
INSPIROWANE NAUKĄ O ŁZACH

Lepsze zrozumienie tematu wzajemnych oddziaływań soczewki kontaktowej z okiem i filmem łzowym pomaga w opracowywaniu nowych technologii materiałowych – jak donoszą **Bart Johnson, dr Brian Pall i dr Charles Scales**

Łzy są niezbędne do utrzymania zdrowej powierzchni oka i utworzenia przeziernej struktury optycznej. Gdyby nie łzy, nie byłibyśmy w stanie uzyskać na siatkówce wyraźnego obrazu, który pozwala nam dokładnie postrzegać nasze otoczenie i siebie nawzajem. Film łzowy ma złożoną i wieloskładnikową strukturę, która pozwala mu na skuteczne wypełnianie swojej roli.

Sama woda nie byłaby w stanie odpowiednio odżywiać i chronić delikatnego nabłonka rogówki i spojówki oraz nie zapewniałaby nam wyraźnego i stabilnego widzenia, z którego korzystamy na co dzień. Ludzki film łzowy ma optymalne właściwości, pozwalające mu spełniać jeszcze jedną rolę tj. tworzenie gładkiej, przejrzystej optycznie i załamującej światło warstwy przejściowej pomiędzy hydrofilowym wnętrzem oka a hydrofobowym otoczeniem (powietrzem).

Warstwa przejściowa jest stabilizowana przez synergiczne oddziaływania pomiędzy hydrofilowymi, amfifilowymi i lipofilowymi składnikami filmu łzowego, w tym mucynami, białkami i tłuszczami.

Wszystkie składniki uzupełniają się wzajemnie zapewniając stale smarowanie, nawilżanie, wygładzanie, natlenianie, odprowadzanie produktów przemiany materii oraz ochronę powierzchni oka w trakcie cyklu mrugania i pomiędzy cyklami.

► ZŁOŻONA STRUKTURA

Tradycyjnie przedstawiając strukturę filmu łzowego w uproszczeniu podajemy, że składa się z trzech warst: mucynowej, wodnej i lipidowej. Przeprowadzone ostatnio badania wykazały, że struktura filmu łzowego jest o wiele bardziej złożona i składa się na nią ponad 18 rodzajów mucyn, 491 białek (zidentyfikowanych dotychczas) i co najmniej 153 typy lipidów. Wszystkie składniki oddziałują na siebie, zapewniając trwałość struktury filmu łzowego i pełniąc jednocześnie indywidualne funkcje.¹⁻³ Każda z trzech głównych warstw filmu łzowego ma złożoną strukturę i pełni różnorodne funkcje. Warstwa stanowiąca podstawę filmu łzowego składa się z mucyn, przebiegających od wnętrza

komórek nabłonka rogówki, przez hydrofobową błonę komórkową aż do przestrzeni zewnątrzkomórkowej. Nazywane glikokaliksem, opisane mucyny o dużej masie cząsteczkowej są jednym końcem zakotwiczone w rogówce, jednak ich hydrofilowe ogonki wnikają do warstwy wodnej filmu łzowego i przytrzymują ją przy powierzchni komórek nabłonka rogówki (*Rycina 1*).

Ze względu na dużą hydrofobowość błon komórkowych, bez pomocy mucyn glikokaliksu, łzy nie utrzymałyby się na powierzchni rogówki i spływałyby z niej podobnie jak woda z patelni z teflonową powłoką. Jednocześnie, mucyny zapobiegają adhezji nabłonka rogówki do spojówki tarczowej.

Funkcje mucyn wchodzących w skład filmu łzowego opisano skrótowo w Tabeli 1.

► WIĘCEJ NIŻ WODA

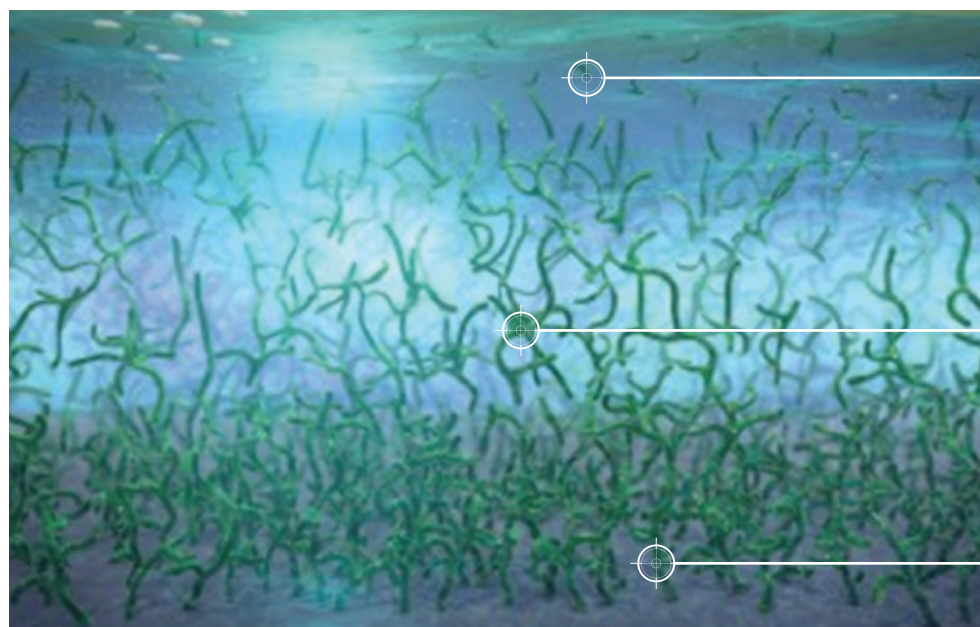
Inne mucyny pływają swobodnie w warstwie wodnej filmu łzowego, którego rolą jest oczyszczanie, ochrona i transportowanie składników odżywczych oraz tlenu do rogówki.⁴

Warstwa wodna składa się nie tylko z wody, zawiera również cząstki chemiczne różnej wielkości, w tym 491 zidentyfikowanych dotąd białek, a także zanieczyszczenia przenikające z otoczenia, które są usuwane drogą odpływu łez.³

► CO WIEMY O LIPIDACH

Nad warstwą wodną znajduje się złożona i nieco słabiej poznana warstwa lipidowa. Kiedyś uznawano ją jedynie za mało złożoną barierę, zapobiegającą odparowywaniu filmu łzowego. Składa się ona jednak, z co najmniej dwóch warstw zawierających lipidy polarne (w miejscu łączenia się warstwy wodnej z lipidową; m. in. tłuszczy zawierających fosfor) oraz grubszej warstwy lipidów niepolarnych (takich jak woski, trójglicerydy i estry cholesterolu), znajdującej się nad warstwą lipidów polarnych i stykającej się z powietrzem.⁵

Warstwa lipidowa wspomaga smarowanie powierzchni, zapobiega odparowywaniu warstwy wodnej i pomaga utrzymać gładką powierzchnię optyczną.



Mucyny pływające swobodnie w warstwie wodnej

Ogonki hydrofilowe

Mucyny filmu łzowego zakotwiczone w rogówce

Rycina 1. Mucyny o dużej masie cząsteczkowej z jednej strony są zakotwiczone w rogówce, a ich hydrofilowe ogonki wnikają do warstwy wodnej filmu łzowego i przytrzymują ją przy powierzchni komórek. Ze względu na dużą hydrofobowość błon komórkowych, bez mucyn przyczepionych do błon komórkowych, łzy spływałyby z powierzchni rogówki (ilustracje mają wyłącznie charakter poglądowy).

Tabela 1. Funkcje mucyn w filmie łzowym

▶ zakotwiczenie i stabilizowanie filmu łzowego
▶ ochrona powierzchni oka przed abrazją rogówki poprzez tworzenie glikokaliksu
▶ smarowanie powierzchni komórek zapobiegające przyłgnięciu nabłonka rogówki do spojówki tarczowej
▶ zmniejszanie naprężeń ścinających podczas mrugania.

Bez udziału pośredniej amfifilowej (np. jednocześnie hydrofilowej i lipofilowej) warstwy fosfolipidów polarnych, lipidy niepolarne byłyby słabo rozproszzone na warstwie wodnej i tworzyłyby mniej stabilną warstwę lipidową, co prowadziłoby do szybszego przerwania filmu łzowego.⁵

▶ WPŁYW SOCZEWEK KONTAKTOWYCH

W zdrowym oku składniki filmu łzowego harmonijnie współdziałają ze sobą. W przypadku zaburzenia funkcji filmu łzowego np. w przebiegu zespołu suchego oka lub w wyniku przyjmowania leków ogólnoustrojowych, dochodzi do zakłócenia działania opisanego wyżej systemu, co prowadzi do uczucia suchości i dyskomfortu, barwienia rogówki, przekrwienia spojówki oraz zaburzeń widzenia.

Ponadto, codzienne przebywanie w różnych warunkach otoczenia oraz wykonywanie czynności obciążających wzrok może mieć wpływ na jakość i komfort widzenia. Jako przykłady można wymienić przebywanie w pomieszczeniach klimatyzowanych lub zadymionych oraz długotrwałą pracę z użyciem urządzeń cyfrowych.

Soczewka kontaktowa diametralnie zmienia warunki panujące na powierzchni oka. Obecność soczewki na oku może wpływać na produkcję mucyn, tempo przepływu warstwy wodnej filmu łzowego oraz stężenie niektórych białek w filmie łzowym.⁶ Po założeniu soczewki kontaktowej, film łzowy zostaje „rozdzielony”, a pełniąc tak

istotną rolę warstwa mucynowa zostaje uwięziona pod soczewką, znacznie redukując objętość warstwy wodnej i zaburzając warstwę lipidową.⁷ Cieńsza przedsoczewkowa warstwa filmu łzowego odparowuje szybciej, co skraca czas przerwania filmu łzowego i może niekorzystnie wpływać na jakość widzenia.⁸

▶ NAŚLADOWANIE WŁAŚCIWOŚCI ŁEZ

Idealna soczewka kontaktowa stwarzałaby na swojej powierzchni warunki podobne do panujących na powierzchni oka, co mogłoby pomóc w złagodzeniu niekorzystnego wpływu noszenia soczewek kontaktowych na film łzowy oraz stykające się z soczewką struktury oka.

W tym celu, miękka soczewka kontaktowa musiałaby mieć właściwości podobne do właściwości łez, oddziałując i wspomagając nie tylko komponent wodny, ale również wszystkie składniki filmu łzowego tj. mucyny, warstwę wodną i lipidy. Na przykład, jeżeli soczewka kontaktowa ma naśladować właściwości powierzchni rogówki, musi być w stanie skutecznie odtworzyć na swojej powierzchni warstwę mucyn, które będą wspomagać smarowanie i, co równie ważne, zmniejszać tarcie.

Można zadać sobie pytanie, co się dzieje w sytuacji, gdy siły tarcia pomiędzy powieką a powierzchnią oka rosną wraz z upływem czasu użytkowania soczewek, na przykład w sytuacji spadku smarowności powierzchni soczewki kontaktowej pod koniec dnia? W takiej sytuacji ruch

powieki po powierzchni stawiającej coraz większy opór, powtarzający się tysiące razy dziennie, może skutkować znacznym wzrostem pracy fizycznej dla oka.⁹

Zjawisko to jest skorelowane z powszechnie zgłaszanym przez pacjentów komfortem w pewnych, określonych warunkach, który przeradza się w dyskomfort lub „zmęczenie oczu” wraz ze zmianą warunków otoczenia, wykonywanych czynności czy upływem czasu noszenia soczewek.^{7,10}

Ponadto, oprócz utrzymywania integralności właściwości fizycznych filmu łzowego i jego składników, soczewka kontaktowa powinna również pozwalać na zachowanie naturalnej postaci funkcjonalnych elementów łez. Przykładami takiego działania jest zapobieganie denaturacji białek ochronnych (takich jak lizozym), którą powodować może temperatura, wysychanie soczewki czy kontakt z powietrzem lub substancjami chemicznymi, oraz ochrona lipidów przed utlenianiem i degeneracją wywoływaną przez ekspozycję na promieniowanie ultrafioletowe.¹¹

► W STRONĘ NOWYCH TECHNOLOGII

Komfort noszenia jest nadal kluczową cechą soczewek kontaktowych, a suchość oczu i dyskomfort są objawami najczęściej zgłaszanymi przez osoby rezygnujące ze stosowania soczewek.¹²

Dyskomfort jest często opisywany jako uczucie suchości oczu, przy czym kilka cech filmu łzowego ma związek z powstawaniem suchości oczu związanej z noszeniem soczewek kontaktowych.⁸

Klinicznie, przyczyny dyskomfortu są bardzo złożone i nie można wskazać jednego czynnika odpowiedzialnego za wywoływanie dyskomfortu; na powstawanie tego problemu potencjalnie składa się wiele czynników. Częstość występowania dyskomfortu podczas noszenia soczewek kontaktowych oraz jego negatywne skutki sprawiają, że dla badaczy kluczowym jest zaprojektowanie takiej soczewki, która zapewni trwały komfort i smarowność przez cały dzień.

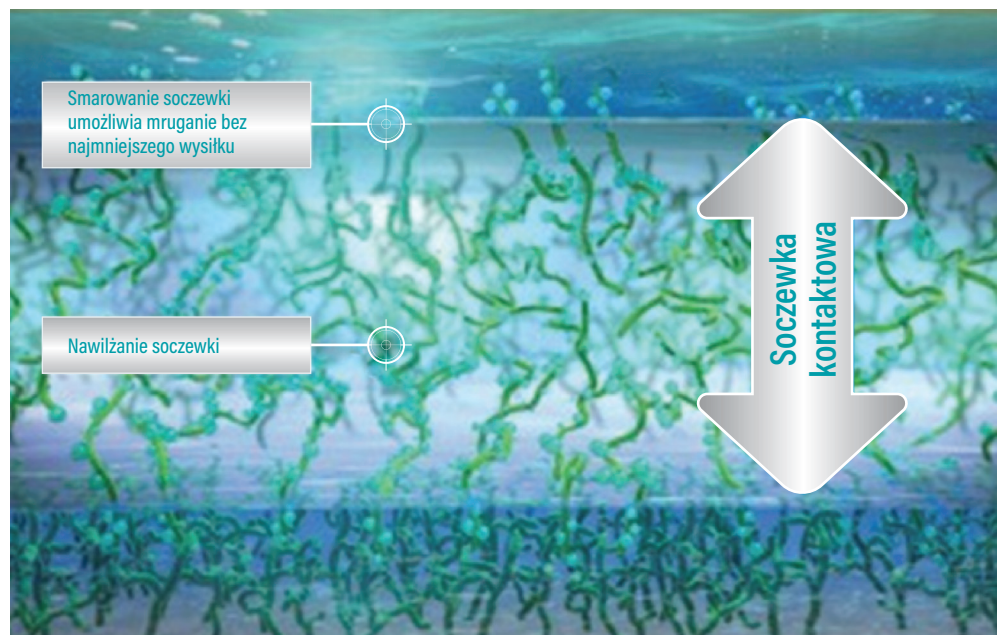
Tabela 2. Właściwości miękkiej soczewki kontaktowej przyjaznej dla filmu łzowego

► utrzymanie integralności fizycznej filmu łzowego i jego komponentów
► utrzymanie naturalnej postaci funkcjonalnych składników filmu łzowego
► ochrona białek (takich jak lizozym) przed denaturacją, którą wywołać mogą temperatura, wysychanie soczewki i kontakt z substancjami chemicznymi
► ochrona przed utlenianiem lipidów powodowanym przez ekspozycję na promieniowanie ultrafioletowe

Jest to ważne, nie tylko dlatego, że pozwala komponentom filmu łzowego pełnić właściwe im funkcje, ale również dlatego, że w badaniach in vitro wykazano, iż degeneracja białek i lipidów występujących naturalnie w filmie łzowym prowadzi do uwalniania markerów prozapalnych, które mogą być drażniące dla oka.⁵

Właściwości soczewki kontaktowej przyjaznej dla filmu łzowego podano w Tabeli 2.

Producenci stosowali różne metody w celu utworzenia stabilnej warstwy przedsoczewkowego filmu łzowego, m.in. pokrywając powierzchnię soczewki różnymi powłokami lub tworząc powierzchnie jonowe. Jedną z metod jest zastosowanie nowej technologii, współdziałającej harmonijnie ze złożoną strukturą naturalnego filmu łzowego.



Rycina 2. Ilustracja przedstawiająca materiał soczewki kontaktowej złożony z ulepszonej sieci molekuł przypominających film łzowy, uwodnionego silikonu o wysokiej tlenotransmisyjności, łączącego się z filmem łzowym pacjenta.

Badacze pracują nad materiałem soczewki kontaktowej składającym się z sieci cząstek, przypominających strukturę łez z dodatkiem uwodnionego silikonu o wysokiej tlenotransmisyjności, zintegrowanym z filmem łzowym pacjenta (*Rycina 2*). Sieć cząstek przypominających film łzowy ma jednorodną strukturę w całej objętości soczewki oraz charakteryzuje się niezmiennym działaniem przez cały dzień. Soczewki zaprojektowano tak, aby współdziałały z kluczowymi składnikami filmu łzowego, zapewniając smarowanie i nawilżenie soczewki oraz utrzymywały właściwości filmu łzowego przez cały dzień (tzw. Tear-infused Design – Technologia Zintegrowanej Łzy).

Mając podstawową wiedzę na temat wzajemnych oddziaływań pomiędzy materiałami soczewek kontaktowych a okiem i filmem łzowym, możemy opracowywać nowe technologie, umożliwiające specjalistom dokonywanie lepszych wyborów i realizowanie potrzeb pacjentów. Dzięki zrozumieniu pacjenta i poznaniu naukowych podstaw interakcji pomiędzy okiem i soczewką kontaktową, stwarzamy ogromną szansę na bogatszy dialog pomiędzy specjalistami i pacjentami.

Bart Johnson jest Senior Managerem ds. Badań i Rozwoju, dr Brian Pall jest optometrystą i głównym badaczem, a dr Charles Scales jest starszym pracownikiem naukowym w Johnson & Johnson Vision Care Inc USA. Powyższą publikację opracowano na podstawie artykułu opublikowanego w wydaniu specjalnym (USA) Optometric Management (Johnson B, Pall B and Scales CW. Inspired by the science tears. Optom Man 2015; July: 13-16).

Artykuł został opublikowany w magazynie „Optician”. Johnson et al. Inspired by the Science of Tears. Optician (2016) 251; 6551:

Tłumaczył: Piotr Kamiński

Redakcja: mgr Sylwia Chrobot

Kierownik ds. Rynku Medycznego Johnson & Johnson Vision Care Companies Polska i Kraje Bałtyckie 32-34

Piśmiennictwo

1. Mantelli F and Argüeso P. Functions of ocular surface mucins in health and disease. *Curr Opin Allergy Clin Immunol* 2008;8:5 477-83.
2. de Souza GA, Godoy LM and Mann M. Identification of 491 proteins in the tear fluid proteome reveals a large number of proteases and protease inhibitors. *Genome Biology* 2006;7:8 R72.
3. Rantamäki AH, Seppänen-Laakso T, Oresic M et al. Human tear fluid lipidome: from composition to function. *PLoS One* 2011;6:5 e19553.
4. Abelson M, Dartt D and McLaughlin J. Mucins: foundation of a good tear film. *Review of Ophthalmology*. November 7, 2011. www.reviewofophthalmology.com/content/d/therapeutic_topics/c/30968. Accessed September 2, 2015.
5. Green-Church KB, Butovich I, Willcox M et al. The International Workshop on Meibomian Gland Dysfunction: Report of the Subcommittee on Tear Film Lipids and Lipid-Protein Interactions in Health and Disease. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011;52:4 1979-93.
6. Rohit A, Willcox M and Stapleton F. Tear lipid layer and contact lens comfort: a review. *Eye Contact Lens* 2013;39:3 247-53.
7. Nichols JJ, Willcox MDP, Bron AJ et al. The TFOS International Workshop on Contact Lens Discomfort: Executive Summary. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2013;54:TFOS7-TFOS13.
8. Nichols JJ and Sinnott LT. Tear film, contact lens, and patient-related factors associated with contact lens-related dry eye. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2006;47:1319-28.
9. Tosatti S, Sterner O, Aeschlimann R et al. Tribological classification of contact lenses – from coefficient of friction to sliding work: can contact lens wear help you burn calories? Paper presentation at Netherlands Contactlens Congress, March 2016.
10. Mathews K, Daigle B, Alford J et al. Exploring variability in soft contact lens performance throughout the day. *Optician* 2016;251:6546 32-34.
11. Buch J, Canavan K, Fadli Z et al. The tear film and contact lens wear. *Contact Lens Spectrum* 2015;31:2 34-37.
12. Richdale K, Sinnott LT, Skadahl E et al. Frequency of and factors associated with contact lens dissatisfaction and discontinuation. *Cornea* 2007;26:168-174.