

Chemia płynów do pielęgnacji soczewek kontaktowych

Chemical properties of soft contact lens care products

Kamila Ciężar

Zakład Biofizyki Molekularnej, Pracownia Fizyki Widzenia i Optometrii, Wydział Fizyki,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu



NAJWAŻNIEJSZE

Skuteczność dezynfekcji jest głównym zadaniem płynu do pielęgnacji soczewek kontaktowych. Wybór odpowiedniego systemu pielęgnacji powinien w pełni odpowiadać potrzebom pacjenta.

HIGHLIGHTS

Disinfection efficiency is a fundamental requirement for soft contact lens care products. Choosing the right soft contact lens care system should meet patients' needs.

STRESZCZENIE

Wraz ze wzrostem liczby użytkowników soczewek kontaktowych rośnie potrzeba zwiększania skuteczności dezynfekcji płynów do pielęgnacji soczewek kontaktowych. Norma ISO 14729 określa zasady rejestracji płynów do pielęgnacji soczewek kontaktowych jako wyrobu medycznego. Niedawno powstały również dodatkowe standardy ISO 18259 oceniające skuteczność dezynfekcji w warunkach zbliżonych do rzeczywistych oraz uwzględniające skuteczność dezynfekcji wobec mikroorganizmów z rodzaju *Acanthamoeba*. Wyróżnia się dwie grupy płynów przeznaczonych do pielęgnacji soczewek kontaktowych: wielofunkcyjne płyny dezynfekujące do soczewek kontaktowych (MPDS, *multi-purpose disinfecting solutions*) oraz te na bazie nadtlenu wodoru (H_2O_2). Dopasowanie odpowiedniego płynu wymaga indywidualnego podejścia do potrzeb pacjenta.

Słowa kluczowe: płyny pielęgnacyjne do soczewek kontaktowych, dezynfekcja

ABSTRACT

Nowadays, an increasing number of contact lenses users has caused development of soft contact lens care products. The effective disinfection process is a fundamental requirement for soft contact lens care products. The ISO 14729 specifies rules for registration of contact lens care products as a medical device. Recently created ISO 18259 evaluates the real-world disinfection efficacy of a multipurpose contact lens solution and efficacy against clinically relevant pathogens, including *Acanthamoeba*. We distinguish two sets of soft contact lenses solutions: multipurpose disinfecting solutions (MPDS) and those based on hydrogen peroxide (H_2O_2). An individual approach to a patient results in choosing a most appropriate solution.

Key words: contact lens care products, disinfection

Statystyki wykazują ciągły wzrost liczby użytkowników soczewek kontaktowych. Zdecydowana większość to użytkownicy soczewek silikonowo-hydrożelowych. Szacuje się, że największą popularnością cieszą się soczewki miesięczne, następnie dwu- lub jednodniowe oraz jednodniowe [1]. Preferencje użytkowników soczewek co do trybu ich noszenia oraz wymiany skutkują wzrostem wymagań wobec płynów pielęgnacyjnych.

Producenci płynów dokładają starań, aby doskonalić swoje produkty, dostosowując je do oczekiwań pacjentów oraz do prężnie rozwijającej się produkcji coraz nowocześniejszych soczewek kontaktowych. Ma to skutkować maksymalizacją satysfakcji z noszenia soczewek i ich bezpieczeństwa dla zdrowia. Należy zwrócić szczególną uwagę na to, iż podstawowym zadaniem płynu do pielęgnacji soczewek kontaktowych jest dezynfekcja. Jej skuteczność stanowi również podstawowe kryterium pozwalające na rejestrację danego produktu jako wyrobu medycznego i sprzedawanie go jako płynu do pielęgnacji soczewek kontaktowych. Co dodatkowo istotne, każdy płyn do pielęgnacji powinien łączyć wystarczającą skuteczność odkażania z brakiem toksycznego wpływu na tkanki oka [2]. Używanie płynów do soczewek kontaktowych nie wymaga stosowania żadnych innych środków pielęgnacji.

Dezynfekcja definiowana jest jako usuwanie wegetatywnych form mikroorganizmów (co dopuszcza pozostawienie form przetrwalnikowych) [3]. Proces ten stanowi zatem najważniejszy etap pielęgnacji soczewek kontaktowych. Wszelkie nieprawidłowości w zakresie dezynfekcji często są przyczyną infekcji oczu, dlatego niezwykle istotne jest przestrzeganie standardów testowania i klasyfikacji produktów przeznaczonych do pielęgnacji soczewek kontaktowych.

Rejestracja płynu do pielęgnacji soczewek kontaktowych jako wyrobu medycznego odbywa się według obowiązującej procedury Międzynarodowej Organizacji Standaryzacji ISO 14729 pt. *Microbiological requirements and test methods for products and regimens for hygienic management of contact lenses* (Wymagania mikrobiologiczne i metody badań produktów oraz reguły związane z higieną użytkowania soczewek kontaktowych).

Według normy ISO 14729 płyn do pielęgnacji soczewek kontaktowych powinien skutecznie niszczyć pięć wybranych rodzajów mikroorganizmów należących do odpowiednich szczepów ATCC (*American Type Culture Collection*) [4]. W infekcjach oczu często stwierdza się obecność 3 następujących bakterii:

- *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 (gronkowiec złocisty, bakteria Gram-dodatnia)
- *Serratia marcescens* ATCC 13880 (pałeczka krwawa, bakteria Gram-ujemna)
- *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027 (pałeczka ropy błękitnej, bakteria Gram-ujemna)

oraz 2 grzybów:

- *Fusarium solani* ATCC 36301
- *Candida albicans* ATCC 10231 [2, 4].

Należy zwrócić uwagę, że obecna norma ISO nie uwzględnia oceny skuteczności dezynfekcji wobec pełzaków z rodziny *Acanthamoeba*, powodujących zapalenie rogówki, które charakteryzuje się ciężkim przebiegiem i trudnościami w leczeniu. W wielu przypadkach zapalenie to może prowadzić do utraty widzenia. Liczba zachorowań na pełzakowate zapalenie rogówki wzrasta, co jest ściśle związane z niestosowaniem się pacjentów do zaleceń specjalistów. Do zakażenia dochodzi m.in. poprzez kontakt soczewek z wodą basenową, a także w wyniku używania wody do przechowywania soczewek kontaktowych czy braku regularnego czyszczenia soczewek [5]. Prace ekspertów FDA oraz ISO nad standardem dezynfekcji wobec tej grupy mikroorganizmów przyczyniły się do powstania nowych kryteriów oceny skuteczności odkażania płynów do pielęgnacji soczewek kontaktowych. Norma ISO 18259: *Method to assess contact lens care product with contact lenses in a case, challenged with bacterial and fungal organisms*, ukazała się w październiku 2014 r. Skuteczność dezynfekcji płynów do pielęgnacji soczewek kontaktowych ma być sprawdzana w warunkach rzeczywistych z wykorzystaniem soczewek kontaktowych przechowywanych w płynach w minimalnym i maksymalnym czasie zalecanym przez producenta.

Na podstawie standardów ISO 14729 oceny skuteczności dezynfekcji płynów do pielęgnacji soczewek kontaktowych dokonuje się poprzez oszacowanie liczby mikroorganizmów, którą powinien niszczyć płyn w określonych procedurach. Liczbę zniszczonych mikroorganizmów szacuje się – zgodnie z zaleceniami zawartymi w standardach – logarytmem o podstawie 10. Dla przykładu: redukcja $1\log = 10^1$ oznacza dziesięciokrotny spadek liczby mikroorganizmów, z kolei w przypadku redukcji $2\log = 10^2$ mamy do czynienia ze stukrotną redukcją liczby mikroorganizmów [6, 7].

Procedura pozwalająca ocenić skuteczność dezynfekcji płynów do pielęgnacji soczewek kontaktowych przebiega według następującego schematu: pierwszy etap stanowi test *Stand Alone*, drugi zaś – test *Regimen*. W pierwszym etapie ocenie podlega sam płyn i jego skuteczność dezynfekcyjna w czasie zalecanym przez producenta. Co ważne, test ten przeprowadza się bez użycia soczewek kontaktowych. W ramach tej procedury badany płyn może być testowany dwukrotnie, w zależności od spełnianych kryteriów. Pierwszorzędowe kryterium tego testu to redukcja $3\log$ dla każdej bakterii oraz $1\log$ dla każdego z grzybów. Pomiar wykonywane są odpowiednio po upływie 25%, 50%, 75% oraz 100% zalecanego czasu dezynfekcji. Dodatkowo wykonuje się pomiar pozostałości grzybów po upływie 400%

zalecanego czasu dezynfekcji. Spełnienie pierwszorzędowego kryterium jest równoznaczne z rejestracją substancji jako dezynfekującego płynu do pielęgnacji soczewek kontaktowych (MPDS, *multi-purpose disinfection solution*). W przypadku gdy dany produkt nie redukuje liczby mikroorganizmów w wymaganym stopniu, przechodzi on przez etap kwalifikacji do testu *Regimen*, już z zastosowaniem soczewek kontaktowych. Warunek kwalifikacji stanowi spełnienie drugorzędowego kryterium testu *Stand Alone*, które polega na wykazaniu braku przyrostu liczby grzybów oraz, na redukcji 1log dla każdej bakterii osobno lub o łącznym 5log redukcji dla wszystkich bakterii. W teście *Regimen* wykorzystywane są soczewki należące do każdej z grup FDA (*Food and Drug Administration*). Podział ten opiera się na klasyfikacji soczewek kontaktowych ze względu na ich zawartość wody oraz jonowość materiału. Wyróżniono 4 grupy soczewek: I – niejonowe z zawartością wody poniżej 50%, II – niejonowe z zawartością wody równą lub wyższą niż 50%, III – jonowe z zawartością wody mniejszą niż 50%, IV – niejonowe z zawartością wody równą lub wyższą niż 50%. Test *Regimen* sprawdza skuteczność dezynfekcji danego płynu po zastosowaniu zalecanej przez producenta procedury pocierania i spłukiwania. Ocenie podlega liczba przetrwałych mikroorganizmów na soczewce kontaktowej oraz w przefiltrowanym płynie. Norma zakłada obecność nie więcej niż 10 mikroorganizmów każdego rodzaju, co daje nam w przybliżeniu redukcję ok. 5–6log. Kryterium to musi zostać spełnione dla każdej z grup soczewek. Powodzenie procedury pozwala na rejestrację danego płynu jako płynu, którego zastosowanie jest częścią procesu dezynfekcji (MPS, *multipurpose solution*) [6, 7].

Można wyróżnić dwie grupy płynów przeznaczonych do dezynfekcji i czyszczenia miękkich soczewek kontaktowych [11]. Pierwszą z nich stanowią wielofunkcyjne płyny dezynfekujące do soczewek kontaktowych (MPDS), które w swoim składzie zawierają wybrany środek dezynfekujący. Odrębną grupę stanowią płyny wykorzystujące do dezynfekcji nadtlenek wodoru (H_2O_2) [8]. Wyróżnione grupy płynów wykazują różne mechanizmy kontroli wzrostu drobnoustrojów, a co z tym związane, mogą również wchodzić w różne interakcje z tkankami oka.

Część składników płynów może zostać przeniesiona do tkanki oka podczas użytkowania. Co więcej, część z nich może zostać zaabsorbowana przez powierzchnię soczewki i być uwalniana podczas noszenia. Stąd wynika duże znaczenie zachowania równowagi między skutecznością dezynfekcji a wydajnością kliniczną związaną z komfortem użytkownika oraz bezpieczeństwem pacjenta.

Spośród pierwszej grupy płynów najczęściej stosowane środki dezynfekujące stanowią konserwanty: *polyhexamethylene biguanide* (PHMB), *polyquaterinium-1* (Polyquad), *myristamidopropyl dimethylamine* (Aldox) [2].

PHMB stanowi polimer kationowy. W wielofunkcyjnych płynach do soczewek kontaktowych stosowany jest w stężeniu 1 ppm, co stanowi $10^{-4}\%$ [2]. W przemyśle kosmetycznym dopuszcza się stosowanie PHMB jako środka dezynfekującego w stężeniu nieprzekraczającym 0,3% [9]. Należy również dodać, że w stężeniu 5 ppm związek ten wykazuje aktywność wobec pełzaków z rodziny *Acanthamoeba* [9]. PHMB [2, 6] stosuje się również jako środek konserwujący o szerokim spektrum działania. Jest rozpuszczalny w wodzie, dzięki czemu z powodzeniem wykorzystuje się go w produktach, których głównym składnikiem jest woda. Skutecznie niszczy bakterie Gram-dodatnie, Gram-ujemne oraz grzyby i drożdże. Szczególną aktywność wykazuje wobec drobnoustrojów należących do grupy bakterii Gram-ujemnych *Pseudomonas* [9]. Jego mechanizm działania polega na silnym wiązaniu się z ujemnie naładowanymi fosfolipidami zawartymi w błonach komórkowych bakterii. Prowadzi to do zwiększonej płynności i przepuszczalności błon, a wreszcie do utraty ich integralności i śmierci organizmu. PHMB może być również transportowany do cytoplazmy, gdzie prowadzi do zaburzenia metabolizmu komórki. Najwyższą aktywność PHMB wykazuje w zakresie pH równym 5–6 [7].

Polyquaterinium-1 również stanowi polimer kationowy. W płynach pielęgnacyjnych do soczewek kontaktowych stosowany jest w stężeniu 10 ppm. W jego budowie wyróżniamy charakterystyczne czwartorzędowe grupy amonowe (*quaternary ammonium groups*). Związek ten zaburza integralność błon komórkowych mikroorganizmów [2].

Myristamidopropyl dimethylamine stanowi składnik kationowy należący do grupy amidoamin. Wykorzystywany jest w stężeniu 5 ppm [10].

Wielkości cząstek poszczególnych składników określono według następującego kryterium: małe (*small*) < 1 kDa, średnie (*medium*) < 3 kDa, duże (*large*) > 5 kDa. Zgodnie z nim cząstki *myristamidopropyl dimethylamine* są małe, PHMB – średnie, *polyquaterinium-1* zaś – duże [11].

Badania wskazują na interakcję między materiałem soczewek kontaktowych a środkami do ich konserwacji: na zjawisko wchłaniania i stopniowego uwalniania środków przeznaczonych do dezynfekcji po ich aplikacji [11]. Wykazano, że niewielkie cząsteczki *myristamidopropyl dimethylamine* będą w większym stopniu pochłaniane przez materiały hydrofobowe, czyli soczewki z większą zawartością silikonu. Z kolei cząsteczki PHMB z większą łatwością będą wnikały w materiały hydrożelowe o wysokiej zawartości wody [11]. Przeprowadzono również badania mające na celu sprawdzenie wpływu środków dezynfekujących na parametry soczewek takie jak: promień krzywizny, grubość centralna czy moc czołowa. Nie odnotowano jednak istotnych różnic [8]. Zmianie ulega natomiast moduł sztywności soczewek. Zauważono wyraźne interakcje między materiałem soczewki a składnikami i rodzajem płynu do pielęgnacji soczewek kontaktowych [12]. Zmiany te mogą być wynikiem oddzia-

ływania zaabsorbowanych cząsteczek środków dezynfekujących na wiązania wodorowe łańcuchów polimerowych materiałów soczewek kontaktowych. W rezultacie prowadzi to do zmiany struktury polimerów [12]. Badania porównujące reakcje fizjologiczne i subiektywne pacjentów pokazały, że korzystanie z płynów zawierających PHMB powodowało wzrost barwienia rogówki i spojówki oraz większy dyskomfort wśród pacjentów po założeniu soczewki kontaktowej [8, 13].

Wielofunkcyjne płyny do soczewek kontaktowych zawierają również czynniki chelatujące, dodatkowo wspierające proces dezynfekcji. Najczęściej wykorzystuje się kwas etylenodiaminotetraoctowy (EDTA, sól sodową), przeważnie w stężeniu 0,05%. Ma on silne właściwości chelatujące, dzięki czemu działa aktywnie zarówno w procesie oczyszczania soczewek z osadów białkowych (poprzez wiązanie się z jonami metali, za pomocą których białka wiążą się z powierzchnią soczewek), jak i w procesie dezynfekcji (z uwagi na połączenie z jonami metali umieszczonymi na powierzchni błon komórkowych, co uniemożliwia proces metabolizmu bakterii) [6].

Dodatkowo wykorzystywane są również surfaktanty, czyli substancje powierzchniowo czynne. Ich funkcja polega na usuwaniu osadów białkowych, lipidowych oraz innych zanieczyszczeń. Usuwanie tych zanieczyszczeń wynika z budowy molekuł: jeden ich koniec jest hydrofobowy, a drugi hydrofilowy, dzięki czemu możliwe jest wytworzenie struktury miceli z lipidem zamkniętym w środku. Spośród surfaktantów można wyróżnić m.in. poloksamer 407 o stężeniu 0,05% i poloksaminę w stężeniu 1% [6].

Utrzymywaniu odpowiedniego pH płynu (warunkującemu skuteczne działanie pozostałych składników) służą m.in. bufony boranowe i fosforanowe [6].

Odrębną grupę stanowią płyny, w których wykorzystuje się do dezynfekcji nadtlenek wodoru (H_2O_2) o stężeniu 3% [14]. Wyróżnia się jednostopniowy i dwustopniowy proces (*one-step H_2O_2 solutions*, *two-step H_2O_2 solutions*). Pierwszy z nich wykorzystuje umieszczony wewnątrz pojemnika na soczewki kontaktowe platynowy dysk do katalizy H_2O_2 do wody (H_2O) i tlenu (O_2). Dwustopniowy proces dezynfekcji wymaga dodania do płynu czynnika neutralizującego – pirogronianu sodu – po zalecanym przez producenta czasie dezynfekcji (zazwyczaj po 4–6 h) [8, 14].

Badania porównujące skuteczność płynów oksydacyjnych wobec *Acanthamoeba polyphaga* wykazały, że zarówno proces dwustopniowy, jak i jednostopniowy jest skuteczny wobec formy trofozoidów (redukcja 3log). Różnice odnotowano w skuteczności wobec formy cyst, gdzie dla systemu jednostopniowego uzyskano wartość < 1 log, z kolei dla systemu dwustopniowego – 3log [14]. Wykazano jednak, że wobec formy cyst *Acanthamoeba castellanii* płyny oksydacyjne są o wiele skuteczniejsze niż wielofunkcyjne płyny do pielęgnacji soczewek kontaktowych [15].

Co istotne, okazało się jednak, że podczas dłuższego przechowywania soczewek w zneutralizowanym roztworze nadtlenu wodoru może dochodzić do ponownego wzrostu drobnoustrojów [8].

Ponieważ związek nadtlenu wodoru wykazuje wysoką toksyczność dla tkanek oka, ponowne założenie soczewki kontaktowej powinno nastąpić po całkowitej neutralizacji w celu uniknięcia łzawienia, przekrwienia oraz możliwego uszkodzenia rogówki [14]. Wyniki badań wyraźnie wskazują na ryzyko niestosowania się do zaleceń. Wykazano istotne zmiany pH płynu przed neutralizacją oraz po niej w przypadku systemu dwustopniowego, gdzie niezneutralizowany płyn wykazywał pH rzędu 3, natomiast w przypadku systemu jednostopniowego odnotowano wartości ok. 6. Zakres pH akceptowalny dla tkanek oka wynosi 6,2–9 [16]. Odnotowano również znaczący spadek osmolarności po neutralizacji płynu z wartości rzędu 1320 mOsm/kg w systemie jednostopniowym i 945 mOsm/kg w systemie dwustopniowym do poziomu zbliżonego do osmolarności filmu łzowego wynoszącej 305 Osm/kg [16].

Płyny na bazie nadtlenu wodoru często są wzbogacone o surfaktanty w celu osiągnięcia wyższej skuteczności dezynfekcji [6]. Środki te są pozbawione konserwantów, dzięki czemu z powodzeniem mogą być polecane użytkownikom wrażliwym na konserwanty i inne związki chemiczne. Porównanie stopnia barwienia rogówki związanego z użytkowaniem wybranego płynu do pielęgnacji soczewek kontaktowych ujawniło wyraźnie mniejszy stopień barwienia płynów na bazie nadtlenu wodoru niż wielofunkcyjnych płynów do soczewek kontaktowych [17]. Przeprowadzono również bardzo ciekawe badania porównujące zagęszczenie komórek odpornościowych w rogówce w zależności od rodzaju stosowanego płynu. Wykazano wyraźne różnice w zagęszczeniu komórek w zależności od rodzaju używanych soczewek: wyższe wartości dla soczewek silikonowo-hydrożelowych niż dla soczewek hydrożelowych (odpowiednio: od 69 ± 77 komórek/ mm^2 do 47 ± 44 komórki/ mm^2 ; wartość dla grupy kontrolnej: 24–34 komórki/ mm^2). Stosowanie płynów na bazie nadtlenu wodoru skutkowało większym zagęszczeniem komórek odpornościowych w porównaniu z płynami wielofunkcyjnymi na bazie PHMB (85 ± 112 komórek/ mm^2 , 66 ± 44 komórki/ mm^2) [18].

Co więcej, płyny na bazie nadtlenu wodoru usuwają zanieczyszczenia zgromadzone nie tylko na powierzchni soczewek, ale działają również w strukturze soczewki. Wynika to z niewielkiej masy i rozmiaru cząsteczek w porównaniu z porowatością soczewki kontaktowej [6].

Trudno o ocenę, która grupa płynów jest lepsza. Co ważne, należy pamiętać, że dopasowanie zarówno soczewek kontaktowych, jak i płynów do pielęgnacji wymaga indywidualnego podejścia do potrzeb pacjenta. Niezmiernie znaczące są również edukacja pacjenta oraz przekazanie mu odpowiednich zaleceń. W każdym przypadku specjaliści powin-

ni wskazywać na potrzebę dodatkowego mechanicznego czyszczenia soczewek kontaktowych, co istotnie zwiększa redukcję log. Ważne są również całkowita wymiana płynu, w którym przechowujemy soczewki, i bezwzględny zakaz dolewania. Wydanie odpowiednich rekomendacji oraz dokładne wyjaśnienie procedur postępowania jest niezwykle istotne z klinicznego punktu widzenia. Warto również na każdej wizycie kontrolnej sprawdzać sposób postępowania pacjenta z soczewkami kontaktowymi i ich pielęgnacji. Dodatkowo warto się posługiwać instrukcjami prawidłowego postępowania, w razie wątpliwości zawsze dostępnymi dla pacjenta (w wersji elektronicznej lub papierowej). Dostępna szeroka gama płynów do pielęgnacji soczewek kontaktowych może się więc okazać pomocna. Poznanie dokładnej specyfikacji produktów i ich możliwych interakcji

z różnymi materiałami soczewek stanowi kolejny ważny element wyboru właściwego płynu. Jak widzimy, szereg przeprowadzonych badań klinicznych okazuje się skutecznym drogowskazem w znajdowaniu rozwiązań nastawionych na dobro pacjentów.

ADRES DO KORESPONDENCJI

Mgr Kamila Ciężar

Zakład Biofizyki Molekularnej, Wydział Fizyki, Uniwersytet
im. Adama Mickiewicza w Poznaniu
61-614 Poznań, ul. Umultowska 85
tel.: 517-248-400
e-mail: kamila.ciezar@amu.edu.pl

Piśmiennictwo

1. Nichols JJ. Growth in some specialty areas and consensus on lens discomfort highlighted an otherwise stable year. *Contact Lens Spectrum* 2014; 29: 22-28.
2. Hom M, Simmons P. Current multipurpose solution concepts. *Contact Lens Spectrum* 2001; 16(9): 33-39.
3. Disinfection, sterilization, and preservation. Block SS. (ed.). Lippincott Williams & Wilkins 2001.
4. Rosenthal RA, Sutton SV, Schleich BA. Review of standard for evaluating the effectiveness of contact lens disinfectants. *PDA J Pharm Sci Technol* 2002; 56(1): 37-52.
5. Kosik-Bogacka D, Czepita D, Łanocha D. Amoebas of the genus *Acanthamoeba* as an etiological factor of keratitis. *Klinika Oczna* 2010; 4-6.
6. Efron N. *Contact lens practice*. Elsevier Health Sciences 2010.
7. Hübner NO, Kramer A. Review on the efficacy, safety and clinical applications of polyhexanide, a modern wound antiseptic. *Skin Pharmacol Physiol* 2010; 23(suppl. 1): 17-27.
8. Willcox M. Hydrogen peroxide versus multipurpose disinfecting solutions, what are the differences? [online: http://www.siliconehydrogels.org/editorials/jul_08.asp].
9. Scientific Committee on Consumer Safety SCCS OPINION ON the safety of poly(hexamethylene) biguanide hydrochloride (PHMB) [online: ec.europa.eu/health/scientific_committees/consumer_safety/docs/sccs_o_157.pdf].
10. Hughes R, Dart J, Kilvington S. Activity of the amidoamine myristamidopropyl dimethylamine against keratitis pathogens. *J Antimicrob Chemother* 2003; 51(6): 1415-1418.
11. Jones L, Powell CH. Uptake and release phenomena in contact lens care by silicone hydrogel lenses. *Eye Contact Lens* 2013; 39(1): 29-36.
12. Young G, Garofalo R, Harmer O, et al. The effect of soft contact lens care products on lens modulus. *Cont Lens Anterior Eye* 2010; 33(5): 210-214.
13. 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(12): 753-761.
14. Hughes R, Kilvington S. Comparison of hydrogen peroxide contact lens disinfection systems and solutions against *Acanthamoeba polyphaga*. *Antimicrob Agents Chemother* 2001; 45(7): 2038-2043.
15. Aksozek A, McClellan K, Howard K, et al. Resistance of *Acanthamoeba castellanii* cysts to physical, chemical, and radiological conditions. *J Parasitol* 2002; 88(3): 621-623.
16. Dalton K, Subbaraman LN, Rogers R, et al. Physical properties of soft contact lens solutions. *Optom Vis Sci* 2008; 85(2): 122-128.
17. Andrasko G, Ryen K. Corneal staining and comfort observed with traditional and silicone hydrogel lenses and multipurpose solution combinations. *Optometry* 2008; 79(8): 444-454.
18. Sindt CW, Grout TK, Critser DB, et al. Dendritic immune cell densities in the central cornea associated with soft contact lens types and lens care solution types: a pilot study. *Clin Ophthalmol* 2012; 6: 511.