



Ryc. 2. Przebieg operacji usunięcia krwi z komory przedniej. Przez cięcie na godz. 11 podawany jest hialuronat sodu wypełniający i wypychający krew z komory przedniej poprzez cięcie rogówkowe na godz. 5.

tu, który wypełniając komorę i nie ulegając zmieszaniu z krwią wypychał ją przez wykonane po stronie przeciwnej cięcie rogówkowe pozwalając ograniczyć do minimum manipulacje narzędziami w obrębie komory. Wielką zaletą zastosowania soli sodowej kwasu hialuronowego jest możliwość wykonania całej operacji przy zachowanym prawidłowym ciśnieniu wewnątrzgałkowym. Zapobiega to wystąpieniu powtórnych krwawień do komory przedniej co jest jednym z częstszych powikłań tradycyjnie wykonywanej punkcji. Wypełniający komorę przednią hialuronat sodu spełnia jednocześnie rolę tamponady i umożliwia stosunkowo szybkie i bezpieczne uruchomienie chorego bez obawy wystąpienia hipotonii gałki ocznej. Utrzymanie podczas i po operacji głębokiej komory przedniej zapobiega również powstawaniu zrostów w obrębie kąta przesączania.

Wydaje się, że przedstawiona powyżej metoda usuwania wolno resorbującej się krwi z komory przedniej jest godna uwagi i zasługuje na rozpowszechnienie szczególnie u chorych z krwotokami nawrotowymi.

#### PIŚMIENNICTWO

1. Bartholomew, R. S.: Viscoelastic evacuation of traumatic hyphaema. *Brit. J. Ophthalmol.* 71: 27—28 (1987).
2. Portis, J. M., Verne, A. Z., Hilton, G. F.: Sodium Hyaluronate, Hyphaema and Vitreoretinal Surgery. *Amer. J. Ophthalmol.* 101: 738—739 (1986).
3. Szaflik, J., Romanuk, W.: Nasze doświadczenia w zastosowaniu soli sodowych kwasu hialuronowego w chirurgii przedniego odcinka gałki ocznej. *Klin. oczna* 88: 379—381 (1986).

Praca wpłynęła: 26.7.1987 (nr 5211).

(c.d. ze str. 106)

SONG H. K., SCHWARTZ A. E., MEYER R. F., SUGAR A.: Przenikająca keratoplastyka z powodu blizny rogówkowej wywołanej przez herpes zooster ophthalmicus (*Penetrating keratoplasty for corneal scarring due to herpes zooster ophthalmicus*). *Brit. J. Ophthalmol.* 73: 19—21 (1989).

Autorzy badali retrospektywnie wyniki pooperacyjne u 9 pacjentów z blizną rogówki wskutek *herpes zooster ophthalmicus*. Była to wybrana grupa chorych z następującymi kryteriami: 1 — bez aktywnej choroby powierzchni oka i powiek, 2 — z ciśnieniem śródgałkowym kontrolowanym, 3 — bez aktywnego *keratouveitis*. Przenikająca keratoplastyka po półpaścu ocznym może być korzystna u chorych, którzy mieli długi okres spokoju przed operacją i których cechowały ww. kryteria.

Anna Bernardczykowa

COLE M. D., O'CONNOR G. M., RAAFAI F., WILL-SHAW H. E.: Nowy syntetyczny materiał do zabiegu uniesienia brwi (*A new synthetic material for the brow suspension procedure*). *Brit. J. Ophthalmol.* 73: 35—38 (1989).

Autor opisuje stosowanie nowego materiału łączącego poliester z węglem w 9 zabiegach uniesienia brwi. Mechaniczne właściwości poliestru i węgla z tkanką włóknistą stwarzają rusztowanie, na którym staje się możliwy wzrost włóknisto-nacyniowy. Występujące potem włóknienie daje trwałe wyniki. Wczesne wyniki wskazują, że materiał jest dobrze znoszony w powiece, pozostaje jednak problem wczesnego posłizgu.

Anna Bernardczykowa

AYLWARD G. W., OHRI R.: Naprawa wyrwanej górnej powieki i częściowo oderwanej dolnej powieki (*Repair of an avulsed upper lid and partially severed lower lid*). *Brit. J. Ophthalmol.* 73: 39—41 (1989).

Autorzy przedstawiają przypadek chorego, u którego w wyniku urazu na skutek rozerwania okularów doszło do kompletnej amputacji górnej powieki i poważnego uszkodzenia powieki dolnej z nietkniętą gałką oczną, sprawną czynnością. Oderwaną górną powiekę naprawiono autoprzeszczepem. Przedyskutowano możliwe postępowanie w takich przypadkach.

Anna Bernardczykowa

ALEKSEEV B. N.: Trabekuloretrakcja (autorekanalizacja zatoki twardówki) [*Trabekuloretrakcija (autorekanalizacija skleralnogo sinusa)*]. *Vestn. Oftal.* 104: 7—12 (1988).

Patogenetyczne podwyższenie ciśnienia w jaskrze jest uwarunkowane zmianami w strukturach wewnętrznej ścianki zatoki żyłnej twardówki (z.ż.t.), a więc zapadnięciem się jej światła. Autorzy tej pracy od 1982 r. stosują ulepszoną metodę, która rekanalizuje z.ż.t. poprzez trabekuloretrakcję. Przy opracowaniu nowej operacji skorzystano z doświadczenia sinusotomii wg Krasnowa. Technika trabekuloretrakcji została uzupełniona rysunkami w tekście oraz przeanalizowana na 178 oczach z jaskrą kąta zamkniętą i otwartą. Operacja wykonana technicznie prawidłowo wyklucza praktycznie powikłania. Efekt hipotensyjny obserwowano w ciągu 3—5 lat.

Regina Romańczuk

**P**RZEDOCZNY film łzowy, którego budowa została omówiona szczegółowo w poprzedniej pracy, jest trójwarstwową strukturą pokrywającą powierzchnię rogówki i spojówki w obrębie szpary powiekowej<sup>12</sup>. Film ten odgrywa ważną rolę w fizjologii rogówki, spojówki oraz powiek. Spełnia on rozmaite funkcje: tworzy gładką warstwę na nieregularnej powierzchni rogówki od czego zależy prawidłowe załamanie promieni świetlnych, bierze udział w procesach fizjologicznych nabłonka rogówki i spojówki, ułatwia ruchy powiek, usuwa resztki komórek i produkty przemiany materii z powierzchni nabłonka oraz bierze udział w mechanizmach obronnych powierzchni oka.

Główną część filmu łzowego (około 98% objętości) stanowi płyn łzowy zwany popularnie łzami. Jest on wydzielany przez gruczoły łzowe główne oraz dodatkowe *Wolfringa* i *Krausego*. Wydzielanie łez można podzielić na podstawowe i odruchowe. W tworzeniu filmu łzowego bierze zasadniczo udział płyn łzowy wyprodukowany w czasie podstawowego wydzielania łez. Dokładne ustalenie wielkości wydzielania podstawowego jest dość trudne, ponieważ nawet najmniejsze podrażnienie towarzyszące przeprowadzonym pomiarom powoduje odruchowe wydzielanie łez. Badania radioizotopowe wykazały, że wydzielanie podstawowe wynosi około 0,6—1,4  $\mu\text{l}/\text{min}$ <sup>13</sup>. Przy pomocy substancji radioaktywnych stwierdzono również, że współczynnik wymiany płynu łzowego wynosi 16%/min tzn., że 16% płynu łzowego jest wymieniane całkowicie w czasie 1 minuty<sup>6</sup>. Współczynnik wymiany całego filmu łzowego wynosi 15%/min. Około 7% wydzielania podstawowego wyparowuje w ciągu 1 minuty do powietrza stykającego się z filmem łzowym<sup>14</sup>. Ilość łez produkowana w czasie wydzielania odruchowego może być bardzo różna w zależności od rodzaju bodźca. W niektórych przypadkach wydzielanie to może być około sto razy większe niż wydzielanie podstawowe<sup>10</sup>.

Do niedawna uważano, że wydzielanie podstawowe płynu łzowego zależy od czynności gruczołów łzowych dodatkowych, zaś główny gruczoł rozpoczyna produkcję dopiero w czasie wydzielania odruchowego. Ostatnio przeważa jednak pogląd, że płyn łzowy podczas wydzielania podstawowego pochodzi zarówno z gruczołów dodatkowych, jak i głównych, zaś te ostatnie odpowiedzialne są dodatkowo za łzawienie odruchowe<sup>2</sup>.

Wydzielanie łez pozostaje pod kontrolą autonomicznego układu nerwowego. Wydzielanie podstawowe jest zależne od napięcia układu współczulnego, podczas gdy wydzielanie odruchowe występuje po podrażnieniu układu przywspółczulnego<sup>6</sup>. W czasie snu wydzielanie podstawowe ustaje prawie całkowicie wskutek zmniejszenia się napięcia układu współczulnego<sup>16</sup>. Ostatnie badania wykazały także, że wydzielanie protein w płynie łzowym pozostaje pod kontrolą układu autonomicznego<sup>3</sup>. Stwierdzono również, że w płynie łzowym znajduje się termostabilny czynnik, który pobudza komórki kubkowe spojówki do wydzielania mucyny<sup>5</sup>. Przeprowadzone obserwacje kliniczne podczas porażenia nerwu twarzowego oraz podczas uszkodzenia gruczołu łzowego przez różne czynniki wskazują, że główna ilość płynu łzowego produkowana jest w części oczodolowej gruczo-

Z Kliniki Okulistycznej AM w Lublinie, kierownik: prof. dr med. Kazimierz Gerkowicz

Reprint requests to: Doc. dr med. Marek Prost, ul. Chmielna 1; 20-079 Lublin, Poland

MAREK PROST

## Fizjologia i funkcja przedocznego filmu łzowego

### PHYSIOLOGY AND FUNCTION OF THE PREOCULAR TEAR FILM

Discussed are in detail the genesis and physiology of the lacrimal film and the role played by its separate layers in securing a normal functioning of the cornea, conjunctiva and the lids. Described are also the defensive mechanisms of the eye in which the lacrimal film takes also part and the role of the lids in the process of its regeneration.

HASŁA: przedoczny film łzowy, fizjologia, funkcja, ruchy powiek

KEY WORDS: preocular tear film, physiology, function, eyelids movements

łu łzowego. Płyn łzowy wydzielany w części powiekowej gruczołu nie wystarcza do wytworzenia prawidłowego filmu łzowego<sup>14</sup>.

Płyn łzowy wydzielany przez gruczoł łzowy spływa w dół z górno-skroniowej części załamka po powierzchni spojówki gałkowej, łącząc się z górnym meniskiem łzowym, zaś w kącie bocznym siła ciężenia przesuwają go do brzoju powieki dolnej, gdzie ulega połączeniu z meniskiem dolnym. W czasie przesuwania się z gruczołu łzowego do obu menisków głębsze warstwy płynu łzowego mieszają się z mucyną, która produkowana jest przez leżące pod spodem komórki kubkowe spojówki gałkowej. Mucyna ta wypełnia następnie przestrzenie w sieci mucynowej wydzielanej przez komórki nabłonka rogówki i tworzy się warstwa mucynowa filmu łzowego. W czasie rozprzestrzeniania się warstwy mucynowej i płynu łzowego po rogówce wytwarzana jest też warstwa lipidowa filmu. Lipidy produkowane są przez gruczoły *Meiboma*, *Molla* i *Zeissa*, których ujścia znajdują się w przestrzeni międzykrawędziowej brzoju powiek ku przodowi od powierzchni płynu łzowego. Dlatego też lipidy tworzą najbardziej powierzchnową warstwę filmu łzowego.

Wytworzony film łzowy jest dość stabilny, co zapewnia lepsze zwilżenie powierzchni rogówki i spojówki w obrębie szpary powiekowej. Do zapewnienia tej stabilności przyczyniają się różne czynniki. Ku przodowi płyn łzowy jest ograniczony przez warstwę lipidową, która zmniejsza parowanie. Grupy polarne cząsteczek lipidów łączą się z mucyną i proteinami, które połączone są poprzez mostki wodorowe z cząsteczkami wody, co zwiększa stabilność całej struktury. Poza tym warstwa lipidowa jest stosunkowo silnie złączona z brzożami powiek, ponieważ jest ona wydzielana gruczołów, których ujścia znajdują się w przestrzeni międzykrawędziowej powieki. Od tyłu płyn łzowy ograniczony jest przez warstwę mucynową, która zapewnia silne związanie cząsteczek wody z powierzchnią nabłonka rogówki poprzez cząsteczki mucyny. Pewne zwiększenie miejscowej stabilności mucyny związane jest przypuszczalnie z tym, że sieć mucynowa umiejscowiona jest na komórkach, które ją wydzielają. Odpływ płynu łzowego z filmu jest ograniczony od góry i dołu przez



twz. linię czarną<sup>12</sup>. Linia ta stanowi rodzaj „wentyla”, poprzez który odbywa się wymiana płynu pomiędzy filmem a meniskiem łzowym.

Stabilność filmu łzowego jest jednak ograniczona w czasie. Zazwyczaj po kilkunastu sekundach dochodzi do jego zcieńczenia i przerwania i musi być on odnowiony. W odnawianiu filmu łzowego zasadniczą rolę odgrywają ruchy powiek. W czasie otwarcia powiek dochodzi do rozprzestzenia się ściśniętych uprzednio warstewek lipidów. Powoduje to pociąganie cząstek mucyny w powierzchniowych częściach warstwy wodnej oraz złączonych z nimi cząstek wody. Zmiany te prowadzą do zwiększenia przepływu płynu łzowego z menisku łzowego przez linię czarną do filmu łzowego i w ten sposób do zwiększenia jego grubości. Zostało to nazwane efektem *Marangoniego*<sup>8,9</sup>. Przepływ płynu do filmu łzowego jest jednak stopniowo ograniczany, ponieważ wkleśła powierzchnia menisku działa jak ciśnienie ujemne, co po pewnym czasie prowadzi do powstania stanu równowagi<sup>6</sup>. Odwrotny proces zachodzi w czasie zamykania powiek. Wiąże to się z usunięciem części płynu łzowego razem ze złuszczonego nabłonkiem i innymi zanieczyszczeniami z filmu do menisku łzowego, który stanowi drogę szybkiego transportu<sup>6</sup>.

Ruchy powiek odgrywają również dużą rolę w odprowadzaniu łez. Działanie mięśnia okrężnego oka w czasie zamknięcia powiek (mrugnięcia) powoduje przesunięcie płynu łzowego w filmie i meniskach łzowych od strony skroni w kierunku nosa. Jednocześnie dochodzi do wciągnięcia do wewnątrz do worka spojówkowego brodawek łzowych i zanurzenia punktów łzowych w płynie łzowym<sup>9</sup>. Odpływ łez odbywa się dzięki działaniu sił kapilarnych kanalików łzowych i częściowo wskutek siły ciężkości. W ten sposób może być odprowadzone około 1–2  $\mu$ l płynu łzowego na minutę<sup>6</sup>. Poza tym mięsień okrężny oka pociągając przegrodę przedczołową powoduje powstanie w worku łzowym kolejno dodatniego i ujemnego ciśnienia co powoduje wysysanie łez do kanalików i ich tłoczenie do nosa. Mechanizm ten został nazwany pompą łzową *Jonesa*<sup>1</sup>.

Jak widać z przedstawionych danych ruchy powiek (mruganie), odgrywają zasadniczą rolę w odnowie filmu łzowego i odprowadzaniu łez. Ruchy powiek służące temu celowi zostały nazwane mruganiem samoistnym. Są to ruchy mimowolne, których centrum znajduje się w istocie czarnej w konarach mózgu. Centrum to pozostaje pod wpływem kory ruchowej (*gyrus paracentralis*), pozapiramidowego systemu motorycznego, centrów wegetatywnych oraz układu limbicznego i kory asocjacyjnej. Poza tym mruganie samoistne jest wywołane przez bodźce optokinetyczne związane z ruchami gałek ocznych i głowy<sup>6</sup>. Poza mruganiem samoistnym istnieje również mruganie odruchowe, które można wywołać drażniąc czuciowe nerwy cząstkowe. Częstota mrugnięć samoistnych wynosi 15/min. Ponieważ bez mrugnięć powiek film łzowy ulega samoistnemu przerwaniu po 12–15 sekundach, dlatego też częstota ta jest wystarczająca do utrzymania jego ciągłości. Szybkość ruchu powieki górnej przy zamykaniu wynosi około 30 cm/s, a czas zamknięcia powiek wynosi około 80 ms. Otwarcie powiek trwa dwa razy dłużej i po 250–300 ms szpara powiekowa jest znowu całkowicie otwarta<sup>6</sup>. Zamknięcie spary powiekowej zaczyna się w kącie zewnętrznym a kończy w kącie wewnętrznym. Przypomina to zamykanie zamka błyskawicznego. W czasie zamknięcia powiek gałka oczna wskutek ucisku ulega cofnięciu do oczodołu o 0,7–1,6 mm<sup>6</sup>. Ucisk górnej powieki na powierzchnię rogówki w czasie zamykania

powiek powoduje przesunięcie resztek komórek i innych zanieczyszczeń do dolnego menisku łzowego. Cząsteczki te są następnie usuwane do kąta wewnętrznego w trakcie przesuwania się menisku łzowego do nosa przy zamykaniu powiek.

Poszczególne warstwy filmu łzowego odgrywają różną rolę w zapewnieniu prawidłowego funkcjonowania rogówki, spojówki oraz powiek.

Obecność warstwy mucynowej umożliwia zwilżenie powierzchni rogówki. Mucyna łącząc się przy pomocy grup lipofilnych z lipidami błony komórkowej i przy pomocy grup hydrofilnych z cząsteczkami wody zmienia powierzchnię rogówki z hydrofobowej na hydrofilną. Powoduje to zwiększenie sił adhezji powierzchni nabłonka z 28 na 38 dyn/cm i jej zwilżenie. Poza tym mucyna wypełnia przestrzenie między kosmkami i fałdami przez co powierzchnia rogówki staje się bardziej gładka. Ułatwia to bardzo ruchy powiek<sup>7</sup>. Odgrywa ona także rolę w usuwaniu zanieczyszczeń lipidowych z płynu łzowego zmniejszających stabilność filmu. Mucyna łącząc się z lipidami tworzy nitki, które są następnie usuwane do menisku łzowego<sup>7</sup>. Nitki te zawierają wolne rodniki tlenowe mające działanie antybakteryjne<sup>13</sup>.

Warstwa wodna stanowi środowisko wodne dla elektrolitów, związków organicznych, protein i mukoprotein. Rozpuszczone w tej warstwie mucyna i proteiny powodują zmniejszenie sił kohezji tego roztworu z 46 na 35 dyn/cm, co umożliwia zwilżenie powierzchni rogówki. Poza tym służy ona również jako środowisko dla dyfuzji (tłenu z powietrza do nabłonka, dwutlenku węgla z rogówki do powietrza) oraz jako droga transportu i usuwania różnych cząstek (złuszczone komórki nabłonka, nitki mucynowo-lipidowe, kropelki tłuszczów, ciała obce, uszkodzone komórki przy zranieniach). Warstwa wodna zawiera także liczne substancje o działaniu antybakteryjnym (tab. I i II)<sup>4,9</sup>.

Tabela I. Czynniki przeciwbakteryjne we łzach

Czynnik	Sposób działania
Lizozym	Liza błony komórkowej bakterii
Laktoferyna	Wiązanie żelaza biorącego udział w metabolizmie drobnoustrojów
Beta lizyna	Uszkodzenie błony komórkowej bakterii
sIgA	Patrz tabela II
IgG	Patrz tabela II
Dopelniaacz	Liza komórki bakteryjnej, pobudzenie fagoocytozy

Tabela II. Mechanizm działania immunoglobulin we łzach

sIgA	IgG
— hamowanie przylegania bakterii do powierzchni błon śluzowych	— neutralizacja wirusów
— neutralizacja wirusów	— liza bakterii
— aglutynacja bakterii	— neutralizacja toksyn
— neutralizacja toksyn	— opsonizacja
— liza bakterii	— tworzenie kompleksów antygen-przeciwciała
— regulacja wzrostu bakterii	— połączenie z aktywacją układu dopełniacza i uwolnieniem anafilotoksyny, czynników chemotaksji, immunoadherencji, opsonizacji oraz innych mediatorów zapalenia
— saprofitycznych na powierzchni oka	

Warstwa lipidowa odgrywa rolę przede wszystkim jako warstwa ochronna i stabilizująca film łzowy. Jej obecność powoduje zmniejszenie parowania, co zapobiega wysychaniu płynu łzowego. Poza tym zmniejsza ona także oddawanie ciepła. Powierzchnia warstwy lipidowej jest wybitnie hydrofobowa (napiecie powierzchniowe wynosi 28 dyn/cm). Utrudnia to lub wręcz uniemożliwia osadzenie się na powierzchni oka kropelek roztworów wodnych co zapobiega zakażeniu drogą kropelkową. Warstwa ta zwiększa również stabilność filmu łzowego poprzez połączenie grup polarnych cząstek lipidów z mucyną i proteinami warstwy wodnej oraz poprzez jej połączenie z brzegiem powiek co zabezpiecza przed wypływaniem płynu łzowego. Bardzo gładka powierzchnia warstwy lipidowej zapobiega rozprzestnieniu padających promieni świetlnych i umożliwia ich prawidłowe załamanie.

Jak wynika z przedstawionych danych film łzowy odgrywa ważną rolę w zapewnieniu prawidłowego funkcjonowania rogówki, spojówki oraz powiek. Dlatego też wszelkie zaburzenia jego stabilności mogą powodować opóźnienie funkcji całej gałki ocznej.

#### PISMIENNICTWO

1. Adler, F. H.: Fiziologia oka, 34 (PZWL, Warszawa 1968). — 2. Allansmith, M. R.: The eye and immunology, 97–98 (Mosby, St. Louis, 1982). — 3. Bromberg, B.: Autonomic control of lacrimal protein secretion.

Invest. Ophthal. 20: 110–114 (1981). — 4. Chandler, J. W., Gillette, T. E.: Immunologic defense mechanisms of the ocular surface. Ophthalmology 90: 585–591 (1983). — 5. Franklin, R. M., Bang, B. G.: Mucus stimulating factor in tears. Invest. Ophthal. 19: 430–433 (1980). — 6. Haberich, F. J., Lingelbach, B.: Kritische Übersicht über unsere Kenntnisse und Vorstellung einer neuen Arbeitshypothese über die Stabilität des präkornealen Tränenfilms (PKTF). Klin. Mbl. Augenhk. 180: 115–126 (1982). — 7. Herde, J.: Der präkorneale Tränenfilm. Folia Ophthal. 8: 85–96 (1983). — 8. Holly, F. J.: Artificial tear formulations. Int. Ophthal. Clin. 20: 171–184 (1980). — 9. Lemp, M. A.: Ocular surface defense mechanisms. Ann. Ophthal. 13: 61–63 (1981). — 10. Maurice, D. M.: Structures and fluids involved in the penetration of topically applied drugs. Int. Ophthal. Clin. 20: 7–20 (1980).

11. Mishima, S. D., Maurice, M.: The effect of normal evaporation on the eye. Exp. Eye Res. 1: 46–51 (1961). — 12. Prost, M.: Budowa i struktura przedczołowego filmu łzowego. Klin. oczna 91: 29–31 (1989). — 13. Proctor, P., Kirkpatrick, D., Mc Ginnes, J.: A superoxide producing system in the conjunctival mucus thread. Invest. Ophthal. 16: 762–765 (1977). — 14. Scherz, W., Doane, M. G., Dolhman, C. H.: Tear volume in normal eyes and keratoconjunctivitis sicca. Graefes Arch. Ophthal. 192: 141–146 (1974). — 15. Sorensen, T. F., Jensen, F. T.: Methodological aspects of tear flow determination by means of a radioactive tracer. Acta Ophthal. 55: 726–730 (1977). — 16. Whitwell, J.: Role of the sympathetic in lacrimal secretion. Brit. J. Ophthal. 45: 439–445 (1961).

Praca wpłynęła: 30.5.1987 (nr 5168).