

Эволюция однодневных силикон-гидрогелевых линз Два десятилетия инноваций в области материалов и дизайнов

Л.Джонс, К.Уолш (Центр исследования и обучения зрения, Университет Ватерлоо, Канада)

Помните 1999 год? Конец предыдущего тысячелетия. В Великобритании впервые появились силикон-гидрогелевые линзы. Хотя некоторым это может показаться мгновением ока, в действительности, мы приближаемся уже к 20-летию этой даты. За последние два десятилетия технологии – например, телефон в вашем кармане – изменились почти до неузнаваемости. Этот же период времени также продемонстрировал значительные изменения в силикон-гидрогелевых контактных линзах. Усовершенствовалась технология производства материалов и значительно увеличился выбор доступных дизайнов и параметров. В данной статье рассмотрены некоторые физиологические реакции глаза, вызываемые ношением силикон-гидрогелевых линз, и показано, как наше понимание этих реакций помогло улучшить за прошедшие годы силикон-гидрогелевые материалы и их дизайн.

До 1999 года у нас уже был доступен широкий ассортимент гидрогелевых линз плановой замены, включая однодневные линзы (DD). Вероятно, одной из самых больших нерешенных проблем оставалась кислородная проницаемость (Dk/t). Существует ограничение на количество кислорода, которое может быть растворено в воде, и, следовательно, ограничено количество кислорода, которое гидрогелевые линзы могут пропустить к роговице. Для пролонгированного ношения требовалось значительно увеличить кислородную проницаемость. Свойства силикона, как проводника кислорода, были очень хорошо известны. Задача, которая стояла перед разработчиками материала и производителями, состояла в том, как лучше встроить гидрофобный силикон в гидрофильный гидрогелевый материал.

Организация массового производства силикон-гидрогелей стала поворотным моментом в развитии мягких контактных линз. Проблемы гипоксии, особенно в отношении дневного ношения линз, были решены. Глаза, которые раньше страдали от активных неоваскуляризационных изменений на периферии роговицы, больше не показывали таких изменений, а лимбальная гиперемия уменьшилась

Перевод статьи L.Jones, K.Walsh «The evolution of silicone hydrogel daily disposables. Two decades of material and design innovation», опубликованной в журнале OPTICIAN, May 2018, p.25-32. <https://www.opticianonline.net/cet-archive/4901> Статья предоставлена компанией ООО «КуперВижн РУС».

L.Jones, K.Walsh. The evolution of silicone hydrogel daily disposables. Two decades of material and design innovation. The authors explain the evolution of contact lens materials over the last two decades.

или исчезла совсем.¹ Однако не все эффекты, наблюдаемые при ношении контактных линз из первых силикон-гидрогелевых материалов, были такими позитивными. В некоторых случаях врачи и пациенты считали, что ношение силикон-гидрогелей вызывает аллергическую реакцию. В действительности же, сейчас установлено, что силикон сам по себе не может биологически вызывать аллергическую реакцию.² Иммунная система первой распознает молекулы, построенные на углероде, такие как протеины,³ но не может прямо среагировать на компоненты силикона, входящие в силикон-гидрогелевые линзы. Несмотря на это, было понятно, что некоторые из осложнений все же очень похожи на аллергические реакции. Эти признаки и симптомы обсуждаются ниже вместе с изменениями в материалах, дизайнах контактных линз и в практике работы с пациентами, которые произошли за последние несколько лет. И поскольку наши знания и технологии улучшились, эти изменения исключили многие проблемы, связанные с технологиями производства первых силикон-гидрогелевых материалов.

Осложнения, вызванные ношением контактных линз плановой замены из первых силикон-гидрогелевых материалов

Многие специалисты по подбору контактных линз наблюдали скорее неидеальную реакцию пациентов на первые линзы из силикон-гидрогелевых материалов. Нежелательные признаки и симптомы, связанные с этими первыми материалами, показаны в таблице 1. Контактные линзы могут быть некомфортными для пациента, или же могут наблюдаться такие специфические признаки, как выраженный папиллярный конъюнктивит, вызванный ношением КЛ, (CLPC) или воспалительные осложнения со стороны роговицы (CIE). Основная причина этих осложнений не является прямой реакцией на силикон, у каждого осложнения своя собственная этиология.

CLPC, как известно, является воспалительной реакцией

КОНТАКТНАЯ КОРРЕКЦИЯ

Клиническое проявление	Снижение комфорта	Вызванный КЛ папиллярный конъюнктивит (CLIPC)	Инфильтративный кератит (ИК)	Вызванный КЛ «красный глаз» (CLARE)
Примеры				
Этиология	Высокий модуль упругости, низкое влагосодержание	Механические причины: высокий модуль, плохая посадка линзы	Воспалительный ответ: взаимодействие материала с раствором, компонентами слезы или бактериальное загрязнение	Воспалительная реакция, вызванная бактериальным загрязнением линзы в результате ношения ночью

Таблица 1. Осложнения, возникавшие при ношении первых силикон-гидрогелевых линз

на денатурированный белок на гидрогелевых линзах, которые заменяют реже, чем линзы из современных материалов.^{4,5} Схожую реакцию век можно наблюдать у пациентов, которые носят силикон-гидрогелевые контактные линзы, хотя сосочки могут быть больше и концентрироваться в центральной зоне тарзальной конъюнктивы.^{6,7} Ключевое отличие от гидрогелевых материалов состояло в увеличении «жесткости» или модуля упругости силикон-гидрогелевых линз первого поколения. Это связано с включением силосановых групп и низким содержанием воды.⁸⁻¹⁰ Полагали, что CLIPC при ношении первых силикон-гидрогелевых контактных линз возникает из-за увеличенного модуля упругости силикон-гидрогелевых линз и вызвано скорее механическим раздражением, чем реакцией иммунной системы.¹¹

Верхние дугообразные повреждения эпителия (SEALs) – другой пример механического взаимодействия, наблюдаемого при ношении первых появившихся силикон-гидрогелевых контактных линз. Полагали, что SEALs возникали из-за высокого модуля упругости первых силикон-гидрогелевых материалов, которые были неспособны повторить форму лимба,¹¹ а также из-за комбинации давления век и свойств силикон-гидрогелевых материалов, вызывающей повышенную силу трения и силу сдвига на поверхности эпителия.¹³ Увеличение модуля упругости в некоторых случаях приводило к неоптимальной посадке первых силикон-гидрогелевых линз. Так, в одном исследовании сообщалось, что для достижения хорошей посадки и комфорта в более чем ¾ случаях (77%) потребовалось сделать две базовые кривизны более крутыми.¹⁴ Еще одна иллюстрация воздействия увеличенного модуля упругости и неоптимальной посадки первых силикон-гидрогелевых материалов – это появление муциновых шариков. Считали, что они возникают из-за силы сдвига, возникающей при движении контактной линзы во время моргания; и муциновые шарики чаще всего наблюдались при пролонгированном ношении линз из материалов первого поколения.^{15,16}

Воспалительные реакции, такие как воспаление роговицы (CIE) и вызванный ношением контактных линз синдром красного глаза (CLARE), также встречаются при ношении силикон-гидрогелей. Даже дневное ношение силикон-ги-

дрогелевых контактных линз плановой замены почти в два раза увеличило риск возникновения инфильтрационного кератита (ИК).¹⁷⁻²¹ Предлагалось несколько объяснений этого увеличения, включая худшую смачиваемость, различие в типах отложений на гидрогелевых и силикон-гидрогелевых материалах, более высокий модуль упругости и различный характер взаимодействия как с системами ухода, так и с контейнерами для контактных линз.³²⁻³⁵

Еще один пример касается способности некоторых пациентов успешно носить линзы из силикон-гидрогелевых материалов. Мы все, вероятно, можем вспомнить пациентов, которым было трудно добиться комфортного ношения при переходе с гидрогелевых на силикон-гидрогелевые контактные линзы. Вместе с увеличением модуля упругости по сравнению с гидрогелевыми линзами, при этом ухудшилась и смачиваемость линз, что могло объяснить проблемы пациентов. Что касается смачиваемости, хотя в некоторых работах показана связь комфорта со смачиваемостью линз на глазу,³⁶ очень сложно выявить разницу в смачиваемости линз из разных материалов во время ношения, хотя различия в смачиваемости в условиях *in vitro* были показаны.^{8,38-41}

Типы отложений на линзах из гидрогелевых и силикон-гидрогелевых материалов также сильно различаются. Силикон-гидрогели содержат гидрофобные фракции силикона, и на них откладывается больше липидов^{38,42-46} и меньше белков,⁴⁷⁻⁵⁴ чем на гидрогелях. Следует иметь в виду, что, несмотря на минимальное количество белковых отложений на силикон-гидрогелевых линзах, обнаружено, что процент денатурированных белков в отложениях обычно гораздо выше.⁵⁵ Однако связь между комфортностью линз и отложениями неоднозначна.⁵⁶ Аналогичная ситуация характерна и для связи комфорта и прокрашивания роговицы, возникающего в результате взаимодействия силикон-гидрогелевых материалов и растворов для их обработки; по этому поводу имеются разные мнения.^{22,26,57-59}

Как изменились силикон-гидрогелевые материалы за последние 20 лет

Первоначальный акцент на пролонгированное ношение силикон-гидрогелевых линз распространился на стремление разработать силикон-гидрогелевые линзы и новые

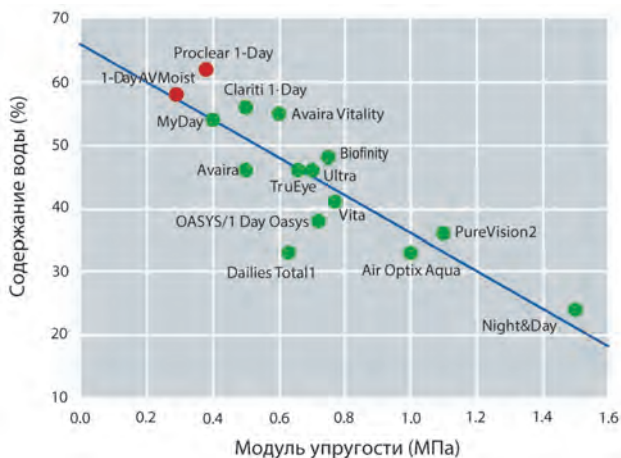


Рис. 1. Модули упругости и влагосодержание силикон-гидрогелевых линз (зеленые кружки) и двух линз сравнения из гидрогелевых материалов (красные кружки)

дизайны, которые обеспечивали бы комфортное ношение линз в дневном режиме. Заметим, что с момента появления первых силикон-гидрогелевых линз в 1999 году многие появившиеся позднее линзы имели меньший Dk/t. Тем не менее, все силикон-гидрогелевые материалы пропускают достаточно кислорода, чтобы соответствовать минимальному необходимому уровню обеспечения роговицы кислородом для безопасного ношения линз в дневном режиме.^{1,60}

Оптимизация свойств силикон-гидрогелевых материалов очень важна для достижения комфортного дневного ношения линз. Существует общая закономерность для силикон-гидрогелевых материалов: по мере снижения Dk/t влагосодержание линз обычно возрастает. Это оказывает влияние и на модуль упругости. На рис. 1 показана сильная обратная пропорциональная зависимость между модулем упругости и влагосодержанием материала. В целом, жесткость линз возрастает при уменьшении влагосодержания материала. Первое поколение силикон-гидрогелевых материалов отличалось самым высоким модулем упругости и самым низким содержанием воды. Напротив, появившиеся недавно некоторые силикон-гидрогелевые материалы располагаются ближе к верхнему концу зависимости, приведенной на рис.1, т.к. они обладают большим влагосодержанием и меньшим модулем упругости. Интересно отметить, насколько совершенствование силикон-гидрогелевых материалов для комфортного дневного ношения линз приблизило некоторые современные силикон-гидрогелевые материалы к гидрогелям (гидрогелевые линзы показаны на рис. 1 красными точками). Снижение модуля упругости при одновременном увеличении влагосодержания помогает минимизировать механические осложнения (в частности, CLIPС). Кроме того, изменения профиля линзы, базовой кривизны и дизайна края помогли избежать развития таких механических осложнений, как SEALs.

Технологии производства материалов, конечно, изменились за последние двадцать лет. В первых материалах – лотрафилконе А (AirOptix Night&Day компании Alcon) и балафилконе А (PureVision компании Bausch+Lomb) – гидрофобная природа силикона преодолевалась путем

плазменной обработки поверхности линзы в вакууме в качестве последнего этапа изготовления линзы, чтобы сделать поверхность линзы смачиваемой. Галифилкон А (Acuvue Advance компании Johnson & Johnson) стал первым силикон-гидрогелевым материалом, который не требовал обработки поверхности. Вместо этого для придания поверхности смачиваемости в материал был встроен увлажняющий агент поливинилпирролидон (PVP).

Следующими инновациями стали комфилкон А (Biofinity компании CooperVision) и стенфилкон А (MyDay компании CooperVision), представленные на рынке как материалы, обладающие естественной смачиваемостью и не требующие обработки поверхности или использования встроенных увлажняющих агентов. В материале делефилкон А (Dailies Total1 компании Alcon) применен другой подход с водоградиентной технологией, при которой силиконовое ядро линзы окружено практически гидрогелевой поверхностью. Цель всех упомянутых технологий состоит в создании смачиваемой гидрофильной поверхности материала, который содержит гидрофобный по своей природе силикон. Как уже было сказано, достаточно сложно продемонстрировать различия в смачиваемости материалов «на глазу», хотя связь между смачиваемостью материала и舒适ностью линз была показана.³⁶

Еще одно свидетельство эволюции и улучшения дизайнов и технологий производства силикон-гидрогелевых линз в последние годы – изменение дизайна линз из балафилкона А с целью создать более тонкие линзы (PureVision 2 HD компании Bausch+Lomb) и добавление увлажняющих агентов в упаковочный раствор для линз из лотрафилкона Б для придания линзам большего комфорта при первом надевании (AirOptix plus HydraGlyde компании Alcon).

Силикон-гидрогелевые материалы для однодневных контактных линз

Преимущества более частой замены линз давно известны, в частности, показана меньшая удовлетворенность пациентов гидрогелевыми линзами ежеквартальной замены по сравнению с гидрогелевыми линзами ежемесячной замены.⁶¹ Однодневные линзы обеспечивают самую частую замену, и уже с 2008 года стали доступны однодневные силикон-гидрогелевые линзы. Многие осложнения, приведенные в таблице 1, (или, по крайней мере, степень их выраженности) можно считать связанными с повторным использованием контактных линз. Комфорт может снижаться, а липидные отложения будут накапливаться по мере увеличения срока пользования линзами.^{43,46} Следовательно, использование силикон-гидрогелевых линз ежедневной замены способно помочь избежать некоторых осложнений. Сегодня доступны однодневные линзы из 5 силикон-гидрогелей в сферическом, торическом и мультифокальном дизайнах. Расширение ассортимента линз в данном сегменте способствует увеличению числа подборок однодневных силикон-гидрогелевых линз. В недавно опубликованном ежегодном исследовании тенденций назначения контактных линз впервые зафиксирована более высокая частота назначения однодневных силикон-гидрогелевых линз по сравнению с гидрогелевыми.⁶² По собранным в Великобритании в 2017 году данным, почти 2/3 (62%) назначаемых

мягких линз были из силикон-гидрогелевых материалов и примерно половину из них (48%) составили однодневные силикон-гидрогелевые контактные линзы.⁶²

Доказательная база преимуществ однодневных силикон-гидрогелевых линз растет, и это, как мы видим, соответствует росту частоты их назначения специалистами. В ряде работ показаны их преимущества по сравнению с использованием однодневных гидрогелевых линз,^{63,64} в сочетании с прекрасными физиологическими реакциями и уровнями комфорта.⁶³⁻⁶⁹ Интересно, что частота возникновения микробного кератита не отличается при использовании однодневных силикон-гидрогелевых и гидрогелевых линз.^{63,65} Это важный результат, если принять во внимание повышенный риск СГЕ, наблюдаемый при ношении силикон-гидрогелевых линз плановой замены. Это способствует нашему пониманию потенциальных причин увеличения риска СГЕ при ношении силикон-гидрогелевых линз, используемых многократно, а в практическом плане дает специалистам отличную возможность уменьшить число подобных осложнений, рекомендуя пациентам режим однодневного использования линз. Наконец, хотя механизм окрашивания роговицы при использовании различных средств ухода (SICS) и роль этих средств до конца не понятны, простой перевод пациентов на использование однодневных силикон-гидрогелевых линз устраняет саму возможность взаимодействия силикон-гидрогелевого материала с каким-либо раствором. Это поможет пациенту, который ранее был отмечен, как «несовместимый с силикон-гидрогелями» из-за выявленных признаков SICS или воспалительных осложнений, теперь успешно носить силикон-гидрогелевые линзы.

Заключение

Двадцать лет – это очень много в развитии технологий. За эти годы мы очень много узнали про силикон-гидрогелевые материалы. Первая революционная технология проложила путь будущим инновациям. Положительные эффекты высокого пропускания кислорода, исключающего гипоксические осложнения при ношении контактных линз, сохраняются и сейчас. Ранее наблюдаемые нежелательные осложнения были поняты и учтены за прошедшее время различными способами и разными производителями линз. Свойства материалов были сбалансированы для достижения оптимального сочетания модуля упругости, влагосодержания и смачиваемости поверхности с целью достижения комфортного ношения линз в дневном режиме. Некоторые производители также изменили профиль своих линз, базовую кривизну и дизайн края, а также добавили повышающие комфорт агенты в раствор в блистере. Стали доступны новые материалы и новые разработанные компаниями технологии производства. Широкий ассортимент сферических, торических и мультифокальных линз позволяет специалистам назначать подобные линзы большинству пациентов.

Подобные инновации очень важны, поскольку позволяют устранить многие осложнения, наблюдаемые при ношении силикон-гидрогелевых линз первого поколения. Другие осложнения можно уменьшить, если каждый день надевать новую пару линз: повышается комфорт, количе-



ство отложений ограничивается, а также пропадает необходимость в использовании растворов для обработки линз и контейнеров. Доступность однодневных силикон-гидрогелевых линз в широком диапазоне параметров рефракции предоставляет специалистам большой выбор. Кислородная проницаемость линзы очень важна при подборе линз всем пациентам, но этот параметр особенно важен для пациентов, которым требуется коррекция зрения с высокой оптической силой сферы или нужны торические дизайны, поскольку большая толщина этих гидрогелевых линз способна снизить пропускание кислорода через линзы и вызвать гипоксические изменения. Мы можем попробовать линзы из разных материалов, чтобы выбрать нашим пациентам наилучший вариант и по подходящей для него цене. Спустя почти двадцать лет мы знаем намного больше, чем раньше о силикон-гидрогелевых материалах. Важно также понимать, что аллергия на силикон биологически невозможна, и что произошедшие за эти годы многочисленные усовершенствования сделали возможным подобрать практически каждому пациенту силикон-гидрогелевый материал, который ему прекрасно подойдет.

Литература

1. Sweeney DF. Have silicone hydrogel lenses eliminated hypoxia? *Eye Contact Lens* 2013;39:53-60.
2. Hall BJ, Jones LW, Dixon B. Silicone allergies and the eye: fact or fiction? *Eye Contact Lens* 2014;40:51-7.
3. Iwasaki A, Medzhitov R. Regulation of adaptive immunity by the innate immune system. *Science* 2010;327:291-5.
4. Ballow M, Donshik PC, Rapacz P, Maenza R, Yamase H, Muncy L. Immune responses in monkeys to lenses from patients with contact lens induced giant papillary conjunctivitis. *CLAO J* 1989;15:64-70.
5. Porazinski AD, Donshik PC. Giant papillary conjunctivitis in frequent replacement contact lens wearers: a retrospective study. *CLAO J* 1999;25:142-7.
6. Sorbara L, Jones L, Williams-Lyn D. Contact lens induced papillary conjunctivitis with silicone hydrogel lenses. *Cont Lens Anterior Eye* 2009;32:93-6.
7. Skotnitsky CC, Naduvilath TJ, Sweeney DF, Sankaridurg PR. Two presentations of contact lens-induced papillary conjunctivitis (CLPC) in hydrogel lens wear: local and general. *Optom Vis Sci* 2006;83:27-36.
8. Jones L, Subbaraman LN, Rogers R, Dumbleton K. Surface treatment, wetting and modulus of silicone hydrogels. *Optician* 2006;232:28-34.
9. Horst CR, Brodland B, Jones LW, Brodland GW. Measuring the modulus of silicone hydrogel contact lenses. *Optom Vis Sci* 2012;89:1468-76.
10. Tighe BJ. A decade of silicone hydrogel development: surface properties, mechanical properties, and ocular compatibility. *Eye Contact Lens* 2013;39:4-12.
11. Dumbleton K. Noninflammatory silicone hydrogel contact lens complications. *Eye Contact Lens* 2003;29:S186-9; discussion S90-1, S92-4.
12. Dumbleton K. Adverse events with silicone hydrogel continuous wear. *Cont Lens Anterior Eye* 2002;25:137-46.
13. Holden BA, Stephenson A, Stretton S, Sankaridurg PR, O'Hare N, Jalbert I, Sweeney DF. Superior epithelial arcuate lesions with soft contact lens wear. *Optom Vis Sci* 2001;78:9-12.
14. Dumbleton KA, Chalmers RL, McNally J, Bayer S, Fonn D. Effect of lens base curve on subjective comfort and assessment of fit with silicone hydrogel continuous wear contact lenses. *Optom Vis Sci* 2002;79:633-7.

- 15 Dumbleton K, Jones L, Chalmers R, Williams-Lyn D, Fonn D. Clinical characterization of spherical post-lens debris associated with lotrafilcon high-Dk silicone lenses. *CLAO J* 2000;26:186-92.
- 16 Pritchard N, Jones L, Dumbleton K, Fonn D. Epithelial inclusions in association with mucin ball development in high-oxygen permeability hydrogel lenses. *Optom Vis Sci* 2000;77:68-72.
- 17 Chalmers RL, Keay L, McNally J, Kern J. Multicenter case-control study of the role of lens materials and care products on the development of corneal infiltrates. *Optom Vis Sci* 2012;89:316-25.
- 18 Chalmers RL, Wagner H, Mitchell GL, Lam DY, Kinoshita BT, Jansen ME, Richdale K, Sorbara L, McMahon TT. Age and other risk factors for corneal infiltrative and inflammatory events in young soft contact lens wearers from the Contact Lens Assessment in Youth (CLAY) study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011;52:6690-6.
- 19 Chalmers RL, Keay L, Long B, Bergenske P, Giles T, Bullimore MA. Risk factors for contact lens complications in US clinical practices. *Optom Vis Sci* 2010;87:725-35.
- 20 Szczotka-Flynn L, Diaz M. Risk of corneal inflammatory events with silicone hydrogel and low dk hydrogel extended contact lens wear: a meta-analysis. *Optom Vis Sci* 2007;84:247-56.
- 21 Radford CF, Minassian D, Dart JK, Stapleton F, Verma S. Risk factors for nonulcerative contact lens complications in an ophthalmic accident and emergency department: a case-control study. *Ophthalmology* 2009;116:385-92.
- 22 Jones L, MacDougall N, Sorbara LG. Asymptomatic corneal staining associated with the use of balafilcon silicone-hydrogel contact lenses disinfected with a polyaminopropyl biguanide-preserved care regimen. *Optom Vis Sci* 2002;79:753-61.
- 23 Andrasko G, Ryan K. A series of evaluations of MPS and silicone hydrogel lens combinations. *Rev Cornea and Contact Lenses* 2007;143:36-42.
- 24 Carnt N, Jalbert I, Stretton S, Naduvilath T, Papas E. Solution toxicity in soft contact lens daily wear is associated with corneal inflammation. *Optom Vis Sci* 2007;84:309-15.
- 25 Papas EB, Carnt N, Willcox MD, Holden BA. Complications associated with care product use during silicone daily wear of hydrogel contact lens. *Eye Contact Lens* 2007;33:392-3; discussion 9-400.
- 26 Andrasko G, Ryan K. Corneal staining and comfort observed with traditional and silicone hydrogel lenses and multipurpose solution combinations. *Optometry* 2008;79:444-54.
- 27 Carnt N, Evans V, Holden B, Naduvilath T, Tilia D, Papas E, Willcox M. IER matrix update: adding another silicone hydrogel. *Contact Lens Spectrum* 2008;23:28-35.
- 28 Carnt NA, Evans VE, Naduvilath TJ, Willcox MD, Papas EB, Frick KD, Holden BA. Contact lens-related adverse events and the silicone hydrogel lenses and daily wear care system used. *Arch Ophthalmol* 2009;127:1616-23.
- 29 Willcox MD, Phillips B, Ozkan J, Jalbert I, Meagher L, Gengenbach T, Holden B, Papas E. Interactions of lens care with silicone hydrogel lenses and effect on comfort. *Optom Vis Sci* 2010;87:839-46.
- 30 Woods J, Jones LW. Pilot Study to Determine the Effect of Lens and Eye Rinsing on Solution-Induced Corneal Staining (SICS). *Optom Vis Sci* 2016;93:1218-27.
- 31 Zhang X, Marchetti C, Lee J, Sun Y, Debanne S, Jiang Y, Kern J, Harrod M, Benetz BA, Pearlman E, Szczotka-Flynn L. The impact of lens care solutions on corneal epithelial changes during daily silicone hydrogel contact lens wear as measured by in vivo confocal microscopy. *Cont Lens Anterior Eye* 2017;40:33-41.
- 32 Willcox MD, Carnt N, Diec J, Naduvilath T, Evans V, Stapleton F, Iskandar S, Harmis N, Lazon de la Jara P, Holden BA. Contact lens case contamination during daily wear of silicone hydrogels. *Optom Vis Sci* 2010;87:456-64.
- 33 Wu YT, Teng YJ, Nicholas M, Harmis N, Zhu H, Willcox MD, Stapleton F. Impact of lens care hygiene guidelines on contact lens case contamination. *Optom Vis Sci* 2011;88:E1180-7.
- 34 Dantam J, McCanna DJ, Subbaraman LN, Papinski D, Lakkis C, Mirza A, Berntsen DA, Morgan P, Nichols JJ, Jones LW. Performance of Contact Lens Solutions Study G. Microbial Contamination of Contact Lens Storage Cases During Daily Wear Use. *Optom Vis Sci* 2016;93:925-32.
- 35 Willcox MD. Solutions for care of silicone hydrogel lenses. *Eye Contact Lens* 2013;39:24-8.
- 36 Truong TN, Graham AD, Lin MC. Factors in contact lens symptoms: evidence from a multistudy database. *Optom Vis Sci* 2014;91:133-41.
- 37 Keir N, Jones L. Wettability and silicone hydrogel lenses: a review. *Eye Contact Lens* 2013;39:100-8.
- 38 Lorentz H, Rogers R, Jones L. The impact of lipid on contact angle wettability. *Optom Vis Sci* 2007;84:946-53.
- 39 Read ML, Morgan PB, Kelly JM, Maldonado-Codina C. Dynamic contact angle analysis of silicone hydrogel contact lenses. *J Biomater Appl* 2011;26:85-99.
- 40 Menzies KL, Jones LW. Sessile drop contact angle analysis of hydrogel and silicone hydrogel daily disposable and frequent replacement contact lenses. *Contact Lens and Anterior Eye* 2012;35, Supplement 1:e12-e3.
- 41 Lira M, Silva R. Effect of Lens Care Systems on Silicone Hydrogel Contact Lens Hydrophobicity. *Eye Contact Lens* 2017;43:89-94.
- 42 Carney FP, Nash WL, Sentell KB. The adsorption of major tear film lipids in vitro to various silicone hydrogels over time. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008;49:120-4.
- 43 Walther H, Lorentz H, Kay L, Heynen M, Jones L. The effect of in vitro lipid concentration on lipid deposition on silicone hydrogel and conventional hydrogel contact lens materials. *Contact Lens and Anterior Eye* 2011;34, Supplement 1:S21.
- 44 Lorentz H, Heynen M, Trieu D, Hagedorn SJ, Jones L. The impact of tear film components on in vitro lipid uptake. *Optom Vis Sci* 2012;89:856-67.
- 45 Pucker AD, Thangavelu M, Nichols JJ. In vitro lipid deposition on hydrogel and silicone hydrogel contact lenses. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2010;51:6334-40.
- 46 Walther H, Subbaraman L, Jones LW. In Vitro Cholesterol Deposition on Daily Disposable Contact Lens Materials. *Optom Vis Sci* 2016;93:36-41.
- 47 Senchyna M, Jones L, Louie D, May C, Forbes I, Glasier MA. Quantitative and conformational characterization of lysozyme deposited on balafilcon and etafilcon contact lens materials. *Curr Eye Res* 2004;28:25-36.
- 48 Subbaraman LN, Glasier MA, Senchyna M, Sheardown H, Jones L. Kinetics of in vitro lysozyme deposition on silicone hydrogel, PMMA, and FDA groups I, II, and IV contact lens materials. *Curr Eye Res* 2006;31:787-96.
- 49 Luensmann D, Jones L. Protein deposition on contact lenses: the past, the present, and the future. *Cont Lens Anterior Eye* 2012;35:53-64.
- 50 Hall B, Jones L, Forrest JA. Kinetics of Competitive Adsorption between Lysozyme and Lactoferrin on Silicone Hydrogel Contact Lenses and the Effect on Lysozyme Activity. *Curr Eye Res* 2015;40:622-31.
- 51 Omali NB, Subbaraman LN, Coles-Brennan C, Fadli Z, Jones LW. Biological and Clinical Implications of Lysozyme Deposition on Soft Contact Lenses. *Optom Vis Sci* 2015;92:750-7.
- 52 Heynen M, Babaei Omali N, Fadli Z, Coles-Brennan C, Subbaraman LN, Jones L. Selectivity and localization of lysozyme uptake in contemporary hydrogel contact lens materials. *J Biomater Sci Polym Ed* 2017;28:1351-64.
- 53 Nichols JJ. Deposition on silicone hydrogel lenses. *Eye Contact Lens* 2013;39:19-22.
- 54 Suwala M, Glasier MA, Subbaraman LN, Jones L. Quantity and conformation of lysozyme deposited on conventional and silicone hydrogel contact lens materials using an in vitro model. *Eye Contact Lens* 2007;33:138-43.
- 55 Subbaraman LN, Jones L. Kinetics of lysozyme activity recovered from conventional and silicone hydrogel contact lens materials. *J Biomater Sci Polym Ed* 2010;21:343-58.
- 56 Jones L, Brennan NA, Gonzalez-Mejome J, Lally J, Maldonado-Codina C, Schmidt TA, Subbaraman L, Young G, Nichols JJ, members of the TIWoCLD. The TFOS International Workshop on Contact Lens Discomfort: report of the contact lens materials, design, and care subcommittee. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2013;54:TFOS37-70.
- 57 Garofalo RJ, Dassanayake N, Carey C, Stein J, Stone R, David R. Corneal staining and subjective symptoms with multipurpose solutions as a function of time. *Eye Contact Lens* 2005;31:166-74.
- 58 Diec J, Evans VE, Tilia D, Naduvilath T, Holden BA, Lazon de la Jara P. Comparison of ocular comfort, vision, and SICS during silicone hydrogel contact lens daily wear. *Eye Contact Lens* 2012;38:2-6.
- 59 Lazon de la Jara P, Papas E, Diec J, Naduvilath T, Willcox MD, Holden BA. Effect of lens care systems on the clinical performance of a contact lens. *Optom Vis Sci* 2013;90:344-50.
- 60 Morgan PB, Brennan NA, Maldonado-Codina C, Quhill W, Rashid K, Efron N. Central and peripheral oxygen transmissibility thresholds to avoid corneal swelling during open eye soft contact lens wear. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2010;92:361-5.
- 61 Jones L, Franklin V, Evans K, Sariri R, Tighe B. Spoilation and clinical performance of monthly vs. three monthly Group II disposable contact lenses. *Optom Vis Sci* 1996;73:16-21.
- 62 Morgan PB, Woods C, Tranoudis I, Helland M, Efron N, Jones L, Nelson L, Merchan B, Ing M, van Beusekom M, Grupcheva CN, Jones D, Beeler-Kaupke M, Krasnanska J, Pult H, Tast P, Ravn O, Santodomingo J, Malet F, Plakitis A, Vegh M, Shing C, Erdinest N, Jafari A, Montani G, Itoi M, Bendoriene J, Ziziuchin V, van der Worp E, Lam W, Ystenaes AE, Romualdez-Oo J, Abesamis-Dichoso C, Gonzalez-Mejome JM, Sim D, Silih M, Hsiao J, Nichols J. International Contact Lens Prescribing in 2017. *Contact Lens Spectrum* 2018;33:28-33.
- 63 Diec J, Tilia D, Thomas V. Comparison of Silicone Hydrogel and Hydrogel Daily Disposable Contact Lenses. *Eye Contact Lens* 2017;In press.
- 64 Ruiz-Alcocer J, Monsalvez-Romin D, Garcia-Lazaro S, Albarran-Diego C, Hernandez-Verdejo JL, Madrid-Costa D. Impact of contact lens material and design on the ocular surface. *Clin Exp Optom* 2017;In press.
- 65 Chalmers RL, Hickson-Curran SB, Keay L, Gleason WJ, Albright R. Rates of adverse events with hydrogel and silicone hydrogel daily disposable lenses in a large postmarket surveillance registry: The TEMPO Registry. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2015;56:654-63.
- 66 Varikooty J, Keir N, Richter D, Jones LW, Woods C, Fonn D. Comfort response of three silicone hydrogel daily disposable contact lenses. *Optom Vis Sci* 2013;90:945-53.
- 67 Varikooty J, Schulze MM, Dumbleton K, Keir N, Woods CA, Fonn D, Jones LW. Clinical performance of three silicone hydrogel daily disposable lenses. *Optom Vis Sci* 2015;In press.
- 68 Szczesna-Iskander DH. Comparison of tear film surface quality measured in vivo on water gradient silicone hydrogel and hydrogel contact lenses. *Eye Contact Lens* 2014;40:23-7.
- 69 Wolffsohn JS, Mroczkowska S, Hunt OA, Bilkhu P, Drew T, Sheppard A. Crossover Evaluation of Silicone Hydrogel Daily Disposable Contact Lenses. *Optom Vis Sci* 2015;92:1063-8.