УДК 617.764-008.811.4-02: 681.735

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ТИАСКОПИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СЛЕЗНОЙ ПЛЕНКИ НА ПОВЕРХНОСТИ МЯГКИХ КОНТАКТНЫХ ЛИНЗ

***Егорова Г.Б.**, проф., д. м. н., **Митичкина Т.С.**, старший научный сотрудник, к.м.н, **Новиков И.А.**, старший научный сотрудник; ФГБНУ «НИИГБ», г. Москва*

В статье описано применение метода тиаскопии, позволяющего визуализировать липидный слой слезной пленки, а также оценить толщину слезной пленки на поверхности контактной линзы. Показаны преимущества МКЛ Biotrue®ONEday из материала HyperGel, позволяющего снизить риск дегидратации линзы.

Ключевые слова: контактная линза, гидрогель, слезная пленка, тиаскопия, интерференционная картина, Biotrue®ONEday, HyperGel

* * *

Yegorova G.B., Mitichkina T.S., Novikov I.A. **USE OF TEARSCOPY METHOD FOR RESEARCH TEAR FILM ON SURFACE OF SOFT CONTACT LENSES**

The article describes the use of tearscopy method that allows to visualize lipid layer of tear film, as well as to estimate the thickness of tear film on surface of contact lens. The advantages of SCL Biotrue®ONEday are shown. HyperGel material allows to reduce risk of lens dehydration.

Key words: contact lens, hydrogel, tear film, tearscopy, interference pattern, Biotrue®ONEday, HyperGel

В настоящее время контактные линзы (КЛ) представляют реальную альтернативу очковой коррекции. Современный дизайн КЛ, материалы, обеспечивающие высокую степень газопроницаемости, позволяют достичь максимального комфорта при использовании и реализовать их неоспоримые преимущества по сравнению с очковой коррекцией.

Однако непосредственный контакт линзы с глазной поверхностью может приводить к появлению признаков синдрома сухого глаза (ССГ). Совокупность таких факторов, как механическое воздействие КЛ, состояние гипоксии, токсико-аллергическое воздействие составляющих средств ухода за КЛ, последствия хронических воспалительных процессов конъюнктивальной полости, приводит к дестабилизации слезной пленки, нарушению структуры эпителия роговицы и конъюнктивы, снижению слезопродукции, и как следствие – к нарушению смачиваемости глазной поверхности и КЛ. Данные симптомы наблюдаются более чем в 50% случаев уже в первые три года ношения КЛ, а при их многолетнем использовании – практически в 100% случаев. Нарушение смачиваемости КЛ приводит к ограничению ее подвижности, появлению отложений и, как следствие, к еще большему ее воздействию на глазную поверхность. Нарастающие явления сухости глазной поверхности, недостаток слезы для полноценной гидратации мягких КЛ нередко являются причиной отказа пациентов от КЛ и вынуждают их перейти на очковую коррекцию.

КЛ классифицируются по материалу, сроку и режиму ношения, дизайну. Около 90% пользователей предпочитают мягкие контактные линзы (МКЛ), которые делятся на две основные группы: гидрогелевые и силикон-гидрогелевые.

Преимущество гидрогелевых КЛ в их высоком влагосодержании и низком модуле упругости, что делает их очень комфортными при ношении. Однако для гидратации гидрогелевых КЛ необходим определенный объем слезной жидкости, что обеспечивается определенным уровнем секреции слезы. Гидрогелевые линзы также в большей степени, чем силикон-гидрогелевые линзы, подвержены дегидратации, что в условиях недостатка слезной жидкости приводит к изменению физико-химических свойств материала КЛ, снижению кислородной проницаемости линзы, их эластичности, ограничению подвижности, нарушению обмена слезы в подлинзовом пространстве.

Силикон-гидрогелевые КЛ, степень гидратации которых меньше, в меньшей степени подвержены дегидратации в условиях снижения слезопродукции, однако их модуль упругости выше, а наличие силикона в материале линзы снижает степень гидрофильности ее поверхности. При использовании силикон-гидрогелевых КЛ также могут возникать симптомы сухости глазной поверхности и нарушения смачиваемости КЛ.

Для того чтобы максимально снизить степень неблагоприятного действия КЛ на глазную поверхность, в настоящее время проводятся исследования в нескольких направлениях и реализуются различные варианты оптимизации свойств материала КЛ и средств ухода за КЛ.

Одним из перспективных направлений развития новых материалов для КЛ является придание им биосовместимых свойств. Достигается это внедрением в состав материала линзы органических соединений, подобных по своим свойствам тем, что присутствуют в биологических структурах глаза. Биосовместимость КЛ обусловливает их низкую дегидратацию и устойчивость к белковым и липидным отложениям [1,2].

С целью повышения гидрофильности поверхности МКЛ в состав материала линзы вводятся смачивающие агенты [1,2,3].

Возможность повышения комфорта и смачиваемости мягких КЛ реализуется путем изменения состава раствора для хранения линз в блистере. С этой целью используется поверхностно-активный компонент, обладающий эффективным увлажняющим действием – полоксамин [4].

Введение в состав средств ухода за КЛ компонентов, повышающих смачиваемость МКЛ и способствующих стабилизации слезной пленки на ее поверхности, также является одним из методов повышения комфорта и профилактики ССГ. Примером может служить универсальный раствор Biotrue® (Bausch + Lomb), содержащий гиалуронат натрия (натриевая соль гиалуроновой кислоты).

Одним из направлений в совершенствовании материалов для изготовления МКЛ является повышение устойчивости линзы к дегидратации, что становится особенно актуальным при воздействии различных неблагоприятных факторов, в том числе при уменьшении слезной секреции [5]. Компанией Bausch + Lomb предложен инновационный материал HyperGel с высоким влагосодержанием (78%), что обеспечивает достаточную степень кислородной проницаемости и максимальный комфорт при ношении МКЛ.

В состав полимера HyperGel введен сурфактант, который, взаимодействуя с молекулами воды, удерживает их, препятствуя дегидратации КЛ. Включение данного вещества в состав материала линзы обеспечивает формирование на его поверхности плотного слоя, имитирующего липидный слой слезной пленки, снижающий испарение влаги. Это повышает устойчивость линзы к дегидратации, обеспечивает постоянство ее физических свойств и хорошую смачиваемость [6].

Особенности материала HyperGel с формированием более плотной поверхности контактной линзы предполагают наличие особенностей слезной пленки на поверхности МКЛ.

Представляет научный и практический интерес изучение особенностей поверхности МКЛ, степени их смачивамости и способности удерживать слой слезы на поверхности КЛ. Однако в клинической практике судить об этом можно только ориентировочно на основе метода биомикроскопии. Единственным методом, позволяющим визуализировать поверхность слезной пленки, а именно ее липидный слой, а также оценить толщину слезной пленки на достаточно плотной поверхности КЛ, является метод тиаскопии [7,8].

Рис. 1. Интерференционная картина слезной пленки с поверхности роговицы (*объяснение в тексте*)

Цель работы

Исследовать состояние слезной пленки на поверхности различных типов МКЛ с помощью метода тиаскопии.

Материал и методы

Для исследования отобрано 10 добровольцев (20 глаз), использующих МКЛ с целью оптической коррекции. Для стандартизации условий исследования различные типы МКЛ (гидрогелевые, силикон-гидрогелевые и МКЛ Biotrue®ONEday из материала HyperGel) были назначены одним и тем же лицам последовательно.

При предварительном пробном ношении линз Biotrue®ONEday пациенты отмечали их хорошую переносимость, отсутствие симптомов сухости глаз.

Для исследования слезной пленки на поверхности МКЛ использовали усовершенствованный метод тиаскопии, модификация которого была разработана в ФГБНУ «НИИГБ». С помощью осветителя оригинальной конструкции, адаптированного к фотощелевой лампе, возможно получение цифровой фотографии картины интерференции [патент на полезную модель 121434]. Интерференция возникает в результате взаимодействия лучей, отражающихся от двух поверхностей. Условием этого является разница коэффициентов преломления сред, то есть наличие оптической границы. Первой оптической границей является граница между воздухом и липидным слоем; второй – граница между липидным и водным слоями, индексы преломления которых тоже различны, что также дает эффект частичного отражения световых лучей.

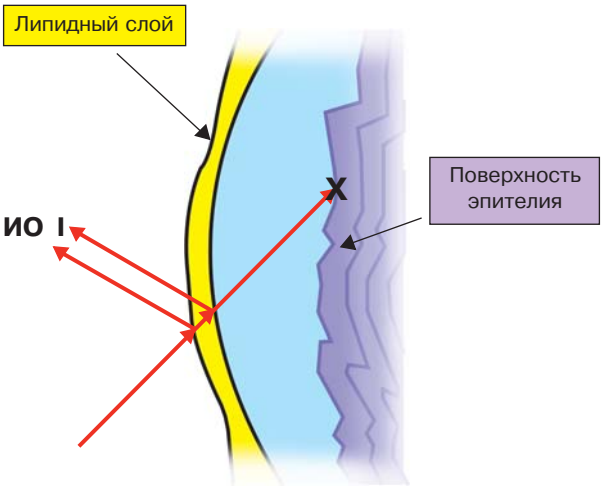
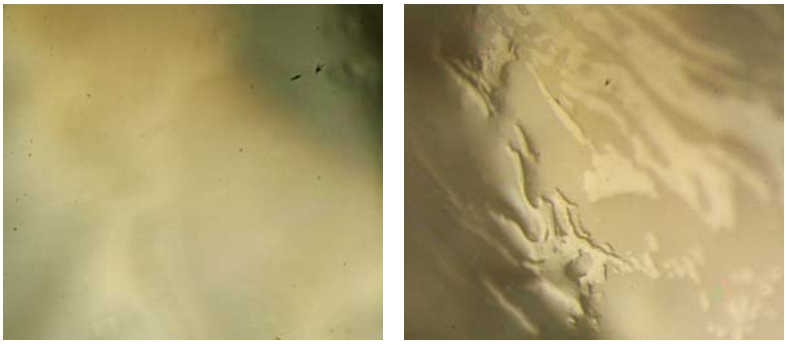


Рис. 2. Схема формирования интерференционной картины с поверхности роговицы (*объяснение в тексте*)

Цвет интерференционной картины в каждой точке зависит от длины волны луча света, проходящего через липидный слой и отражающийся от его внутренней поверхности. А толщина липидного слоя может быть вычислена исходя из цвета интерференции в каждой точке исследуемой зоны. Явлением интерференции света в тонких пленках объясняется появление радужной окраски пятен масла или нефти на воде. Для объективизации результатов исследования и получения более подробной информации нами была разработана компьютерная программа Lacrima, позволяющая на основе анализа цифрового изображения интерференционной картины получать информацию о толщине липидного слоя, оценивать относительную площадь исследуемой зоны (в %) с определенной его толщиной, а также судить о равномерности распределения липидов [регистрационный номер 2010613451].



а б

Рис. 3. Интерференционная картина слезной пленки с поверхности гидрогелевой МКЛ (*объяснение в тексте*)

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований были получены цифровые изображения интерференционной картины с поверхности роговицы и МКЛ, а также изображения теневого рельефа слезной пленки с поверхности МКЛ. Анализ изображений позволил выявить определенные особенности и различия полученных результатов. Для интерпретации данных приведены схемы возникновения феномена интерференции с поверхности роговицы и МКЛ.

При исследовании слезной пленки на нативной поверхности роговицы без КЛ цвета интерференционной окраски «нежные», липиды распределены достаточно равномерно, при мигании образуются «волны», в норме располагающиеся преимущественно горизонтально (рис. 1).

При распределении прекорнеальной слезной пленки на поверхности роговицы формируются три оптические границы: 1) между воздухом и липидным слоем, 2) липидным слоем и водно-муциновым слоем, 3) водно-муциновым слоем и поверхностью эпителия. Интерференционная картина могла бы возникать сразу в двух слоях – липидном и водно-муциновом. Но поверхность эпителия не идеально ровная, а толщина водно-муцинового слоя слишком велика для возникновения интерференции в видимом спектре. В результате мы можем наблюдать феномен интерференции только в липидном слое слезной пленки (ИО I – интерференционная окраска I порядка) (рис. 2).

При исследовании поверхности гидрогелевых МКЛ липидный слой очень тонкий, чему соответствуют очень «нежные» цвета интерференционной картины (рис. 3а). При открытых веках слезная пленка начинает разрушаться, что можно продемонстрировать с помощью изображения ее теневого рельефа (рис. 3б).

Формирование интерференционной картины на гидрогелевых МКЛ возникает в основном в липидном слое слезной пленки в результате существования двух границ с различной оптической плотностью: 1) воздух-липидный слой, 2) липидный и водно-муциновый слой. Теоретически интерференция могла бы возникнуть сразу в двух слоях слезной пленки: липидном и водно-муциновом. Однако гидрогель фактически представляет собой раствор вещества в воде и по своему физико-химическому состоянию и по оптической плотности близок к водно-муциновому слою слезной пленки. В результате оптическая граница между линзой и слезой не образуется (рис. 4).

С поверхности МКЛ из материала HyperGel мы регистрируем появление яркой интерференционной картины радужной окраски. Причем цветовая картина появляется не сразу после мигания, а через 15 секунд при открытых веках, т. е. при истончении слезной пленки на поверхности КЛ (рис. 5).

Появление яркой картины интерференции возможно при отражении лучей света от плотной

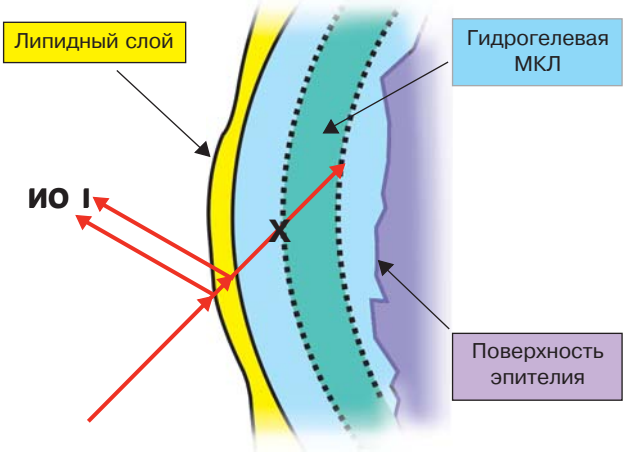


Рис. 4. Схема формирования интерференционной картины с поверхности гидрогелевой МКЛ (*объяснение в тексте*)

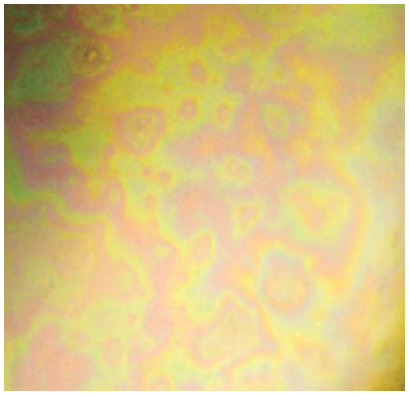


Рис. 5. Интерференционная картина слезной пленки с поверхности МКЛ Biotrue® ONEday (*объяснение в тексте*)

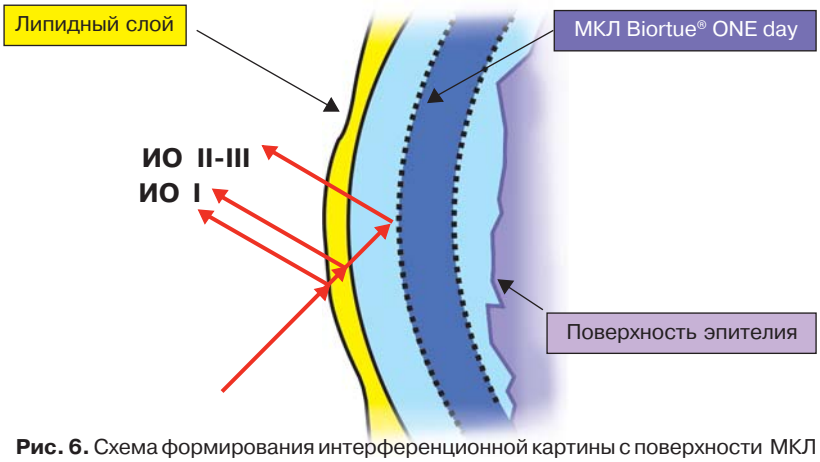


Рис. 6. Схема формирования интерференционной картины с поверхности МКЛ Biotrue® ONEday (*объяснение в тексте*)

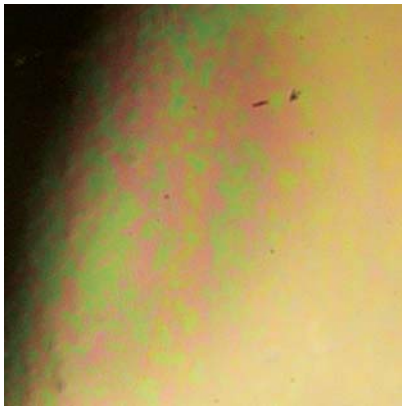


Рис. 7. Интерференционная картина слезной пленки с поверхности силикон-гидрогелевой МКЛ (*объяснение в тексте*)

поверхности МКЛ Biotrue®ONEday. При распределении слезной пленки на поверхности МКЛ из материала HyperGel происходит формирование трех оптических границ: 1) воздух-липидный слой, 2) липидный и водно-муциновый слой, 3) водно-муциновый слой – поверхность МКЛ.

Изначальная толщина водно-муцинового слоя достаточно большая, интерференция возникает только в инфракрасном диапазоне, и мы можем наблюдать интерференцию только тонкого липидного слоя. По мере скатывания слезы с КЛ и истончения слезной пленки появляется интерференция сразу в двух слоях (липидном и водно-муциновом). При этом появляются интерференционные окраски (ИО) II и III порядка. Их появление обусловлено наличием плотной поверхности МКЛ. Эти цвета очень яркие и полностью маскируют интерференцию липидного слоя (рис. 6).

Подобная интерференционная картина возникает при исследовании поверхности силикон-гидрогелевых МКЛ, плотность которых выше, чем гидрогелевых МКЛ. Хотя интерференция имеет некоторые особенности, яркие цвета и возникновение ее через определенный промежуток времени после открытия век позволяют признать, что она возникает в силу тех же причин, что и при исследовании поверхности линз из материала HyperGel (рис. 7).

Заключение

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о наличии значимых особенностей материала линз Biotrue®ONEday (Bausch + Lomb). HyperGel – это разновидность высокогидрофильного геля, содержащего 78% воды. В то же время структура материала за счет введения в состав полимера сурфактантов имеет отличия от традиционных гидрогелей, используемых для изготовления МКЛ.

Данные тиаскопии подтверждают наличие уникального для гидрогелевого материала плотного поверхностного слоя МКЛ, что позволяет уменьшить испарение влаги и снизить риск дегидратации контактной линзы, что особенно важно при наличии признаков ССГ.

Список литературы

1. Winterton L.C., Lally J.M., Sentell K.B. и соавт. The elution of Poly (vinylalcohol) from a contact lense: The realization of a time release moisturizing agent/artificial tear // J. Biomed. Mat. Res. Part B: Applied biomaterials. – 2007. – Vol. 80. – № 2. – С. 424–432.
2. White C.J., McBride M.K., Pate K.M. и соавт. Extended release of high molecular weight hydroxypropyl methylcellulose from molecularly imprinted, extended wear silicone hydrogel contact lenses // Biomaterials. – 2011. – Vol. 32. – № 24. – С. 5698–5705.
3. Sheardown H., Liu L., Jones L. Chemical characterization of 1-Day Acuvue Moist and 1-Day Acuvue contact lenses // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 2006. – Vol. 47: E-Abstract 2388.
4. Cohen S. Prospective case history using Systane lubricant eye drops to help reduce symptoms of dry eye associated with CL wear // American Optometric Association. – 2004.
5. Nichols J.J., Sinnot L.T. Tear film, contact lens, and patient-related factors associated with contact lens-related dry eye // Invest. Opthalmol. Vis Sci. – 2006. – Vol. 47. – С. 1319–1328.
6. Hook D. Characterization of Hypergel // Surface Report. – 2011. – С. 11–634.
7. Егорова Г.Б., Новиков И.А., Митичкина Т.С. Способ определения толщины липидного слоя прекорнеальной слезной пленки // X Всероссийская школа офтальмолога. Сб. научных трудов. – М., 2011. – С. 184–188.
8. Егорова Г.Б., Новиков И.А., Митичкина Т.С. Совершенствование и оценка возможностей метода тиаскопии // Вестник офтальмологии. – 2011. – Т. 127. – № 6. – С. 35–39.