10.24292/01.OT.sup1310518.07

# Możliwości współczesnej kontaktologii

*Advantages of contemporary contactology*

**Arleta Waszczykowska**

Klinika Okulistyki i Rehabilitacji Wzroku, II Katedra Chorób Oczu, Uniwersytet Medyczny w Łodzi
Kierownik Kliniki: prof. nadzw. dr hab. n. med. Piotr Jurowski

**NAJWAŻNIEJSZE**

Dostępny zakres mocy optycznych dzisiejszych soczewek kontaktowych pozwala na korekcję niemalże każdej wady wzroku. Wysoka jakość produktów zapewnia bezpieczeństwo aplikacji i zasadność poszukiwań wielu nowych wskazań do stosowania soczewek kontaktowych.

**HIGHLIGHTS**

The optical power range of today's available contact lenses allows correction of almost every defect of vision. High quality of products ensures the safety of applications and the legitimacy of searching for many new indications for contact lenses usage.

**STRESZCZENIE**

Obserwowany w ostatnich latach dynamiczny rozwój kontaktologii to dopiero zapowiedź prawdziwego przełomu w korekcji optycznej wad wzroku. Projekty nowoczesnych soczewek kontaktowych daleko wykraczają poza podstawowe wskazania do ich aplikacji. Wśród wskazań terapeutycznych na uwagę zasługuje udział soczewek w ograniczeniu postępu krótkowzroczności oraz rehabilitacji osób słabowidzących. Obiecujące wydają się badania nad użyciem soczewek kontaktowych do pomiaru stężenia biomarkerów w filmie łzowym, co pozwoli na wczesną diagnostykę i monitorowanie chorób ogólnych. Prawdopodobnie już niedługo będziemy mogli aplikować soczewki jako nośnik leku z określoną, indywidualnie dopasowaną kinetyką uwalniania środka leczniczego. Gwałtowny rozwój elektroniki i miniaturyzacji powoduje, że era inteligentnych soczewek staje się coraz bardziej prawdopodobna i bliższa.

**Słowa kluczowe:** soczewki kontaktowe, soczewki terapeutyczne, ortokeratologia, inteligentna soczewka, smart-soczewka

**ABSTRACT**

The dynamic development of contactology observed in recent years is the announcement of a real breakthrough in optical correction of visual defects. The projects of modern contact lenses go far beyond the basic indications for their application. Among the therapeutic indications, the participation of lenses in limiting the progress of myopia and the rehabilitation of the visually impaired deserve attention. The research on the use of contact lenses to measure tear film biomarkers seems promising, which will allow early diagnosis and monitoring of general diseases. Probably soon we will be able to apply the lenses as a drug carrier with a specific, individually matched release drug kinetics. The rapid development of electronics and miniaturization causes that era of intelligent lenses appears more probable and closer.

**Key words:** contact lenses, therapeutic lenses, orthokerathology, smart contact lens

For non-commercial use only



© Medical Education. For private and non-commercial use only. Downloaded from https://www.journalsmededu.pl/index.php/ophthatherapy/index: 03.07.2024; 13:31,00

## WPROWADZENIE

Soczewki kontaktowe, pod warunkiem przestrzegania zasad prawidłowego dopasowania oraz użytkowania, pozwalają na nieinwazyjną, odwracalną i bezpieczną korekcję wad wzroku. Z dostępnych analiz wynika, że ponad 55% osób na świecie ma wadę wzroku, a 71 mln do korekcji optycznej wad wzroku używa soczewek kontaktowych [1]. W krajach wysoko rozwiniętych, w tym w Polsce, odsetek użytkowników soczewek kontaktowych wynosi w przybliżeniu 20%, ale szacuje się, że ponad połowa osób noszących okulary rozważa stosowanie soczewek. Istnieje wiele powodów, dla których pacjenci coraz częściej wybierają soczewki kontaktowe jako podstawową metodę korekcji optycznej i – jak się okazuje – wzrost pewności siebie i atrakcyjności nie są najważniejsze. W badaniu Ośrodka Badania Opinii Publicznej (OBOP) z marca 2007 r. za najważniejsze zalety użytkowania soczewek kontaktowych ankietowani uznali możliwość postrzegania wyraźnego obrazu w pełnym zakresie pola widzenia oraz wyeliminowanie niewygody i ciężaru opraw oraz szkieł okularowych. Potrzeby pacjentów zmieniają się w czasie. Zmianie ulega styl życia oraz stan zdrowia i kondycji powierzchni oka. Biorąc pod uwagę powyższe czynniki, rodzaj soczewki, tryb noszenia lub materiał soczewki zwykle często ulegają modyfikacjom.

## KOREKCJA OPTYCZNA WAD WZROKU ZA POMOCĄ SOCZEWEK KONTAKTOWYCH

Obecnie dzięki stale poszerzanej ofercie soczewek kontaktowych możemy skorygować niemalże każdą wadę wzroku. Dostępnych jest ponad 150 różnych typów miękkich soczewek kontaktowych. Specjalista kontaktolog musi bacznie obserwować rynek soczewek kontaktowych i poszerzać swoją wiedzę na temat technicznych parametrów produktów.

Dostępny zakres mocy optycznych niezindywidualizowanych miękkich soczewek kontaktowych mieści się w przedziale od -20,0 D do +20,0 D. Miękkie soczewki projektowane indywidualnie lub soczewki stabilnokształtne pozwalają na korekcję jeszcze szerszego zakresu wad wzroku, od -40,0 D do +40,0 D. Korekcja astygmatyzmu za pomocą miękkich soczewek możliwa jest do -5,75 Dcyl, zaś miękkich zindywidualizowanych – do -8,0 Dcyl. Soczewki stabilnokształtne pozwalają na korekcję wysokiego astygmatyzmu nawet rzędu -20 Dcyl.

## WŁAŚCIWOŚCI MATERIAŁÓW SOCZEWEK KONTAKTOWYCH

Rozwój technologii w dziedzinie materiałów i konstrukcji soczewek kontaktowych pozwala na odpowiednią, indywidualnie dopasowaną aplikację. Wszystkie materiały soczewek kontaktowych są biokompatybilne i każdy nowszy materiał zapewnia zwykle większy komfort i większe bezpieczeństwo użytkowania soczewek. Znajomość zalet i wad poszczególnych materiałów jest jednak niezwykle ważna, bo – jak się okazuje – nie zawsze najnowszy materiał jest rzeczywiście najlepszym kryterium wyboru soczewki dla każdego pacjenta.

Najwcześniejsze wzmianki o soczewkach kontaktowych pojawiły się w literaturze medycznej pod koniec XIX w. Pierwsze soczewki miały dużą średnicę i wykonane były z dmuchanego lub szlifowanego szkła. Dynamiczny rozwój technik i materiałów do produkcji soczewek nastąpił w pierwszej połowie XX w., kiedy to od 1937 r. do wyrobu soczewek zaczęto używać polimetakrylanu metylu (PMMA), a w 1948 r. powstały pierwsze rogówkowe stabilnokształtne soczewki kontaktowe. Kolejnym przełomem w kontaktologii było wykorzystanie w 1975 r. materiałów gazoprzepuszczalnych do produkcji twardych soczewek kontaktowych [2].

W 1961 r. Otto Wichterle wynalazł hydrożel (pHEMA, *poly-2-hydroxyethyl methacrylate*) i 2 lata później wyprodukował pierwszą miękką soczewkę kontaktową. Do dzisiaj większość soczewek zbudowana jest, przynajmniej częściowo, z tego właśnie materiału. Obecnie soczewki, które tworzy głównie pHEMA, stanowią ok. 10% wszystkich miękkich soczewek kontaktowych. Modyfikacje materiału hydrożelowego zmierzające do zwiększenia uwodnienia, a co za tym idzie – wzrostu przepuszczalności tlenu, oparte są na powiązaniu hydrożelu z monomerami takimi jak kwas metakrylowy lub N-winylopirolidon (powidon). Grubość materiału soczewki koreluje z łatwą manipulacją, względnie dużą ruchomością soczewki i dobrą wymianą zasoczewkowego filmu łzowego. Rok 1999 rozpoczął erę soczewek silikonowo-hydrożelowych, które wykazują większą tlenoprzepuszczalność, a dzięki modyfikacji pierwotnie hydrofobowej powierzchni uzyskują lepszą zwilżalność i zapewniają stabilne, komfortowe widzenie. Obecnie mamy do wyboru kilkanaście różnych rodzajów materiałów soczewek silikonowo-hydrożelowych i wiodą one prym wśród wszystkich aplikacji soczewek kontaktowych na świecie [2]. Soczewki silikonowo-hydrożelowe w znacznym stopniu wyeliminowały największe wady i powikłania soczewek hydrożelowych, takie jak: skłonność do odwodnienia, polimegatyzm komórek śródbłonka oraz neowaskularyzację rogówki. Materiały silikonowo-hydrożelowe w porównaniu z hydrożelami charakteryzują się znacznie wyższym modułem Younga, dzięki czemu są łatwiejsze w manipulacji oraz bardziej wytrzymałe. Wyższy moduł sztywności wpływa jednak na zmniejszenie komfortu użytkowania oraz możliwość wystąpienia powikłań, takich jak górne łukowate ubytki nabłonka (SEAL, *superior epithelial arcuate lesions*), zapalenie brodawkowe spojówek oraz powstawanie kul mucynowych. Dodatkowo wyniki badań *in vitro* dowodzą, że na powierzchni materiału silikono-


Copyright © Medical Education

© Medical Education. For private and non-commercial use only. Downloaded from https://www.journalsmededu.pl/index.php/ophthatherapy/index: 03.07.2024; 13:31,00

wo-hydrożelowego dochodzi do zwiększonej denaturacji białek, w tym lizozymu i laktoferryny, naturalnie obecnych w filmie łzowym, co może prowadzić do podrażnień, zwiększonego ryzyka nacieków rogówkowych i infekcyjnego zapalenia rogówki [3].

## WSKAZANIA TERAPEUTYCZNE DO STOSOWANIA SOCZEWEK KONTAKTOWYCH

Drugim obok korekcji optycznej najważniejszym wskazaniem do aplikacji soczewek kontaktowych jest zastosowanie terapeutyczne. W tej grupie aplikacji wykorzystujemy zarówno soczewki miękkie, jak i stabilnokształtne. Powszechnie znany jest wpływ miękkich soczewek kontaktowych na łagodzenie bólu związanego z erozją rogówki i poprawę nabłonkowania. Miękkie obturacyjne soczewki kontaktowe z czarną, nieprzezierną źrenicą stosowane są u najmłodszych dzieci poddanych leczeniu zeza lub głębokiego niedowidzenia. Bielmo rogówki, *coloboma* tęczówki, albinizm i aniridia stanowią wskazania do terapeutycznej aplikacji soczewek protetycznych z rysunkiem czarnej lub przeźroczystej źrenicy (które mają ponad 50 różnych wariantów rysunku tęczówki) [4]. Niedocenianą i rzadko stosowaną grupę tworzą soczewki z filtrem medycznym. Dane z piśmiennictwa wskazują na znaczącą poprawę komfortu widzenia u pacjentów z padaczką światłoczułą podczas stosowania soczewek z niebieskim filtrem medycznym, natomiast filtr czerwony pozwala na zmniejszenie światłowstrętu u pacjentów z dystrofiami siatkówki z przedłużoną adaptacją do ciemności oraz achromatopsją [5, 6]. Soczewki kontaktowe są zalecaną korekcją optyczną u osób z oczopląsem. Obserwowane zmniejszenie amplitudy i częstotliwości oczopląsu u użytkowników soczewek prawdopodobnie związane jest z sygnałem zwrotnym czucia proprioceptywnego [7].

Coraz większe uznanie w aplikacji terapeutycznej zdobywają stabilnokształtne soczewki skleralne, które wspomagają leczenie powikłań zespołu suchego oka, owrzodzeń neurotroficznych, keratopatii ekspozycyjnej w przebiegu porażenia nerwu VII, zwyrodnienia brzeżnego przeźroczystego oraz zespołu Stevensa–Johnsona. Soczewki skleralne stosowane są u osób z niewydolnością rąbkowych komórek macierzystych (RKM), oddalając potrzebę przeszczepienia RKM lub keratoprotezowania. Obecnie dostępnych jest 41 różnych konstrukcji gazoprzepuszczalnych soczewek skleralnych, a wśród nich soczewki skleralne przeznaczone dla osób z wymienionymi wyżej zaburzeniami po przebytej chirurgii przeciwjaskrowej [7]. Doniesienia wskazują na zadowalające wyniki aplikacji rogówkowych stabilnokształtnych soczewek kontaktowych u pacjentów po ciężkich oparzeniach chemicznych powierzchni oka. Fiksacja soczewki klejem tkankowym ma za zadanie zahamowanie narastania spojówki na rogówkę [8].

Obserwowany w ostatnich latach gwałtowny wzrost częstości występowania krótkowzroczności powoduje, że jest ona obecnie najbardziej powszechną wadą wzroku. Szacuje się, że krótkowzroczność dotyka ok. 50% populacji w Europie i Stanach Zjednoczonych, natomiast w krajach azjatyckich – nawet 90% populacji dzieci i młodzieży [9]. Odnotowywany wcześniejszy wiek występowania wady wiąże się z jej szybszym postępem, co z kolei przyczynia się do zwiększenia nasilenia krótkowzroczności i wzrostu ryzyka powikłań takich jak zaćma, jaskra i zmiany zwyrodnieniowe siatkówki. Dane z piśmiennictwa wskazują na wagę działań zapobiegających lub hamujących progresję krótkowzroczności z wykorzystaniem kontaktologii. Przewaga indywidualnie projektowanych soczewek kontaktowych nad tradycyjną korekcją soczewkową lub okularową polega na redukcji obwodowego rozogniskowania i tworzeniu relatywnej, obwodowej miopii, dzięki której ognisko obrazowe powstaje dokładnie na siatkówce zarówno w jej centrum, jak i na obwodzie. Za dodatkowe pozytywne działanie soczewek stosowanych w celu kontroli progresji krótkowzroczności uznaje się wzrost dodatniej aberracji sferycznej i amplitudy akomodacji [10, 11]. Najlepiej poznaną i najczęściej wybieraną metodą jest ortokeratologia, której początki sięgają 1962 r. Do dziś brak jednak badań na temat bezpiecznej górnej granicy zmiany refrakcji, która jest możliwa do osiągnięcia za pomocą stabilnokształtnych soczewek ortokeratologicznych. Liczne badania kliniczne dowodzą bezpieczeństwa oraz wysokiej skuteczności stosowania ortokeratologii w krótkowzroczności do -5,0 D. Uznane analizy 2-letnich obserwacji stosowania ortokeratologii donoszą o nawet 55-procentowej redukcji wzrostu osiowej długości gałki ocznej w porównaniu z grupą kontrolną [12]. Istotne różnice w mniejszej elongacji gałki ocznej oraz głębokości komory ciała szklistego obserwuje się już po 6 miesiącach stosowania ortokorekcji. Wyniki metaanaliz świadczą o tym, że u użytkowników ortokorekcji odnotowuje się spowolnienie progresji krótkowzroczności średnio o 0,5 D rocznie w porównaniu z osobami noszącymi okulary lub sferocylindryczne soczewki kontaktowe. Co więcej, potwierdzono skuteczność stosowania soczewek ortokeratologicznych w połączeniu z użytkowaniem okularów do korekcji wady resztkowej u osób z wysoką krótkowzrocznością, tzn. większą niż możliwa do skorygowania za pomocą ortokorekcji. Przyrost osiowy długości gałki ocznej w takim przypadku jest o 63% niższy w porównaniu z grupą kontrolną [13].

Drugą uznaną grupę soczewek aplikowanych w celu kontroli progresji krótkowzroczności stanowią multifokalne soczewki miękkie. Wśród nich zaprojektowano 2 różne geometrie: dwuogniskowe o konstrukcji koncentrycznych pierścieni z centrum do dali oraz asferyczne soczewki kontaktowe z obwodowym dodatkiem mocy optycznej. W obu konstrukcjach soczewek addycja mocy optycznej


© Medical Education. For private and non-commercial use only. Downloaded from https://www.journalsmededu.pl/index.php/ophthatherapy/index: 03.07.2024; 13:31,00

wynosi +2,0 D. Wyniki badań wskazują na o 33% mniejszy wzrost długości osiowej gałki ocznej, a tym samym redukcję progresji wady o 34% w porównaniu z korekcją okularową [14].

Nowatorskie badania nad udoskonaleniem działania soczewek kontrolujących progresję krótkowzroczności zmierzają w kierunku stosowania multifokalnych stabilnokształtnych soczewek ortokeratologicznych uwzględniających indywidualny profil obwodowej refrakcji [15]. W przypadku miękkich soczewek kontrolujących krótkowzroczność donosi się o próbach połączenia addytywnego działania multifokalnej konstrukcji soczewki ze stopniowym uwalnianiem środków antymuskarynowych: atropiny lub pirenzepiny [16]. Pierwsze zastosowanie i opatentowanie miękkich soczewek kontaktowych jako nośnika leku miało miejsce w 1965 r., jednak krople oczne wciąż pozostają standardową metodą leczenia chorób okulistycznych. Zalety miejscowej terapii farmakologicznej obejmują uzyskanie stałego, pożądanego stężenia leku w gałce ocznej oraz zmniejszenie powikłań ogólnych terapii. W przypadku roztworu atropiny uwalnianej przez soczewkę pozwoliłoby to jednocześnie na redukcję miopii o ok. 1 D rocznie oraz na ograniczenie powikłań ogólnych takich jak: senność, zaparcia, zatrzymanie moczu, tachykardia, suchość i zaczerwienienie skóry. Badania sugerują, że jedynie ok. 10% pacjentów potrafi poprawnie zakroplić lek do worka spojówkowego, a w przypadku terapii przewlekłych, np. w jaskrze, odsetek pacjentów niewspółpracujących sięga powyżej 50% [17]. Współcześnie trwają badania nad uwalnianiem przez soczewki kontaktowe niemalże wszystkich rodzajów leków stosowanych w okulistyce: antybiotyków, glikokortykosteroidów, leków przeciwgrzybiczych, niesteroidowych leków przeciwzapalnych oraz leków przeciwjaskrowych. Soczewki silikonowo-hydrożelowe stanowią również podłoże dla hodowli i dostarczenia autologicznych rąbkowych komórek macierzystych (RKM) chorym z pierwotnym i wtórnym zespołem niedoboru RKM [18].

## NOWE PERSPEKTYWY

Co przyniesie przyszłość? W badaniach doświadczalnych na kurczętach udowodniono, że widmo światła czerwonego sprzyja powstawaniu i progresji miopii. Natomiast widmo światła niebieskiego konieczne jest dla prawidłowego procesu emetropinizacji oraz hamowania i leczenia krótkowzroczności [19]. Prawdopodobnie nowoczesne soczewki aplikowane w celu kontroli progresji krótkowzroczności będą dodatkowo blokować wybrane widma światła widzialnego.

Kolejnym wyzwaniem, przed którym stoi współczesna kontaktologia, jest rehabilitacja osób słabowidzących. U pacjentów z wysoką krótkowzrocznością aplikacja sferocylindrycznych soczewek kontaktowych pozwala na uzyskanie lepszej ostrości wzroku. W dużej korekcji minusowej zmniejszenie odległości od wierzchołka rogówki (*vertex distance*) pozwala na uzyskanie powiększonego obrazu na siatkówce, a tym samym poprawę ostrości wzroku nawet o kilka linii na tablicy Snellena [20]. Pionierem w dziedzinie rehabilitacji osób słabowidzących był William Feinbloom, który już w 1936 r. opatentował pierwszą teleskopową konstrukcję soczewek kontaktowych, a pierwsza kliniczna aplikacja miała miejsce w 1939 r. Ograniczeniem dla bezpiecznego stosowania takich soczewek była przede wszystkim wymuszona konstrukcyjnie ich grubość (powyżej 1600 μm), a co za tym idzie – znaczna redukcja tlenotransmisyjności. W 2015 r. Ford i wsp. opublikowali wyniki eksperymentalnych badań skleralnej soczewki z obwodowym układem teleskopowym pozwalającym na uzyskanie 2,8-krotnego powiększenia obrazu [21]. W celu poprawy dopływu tlenu do rogówki soczewkę wyposażono w dodatkowe perforujące na całej grubości kanały o średnicy 0,1 mm. Pozytywne wyniki planowanych badań klinicznych pozwolą na aplikację tego typu soczewek u osób ze zwyrodnieniem plamki żółtej związanym z wiekiem (AMD, *age-related macular degeneration*) jako bezpieczniejszą i mniej inwazyjną alternatywę dla wszczepianych obecnie soczewek Schariotha.

Obserwowany w ostatnich latach dynamiczny rozwój kontaktologii to dopiero zapowiedź prawdziwego przełomu w korekcji optycznej wad wzroku oraz nowatorskich możliwości klinicznych zastosowań soczewek kontaktowych. Pokrycie powierzchni soczewki grafenem pozwala na utrzymanie stałego nawilżenia soczewki i związane z tym stabilne, ostre widzenie, ale przede wszystkim zapewnia również stabilne nawilżenie powierzchni oka. Być może takie soczewki już niedługo będą polecane do leczenia powikłań, a nawet w profilaktyce zespołu suchego oka. Trwają badania nad wykorzystaniem grafenu w konstrukcji soczewek multifokalnych. Szczególnie obiecujące są możliwości grafenu w zakresie zmiany ogniskowej polimeru miękkiej soczewki kontaktowej, co pozwoliłoby na samodzielne, dostosowane do potrzeb regulowanie przez pacjenta ostrości wzroku do dali i bliży [1].

W 2013 r. opublikowano pierwsze dane na temat inteligentnej soczewki Sensimed Triggerfish®, służącej do monitorowania zmian ciśnienia wewnątrzgałkowego u chorych z jaskrą. Triggerfish® jest jednodniową silikonowo-hydrożelową soczewką z wbudowanymi dwoma czujnikami tensometrycznymi i mikroprocesorem pozwalającymi na przesłanie danych do odbiornika umocowanego na skórze okolicy oczodołu i dalej do przenośnego rejestratora. Soczewka jest już dostępna na rynku amerykańskim. Ograniczeniem metody jest jej wysoka cena. Jednodobowe, jednorazowe użycie soczewki wiąże się z kosztem ok. 680 dol. Dodatkowo pomiary dokonane przy użyciu soczewki


Copyright © Medical Education

© Medical Education. For private and non-commercial use only. Downloaded from https://www.journalsmededu.pl/index.php/ophthatherapy/index: 03.07.2024; 13:31,00

Triggerfish® nie podają rzeczywistych wartości ciśnienia wewnątrzgałkowego, a jedynie dane dotyczące względnych zmian ciśnienia wewnątrzgałkowego od pomiaru początkowego [22, 23].

Donosi się wreszcie o próbach zastosowania soczewek kontaktowych w monitorowaniu parametrów biochemicznych zawartych we łzach, takich jak: glukoza, cholesterol, jony sodu i potasu [24]. W piśmiennictwie pojawiają się informacje o eksperymentalnych soczewkach aplikowanych na oczach żywych królików, określających poziom stężenia glukozy we łzach. W związku z tym kolejne wyzwanie, przed którym stoi współczesna nauka, stanowi znalezienie korelacji pomiędzy stężeniem biomarkerów zawartych we łzach a ich poziomem we krwi [25]. Istotnym ograniczeniem elektronicznej inteligentnej soczewki jest zapewnienie bezpiecznego dla powierzchni oka, zdalnego, bezprzewodowego zasilania urządzenia. Dodatkowo stała ekspozycja na fale elektromagnetyczne i związana z tym emisja ciepła mogą uszkodzić powierzchnię oka przez oparzenia lub odwodnienie. Grafen jest nieprzepuszczalny dla fal elektromagnetycznych i na tej podstawie wydaje się obiecującym materiałem do produkcji inteligentnych soczewek kontaktowych, które mogłyby zbierać dane o natężeniu alergenów w bezpośrednim otoczeniu pacjenta lub nawet wyświetlać tuż przed oczami użytkownika informacje, np. o produktach z kodów kreskowych [1].

Przyszłość kontaktologii zapowiada się bardzo obiecująco. Gwałtowny rozwój elektroniki i miniaturyzacji powoduje, że era inteligentnych soczewek wydaje się coraz bardziej prawdopodobna i bliższa.

**ADRES DO KORESPONDENCJI**
**dr n. med. Arleta Waszczykowska**
Klinika Okulistyki i Rehabilitacji Wzrokowej,
II Katedra Chorób Oczu, Uniwersytet Medyczny w Łodzi
90-549 Łódź, ul. Żeromskiego 113
tel./faks: (+48) 42 639-36-36
e-mail: arleta.waszczykowska@umed.lodz.pl

For non-commercial use only

### *Piśmiennictwo*

1. Choi K, Park HG. Smart Reinvention of the Contact Lens with Graphene. ACS Nano 2017; 11: 5223-5226.
2. Jones L, Luensmann D. Protein deposition on contact lenses: The past, the present, and the future. Contact Lens & Anterior Eye 2012; 35: 53-64.
3. Ng A, Heynen M, Luensmann D, et al. Impact of tear film components on conformational state of lysozyme deposited on contact lenses. J Biomed Mater Res Part B 2013; 101B: 1172-1181.
4. Schornack MM. Scleral lenses: a literature review. Eye & Contact Lens 2015; 41: 3-11.
5. Kepecs MR, Boro A, Haut S. A novel nonpharmacologic treatment for photosensitive epilepsy: a report of three patient tested with blue cross-polarized glasses. Epilepsia 2004; 9: 1158-1162.
6. Park WL, Sunness JS. Red contact lenses for alleviation of photophobia in patients with cone disorders. Am J Ophthalmol 2004; 137: 774-775.
7. Taibbi G, Wang ZI, Dell'Osso LF. Infantile nystagmus syndrome: Broadening the high-foveation- quality field with contact lenses. Clin Ophthalmol 2008; 2: 585-589.
8. Eslani M, Baradaran-Rafii A, Movahedan A, Djalilian AR. The ocular surface chemical burns. J Ophthalmol 2014; 2014: 196827. DOI: 10.1155/2014/196827.
9. Wu PC, Huang HM, Yu HJ, et al. Epidemiology of myopia. Asia Pac J Ophthalmol 2016; 5: 386-393.
10. Gifford P, Li M, Lu H, et al. Corneal versus ocular aberrations after overnight orthokeratology. Optom Vis Sci 2013; 90: 439-447.
11. Zhu M, Feng H, Zhu J, Qu X. The impact of amplitude of accommodation on controlling the development of myopia in orthokeratology. Zhonghua Yan Ke Za Zhi 2014; 50: 14-19.
12. Walline JJ, Jones LA, Sinnott LT. Corneal reshaping and myopia progression. Br J Ophthalmol 2009; 93: 1181-1185.
13. Charm J, Cho P. High myopia-partial reduction ortho-k: a 2-year randomized study. Optom Vis Sci 2013; 90(6): 530-539. DOI: 10.1097/OPX.0b013e 318293657d.
14. Sankaridurg P, Holden B, Smith E 3rd, et al. Decrease in rate of myopia progression with a contact lens designed to reduce relative peripheral hyperopia: one-year results. Invest Ophthalmol Vis Sci 2011; 52: 9362-9367.
15. Loertscher M. Multifocal orthokeratology associated with rapid shortening of vitreous chamber depth in eyes of myopic children. Contact Lens Ant Eye 2013; 36(Suppl 2): e2.


© Medical Education. For private and non-commercial use only. Downloaded from https://www.journalsmededu.pl/index.php/ophthatherapy/index: 03.07.2024; 13:31,00

16. Chehab K, Shedden AH, Cheng J. Lens incorporating myopia control optics and muscarinic agents. U.S. patent 20140036225 A1, February 6, 2014.
17. Stone JL, Robin AL, Novack GD, et al. An objective evaluation of eyedrop instillation in patients with glaucoma. Arch Ophthalmol 2009; 127: 732-736.
18. Bobba S, Chow S, Watson S, Di Girolamo N. Clinical outcomes of xeno-free expansion and transplantation of autologous ocular surface epithelial stem cells via contact lens delivery: a prospective case series. Stem Cell Res Ther 2015; 6: 23.
19. Foulds WS, Barathi VA, Luu CD. Progressive myopia or hyperopia can be induced in chicks and reversed by manipulation of the chromaticity of ambient light. Invest Ophthalmol Vis Sci 2013; 54: 8004-8012.
20. Vincent SJ. The use of contact lenses in low vision rehabilitation: optical and therapeutic applications. Clin Exp Optom 2017; 100(5): 513-521.
21. Vincent SJ. The use of contact lens telescopic systems in low vision rehabilitation. Cont Lens Ant Eye 2017; 40: 131-142.
22. Dunbar GE, Shen BY, Aref AA. The Sensimed Triggerfish contact lens sensor: efficacy, safety, and patient perspectives. Clin Ophthalmol 2017; 11: 875-882.
23. Vitish-Sharma P, Acheson AG, Stead R. Can the Sensimed Triggerfish lens data be used as an accurate measure of intraocular pressure? Acta Ophthalmol 2018; 96: 242-248.
24. Kim D, Kim D, Lee H, et al. Body-attachable and stretchable multisensors integrated with wirelessly rechargeable energy storage devices. Adv Mater 2016; 28: 748-756.
25. Park J, Kim J, Kim SY, et al. Soft, smart contact lenses with integrations of wireless circuits, glucose sensors, and displays. Sci Adv 2018; 4: eaap9841.26.

For non-commercial use only


© Medical Education. For private and non-commercial use only. Downloaded from https://www.journalsmededu.pl/index.php/ophthatherapy/index: 03.07.2024; 13:31,00