КК.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, возникновение неровности роговичной поверхности, связанной с признаками ССГ и ассоциированной с нарушением стабилизации СП, приводит к увеличению аберраций и светорассеяния и в значительной степени влияет на качество снимков кератотопографических анализаторов у пациентов с исходно регулярной роговицей. Исходя из этого можно сформулировать следующую гипотезу, которая, несомненно, требует детального изучения с позиции не только практической, но и научно-обоснованной медицины: учитывая доказанное влияние нарушения стабильности СП на результаты топо- и томографических исследований условно регулярной роговицы, можно предполагать, что наличие ССГ и дестабилизации СП при иррегулярной роговице, в частности при КК, может также оказывать значимое влияние на результаты данных диагностических методов. А значительные погрешности, потенциально возникающие при расчете качественных и количественных показателей роговицы диагностическим прибором, могут влиять на ход динамического наблюдения, решение вопроса оперативного вмешательства и выбор конкретного (менее или более инвазивного) хирургического метода лечения КК.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Слонимский А.Ю. — разработка и дизайн исследования, окончательное утверждение рукописи;

Аверич В.В. — разработка и дизайн исследования, получение и анализ данных, написание текста, редактирование текста;

Митичкина Т.С. — получение и анализ данных, написание текста.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Liu Z, Huang AJ, Pflugfelder SC. Evaluation of corneal thickness and topography in normal eyes using the Orbscan corneal topography system. Br J Ophthalmol. 1999 Jul;83(7):774–778. doi: 10.1136/bjo.83.7.774.
2. Ghemame M, Charpentier P, Mouriaux F. Topographie cornéenne en pratique [Corneal topography in practice]. J Fr Ophtalmol. 2020 Jan;43(1):67–79. French. doi: 10.1016/j.jfo.2018.12.033.
3. Sridhar U, Tripathy K. Corneal Topography. 2023 Sep 4. In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan.
4. Uçakhan Ö. Current Corneal Topography/Tomography Systems. Eye Contact Lens. 2020 May;46(3):127–128. doi: 10.1097/ICL.0000000000000707.
5. Ambrósio R Jr, Belin MW. Imaging of the cornea: topography vs tomography. J Refract Surg. 2010 Nov;26(11):847–849. doi: 10.3928/1081597X-20101006-01.
6. Kanclerz P, Khoramnia R, Wang X. Current Developments in Corneal Topography and Tomography. Diagnostics (Basel). 2021 Aug 13;11(8):1466. doi: 10.3390/diagnostics11081466.

7. Roberts C. Corneal topography: a review of terms and concepts. *J Cataract Refract Surg.* 1996 Jun;22(5):624–629. doi: 10.1016/s0886-3350(96)80022-8.
8. Полуни Г.С., Полунина Е.Г. От «сухого глаза» к «болезни слезной пленки». *Офтальмология.* 2012;9(2):4–7.
9. Polunin GS, Polunina EG. From “dry eye” to “tear film disease”. *Ophthalmology.* 2012;9(2):4–7 (In Russ.). doi: 10.18008/1816-5095-2012-2-4-7.
10. Stapleton F, Alves M, Bunya VY, Jalbert I, Lekhanont K, Malet F, Na KS, Schaumberg D, Uchino M, Vehof J, Viso E, Vitale S, Jones L. TFOS DEWS II Epidemiology Report. *Ocul Surf.* 2017 Jul;15(3):334–365. doi: 10.1016/j.jtos.2017.05.003.
11. Майчук НВ, Малышев ИС, Образцова МР. Синдром «сухого глаза» перед кераторефракционной хирургией: частота встречаемости и патогенетически ориентированная терапия. *Клиническая офтальмология.* 2023;23(1):14–20.
12. Maychuk NV, Malyshev IS, Obraztsova MR. Dry eye syndrome before corneal refractive surgery: the prevalence and pathogenesis-oriented therapy. *Russian Journal of Clinical Ophthalmology.* 2023;23(1):14–20 (In Russ.). doi: 10.32364/2311-7729-2023-23-1-14-20.
13. Клокова ОА, Дамашаускас РО, Гейденрих МС. Коррекция состояния глазной поверхности у пациентов с синдромом «сухого глаза» на этапе подготовки к кераторефракционной операции. *Клиническая офтальмология.* 2020;20(4):180–186.
14. Klokova OA, Damashauskas RO, Geidenrich MS. Ocular surface treatment in dry eye patients before corneal refractive surgery. *Russian Journal of Clinical Ophthalmology.* 2020;20(4):180–186. doi: 10.32364/2311-7729-2020-20-4-180-186.
15. Сахнов СН, Янченко СВ, Малышев АВ, Калантаевская ЮА, Исмаилова РА, Ехиева ЭМ, Грищенко МВ, Горбунова ИВ, Ожуг ОФ, Клокова ОА. Эпидемиология синдрома «сухого глаза» у пациентов перед рефракционными операциями. *Офтальмология.* 2018;15(1):92–101.
16. Sakhnov SN, Yanchenko SV, Malyshev AV, Kalantaevskaya YA, Ismaylova RA, Ehieva EM, Grishenko MV, Gorbunova IV, Ozhug OF, Klokova OA. Dry Eye Epidemiology in Patients before Refractive Operations. *Ophthalmology in Russia.* 2018;15(1):92–101 (In Russ.). doi: 10.18008/1816-5095-2018-1-92-101
17. Астахов СЮ, Ткаченко НВ. Эффективность трегалозы в лечении синдрома «сухого глаза» после факэмульсификации. *Офтальмологические ведомости.* 2016;9(4):79–89.
18. Astahov SJu, Tkachenko NV. Efficacy of trehalose in the dry eye syndrome treatment of after phacoemulsification. *Ophthalmology journal.* 2016;9(4):79–89 (In Russ.).
19. Liu Z, Pflugfelder SC. Corneal surface regularity and the effect of artificial tears in aqueous tear deficiency. *Ophthalmology.* 1999 May;106(5):939–943. doi: 10.1016/S0161-6420(99)00513-8.
20. Ozkan Y, Bozkurt B, Gedik S, Ircek M, Orhan M. Corneal topographical study of the effect of lacrimal punctum occlusion on corneal surface regularity in dry eye patients. *Eur J Ophthalmol.* 2001 Apr-Jun;11(2):116–119. doi: 10.1177/112067210101100202.
21. Huang FC, Tseng SH, Shih MH, Chen FK. Effect of artificial tears on corneal surface regularity, contrast sensitivity, and glare disability in dry eyes. *Ophthalmology.* 2002 Oct;109(10):1934–1940. doi: 10.1016/s0161-6420(02)01136-3.
22. de Paiva CS, Lindsey JL, Pflugfelder SC. Assessing the severity of keratitis sicca with videokeratographic indices. *Ophthalmology.* 2003 Jun;110(6):1102–1109. doi: 10.1016/s0161-6420(03)00245-8.
23. Beckman K. When dry eye deceives: A patient referred for corneal collagen cross-linking is treated instead for ocular surface disease. *Ophthalmology Management.* 2017;21:34–46.
24. Feinbaum C. Wet and Dry Corneal Topography? — A New Contraindication for the LASIK Procedure in Refractive Surgery. *EC Ophthalmology* 5.3. 2017:121–128.
25. Dong J, Wu Q, Wang XG. Measurement of central corneal thickness and pre-corneal tear film thickness of rabbits using the Scheimpflug system. *Int J Ophthalmol.* 2013 Oct 18;6(5):584–587. doi: 10.3980/j.issn.2222-3959.2013.05.05.
26. Al-Mezaine HS, Al-Amro SA, Kangave D, Sadaawy A, Wehaib TA, Al-Obeidan S. Comparison between central corneal thickness measurements by oculus pentacam and ultrasonic pachymetry. *Int Ophthalmol.* 2008 Oct;28(5):333–338. doi: 10.1007/s10792-007-9143-9.
27. Hirschschall N, Crnej A, Gangwani V, Findl O. Effect of fluorescein dye staining of the tear film on Scheimpflug measurements of central corneal thickness. *Cornea.* 2012 Jan;31(1):18–20. doi: 10.1097/ICO.0b013e31821ee97.
28. Zhuang H, Zhou X, Xu J. A novel method for pachymetry mapping of human precorneal tear film using Pentacam with fluorescein. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2010 Jan;51(1):156–159. doi: 10.1167/iovs.08-3265.
29. Siyahkamari M, Asharlous A, Mirzajani A, Koohian H, Jafarzadehpour E, Ostadimoghaddam H, Babaei N, Yekta A, Khabazkhoob M. Effect of Dry Eye Disease on Central Corneal Thickness and Corneal Topometric Indices Measured by Scheimpflug Tomography. *Acta Med Iran.* 2023;60(12):777–781. doi: 10.18502/acta.v60i12.11831.
30. Kundu G, Shetty R, Khmar P, Gupta S, Mullick R, Ganesan VL, D'Souza S. Impact of tear optics on the repeatability of Pentacam AXL wave and iTrace in measuring anterior segment parameters and aberrations. *Indian J Ophthalmol.* 2022 Apr;70(4):1150–1157. doi: 10.4103/ijo.IJO_2153_21.
31. Koh S, Maeda N, Ikeda C, Asonuma S, Mitamura H, Oie Y, Soma T, Tsujikawa M, Kawasaki S, Nishida K. Ocular forward light scattering and corneal backward light scattering in patients with dry eye. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2014 Sep 18;55(10):6601–6606. doi: 10.1167/iovs.14-15125.
32. Thibos LN, Hong X. Clinical applications of the Shack-Hartmann aberrometer. *Optom Vis Sci.* 1999 Dec;76(12):817–825. doi: 10.1097/00006324-199912000-00016.
33. Himebaugh NL, Nam J, Bradley A, Liu H, Thibos LN, Begley CG. Scale and spatial distribution of aberrations associated with tear breakup. *Optom Vis Sci.* 2012 Nov;89(11):1590–600. doi: 10.1097/OPX.0b013e31826cfae5.
34. Diaz-Valle D, Arriola-Villalobos P, García-Vidal SE, Sánchez-Pulgarín M, Borrego Sanz L, Gegúndez-Fernández JA, Benítez-Del-Castillo JM. Effect of lubricating eye drops on ocular light scattering as a measure of vision quality in patients with dry eye. *J Cataract Refract Surg.* 2012 Jul;38(7):1192–1197. doi: 10.1016/j.jcrs.2012.02.040.
35. Salouti R, Nowroozzadeh MH, Zamani M, Ghoreyshi M, Salouti R. Comparison of the ultrasonographic method with 2 partial coherence interferometry methods for intraocular lens power calculation. *Optometry.* 2011 Mar;82(3):140–147. doi: 10.1016/j.optm.2010.07.025.
36. Epitropoulos AT, Matossian C, Berdy GJ, Malhotra RP, Potvin R. Effect of tear osmolarity on repeatability of keratometry for cataract surgery planning. *J Cataract Refract Surg.* 2015 Aug;41(8):1672–1677. doi: 10.1016/j.jcrs.2015.01.016.
37. Hiraoka T, Asano H, Ogami T, Nakano S, Okamoto Y, Yamada Y, Oshika T. Influence of Dry Eye Disease on the Measurement Repeatability of Corneal Curvature Radius and Axial Length in Patients with Cataract. *J Clin Med.* 2022 Jan 28;11(3):710. doi: 10.3390/jcm11030710.
38. Yang F, Yang L, Ning X, Liu J, Wang J. Effect of dry eye on the reliability of keratometry for cataract surgery planning. *J Fr Ophthalmol.* 2024 Feb;47(2):103999. doi: 10.1016/j.jfo.2023.04.016.
39. Taneja M. Commentary: Effect of dry eyes on the corneal diagnostic measurements. *Indian J Ophthalmol.* 2022 Apr;70(4):1157–1158. doi: 10.4103/ijo.IJO_3119_21.
40. Kim J, Kim MK, Ha Y, Paik HJ, Kim DH. Improved accuracy of intraocular lens power calculation by preoperative management of dry eye disease. *BMC Ophthalmol.* 2021 Oct 13;21(1):364. doi: 10.1186/s12886-021-02129-5.
41. Montés-Micó R, Alió JL, Charman WN. Dynamic changes in the tear film in dry eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2005 May;46(5):1615–1619. doi: 10.1167/iovs.05-0017.
42. Koh S, Maeda N. Wavefront sensing and the dynamics of tear film. *Cornea.* 2007 Oct;26(9 Suppl 1):S41–S415. doi: 10.1097/ICO.0b013e31821f69e8.
43. Denoyer A, Rabut G, Baudouin C. Tear film aberration dynamics and vision-related quality of life in patients with dry eye disease. *Ophthalmology.* 2012 Sep;119(9):1811–1818. doi: 10.1016/j.ophtha.2012.03.004.
44. Kasem AMM, Awara AM, Shafik HM, Shalaby OE. Corneal topography and wavefront data changes in dry eye. *Tanta Medical Journal.* 2021;49(1):31–36. doi: 10.4103/tmj.tmj_199_20.
45. Rochet E, Levron A, Agard E, Chehab HE, Plas H, Bouvarel H, Chirpaz N, Billant J, Dot C. Should Artificial Tears Be Used During the Preoperative Assessment of Toric IOLs Before Age-Related Cataract Surgery? The TORIDE Study. *J Refract Surg.* 2021 Nov;37(11):759–766. doi: 10.3928/1081597X-20210826-01.
46. Montés-Micó R, Cerviño A, Ferrer-Blasco T, García-Lázaro S, Orti-Navarro S. Optical quality after instillation of eyedrops in dry-eye syndrome. *J Cataract Refract Surg.* 2010 Jun;36(6):935–940. doi: 10.1016/j.jcrs.2009.12.044.
47. Аветисов СЭ, Аверич ВВ, Патеюк ЛС. Кератоконус: основные направления исследований. *Вестник офтальмологии.* 2023;139(3.2):11–20.
48. Avetisov SE, Averich VV, Pateyuk LS. Keratoconus: main lines of research. *Russian Annals of Ophthalmology.* 2023;139(3.2):11–20. (In Russ.). doi: 10.17116/oftalma202313903211.
49. Dogru M, Karakaya H, Özçetin H, Ertürk H, Yücel A, Özmen A, Baykara M, Tsubota K. Tear function and ocular surface changes in keratoconus. *Ophthalmology.* 2003 Jun;110(6):1110–1118. doi: 10.1016/S0161-6420(03)00261-6.
50. Carracedo G, Recchioni A, Alejandre-Alba N, Martin-Gil A, Crooke A, Morote JJ, Pintor J. Signs and Symptoms of Dry Eye in Keratoconus Patients: A Pilot Study. *Curr Eye Res.* 2015;40(11):1088–1094. doi: 10.3109/02713683.2014.987871.
51. Бубнова ИА, Аверич ВВ. Состояние прекорнеальной слезной пленки при кератоконусе. *Современные технологии в офтальмологии.* 2020;4:319–320.
52. Bubnova IA, Averich VV. Precorneal tear film condition in keratoconus. *Modern technologies in ophthalmology.* 2020;4:319–320 (In Russ.). doi: 10.25276/2312-4911-2020-4-319-320
53. Constantin MM, Corbu C, Potop V, Miruna B. Evaluation of Dry Eye Symptomatology at Patients with Keratoconus. *Revista de Chimie.* 2019;70(1):92–95. doi: 10.37358/RC.19.1.6858.
54. Бубнова ИА, Егорова ГБ, Аверич ВВ, Митичкина ТС. Медикаментозная коррекция синдрома «сухого глаза» у пациентов с кератоконусом, перенесших процедуру кросслинkinга. *Клиническая офтальмология.* 2020;20(2):67–71.
55. Bubnova IA, Egorova GB, Averich VV, Mitichkina TS. Medical treatment for dry eye in patients with keratoconus after corneal cross-linking. *Russian Journal of Clinical Ophthalmology.* 2020;20(2):67–71 (In Russ.). doi: 10.32364/2311-7729-2020-20-2-67-71.
56. Аверич ВВ, Бубнова ИА. Изменение прекорнеальной слезной пленки при различных стадиях кератоконуса. *Вестник офтальмологии.* 2024;140(3):43–49.
57. Averich VV, Bubnova IA. Changes in the precorneal tear film at various stages of keratoconus. *Russian Annals of Ophthalmology.* 2024;140(3):43–49 (In Russ.). doi: 10.17116/oftalma202414003143.
58. Rattan SA, Anwar DS. Comparison of corneal epithelial thickness profile in dry eye patients, keratoconus suspect, and healthy eyes. *Eur J Ophthalmol.* 2020 Nov;30(6):1506–1511. doi: 10.1177/1120672120952034.
59. Аверич ВВ. Синдром «сухого глаза» при кератоконусе: аспекты этиологии и медикаментозной коррекции. *Клиническая офтальмология.* 2022;22(2):122–126.
60. Averich VV. Dry eye disease in keratoconus: etiology and medical treatment. *Russian Journal of Clinical Ophthalmology.* 2022;22(2):122–126 (In Russ.). doi: 10.32364/2311-7729-2022-22-2-122-126.
61. Mirza E, Oltulu R, Oltulu P, Mirza GD, Okka M. Dry eye disease and ocular surface characteristics in patients with keratoconus. *Saudi J Ophthalmol.* 2022 Jul 11;36(1):117–121. doi: 10.4103/sjopt.sjopt_37_21.

52. Слонимский АЮ, Аверич ВВ. Опыт применения склеральных контактных линз при кератоконусе в сочетании с синдромом сухого глаза. Офтальмология. 2024;21(3):546–552.
Slonimsky AYU, Averich VV. Experience of Using Scleral Contact Lenses in Keratoconus in Combination with Dry Eye Syndrome. Ophthalmology 2024;21(3):546–552 (In Russ.). doi: 10.18008/1816-5095-2024-3-546-552.
53. Dienes L, Kiss HJ, Perényi K, Nagy ZZ, Acosta MC, Gallar J, Kovács I. Corneal Sensitivity and Dry Eye Symptoms in Patients with Keratoconus. PLoS One. 2015 Oct 23;10(10):e0141621. doi: 10.1371/journal.pone.0141621.
54. Loh IP, Sherwin T. Is Keratoconus an Inflammatory Disease? The Implication of Inflammatory Pathways. Ocul Immunol Inflamm. 2022 Jan 2;30(1):246–255. doi: 10.1080/09273948.2020.1780271.
55. D'Souza S, Nair AP, Sahu GR, Vaidya T, Shetty R, Khamar P, Mullick R, Gupta S, Dickman MM, Nuijts RMMA, Mohan RR, Ghosh A, Sethu S. Keratoconus patients exhibit a distinct ocular surface immune cell and inflammatory profile. Sci Rep. 2021 Oct 22;11(1):20891. doi: 10.1038/s41598-021-99805-9.
56. Rahi A, Davies P, Ruben M, Lobascher D, Menon J. Keratoconus and coexisting atopic disease. Br J Ophthalmol. 1977 Dec;61(12):761–764. doi: 10.1136/bjo.61.12.761.
57. Zemova E, Eppig T, Seitz B, Toropygin S, Arnold S, Langenbacher A, Gräber S, Szentmáry N. Interaction between topographic/tomographic parameters and dry eye disease in keratoconus patients. Curr Eye Res. 2014 Jan;39(1):1–8. doi: 10.3109/02713683.2013.798667.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Слонимский Алексей Юрьевич
доктор медицинских наук, профессор
<https://orcid.org/0009-0008-7356-7637>

Аверич Вероника Валерьевна
кандидат медицинских наук, научный сотрудник
<https://orcid.org/0000-0001-5778-4123>

Митичкина Татьяна Сергеевна
кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник
<https://orcid.org/0000-0002-8124-4001>

ABOUT THE AUTHORS

Slonimsky Aleksei Yu.
PhD, MD, professor
<https://orcid.org/0009-0008-7356-7637>

Averich Veronika V.
PhD, researcher
<https://orcid.org/0000-0001-5778-4123>

Mitichkina Tatiana S.
PhD, senior researcher
<https://orcid.org/0000-0002-8124-4001>