

L'evoluzione delle lenti giornaliere in silicone idrogel

Due decenni di innovazioni nel campo dei materiali e delle geometrie

Il prof. Lyndon Jones e Karen Walsh spiegano come si sono evoluti i materiali delle lenti a contatto nel corso degli ultimi vent'anni.

Ricordate il 1999? Ha segnato la fine dello scorso millennio. L'anno in cui le lenti a contatto in silicone idrogel hanno fatto la loro prima comparsa nel Regno Unito. Quindi, per quanto ad alcuni possa sembrare ieri, in realtà ci stiamo avvicinando al ventesimo anniversario della loro nascita.

In questi ultimi due decenni, così come è successo agli strumenti tecnologici, cambiati in modo talmente radicale da diventare quasi irriconoscibili (basti pensare per esempio ai telefonini che abbiamo in tasca), anche le lenti a contatto in silicone idrogel hanno subito una notevole trasformazione. Abbiamo, infatti, assistito da una parte all'evoluzione della tecnologia dei materiali, dall'altra a un considerevole ampliamento della scelta di prescrizioni e modalità di porto. Il presente articolo esamina alcune delle risposte fisiologiche oculari, derivanti dall'utilizzo di lenti in silicone idrogel, valutando a posteriori in che modo la nostra comprensione di tali risposte sia stata utile al miglioramento nel tempo dei materiali in silicone idrogel e delle relative geometrie.

Prima del 1999, avevamo già accesso ad un'ampia scelta di lenti in idrogel a sostituzione frequente, comprese le opzioni a porto giornaliero, ma rimaneva presumibilmente ancora da risolvere uno dei problemi principali: la trasmissibilità all'ossigeno (Dk/t). Essendoci, infatti, un limite alla quantità di ossigeno che può essere dissolta in acqua e, di conseguenza, trasmessa alla cornea attraverso una lente a contatto in idrogel, il desiderio era quello di aumentare in maniera sensibile questo parametro, con particolare riguardo all'uso prolungato. Le proprietà del silicone come veicolo di ossigeno erano ormai ben chiare, la sfida che produttori e chimici dei materiali avevano di fronte consisteva nel capire quale fosse il modo migliore per incorporare il silicone idrofobico all'interno di un materiale in idrogel idrofilo.

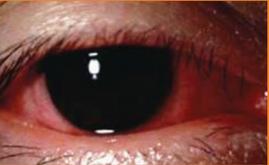
L'arrivo sul mercato dei materiali in silicone idrogel ha rappresentato un momento fondamentale per lo sviluppo delle lenti a contatto morbide, consentendo di eliminare i problemi di ipossia, legati soprattutto all'utilizzo quotidiano delle lenti, di portare allo svuotamento i vasi neoformati nella zona periferica della cornea, che prima manifestavano segni di neovascolarizzazione, e di ridurre, o addirittura far scomparire, l'iperemia

limbare.¹ Tuttavia, non tutti gli effetti manifestatisi in seguito all'utilizzo di lenti a contatto in silicone idrogel di prima generazione sono stati altrettanto positivi. In alcuni casi, i postumi sono stati tali da far credere sia ai professionisti della visione che ai portatori di trovarsi di fronte ai segni di una reazione oculare allergica al silicone. In realtà, oggi sappiamo che l'allergia diretta al silicone è biologicamente impossibile² perché il sistema immunitario riconosce le molecole a base di carbonio, come ad esempio le proteine,³ ma non è in grado di reagire direttamente ai componenti silicici, saldamente legati, presenti all'interno di una lente in silicone idrogel. Malgrado ciò, è del tutto comprensibile che alcune delle complicanze osservate siano state scambiate per reazioni allergiche. Nella sezione seguente, ne descriveremo i segni e i sintomi, ripercorrendo al contempo i cambiamenti avvenuti negli ultimi anni in ambito di materiali, geometria delle LAC e gestione dei portatori. Il miglioramento sia delle nostre conoscenze sia della tecnologia a disposizione ha permesso di eliminare molti dei problemi tecnici, riscontrati con le lenti in silicone idrogel di prima generazione.

Complicanze associate ai primi materiali a ricambio frequente in silicone idrogel

Molti professionisti della visione hanno vissuto l'esperienza di vedere un portatore reagire in modo non certo ideale alla prima applicazione di una lente a contatto in silicone idrogel. È possibile che la LAC provochi una sensazione di fastidio, o che si manifestino alcuni segni specifici, per esempio una marcata congiuntivite papillare indotta dalle lenti a contatto (*Contact Lens Induced Papillary Conjunctivitis*, CLIPC) o eventi infiammatori corneali (*Corneal Inflammatory Events*, CIEs). La tabella 1 mostra proprio alcuni esempi di segni o sintomi indesiderati, associati ai materiali di prima generazione. Tuttavia, la causa alla radice di simili complicanze, ognuna delle quali ha una propria specifica eziologia, non risiede in una reazione diretta al silicone.

TABELLA 1 Complicanze cliniche associate alle lenti a contatto in silicone idrogel di prima generazione.

Complicanza clinica	Riduzione del comfort	Congiuntivite papillare indotta da lenti a contatto (CLIPC)	Cheratite infiltrativa (IK)	Occhio rosso acuto indotto da lenti a contatto (CLARE)
Esempio				
Eziologia	Modulo alto, basso contenuto d'acqua	Meccanica: modulo alto	Risposta infiammatoria: interazioni materiali con soluzione, componenti del film lacrimale o batteri	Reazione infiammatoria ai batteri presenti sulla lente, che compare dopo il porto notturno

La CLIPC si manifesta notoriamente come una reazione infiammatoria alla proteina denaturata presente sulle lenti in idrogel che vengono sostituite con frequenza inferiore a quella di norma riscontrata con i materiali contemporanei.^{4,5} Una simile reazione della palpebra può verificarsi anche nei portatori che utilizzano lenti a contatto in silicone idrogel, benché di solito le papille possano essere più grandi e concentrate nella zona centrale della congiuntiva tarsale.^{6,7}

Una differenza fondamentale tra l'idrogel e i materiali in silicone idrogel di prima generazione è stato l'aumento del modulo di rigidità, di questi ultimi, dovuto alla presenza al loro interno di gruppi silossanici e di un ridotto contenuto d'acqua.⁸⁻¹⁰ Ed è proprio nell'aumento del modulo che è stata identificata la causa della CLIPC riscontrata con le prime lenti a contatto in silicone idrogel, che sarebbe quindi provocata da uno stimolo meccanico piuttosto che da una reazione del sistema immunitario.¹¹

Un altro esempio di interazione meccanica osservata con le geometrie delle prime lenti a contatto in silicone idrogel sono le lesioni epiteliali arcuate superiori (*Superior Epithelial Arcuate Lesion*, SEALS),¹² ritenute una conseguenza del modulo alto dei primi materiali in silicone idrogel, incapaci di conformarsi al limbus,¹¹ nonché da una quantità eccessiva di pressione di attrito e forza sulla superficie epiteliale derivante dalla combinazione di pressione palpebrale e proprietà intrinseche del materiale in silicone idrogel.¹³ In alcuni casi, l'aumento del modulo portava inoltre a un'applicazione non ottimale delle prime lenti in silicone idrogel, come confermato da uno studio che riporta la necessità di ricorrere, in oltre tre quarti (77%) dei soggetti, alla più alta delle due curve base per ottenere un buon livello di comfort e una buona applicazione.¹⁴ Un'ulteriore dimostrazione degli effetti provocati dall'aumento del modulo e dall'applicazione non ottimale delle lenti costruite con i primi materiali in silicone idrogel era la formazione di *mucin balls* (piccoli agglomerati di mucina). Queste ultime, attribuite alle forze prodotte dal movimento della lente a contatto durante l'ammiccamento, venivano infatti riscontrate più di frequente durante l'uso prolungato dei materiali di prima generazione.^{15,16} Con i materiali in silicone idrogel si verificano, inoltre, reazioni infiammatorie come i CIEs (Eventi Infiammatori Corneali) e l'occhio rosso acuto indotto da lenti a contatto (CLARE), e di fatto l'utilizzo quotidiano di lenti a contatto a ricambio frequente in silicone idrogel aumenta di quasi due volte il rischio relativo di cheratite infiltrativa (IK).¹⁷⁻²¹

Le cause ipotizzate per spiegare un simile aumento sono molteplici, tra cui una minore bagnabilità, una differenza tra il pattern di deposito dei materiali in idrogel rispetto a quello dei materiali in silicone idrogel, un aumento del modulo e interazioni variabili sia con i sistemi di manutenzione²²⁻³¹ che con i portatori.³²⁻³⁵

Tra gli effetti indesiderati del materiale in silicone idrogel di prima generazione c'era anche la scarsa tolleranza da parte di alcuni portatori. È probabile che a tutti venga in mente almeno un caso di un portatore per cui il passaggio dalle lenti a contatto in idrogel a quelle in silicone idrogel abbia comportato problemi di comfort. Una possibile causa è riferita alla bagnabilità di superficie della lente, oltre che al modulo più alto dei materiali in idrogel. A tale riguardo, benché sia stato riportato un collegamento tra comfort oculare e bagnabilità della lente, si è rivelato difficile evidenziare durante il porto una differenza tra i vari tipi di materiale, nonostante i diversi livelli di bagnabilità dimostrati in vitro.^{36,37,38-41}

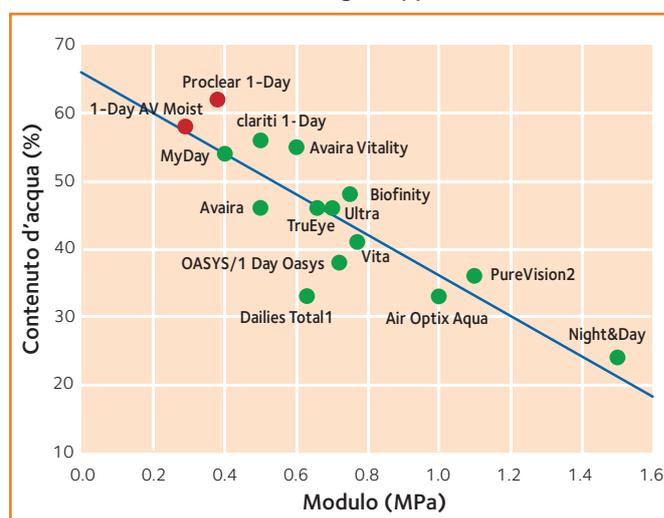
I materiali in silicone idrogel presentano depositi con un profilo marcatamente diverso rispetto a quelli in idrogel: sui primi, contenenti elementi silicici idrofobici, si depositano più lipidi^{38,42-46} e meno proteine⁴⁷⁻⁵⁴ rispetto ai secondi. Vale però la pena ricordare che, anche se i depositi proteici sui materiali in silicone idrogel sono minimi, la percentuale di proteine depositate rivelatesi denaturate è di norma molto più elevata.⁵⁵ In ogni caso, il collegamento tra comfort e depositi non è ancora stato dimostrato in maniera inequivocabile.⁵⁶ Questioni simili circondano ancora anche il legame tra comfort e la colorazione corneale, visibile in seguito alle interazioni tra materiali in silicone idrogel e soluzioni per la pulizia, con una divergenza di opinioni tra vari studi.^{22,26,57-59}

Come sono cambiati i materiali in silicone idrogel negli ultimi vent'anni

Il focus iniziale sull'uso prolungato notturno delle lenti a contatto in silicone idrogel si è tramutato in un desiderio più ampio di produrre materiali e geometrie, in grado di garantire il comfort durante il porto quotidiano diurno. È interessante notare che, dal 1999 in poi, il valore di Dk/t si è abbassato a ogni successiva generazione di lenti in silicone idrogel. Nonostante ciò, tuttavia, la quantità di ossigeno trasmessa da tutti i materiali in silicone idrogel si è rivelata sufficiente a soddisfare il fabbisogno minimo della cornea durante il porto diurno delle lenti.^{1,60}

Ai fini del miglioramento del comfort durante l'utilizzo quotidiano, è stato importante arrivare a un bilanciamento delle proprietà intrinseche del silicone idrogel utilizzato. In generale, con questo tipo di materiali, si tende di solito ad aumentare il contenuto d'acqua in misura proporzionale all'abbassamento del valore di Dk/t. Ciò incide sul modulo che, come mostrato dalla figura 1, è legato da una forte correlazione inversa con il contenuto d'acqua (all'aumento del contenuto di acqua corrisponde la riduzione del modulo).

FIGURA 1. Modulo e contenuto d'acqua per il silicone idrogel (verde) e due materiali in idrogel rappresentativi (rosso)



I materiali in silicone idrogel di prima generazione sono pertanto caratterizzati, com'era prevedibile, dai valori massimi e minimi rispettivamente di modulo e contenuto d'acqua, mentre molti di quelli di più recente sviluppo presentano un aumento del contenuto d'acqua e un abbassamento del modulo, andando a posizionarsi all'altra estremità del grafico. Data la spinta verso lo sviluppo di materiali in silicone idrogel che siano in grado di migliorare il comfort delle lenti durante l'utilizzo quotidiano, è interessante osservare quanto i più recenti assomiglino ai materiali in idrogel (nella figura 1, in rosso). L'abbassamento del modulo, con il conseguente aumento del contenuto d'acqua, ha aiutato a ridurre al minimo la comparsa di complicanze come la CLIPC, mentre i cambiamenti apportati alla lente a contatto stessa in termini di profilo, curva base e geometria del bordo hanno contribuito a evitare complicanze indotte dal movimento meccanico, per esempio le SEALS.

Ovviamente, la tecnologia dei materiali è cambiata molto negli ultimi vent'anni. I primi materiali, per esempio il lotrafilcon A (Alcon Focus[®], oggi Air Optix[®] e Night & Day) e il balafilcon A (Bausch & Lomb PureVision[®]), superavano la natura idrofobica del silicone aggiungendo al processo di produzione un ulteriore trattamento al plasma, mediante camera di reazione, in grado di rendere bagnabile la superficie delle LAC. Il primo materiale fabbricato senza alcun trattamento della superficie è stato il Galyfilcon A (Johnson & Johnson Acuvue[®] Advance[®]), nel quale per conferire bagnabilità è stato invece incorporato direttamente al suo interno un agente umettante, il polivinilpirrolidone (PVP).

L'innovazione successiva è stata la produzione e commercializzazione di due materiali, comfilcon A (CooperVision Biofinity®) e stenfilcon A (CooperVision MyDay®), naturalmente bagnabili e che non richiedevano né trattamenti della superficie, né agenti umettanti interni. Materiali come il delectafilcon A (Alcon Dailies Total1®) adottano invece un approccio diverso, basato sulla tecnologia a gradiente acqueo che consiste nell'avvolgere il nucleo in silicone con una superficie sostanzialmente simile all'idrogel. Lo scopo di tutte queste tecnologie è quello di ottenere una superficie idrofila e umettabile in un materiale contenente silicone, un componente per sua stessa natura idrofobico.

Benché, come già accennato in precedenza, sia risultato difficile dimostrare le differenze in termini di bagnabilità tra i vari materiali quando questi sono nell'occhio, comunque è emersa una certa correlazione tra bagnabilità e comfort.³⁶

Ulteriori prove dei progressi e dei miglioramenti ottenuti negli anni in ambito di geometria e processo di produzione dei materiali in silicone idrogel sono, per esempio, la nuova geometria balafilcon A finalizzata alla produzione di una lente più sottile (Bausch & Lomb PureVision® 2HD), e l'aggiunta di agenti umettanti alla soluzione di confezionamento del lotrafilcon B, per favorire il comfort iniziale al momento dell'applicazione (Alcon Air Optix® Aqua plus HydraGlyde®).

Materiali in silicone idrogel per lenti giornaliere

I vantaggi di una sostituzione frequente delle lenti a contatto sono noti ormai da molto tempo. Basti pensare, per esempio, al livello inferiore di soddisfazione riportato dai portatori di lenti in idrogel a ricambio trimestrale, rispetto a chi utilizza lo stesso tipo di lenti, ma a sostituzione mensile.⁶¹ Le lenti con la maggiore frequenza di sostituzione sono le giornaliere, dal 2008 disponibili anche in silicone idrogel.

Molte delle complicanze evidenziate nella tabella 1 potrebbero essere considerate correlate, dal fatto che molte LAC sono a ricambio frequente. Questa tipologia di lente subisce, infatti, l'accumulo continuo di depositi lipidici durante il suo intero ciclo di vita, con possibili conseguenze per il comfort.^{43,46} L'utilizzo di lenti giornaliere in silicone idrogel può pertanto contribuire ad alleviare alcune di queste complicanze. Al momento esistono cinque diversi materiali in silicone idrogel, disponibili sotto forma di lenti giornaliere con geometrie per le correzioni sferiche, astigmatiche e multifocali: naturalmente una maggiore varietà di scelta in questo segmento ha contribuito a favorire un incremento delle applicazioni. Il più recente report annuale sulle prescrizioni di lenti a contatto a livello internazionale registra per la prima volta un sorpasso, in termini di numero di applicazioni, delle LAC giornaliere in silicone idrogel su quelle in idrogel.⁶² Inoltre, dai dati in materia raccolti nel Regno Unito nel 2017, si evince che in quasi due terzi (62%) delle applicazioni totali di lenti morbide sono stati utilizzati materiali in silicone idrogel e che in poco meno della metà si è optato per la modalità di porto giornaliero (48%).⁶²

Le conoscenze di base sulla performance delle lenti giornaliere in silicone idrogel sono in continua crescita e sembrano corrispondere con l'aumento delle prescrizioni da parte dei professionisti del settore, i dati pubblicati indicano prestazioni paragonabili a quelle delle lenti giornaliere in idrogel,^{63,64} oltre a un ottimo livello di risposta fisiologica e comfort.⁶³⁻⁶⁹

Particolarmente interessante è il fatto che, quando vengono impiegati nelle lenti giornaliere, i materiali in silicone idrogel e quelli in idrogel non mostrano alcuna differenza per quanto concerne i livelli di IK.^{63,65} Dato l'aumento del rischio di CIEs insito nelle lenti in silicone idrogel a ricambio frequente si tratta di una scoperta importante, che ci aiuta sia a capirne meglio le potenziali cause sia, nella pratica, a offrire ai professionisti del settore opzioni valide a ridurre tale rischio, attraverso la semplice raccomandazione di una lente a porto giornaliero. Infine, benché i meccanismi e l'impatto dello staining corneale indotto dalle soluzioni (SICS) non siano stati del tutto compresi, è chiaro che il passaggio alle lenti giornaliere elimina l'interazione del materiale in silicone idrogel con la soluzione per la manutenzione. Tutto questo potrebbe far sì che portatori, precedentemente giudicati incompatibili con le lenti in silicone idrogel, perché in passato avevano manifestato segni di SICS o reazioni infiammatorie, siano ora in grado di portarle con successo.

Conclusione

Vent'anni sono tanti sul piano dello sviluppo tecnologico e in quest'arco di tempo le conoscenze nel campo dei materiali in silicone idrogel si sono molto ampliate. La "rivoluzione" tecnologica iniziale ha creato le premesse per successive innovazioni. Persistono gli effetti positivi di una maggiore trasmissibilità all'ossigeno, che elimina le complicanze da ipossia derivanti dall'utilizzo di lenti a contatto. I primi postumi indesiderati sono stati compresi e valutati in vario modo nel corso del tempo e tra i produttori. Le proprietà dei materiali sono state bilanciate per ottenere combinazioni ottimali di modulo, contenuto d'acqua e bagnabilità, allo scopo di favorire il comfort durante il porto quotidiano. Alcuni produttori hanno anche apportato modifiche alla lente stessa in termini di profilo, curva base e geometria del bordo, oltre ad aggiungere nelle soluzioni di confezionamento agenti in grado di aumentare il comfort. Sono diventati disponibili nuovi materiali e nuove tecnologie di produzione brevettate. L'ampia disponibilità di poteri sferici, astigmatici e multifocali consente ai professionisti del settore di consigliare questi materiali alla maggior parte dei propri portatori.

Queste importanti innovazioni contribuiscono all'eliminazione di molte delle complicanze riscontrate con i materiali in silicone idrogel di prima generazione. Altre vengono invece ridotte esponendo l'occhio a una lente nuova ogni giorno, il che aumenta il comfort, riduce i depositi ed elimina la necessità di soluzioni per la manutenzione e portamenti. La maggiore disponibilità di lenti giornaliere in silicone idrogel in tutti i tipi di prescrizioni offre ai professionisti del settore una scelta più ampia. La trasmissibilità all'ossigeno va tenuta in considerazione in qualunque applicazione di lenti a contatto, ma riveste un'importanza particolare per le prescrizioni di lenti sferiche di potere elevato o per i portatori che necessitano di geometrie toriche, in quanto lo spessore della lente in idrogel potrebbe ridurre questo parametro causando variazioni di natura ipossica. Possiamo stabilire quale sia la scelta migliore per un portatore facendo provare materiali diversi e proponendo diverse soglie di prezzo. Dopo quasi vent'anni di studi, le nostre conoscenze in ambito di materiali silicici sono più ampie che mai. Tenete quindi presente che l'allergia al silicone è biologicamente impossibile e che i numerosi cambiamenti avvenuti, consentono oggi a più portatori di trovare un materiale in silicone idrogel adatto a loro.

Lyndon Jones è Professor presso la School of Optometry & Vision Science ed è direttore del Centre for Ocular Research & Education, della University of Waterloo, dove Karen Walsh è ricercatrice.

Il presente articolo è stato sponsorizzato da CooperVision UK

Prima Pubblicazione *Optician* 4 maggio 2018

BIBLIOGRAFIA

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. Spoliation 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, Bilkuh P, Drew T, Sheppard A. Crossover Evaluation of Silicone Hydrogel Daily Disposable Contact Lenses. *Optom Vis Sci* 2015;92:1063-8.