

# Zaćma pourazowa i towarzyszące jej zmiany w narządzie wzroku

## *Traumatic cataract and ocular changes related to it*

### WSTĘP

Urazy gałki ocznej są jedną z najczęstszych przyczyn jednoocznej ślepoty u dorosłych. Pacjenci płci męskiej ulegają urazom gałki ocznej 5 razy częściej niż kobiety, a połowa urazów dotyczy osób w wieku 18–45 lat [1]. Podczas urazu może wystąpić wiele mechanizmów związanych z uszkodzeniem soczewki, takich jak: uszkodzenie włókien, pęknięcie torebki czy nadmierne uwodnienie soczewki.

Zaćma pourazowa jest ważną przyczyną upośledzenia wzroku, co w konsekwencji prowadzi do niepełnosprawności fizycznej i zawodowej. Najczęściej jest następstwem urazu przenikającego lub tępego. Do innych znanych przyczyn zaćmy pourazowej należą: porażenie prądem, urazy chemiczne, promieniowanie jonizujące, ultrafioletowe i podczerwone [2].

W dużej części przypadków do urazów i związanej z nimi zaćmy pourazowej dochodzi w trakcie wykonywania czynności zawodowych [3].

Częściowe wyeliminowanie zagrożeń jest możliwe dzięki stosowaniu środków zabezpieczających wzrok i gałkę oczną oraz skuteczne egzekwowanie ich stosowania przez pracodawców.

### ZRANIENIE GAŁKI OCZNEJ

Zranienie gałki ocznej należy do urazów otwartych i według klasyfikacji BETT (*Birmingham Eye Trauma Terminology*) dzieli się na uraz przenikający i drażący z obecnością ciała obcego wewnątrzgałkowego IOFB (*Intarocular Foreign Body*) [4]. W większości przypadków uraz wymaga pilnej interwencji: zszycia rogówki, usunięcia soczewki – najczęściej metodą fakoemulsyfikacji, a nierzadko przeprowadzenia zabiegu witrektomii tylnej.

**Bartosz Ścieszka**

Oddział Okulistyczny Miejskiego Centrum Zdrowia w Lubinie

ul. M. Skłodowskiej-Curie 66  
59-300 Lubin

M: +48 603 852 202

E: b.scieszka1234@gmail.com

» 216

### STRESZCZENIE

Zaćma może być konsekwencją urazów gałki ocznej, które w wielu przypadkach związane są z miejscem wykonywanej pracy. Izolowana zaćma pourazowa związana jest często z dobrym rokowaniem, w odróżnieniu od urazów dotyczących innych struktur gałki ocznej, jak rogówka, siatkówka czy nerw wzrokowy.

Czas występowania zmętnień w soczewce uzależniony jest od rodzaju urazu, którym dotknięte jest oko. W urazach drażących, tępych, po oparzeniach zasadą oraz w następstwie porażenia prądem elektrycznym bywa on bardzo krótki. W przypadku promieniowania jonizującego podczerwonego i ultrafioletowego progresja może być powolna i trwać od kilku do kilkunastu lat.

Celem artykułu było przedstawienie najczęstszych przyczyn zaćmy pourazowej oraz niektórych powiązanych z nią stanów patologicznych.

Istotnym elementem pracy było również zwrócenie uwagi na możliwości ochrony przed skutkami urazów oraz nadmierną ekspozycją na czynniki fizyczne, takie jak promieniowanie ultrafioletowe i podczerwone coraz szerzej wykorzystywane w medycynie estetycznej i kosmetologii.

**Słowa kluczowe:** zaćma, urazy gałki ocznej, promieniowanie ultrafioletowe

### ABSTRACT

*Cataract may be a consequence of eye injuries, which in many cases are related to the workplace. An isolated traumatic cataract is often associated with a good prognosis, unlike injuries affecting other structures of the eye, such as the cornea, retina or optic nerve.*

*The time of occurrence of opacities in the lens depends on the type of injury that affects the eye. In penetrating injuries, blunt injuries, alkali burns and after electric shock, it is often very short. In the case of infrared and ultraviolet ionizing radiation, progression may be slow and last a few to a dozen or so years.*

*The aim of the article was to present the most common causes of traumatic cataract and some related pathological states.*

*An important element of this research was to present the possibilities of protection against the effects of injury and excessive exposure to physical factors, such as UV and infrared radiation, which are now becoming widely used in aesthetic medicine and cosmetology.*

**Keywords:** cataract, eye injuries, ultraviolet radiation

otrzymano / received

15.10.2018

poprawiono / corrected

03.11.2018

zaakceptowano / accepted

10.12.2018

Objawy i sposób postępowania mogą różnić się w zależności od rodzaju ciała obcego.

Część pacjentów z niewielką raną wlotową może nie być świadoma obecności ciała obcego wewnątrz struktur gałki ocznej. Z tego też powodu wywiad środowiskowy z pacjentem dotyczący czynności wykonywanych podczas pracy jest ważnym narzędziem diagnostycznym. Część obrażeń występujących podczas wykonywania pracy można zminimalizować poprzez edukację dotyczącą profilaktyki urazów ocznych oraz stosowanie przyborów ochronnych takich jak okulary [5].

Okolo 80–90% IOFB ma charakter metaliczny. Część materiałów, jak srebro, aluminium, platyna i złoto są raczej obojętne i powodują niewielkie reakcje miejscowe. Natomiast żelazo i miedź są toksyczne i mogą wywoływać poważne zmiany zarówno w soczewce, jak i w siatkówce.

W każdym przypadku podejrzenia IOFB, złotym standardem pozostaje badanie tomografii komputerowej TK (*Computed Tomography*), jednak przy małych IOFB poniżej 0,7 mm i to nie daje gwarancji. Dopiero po wykluczeniu obecności ciała metalicznego w gałce ocznej możemy rozszerzyć diagnostykę o rezonans magnetyczny MR (*Magnetic Resonance*), użyteczny przy wykrywaniu obecności szkła i drewna.

Inne specjalistyczne badania to ultrasonografia (USG), ultrabiomikroskopia (UBM) – przydatna przy ciałach obcych zlokalizowanych w kącie przesączania oraz badania elektrofizjologiczne (ERG) pozwalające na ocenę funkcji nabłonka barwnikowego RPE (*Retinal Pigment Epithelium*) [1, 6].

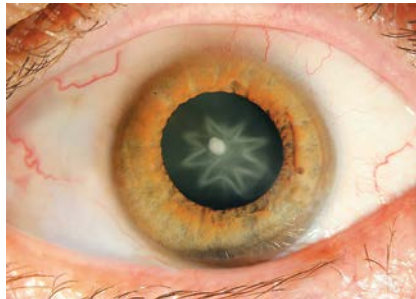
### ŻELAZICA

Opilki żelaza są najczęściej spotykanym ciałem obcym wewnątrzgałkowym. Żelazica charakteryzuje się odkładaniem cząsteczek żelaza w tkankach ocznych. Objawy podmiotowe to ślepotą zmierzchowa (nyklopią), koncentryczne zwężenie pola widzenia i obniżenie ostrości wzroku. Objawy przedmiotowe obejmują między innymi: heterochromię, czyli różnobarwność tęczówki, szeroką nie reagującą na światło źrenicę i odkładanie żelaza na śródbłonku rogówki w postaci brązowych osadów.

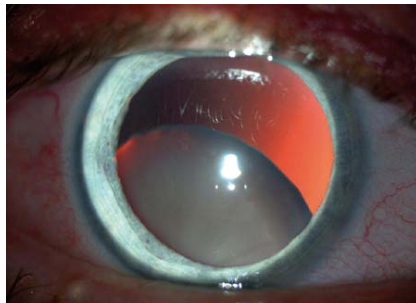
Żelazicę charakteryzuje zaćma składająca się z promieniście ułożonych brązowych złogów żelaza na przedniej torebce soczewki (fot. 1).



Fot. 1 Żelazica Źródło: [I]



Fot. 2 Zaćma po urazie tępych w kształcie rozety Źródło: [II]



Fot. 3 Podwichnięcie soczewki Źródło: [III]



Fot. 4 Zaćma sektorowa po ekspozycji na UV Źródło: [IV]

Wyżej wymienione objawy cechuje zmienna dynamika i mogą rozwijać się od 18 dni do nawet 18 lat.

Oprócz zaćmy żelazica może powodować liczne powikłania, z których najważniejsze to jaskra wtórna wywołana uszkodzeniem siatkówki beleczkowaniem, degeneracja nabłonka barwnikowego siatkówki oraz przekrwienie i obrzęk tarczy nerwu wzrokowego.

Początkowe zmiany w gałce ocznej wywołane toksycznym działaniem jonów żelaza mają charakter odwracalny. Z czasem dochodzi jednak do trwałego uszkodzenia wzroku [1, 7, 8].

### MIEDZICA

Miedzica – chalkoza, czyli metaloza związana z obecnością miedzi, zależy od stopnia akumulacji tego pierwiastka w IOFB. Stopy zawierające 85–100% czystej miedzi mogą powodować ostre nieinfekcyjne zapalenie całej gałki ocznej, a w skrajnych przypadkach jej zanik. Stopy o niższej zawartości miedzi, takie jak mosiądz czy brąz, zawierające poniżej 85% czystej miedzi predysponują do przewlekłej postaci choroby.

Typowymi objawami miedzicy są złogi w błonie Descemeta na obwodzie rogówki podobne do pierścienia Kaysera-Fleischera w chorobie Wilsona, zaćma o kształcie kwiatu słonecznika oraz zielone zabarwienie tęczówki. Odkładanie miedzi w siatkówce daje obraz złotych płytek na dnie oka [7, 9].

### URAZ TĘPY

Zmętnienia w przebiegu zaćmy powstałej w następstwie urazu tępego są umiejscowione w korze pod torebką tylną i układają się wzdłuż tylnych szwów soczewkowych tworząc wzór przypominający kwiat, rozetę lub liść paproci (fot. 2). Zmętnienia te mogą z czasem zanikać, pozostawiać niezmiennie, lub przechodzić w postać zaćmy dojrzałej.

W innych przypadkach urazów tępych można zaobserwować zaćmę podtorebkową tylną lub sektorową.

Jeżeli podczas urazu doszło do przerwania torebki soczewki, to uwolnione nawet w niewielkiej ilości masy soczewkowe mogą spowodować fakolityczne i fakoanflaktyczne zapalenie błony naczyniowej.

Często podczas urazów dochodzi do podwichnięcia lub zwichnięcia soczewki wewnątrzgałkowej. Podwichnięcie jest wynikiem częściowego zerwania więzadełek utrzymujących soczewkę. Następuje przemieszczenie soczewki w kierunku nieuszkodzonej obwódki, a jej brzeg może być uwidoczony w lampie szczelinowej (fot. 3). Inne objawy to drżenie tęczówki przy ruchach gałki ocznej, dwojenie jednooczne i astygmatyzm soczewkowy.

Zwichnięcie soczewki jest związane z całkowitym rozerwaniem obwódki rzęskowej na całym obwodzie i przemieszczeniem soczewki. Stan ten wymaga przeważnie pilnej interwencji. Soczewka w komorze przedniej może wywołać blok żreniczny przez zamknięcie żrenicy oraz uszkodzenie śródbłonna rogówki. Soczewka zwichnięta do komory tylnej często wywołuje odpowiedź zapalną i wywołuje wzrost ciśnienia śródgałkowego [10].

W diagnostyce oprócz standardowego badania okulistycznego, często utrudnionego w przypadku nieprzezierności ośrodków optycznych, można zastosować USG gałki ocznej. USG wzbogaca wiedzę na temat struktur niewidocznych podczas badania okulistycznego, a także pozwala określić ruchomość soczewki oraz twardość jądra, co jest pomocne w planowaniu postępowania chirurgicznego [11].

## ZAĆMA ZWIĄZANA Z PROMIENIOWANIEM

Struktury gałki ocznej są stale narażone na światło słoneczne i sztuczne źródła światła, które z kolei szeroko wykorzystywane są zarówno w procesach leczniczych jak i zabiegach kosmetycznych. Ludzkie oko broni się przed nadmiarem promieni świetlnych poprzez silne zwężenie żrenicy, natomiast soczewka posiada naturalny filtr UV oraz liczne mechanizmy, których zadaniem jest eliminacja wolnych rodników. Niestety długotrwała ekspozycja na promieniowanie nasila stres oksydacyjny, który w konsekwencji przyczynia się do zmętnienia soczewki.

Promieniowanie nadfioletowe (UV) dłuższe od 290-300 nm dociera do soczewki, przez którą jest silnie pochłaniane. Rozwój zmętnień jest powolny, lokalizuje się w korze i pod torebką tylną, często w donosowej części soczewki, co związane jest z padaniem promieni od strony skroniowej (fot. 4). Z tego też względu należy pamiętać, aby okulary ochronne posiadały osłony w górnej i dolnej części zapewniając przeszkodę dla promieniowania padającego pod każdym kątem, a także były



Fot. 5 Nakładki ochronne na oczy Źródło: [V]



Fot. 6 Zaćma po porażeniu prądem elektrycznym – zmętnienia w korze przedniej układają się w kształt gwiazdy Źródło: [V]



Fot. 7 Implant tęczówki Źródło: [VI]



Fot. 8 Epiproteza dwuścienna Źródło: [VII]

dostosowane do odpowiedniej aparatury, z której korzystamy przy konkretnym zabiegu. Pacjentów należy natomiast zabezpieczyć stosując specjalnie zaprojektowane nakładki na oczy [12, 13].

Silnym źródłem promieniowania UV są lampy emitujące UVA i UVB wykorzystywane w solariach, a także do stylizacji paznokci.

Niebezpieczne okazały się łóżka w solariach, które mogą wytwarzać poziom UV do 100 razy większy, niż uzyskiwany z promieni słonecznych. W badaniach przeprowadzonych w Anglii wykazano, że 83% łóżek z lampą kwarcową przekracza europejskie normy UVB [14].

Korzystanie z solarium sprzyja również innym patologiom narządu wzroku, takim jak ślepota śnieżna, czyli silne zapalenie spojówki i nabłonka rogówki oraz retinopatii.

Ryzyko wystąpienia zaćmy podtorebkowej wykazano w badaniach u pacjentów leczonych na atopowe zapalenie skóry i łuszczycę przez fototerapię lampami PUVA (*Psoralen Ultra Violet A*).

Warto zaznaczyć, że światło z zakresu 180–315 nm jest absorbowane przez rogówkę i może powodować jej zapalenie. W zakresach tych działa między innymi laser ekscymerowy, który znalazł w ostatnich latach zastosowanie w leczeniu bielactwa, łuszczycy i atopowego zapalenia skóry.

Ryzyko wystąpienia zaćmy jest większe dla pracowników zajmujących się wytworzeniem materiałów o wysokiej tempera-

turze, takich jak roztopiona stal czy szkło. W takich warunkach pacjent narażony jest na promieniowanie podczerwone, które z kolei powoduje powstanie tak zwanej „zaćmy hutniczej”. Promieniowanie podczerwone zostaje zaabsorbowane przez rogówkę i przekształcone w ciepło, a następnie jest doprowadzone do soczewki, w której zachodzą zmiany w strukturze jej związków białkowych. Proces ten trwa wolno, a zmętnienia rozwijają się kilkanaście, a nawet kilkadziesiąt lat [15, 16].

Światło z zakresu średniej i dalekiej podczerwieni może penetrować do soczewki przyspieszając rozwój katarakty. W tym obszarze mieści się zakres działania lasera neodymowo-yagowego Nd:YAG (1064 nm) służącego między innymi do usuwania zmian naczyniowych oraz lasera frakcyjnego Er:YAG wykorzystywanego do zabiegów odmładzających, usuwania blizn pooperacyjnych i przebarwień [17].



Dodatkowo światło laserowe z zakresu 400–1400 nm wykorzystywane w laserach Nd:YAG służących do depilacji, usuwania tatuaży i naczynek; przechodzi przez soczewkę i skupia się na siatkówce, mogąc doprowadzić do jej nieodwracalnego uszkodzenia [17].

Terapie urządzeniami IPL (*Intense Pulsed Light*) wykorzystywane między innymi do usuwania przebarwień, starczych piegów i zmarszczek, a także nadmiernego owłosienia emitują fale świetlne w zakresie 400–1200 nm.

Biorąc pod uwagę to, że człowiek widzi w zakresie 400–700 nm, część z fal znajduje się poza zakresem widzenia ludzkiego oka. Z tego też względu bezwarunkowe odruchy jak mruganie, czy odwracanie głowy nie występują.

Należy podkreślić, że zabiegi z zakresu medycyny estetycznej wykorzystujące lasery i IPL są bezpieczne dla pacjenta, jak i dla osoby je wykonującej, jeżeli zachowane są podstawowe zasady bezpieczeństwa, a obsługująca osoba posiada odpowiednie przeszkolenie.

Soczewka jest wrażliwa na działanie promieniowania jonizującego, zarówno podczas jednorazowego silnego naświetlenia oraz po przewlekłym napromieniowaniu. Dla osób zatrudnionych na stanowiskach, na których występuje narażenie na promieniowanie jonizujące, dawka graniczna, wyrażona jako dawka skuteczna (efektywna) w ciągu roku kalendarzowego dla soczewek oczu została określona na poziomie 150 mSv dla pracowników, 50 mSv dla praktykantów i studentów (uczniów) w wieku od 16 do 18 lat (Rozp. R. M. z dnia 18 stycznia 2005 r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego, Dz. U. z dnia 3 lutego 2005 r.) [18].

W badaniach przeprowadzanych w Skandynawii wykazano zależność między występowaniem zaćmy a pracą w narażeniu na promieniowanie jonizujące u pracowników służby zdrowia. Autorzy zaznaczyli, że większe narażenie na promieniowanie występuje u pracowników związanych z wykonywaniem czynności w dziedzinach takich jak kardiologia czy radiologia interwencyjna [19].

Innym istotnym przykładem zaćmy pourazowej związanej z promieniowaniem jonizującym może być radioterapia i jej skutki występujące po napromienianiu gałki ocznej u osób z chorobami nowotworowymi.

Zmętnienie soczewki wynika w szczególności z uszkodzenia nabłonka torebki soczewki w okolicy równika. Komórki aktywne mitotycznie, wrażliwe na promieniowanie, znajdują się na obwodzie soczewki, dlatego napromieniowanie tej okolicy powoduje powstanie zaćmy, podczas gdy napromieniowanie centralnej części soczewki takich zmian nie powoduje. Zmętnienia soczewki pojawiają się najczęściej po dwóch latach leczenia, a pięćdziesięcioprocentowe prawdopodobieństwo zaćmy występuje przy dawce 15 Gy [20, 21].

W medycynie estetycznej w zabiegach radiofrekwencji wykorzystywane jest z kolei niejonizujące promieniowanie radiowe. Ze względu na fakt, iż fale radiowe mogą przyspieszyć

powstawanie zaćmy, a zabieg często ma za zadanie poprawę jakości skóry okolicy powiek, każdy pacjent bezwzględnie powinien posiadać nakładki zabezpieczające (fot. 5) [22, 23].

### PORAŻENIE PRĄDEM ELEKTRYCZNYM

Do zaćmy urazowej zalicza się także zmętnienia powstałe po porażeniu prądem elektrycznym lub piorunem. Soczewka u młodszych pacjentów jest bardziej podatna na uszkodzenia prądem niż soczewka u osób w wieku podeszłym. Zmętnienia soczewki mogą występować w postaci utajonej, a następnie ulegać gwałtownej progresji. Porażenia w przebiegu których rozwija się zaćma związane są z kontaktem łuku elektrycznego w obszarze głowy lub szyi, a ilość i szybkość zmian w soczewce wydają się nie mieć związku z natężeniem prądu. Charakterystyczne liniowe zmętnienia tworzą się w korze przedniej soczewki i mogą układać się w kształt gwiazdy (fot. 6).

Należy zaznaczyć, że oparzenia elektryczne o wysokim napięciu mogą powodować inne poważne w skutkach uszkodzenia struktur oka, takie jak zmętnienie rogówki, zaburzenia akomodacji, powstanie obrzęku i otworu w siatkówce, zaburzenie funkcji fotoreceptorów, odwarstwienie siatkówki czy neuropatię nerwu wzrokowego.

Zmiany lokalizujące się w samej soczewce dają dobre rokowania przy operacji metodą fakoemulsyfikacji z wszczepem soczewki zwijalnej wewnątrzgałkowej, w przeciwieństwie do zmian zlokalizowanych w siatkówce i nerwie wzrokowym, w przypadku których rokowanie jest niepewne [24, 25].

W przypadku uszkodzenia chemicznego do rozwoju zaćmy dochodzi częściej po oparzeniu zasadami niż kwasami. W patofizjologii początkowo dochodzi do martwicy nabłonka spojówki oraz rogówki, utraty komórek macierzystych rąbka, głębokiej penetracji rogówki przez substancję chemiczną, a w końcu do przedostania się substancji do przedniej komory oka z uszkodzeniem tęczęwki i soczewki. Zmiany w soczewce lokalizują się przeważnie w korze, progresja jest szybka, a uszkodzenia znaczne. Usunięcie zaćmy jest w tym przypadku jednym z etapów bardziej skomplikowanych procedur terapeutycznych jak przeszczep komórek macierzystych rąbka czy keratoplastyka [7].

### LECZENIE

W ostatnich latach nastąpił znaczny progres w leczeniu chirurgicznym zarówno zaćmy jak i powikłań szkliskowo-siatkóvkowych i rogówkowych. Witrektomia, keratoplastyka oraz implantacje soczewek wewnątrzgałkowych przynoszą coraz lepsze rezultaty, nadzór nad pracownikami pozwala uniknąć części wypadków, a regularne badania okresowe pozwalają na szybkie i skuteczne wdrożenie leczenia.

Należy jednak podkreślić, że najcięższe przypadki urazów w okulistyce niosą ze sobą możliwości uszkodzenia innych struktur poza soczewką takich jak powieki, rogówka oraz tęczęwka, a oprócz efektu funkcjonalnego zabiegu należy uwzględnić aspekt wizualny.

Pourazową asymetrię szpar powiekowych spowodowaną opadnięciem powiek można skorygować chirurgicznie.

W przypadku pozostałych po urazie blizn i przymgleń rogówki, można skorzystać z zabiegu fotokeratektomii laserem ekscymerowym.

W stanach, w których doszło do rozerwania tęczęwki można wykonać jej plastykę podczas zabiegu, natomiast przy znacznym uszkodzeniu zastosować implant tęczęwki kolorystycznie dopasowany do drugiego oka (fot. 7).

W bardzo ciężkich przypadkach, kiedy dochodzi do zniku gałki ocznej lub konieczne jest jej usunięcie, pacjent może skorzystać ze specjalnie zaprojektowanych protez i epiprotez wykonywanych na zamówienie przez wyspecjalizowane pracownie (fot. 8) [4].

## PODSUMOWANIE

Zaćma pourazowa i towarzyszące jej komplikacje stanowią duże wyzwanie diagnostyczne jak i terapeutyczne. U części pacjentów leczenie należy wdrożyć bez zbędnej zwłoki nie rzadko w warunkach ostro dyżurowych, w innych przypadkach zmiany powinny być obserwowane przez wiele lat.

Warto pamiętać, że niektóre objawy mogą wystąpić dopiero po długim okresie utajenia, a sam pacjent może nie być ich do końca świadomy.

Prace należy wykonywać stosując środki ochrony indywidualnej dostosowane do wykonywanych czynności, a w warunkach gabinetów kosmetycznych i zabiegowych są to między innymi okulary ochronne o odpowiedniej przepuszczalności dla określonej długości fali oraz nakładki zabezpieczające na oczy dla pacjentów (fot. 9).

## LITERATURA

1. Rejdak R. Wskazania do witrektomii. *Via Medica*, Gdańsk 2017: 144-153.
2. Grzybowski A, Gaca-Wysocka M. Współczesna wiedza na temat soczewki. *Przeгляд okulistyczny* 2014, vol. 4: 1-4.
3. Sharma A, Kumar A, et al. Visual Outcome of Traumatic Cataract at a Tertiary Eye Care Centre in North India: A Prospective Study. *JCDR*, 2016, vol. 10(1): NC05-8.
4. Kuhn F, Zagórski Z. *Urazy oka*. Czelej, Lublin 2011: 113-122.
5. Parihar JKS, et al. Study of traumatic cataract in occupational and environmental trauma and its management. *Medical Journal, Armed Forces India* 1998, vol 54: 41-43.
6. Gavriş CD, Tămăşoi I. Penetrating Corneal Wound with Traumatic Cataract and Intraocular Foreign Body-Case Report. *Romanian Journal of Ophthalmology* 2017, vol. 61: 54-59.

7. Kański J. *Okulistyka kliniczna*, Elsevier Urban & Partner, Wrocław 2013: 928-930.
8. Glasner L, Ściegienny R, Krzyżanek E, Serkies-Minuth E, Kanclerz P. Żelazica gałki ocznej. *Medycyna Rodzinna* 2013, vol. 7: 103-107.
9. Billi B, Lesnioni G, SCASSA C, Giuliano MA, Coppe AM, Ross T. Copper intraocular foreign body: diagnosis and treatment. *European Journal of Ophthalmology* 1995, vol. 5: 235-239.
10. Szaflik J, Grabska-Liberek I, Izdebska J. Stany nagłe w okulistyce. *Wyd. PZWL*, Warszawa 2005: 153-156.
11. Fryczkowski P. *Ultrasonografia gałki ocznej*, ISBN, Wrocław 2008: 164-167.
12. Marcelo N. Ayala, Ralph Michael, Soderberg G. Influence of Exposure Time for UV Radiation-Induced Cataract. *Investigative Ophthalmology & Visual Science* 2000, vol. 41: 3539-3543.
13. Abraham, Alison G, et al. The differential effect of ultraviolet light exposure on cataract rate across regions of the lens. *Investigative ophthalmology & visual science* 2010, vol. 5: 3919-3923.
14. Schulman JM, Fisher DE. Indoor ultraviolet tanning and skin cancer: health risks and opportunities. *Curr Opin Oncol*. 2009, vol. 21: 144-149.
15. Centralny Instytut Ochrony Pracy. <http://nop.ciop.pl/m6-6/m6-62.htm> (dostęp: 02.02.2019).
16. Lydahl E. Infrared radiation and cataracta. *Acta Ophthalmol Suppl* 1984, vol. 166: 1-63.
17. Międzyresortowy Instytut Techniki Radiacyjnej. <http://mitr.p.lodz.pl/raman/LTD%pdf> (dostęp: 02.02.2019).
18. Strona główna Sejmu Rzeczypospolitej Polski. <http://prawo.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20050200168/O/D20050168.pdf> (dostęp: 02.02.2019).
19. Mrena S, Kivela T, Kurttio P, Auvinen A. Lens opacities among physicians occupationally exposed to ionizing radiation – a pilot study in Finland. *Scand J Work Environ Health* 2011, vol. 37: 237-243.
20. Filarska D, Czyżewska K. Uszkodzenie narządu wzroku po radioterapii – przegląd literatury. *Współczesna Onkologia* 2000, vol. 4: 109-110.
21. Regillo C, Chang TS, Johnson MW, et al. Basic and Clinical Science Course: Siatkówka i ciało szkliste. Elsevier, Wrocław 2007, vol. 14: 332-337.
22. Elder JA. Ocular Effects of Radiofrequency Energy, *Bioelectromagnetics Supplement* 2003, vol. 6: 148-161.
23. Ahlbom A, Green A, Kheifets L, Savitz D, Swerdlow A. Epidemiology of health effects of radiofrequency exposure. *Environ Health Perspect* 2004 vol. 112(17): 1741-1754.
24. Baranwal VK. A Case of Electric Cataract. *Medical Journal, Armed Forces India* 2014, vol. 70: 284-285.
25. Biro Z, Pamer S. Electrical cataract and optic neuropathy. *International Ophthalmology* 1994, vol. 18: 43.

## ŹRÓDŁA FOTOGRAFII

- I. <https://medicine.uiowa.edu/eye/> (dostęp: 08.09.2018).
- II. <https://www.livescience.com/> (dostęp: 08.09.2018).
- III. <https://www.artisanoptics.com/> (dostęp: 08.09.2018).
- IV. [www.milaneyecenter.com](http://www.milaneyecenter.com) (dostęp: 08.09.2018).
- V. <https://www.kenteklaserstore.com/> (dostęp: 08.09.2018).
- VI. <https://www.eyeworld.org> (dostęp: 08.09.2018).
- VII. <http://visionperfekt.pl> (dostęp: 08.09.2018).