

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

Scuola di Scienze

Dipartimento di Scienza dei Materiali

Corso di Laurea in Ottica e Optometria



**EFFETTI CLINICI DEI SISTEMI DI
MANUTENZIONE PER LENTI A CONTATTO**

Relatore: Prof.ssa Silvia TAVAZZI

Correlatore: Dott. Matteo FAGNOLA

Tesi di Laurea di:

Adriana MORO

Matricola N. 755441

Anno Accademico 2015/2016

INTRODUZIONE

Un requisito fondamentale di una lente a contatto (CL) è la capacità di trasmettere ossigeno alla cornea che non è vascolarizzata internamente. Altrettanto importante è che la CL mantenga un film lacrimale stabile e continuo per una visione corretta, essendo sia resistente alla deposizione di sostanze organiche e/o inorganiche e permeabile agli ioni, sia che mantenga una normale idratazione per consentire movimento, non irritazione, e comfort del portatore. Per un fissato materiale (silicone-idrogel, SH, oggetto dello studio), la lente può influenzare l'occhio in modi diversi a seconda dell'interazione con il sistema di manutenzione adottato. Questo lavoro si propone di indagare le differenze cliniche indotte dall'uso di diversi sistemi di manutenzione. Sono stati analizzati quattro gruppi utilizzando diversi sistemi di pulizia: (1) idrogeno perossido, (2) soluzione detergente e perossido di idrogeno, (3) soluzione unica e (4) idrogeno perossido combinato con l'uso quotidiano di lacrime artificiali. I risultati mostrano chiare differenze significative tra i sistemi adottati nel mantenimento della salute del segmento anteriore dell'occhio, della cornea e della congiuntiva. Le differenze si riscontrano anche in termini di stabilità del film lacrimale con qualche distinzione rispetto alla condizione del segmento anteriore.

L'uso delle lenti a contatto (CL) influenza la struttura, la composizione, le proprietà fisico-chimiche e il comportamento del film lacrimale. Quando il film lacrimale è sottoposto a stress causato da agenti esterni e/o intenso affaticamento visivo, il delicato equilibrio dei componenti sulla superficie dell'oculare può rompersi, causando sintomi di secchezza, disagio e disturbi visivi oltre a segni come la colorazione della cornea e iperemia congiuntivale, limbare e tarsale. Affinché il segmento anteriore dell'occhio e del film lacrimale garantiscano una corretta superficie refrattiva, è necessario mantenere la salute delle cellule oculari, garantendo una fonte di nutrimento e di equilibrio metabolico, mantenendo la difesa antibatterica e la lubrificazione necessaria per una efficace funzione delle palpebre, al fine di mantenere l'equilibrio tra componenti idrofilo e idrofobo. L'influenza delle CLs sul film lacrimale è un argomento di grande interesse e ampiamente discusso. Le interazioni tra la lente e il film lacrimale sono influenzate da diversi fattori, tra cui le proprietà intrinseche del materiale, le caratteristiche dell'individuo e il tempo di utilizzo delle CLs. La presenza di CL può alterare la produzione di mucina, la velocità di flusso acquosa e la concentrazione di alcune proteine lacrimali e divide il film lacrimale in due parti: il film pre-lente (PLTF) e il film post-lente (POLTF). Lo strato di mucina è isolato dietro la lente, con assottigliamento del PLTF, e rompe lo strato lipidico. Lo strato PLTF, meno robusto, si rompe ed evapora più facilmente del normale film lacrimale (senza lente), riducendo il tempo di rottura della lacrima, che può avere un impatto sulla visione e sul comfort.¹ Molti autori hanno discusso le caratteristiche del PLTF in seguito all'uso dell'idrogel CL,² e più

recentemente è stato riscontrato che l'usura CL può anche interrompere il riciclo del film lacrimale.³ Altri studi hanno riportato un aumento dell'osmolarità del film lacrimale dopo il porto,^{4,5} a causa di un aumento della componente acquosa, dovuta ad una secrezione riflessa e una variazione significativa di elettroliti (sodio e potassio) durante la fase di adattamento. L'avvento del silicone idrogel (SH) CL ha aumentato ancora di più l'attenzione sulle reazioni della superficie oculare a causa delle caratteristiche fisiche di questi materiali.⁶⁻⁹ Diversi studi sono stati condotti sull'interazione tra SH CL e sistemi di manutenzione¹⁰⁻²² e hanno dimostrato che diverse combinazioni tra CL e soluzione possono essere più biocompatibili di altre.²³⁻²⁶ Queste interazioni tra lente e sistemi di manutenzione sono diverse e dipendono dal materiale della lente, dall'assorbimento e rilascio di vari componenti e quindi anche dall'impatto della soluzione utilizzata sulle cellule epiteliali corneali che si è dimostrata variabile.²⁷ È generalmente accettato che l'interazione CL/soluzione, piuttosto che il CL stesso, possa essere un fattore causale della lesione corneale/congiuntivale dell'epitelio.²⁸ Tra i sistemi di cura, considerazioni specifiche sono rivolte alle soluzioni di perossido di idrogeno (H₂O₂). L'uso di sistemi di pulizia H₂O₂ viene generalmente utilizzato per risolvere casi di incompatibilità con una singola soluzione. Keir et al.¹⁷ hanno scoperto che anche la singola fase H₂O₂ ha risultati eccellenti, come la soluzione di disinfezione multiuso (MPDS), nel trattamento degli SH CL e ha determinato che questo sistema consente un uso più confortevole della lente rispetto all'MPDS, contenenti conservanti e disinfettanti che sono spesso citati come potenziali cause di disagio durante il porto.^{29,30} Sebbene molti studi di disinfezione favoriscano i sistemi H₂O₂ rispetto a MPDS, la situazione potrebbe essere diversa in termini di impatto sulle proprietà dei materiali. Uno studio recente ha dimostrato che alcune combinazioni di soluzioni / materiali portano a cambiamenti significativi nel modulo di Young.³¹ Sono stati segnalati cambiamenti nella rugosità superficiale di CLs e l'indice di rifrazione indotto dai sistemi di cura.³² Chandler ha scoperto che possono verificarsi cambiamenti nelle CL in seguito all'uso di H₂O₂, che può portare a lesioni epiteliali corneali/congiuntivali.³³ Anche le differenze tra i sistemi di trattamento di MPDS e H₂O₂ sono state recentemente riportate dal punto di vista ottico come dedotto dall'analisi del fronte d'onda di l'onda luminosa trasmessa.³⁴

Questo lavoro si concentra sulla condizione dell'occhio esterno e sulla stabilità del film lacrimale, che rappresentano gli aspetti chiave per la valutazione della biocompatibilità delle CLs. I risultati clinici mostrano un peggioramento delle condizioni oculari esterne e della stabilità del film lacrimale in seguito all'uso di SH CL associato a un sistema di trattamento H₂O₂ durante la notte. Quando H₂O₂ viene usato durante la notte, il peggioramento della condizione dell'occhio esterno può essere evitato usando una soluzione detergente prima dell'esposizione a H₂O₂, mentre l'instabilità della lacrima è rimasta invariata. Un rimedio per l'instabilità delle lacrime è stata la somministrazione di lacrime artificiali durante l'uso di CLs.

MATERIALI E METODI

Il campione oggetto di analisi statistica si compone in totale di 80 occhi. Sono stati analizzati 4 gruppi con diverso sistema di pulizia: una soluzione unica (Fusionsol), una soluzione al perossido di idrogeno (OneStep), la stessa soluzione al perossido combinata all'uso di un detergente per CL morbide (Flexigel Plus), la stessa soluzione al perossido combinata all'uso di un sostituto lacrimale (OptoIdro+A). I risultati mostrano differenze in funzione del sistema adottato in termini di stabilità oculare e mantenimento della salute del segmento anteriore dell'occhio, della cornea e della congiuntiva. Sono state utilizzate lenti in silicone-idrogel SH-CL (Comfilcon A) per un porto diurno di 15 giorni. I test sono stati effettuati il 1° giorno e il 15° giorno in modo da valutare le differenze indotte dalla lente in termini di stabilità del film lacrimale e salute del segmento anteriore dell'occhio. Sono stati eseguiti i test seguenti: analisi della disidratazione pre-lente, Break Up Time (BUT), Non Invasive BUT (NIBUT) e misura dell'altezza del menisco lacrimale marginale inferiore (MLMI) con metodo invasivo e non invasivo, osservazione della congiuntiva con verde di lissamina, Lid Wiper Epitheliopathy (LWE), Lid Parallel Conjunctival Folds (LIPCOF), valutazione dell'iperemia (congiuntivale, libare e tarsale) e dello staining (congiuntivale e corneale).

All'inizio del porto è stata effettuata una raccolta dei dati di anamnesi, i test sono stati eseguiti in ordine partendo da quelli meno invasivi fino a terminare con i test che prevedono la somministrazione di coloranti all'interno dell'occhio. Aspettati 10 minuti per il drenaggio delle sostanze somministrate, si è passati all'applicazione delle CLs. In seguito all'adattamento della CL (10 minuti ancora) sono stati eseguiti i test di valutazione della lente. Dopo 20 minuti dall'applicazione è stato eseguito il test di disidratazione pre-lente, sono state tolte le lenti ai pazienti e sono stati eseguiti i test di NIBUT e BUT. Terminati questi test le lenti sono state nuovamente applicate. Dopo 4 ore dall'applicazione sono stati eseguiti nuovamente i test di NIBUT e BUT. Sono state consegnate le soluzioni per il regime di manutenzione. Per il gruppo trattato con sostituto lacrimale è stata indicata un'applicazione dello stesso ogni 3 ore circa durante l'uso delle lenti per la durata dei 15 giorni di utilizzo delle CLs.

Dopo 15 giorni di uso delle lenti è stata effettuata la visita di controllo. I portatori sono giunti con le lenti a contatto indossate e quindi si è proceduto dapprima all'esecuzione dei test di valutazione della lente e in seguito, a rimozione delle CLs, alla valutazione del segmento anteriore dell'occhio. Dopo 20 minuti dalla rimozione delle lenti sono stati effettuati i test di NIBUT e BUT, questi test sono stati eseguiti anche dopo 4 ore dalla rimozione delle CLs.

Il campione oggetto di analisi statistica si compone in totale di 80 occhi, suddivisi nei quattro gruppi prima descritti. Sono stati inclusi nello studio: soggetti già portatori e soggetti alla prima esperienza

con LAC, soggetti sferici e con astigmatismo entro 1,25D, soggetti con buona gestione delle lenti, soggetti disponibili al porto di due settimane.

Sono stati esclusi dallo studio: soggetti con alterazioni di salute generale (diabetici, donne in stato di gravidanza o allattamento, ecc.) o alterazioni a livello oculare (patologie o infiammazioni acute), soggetti che fanno uso di colliri.

RISULTATI

Per l'analisi statistica le variabili di tipo numerico sono state sottoposte a test di Shapiro-Wilk per lo studio della normalità della distribuzione dei dati. La normalità della variabile consente l'uso di test di tipo parametrico e specificatamente del test t di Student, il cui obiettivo è quello di confrontare le medie e determinarne eventuali differenze statisticamente significative tra gruppi. Le variabili di tipo discreto sono state sottoposte ad analisi mediante test chi-quadro con la correzione di Fisher, data la bassa numerosità delle unità statistiche in ciascun gruppo. Infine le valutazioni all'interno dei singoli gruppi sono state condotte mediante test t di Student per le variabili numeriche con distribuzione normale, e mediante test non parametrico di Wilcoxon per le variabili discrete. Per tutti i test il valore di determinazione è stato scelto pari a 0,05.

I risultati di questo studio sono riassunti e divisi in due parti riguardanti i test per la valutazione della condizione dell'occhio esterno (Figura 1) e test per valutare la stabilità del film lacrimale (Figura 2). I test contattologici che forniscono dati statisticamente non significativi sono qui omessi. I dati in fig. 1 e 2 rappresentano le differenze medie tra i valori misurati il giorno 15 dopo il porto della CL e i valori misurati il giorno 1. Pertanto, i valori positivi indicano un peggioramento della condizione dell'occhio esterno in Fig. 1 e un miglioramento della stabilità del film lacrimale in Fig. 2. L'asterisco indica che la differenza è statisticamente significativa.

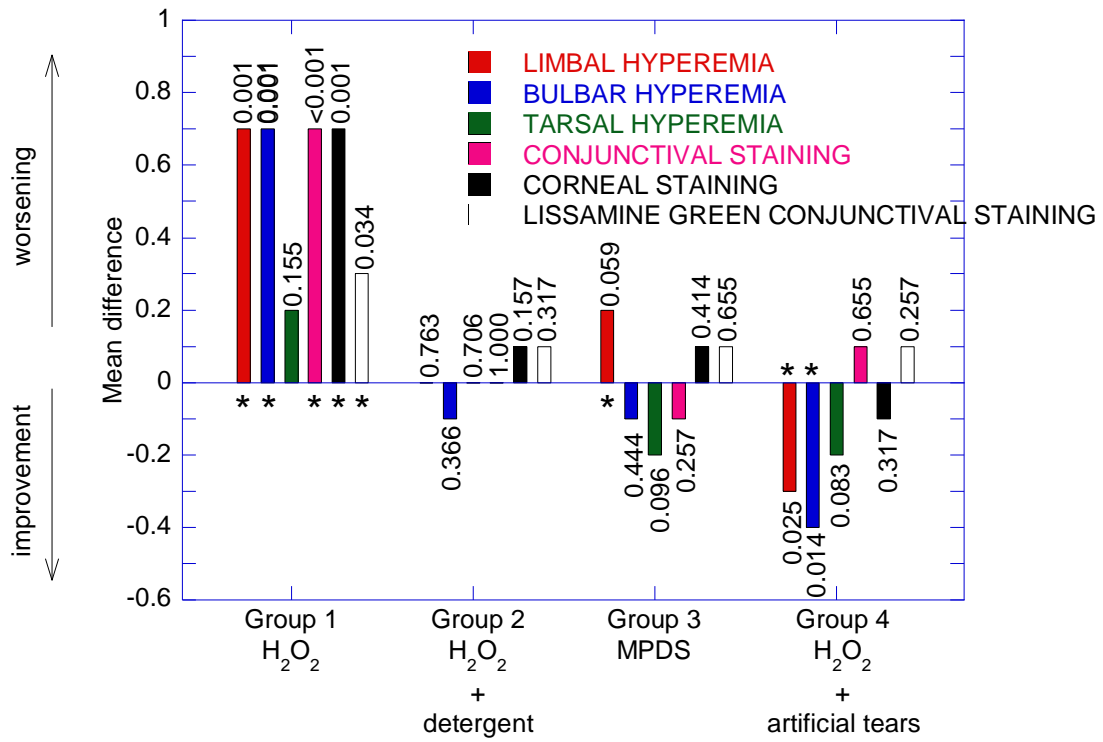


Figure 1

Differenze medie tra valori misurati al giorno 15 dopo il porto CL e valori misurati il giorno 1 per le prove relative alla condizione dell'occhio esterno.

Sono riportati i p-value del test esatto di Fisher. Un asterisco indica che $p < 0.5$.

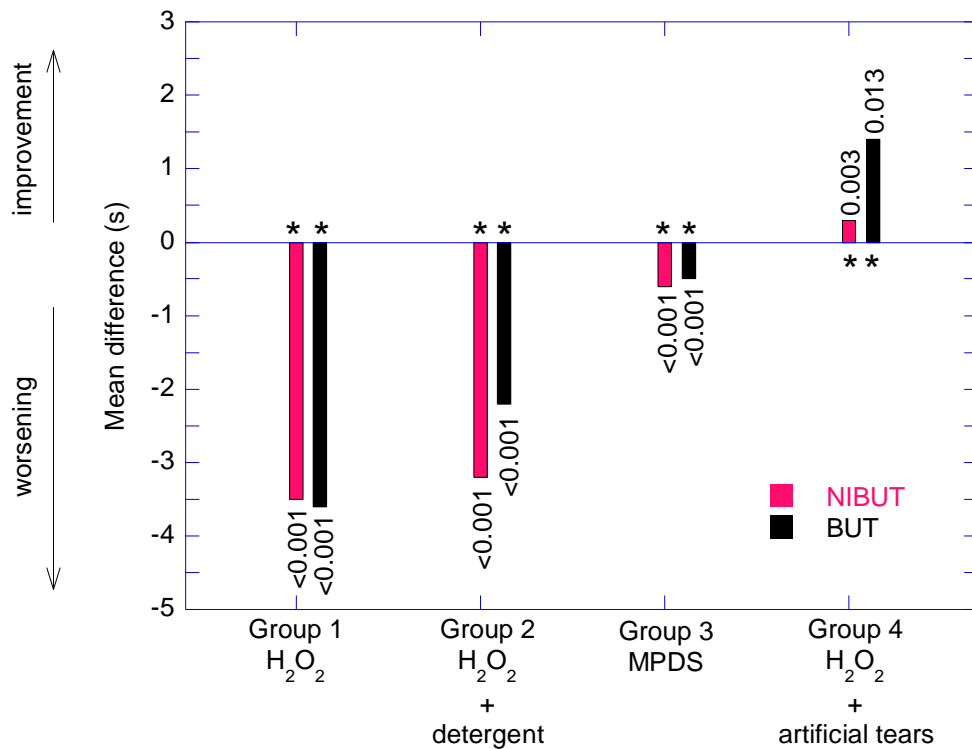


Figure 2

Differenze medie tra valori misurati il giorno 15 dopo l'usura CL e valori misurati il giorno 1 per il test relativo alla stabilità del film lacrimale.

Vengono riportati i p-value del test t di Student. Un asterisco indica che $p < 0.5$

La figura 1 evidenzia chiaramente il peggioramento della condizione dell'occhio esterno dopo 15 giorni di porto della CL osservati solo per il gruppo che utilizza il sistema di cura H₂O₂ (gruppo 1). Sono evidenziati dati statisticamente significativi di peggioramento nei test di iperemia bulbare, iperemia limbare, colorazione corneale e congiuntivale, colorazione congiuntivale con verde lissamina. La pulizia di CL con una soluzione detergente prima dell'esposizione alla soluzione di H₂O₂ durante la notte è risultata essere sufficiente per evitare effetti avversi sulla condizione dell'occhio esterno (gruppo 2), analogamente all'utilizzo di MPDS (gruppo 3).

Il peggioramento del gruppo 1 è quindi imputabile alla scarsa efficacia di pulizia del CL mediante la soluzione di H₂O₂. In particolare, i lipidi potrebbero svolgere un ruolo cruciale. L'affinità dei lipidi rispetto agli SH CL è ben nota.³⁵⁻³⁸ L'usura di CL può compromettere la normale funzione

dei lipidi nel film lacrimale. Poiché la CL è più spessa del film lacrimale, i lipidi depositati sulla superficie anteriore tendono a immobilizzarsi, riducendo il turnover lipidico e portando a un'esposizione prolungata all'ossigeno e alla luce, con conseguente possibile generazione di prodotti di degradazione.³⁹ Questi lipidi dovrebbero ridurre la bagnabilità delle CLs e sono stati ulteriormente legati a problemi di disagio e intolleranza durante il porto della CL. È possibile che i depositi di lipidi non vengano rimossi dalle soluzioni di H₂O₂ e, ancor peggio, che possano subire una degradazione ossidativa come conseguenza dell'esposizione alla soluzione di H₂O₂, diventando quindi dannosi per l'occhio.

Se analizziamo i dati raccolti in Figura 2, osserviamo uno scenario diverso. In questo caso, la pulizia di CL con una soluzione detergente prima dell'uso di H₂O₂ non è stata sufficiente per evitare un peggioramento clinico, che è stato osservato sia per il gruppo 1 che per il gruppo 2. Anche il gruppo 3 usando MPDS ha mostrato un peggioramento statisticamente significativo dopo 15 giorni, sebbene leggermente meno pronunciato. Pertanto, contrariamente alle condizioni dell'occhio esterno, l'instabilità del film lacrimale associata all'usura CL non è attribuibile ai depositi sulla CL e alla bassa efficienza di pulizia della CL dalla soluzione di H₂O₂.

La somministrazione di lacrime artificiali ha invece completamente cambiato lo scenario. Nonostante 15 giorni di uso di CL (che ha dimostrato causare instabilità lacrimale per i gruppi 1, 2 e 3) e nonostante l'unico uso di H₂O₂ come sistema di trattamento senza alcuna soluzione detergente, non è stato osservato alcun peggioramento clinico per il gruppo 4. Alcuni parametri sono migliorati dopo 15 giorni, come mostrato nelle figure 1 e 2 sia per la condizione dell'occhio esterno che per la stabilità del film lacrimale.

CONCLUSIONI

Possiamo concludere che la semplice applicazione di un SH CL è causa di instabilità lacrimale. Si ritiene quindi che i lipidi potrebbero anche svolgere un ruolo cruciale per l'instabilità delle lacrime. L'interpretazione dell'origine del deterioramento per condizioni oculari esterne e la stabilità del film lacrimale può essere riassunta in una possibile immobilizzazione e ossidazione dei lipidi lacrimali durante l'uso quotidiano, che influenza la stabilità lacrimale.⁴⁰ La soluzione di manutenzione H₂O₂ non è efficace nella pulizia della CL e può ulteriormente peggiorare la situazione a causa della deposizione lipidica sulla CL e dell'ossidazione come conseguenza dell'attività ossidativa di H₂O₂. La presenza di questi lipidi ossidati sulla CL provoca infine un peggioramento della condizione dell'occhio esterno.

I risultati per il gruppo 4 invece potrebbero essere attribuiti a (i) il ruolo di componenti specifici di lacrime artificiali (aminoacidi, lisina, leucina, prolina, glicina, fibre di collagene), che ha

permesso di mantenere l'integrità epiteliale e migliorare le funzioni di umidificazione e lubrificazione dell'occhio o (ii) il risciacquo e la sostituzione del film lacrimale in seguito al dosaggio lacrimale durante il porto. Ulteriori indagini comparative sono necessarie per capire meglio questo aspetto. I nostri risultati indicano che il peggioramento delle condizioni oculari esterne dovute all'usura CL può essere evitato semplicemente pulendo la CL con un detergente o con l'uso combinato di lacrime artificiali. Al contrario, l'instabilità del film lacrimale è indipendente dal sistema di cura, ma l'uso combinato di lacrime artificiali, come quelle adottate qui, garantisce la stabilità della lacrima nonostante l'uso della SH CL trattata solo con il sistema di cura H₂O₂ di notte.

Il fastidio derivante dall'uso delle CL è un problema che si presenta frequentemente e il fenomeno di drop-out (abbandono delle lenti a contatto) è un fenomeno di entità rilevante. La sua eziologia può essere tra le più varie (ambiente, secchezza oculare, età del portatore, materiale CL, sistema di manutenzione adottato). La sfida di ricercatori e clinici è quella di riconoscere e arginare le cause (qualora modificabili) che portano all'abbandono delle CLs. Nel nostro studio abbiamo focalizzato l'attenzione sull'interazione tra SH CL e sistema di manutenzione al fine di trovare la giusta combinazione tra materiale e sistema di cura, tale da preservare la salute degli occhi del nostro portatore e assicurargli un comfort durante il tempo di porto della lente a contatto.

BIBLIOGRAFIA

1. By John Buch, OD, MS, FAAO; Kristy Canavan, OD, FAAO; Zohra Fadli, PhD; & Charles Scales, PhD The Tear Film and Contact Lens Wear. Part of the challenge of achieving comfortable contact lens wear is to mimic the functions of the tear film. February 1, 2016
2. G. Young, N. Efron, Characteristics of the pre-lens tear film during hydrogel contact lens wear, *Ophthalmic and Physiological Optics* 11 (1991) 53–58.
3. Holly FJ. Tear film physiology and contact lens wear. II. Contact lens-tear film interaction. *Am J Optom Physiol Opt* 1981;58:331–341.
4. Sarac O, Gurdal C, Bostanci-Ceran B, et al. Comparison of tear osmolarity and ocular comfort between daily disposable contact lenses: Hilafilcon B hydrogel versus narafilcon A silicone hydrogel. *Int Ophthalmol* 2012;32:229–233.
5. Miller WL, Doughty MJ, Narayanan S, et al. A comparison of tear volume (by tear meniscus height and phenol red thread test) and tear fluid osmolality measures in non-lens wearers and in contact lens wearers. *Eye Contact Lens* 2004;30:132–137.

6. N. Keir, L. Jones, Wettability and silicone hydrogel lenses: a review. *Eye Contact Lens* 39 (2013) 100-108.
7. Sala F. Materiali per le lenti a contatto in silicone idrogel. *Professional Optometry* 2009, 106-118.
8. Senchyna M, Jones L, Louie D, et al. Quantitative and conformational characterization of lysozyme deposited on balafilcon and etafilcon contact lens materials. *Curr Eye Res* 2004;28:25–36.
9. Jones L, Senchyna M, Glasier MA, et al. Lysozyme and lipid deposition on silicone hydrogel contact lens materials. *Eye Contact Lens*. 2003;29 (Suppl):S75–S79; discussion S83–S74, S192–S194.
10. A. Moro, M. Fagnola, S. Picarazzi, A. Di Dio, V. Pastori, M. Lecchi, S. Tavazzi, Hydrogen-peroxide and silicone-hydrogel contact lenses: Worsening of external eye condition and tear film instability, *Cont Lens Anterior Eye*. 2017 Oct 20.
11. L. Jones, N. MacDougall, G. Sorbara, Asymptomatic corneal staining associated with the use of balafilcon silicone-hydrogel contact lenses disinfected with a polyaminopropyl biguanide preserved care regimen, *Optom Vis Sci*. 79 (2002) 753–761.
12. E.B. Papas, N. Carnt, M.D. Willcox, B.A. Holden. Complications Associated With Care Product Use During Silicone Daily Wear of Hydrogel Contact Lens, *Eye Contact Lens* 33 (2007) 392–393.
13. N. Carnt, J. Jalbert, S. Stretton, T. Naduvilath, E. Papas, Solution toxicity in soft contact lens daily wear is associated with corneal inflammation. *Optom Vis Sci*. 84 (2007) 309–315.
14. L. Sorbara, R. Peterson, C Woods, D. Fonn, Multipurpose disinfecting solutions and their interactions with a silicone hydrogel lens. *Eye Contact Lens* 35 (2009) 92–97.
15. N.A. Carnt, V.E. Evans, T.J. Naduvilath, M.D. Willcox, E.B. Papas, K.D. Frick; B.A. Holden, Contact lens-related adverse events and the silicone hydrogel lenses and daily wear care system used. *Arch Ophthalmol*. 127 (2009) 1616–1623.
16. Z. Zhao, N.A. Carnt, Y. Aliwarga, X. Wei, T. Naduvilath, Q. Garrett, J. Korth, M.D. Willcox, Care regimen and lens material influence on silicone hydrogel contact lens deposition. *Optom Vis Sci* 86 (2009) 251-259.

17. N. Keir, C.A. Woods, K. Dumbleton, L. Jones, Clinical performance of different care systems with silicone hydrogel contact lenses. *Cont Lens Anterior Eye* 33 (2010) 189–195.
18. L. Jones, C.H. Powell, Uptake and release phenomena in contact lens care by silicone hydrogel lenses. *Eye Contact Lens* 39 (2013) 29–36.
19. M. Gorbet, R. Peterson, D. McCanna, C. Woods, L. Jones, D. Fonn, Human Corneal Epithelial Cell Shedding and Fluorescein Staining in Response to Silicone Hydrogel Lenses and Contact Lens Disinfecting Solutions. *Curr Eye Res* 39 (2014) 245–256.
20. S. Cheung, H. Lorentz, E. Drolle, Comparative Study of Lens Solutions' Ability to Remove Tear Constituents. *Optom Vis Sci* 91 (2014) 1045–1061.
21. S. Tavazzi, M. Tonveronachi, M. Fagnola, F. Cozza, L. Ferraro, A. Borghesi, M. Ascagni, S. Farris, Wear effects on microscopic morphology and hyaluronan uptake in siloxane-hydrogel contact lenses, *J. Biomed. Mat. Res. B – Appl. Biomat.* (2014), DOI: 10.1002/jbm.b.33278.
22. M. Bettuelli, S. Trabattoni, M. Fagnola, S. Tavazzi, L. Introzzi, S. Farris, Surface properties and wear performances of siloxane-hydrogel contact lenses, *J. Biomed. Mat. Res. B – Appl. Biomat.* 101B (2013) 1585.
23. Epstein AB. Contact lens care products effect on corneal sensitivity and patient comfort. *Eye Contact Lens* 2006;32:128–132.
24. Zigler L, Cedrone R, Evans D, et al. Clinical evaluation of silicone hydrogel lens wear with a new multipurpose disinfection care product. *Eye Contact Lens* 2007;33:236–243.
25. Papas EB, Carnt N, Willcox MD, et al. Complications associated with care product use during silicone daily wear of hydrogel contact lens. *Eye Contact Lens* 2007;33:392–393.
26. Andrasko G, Ryen K. Corneal staining and comfort observed with traditional and silicone hydrogel lenses and multipurpose solution combinations. *Optometry* 2008;79:444–454.
27. Gorbet M, Postnikoff C. The impact of silicone hydrogel-solution combinations on corneal epithelial cells. *Eye Contact Lens* 2013;39:42–47.
28. C.W. Lievens, N. Hakim, A. Chinn, The effect of multipurpose solutions on the ocular surface. *Eye Contact Lens* 32 (2006) 8–11.
29. Dillehay SM, McCarter HE; AOSep Clear Care Study Group. A comparison of multi-purpose care systems. *Contact Lens Spectr* 2012;17:30.

30. Malet F. An acute clinical comparison of corneal staining and comfort associated with contact lens care solutions. *Cont Lens Anterior Eye* 2014; 37:351–357.
31. G. Young, R. Garofalo, O. Harmer, S. Peters. The effect of soft contact lens care products on lens modulu, *Cont Lens Anterior Eye* 33 (2010) 210–214.
32. M. Lira, S. Franco, J.B. Vazquez-Dorrio, M.E. Real Oliveira, M.F. Costa, Surface Roughness and Refractive Index Changes in Contact Lens Induced by Lens Care Systems. *Eye Contac Lens* 40 (2014) 140–147.
33. J.W. Chandler, Biocompatibility of hydrogen peroxide in soft contact lens disinfection: antimicrobial activity vs. biocompatibility – the balance, *Contact Lens Anter Eye* 16 (1990) S43–S45.
34. S. Chiericati, A. Borghesi, F. Cozza, L. Ferraro, M. Acciarri, S. Farris, S. Tavazzi, *Eye & Contact Lens*, (2016) doi: 10.1097/ICL.0000000000000253.
35. J E.P. Carney, W.L. Nash; K.B. Sentell, The adsorption of major tear film lipids in vitro to various silicone hydrogels over time. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 49 (2008) 120-124.
36. A.D. Pucker, M. Thangavelu, J.J. Nichols, In vitro lipid deposition and silicone hydrogel contact lenses. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 51 (2010) 6334-6340.
37. H. Lorentz, M. Heynen, D. Trieu D, S.J. Hagedorn, L. Jones, The impact of tear film components on in vitro lipid uptake. *Optom Vis Sci* 89 (2012) 856-867.
38. W.G. Pitt, K.X. Perez, N.K. Tam, E. Handly, J.A. Chinn, X.M. Liu, E.P. Maziarz, Quantitation of cholesterol and phospholipid sorption on silicone hydrogel contact lenses. *J Biomed Mater Res part B* 101 (2013) 1516-1523.
39. Brennan, N.A., Coles, M.-L.C., 2000. Deposits and symptomatology with soft contact lens wear. *Int. Cont. Lens Clin.* 27, 75-100.
40. A. Mann, B. Tighe, Contact lens interactions with the tear film, 88-98.