Nowe spojrzenie na jakość wizualizacji podczas operacji wewnątrzgałkowych

A new look at the quality of visualization during intraocular surgery

Piotr Jurowski

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

NAJWAŻNIEJSZE

Współczesny mikroskop operacyjny jest urządzeniem niezbędnym do wykonania szerokiego zakresu operacji wewnątrzgałkowych, od którego oczekuje się najlepszej możliwej wizualizacji dla każdego typu procedury.

HIGHLIGHTS

Modern surgical microscope is important unit necessary to perform a wide range of intraocular surgery, with the best possible visualization for each type of procedure.

STRESZCZENIE

Współczesny mikroskop operacyjny jest podstawowym urządzeniem niezbędnym do wykonania szerokiego zakresu operacji wewnątrzgałkowych, od którego oczekuje się najlepszej możliwej wizualizacji dla każdego typu procedury. Wysokiej klasy mikroskop okulistyczny gwarantuje nie tylko właściwą jakość obserwacji pola operacyjnego, lecz także większą swobodę i komfort podczas przeprowadzania operacji oraz mniejszy stres chirurga. Biorąc pod uwagę odmienność operacji w przednim i tylnym odcinku oka, należy podkreślić dwa ważne elementy, które odzwierciedlają jakość mikroskopu operacyjnego. W tym kontekście szczególnie istotna jest możliwość uzyskania stabilnego czerwonego refleksu o wysokiej jakości oraz odpowiednio dużego zakresu głębi ostrości.

Słowa kluczowe: mikroskop operacyjny, zjawisko czerwonego refleksu, głębia ostrości

ABSTRACT

Modern surgical microscope is the basic unit necessary to carry out a wide range of intraocular surgery, with as good visualization as it is possible for each type of procedure. High-quality microscope means not only the quality of observation within the surgical field but also greater comfort of surgery with lesser surgeon stress. Taking into account the diversity of operations in the anterior and posterior segment of the eye, one should pay close attention to two important elements that reflect the quality of surgical microscope e.g. the ability to obtain a stable, high-quality red reflex and a sufficiently large range of depth of focus.

Key words: ophthalmic microscope, red reflex phenomenon, depth of focus

For non-commercial use only

© Medical Education. For private and non-commercial use only. Downloaded from https://www.journalsmededu.pl/index.php/ophthatherapy/index: 17.07.2025; 04:27,37

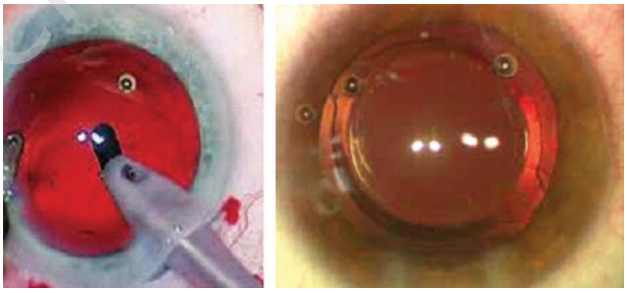
Wysokiej jakości mikroskop operacyjny ma istotny wpływ na ostateczny wynik operacji okulistycznej. Dostępne rozwiązania techniczne mikroskopu pozwalają na optymalizację zabiegu operacyjnego i osiągnięcie najlepszego wyniku czynnościowego i anatomicznego. Różnorodność operacji mikrochirurgicznych w okulistyce oraz fakt, że przeprowadza się je w powiększeniu i oświetleniu mikroskopu, powodują, że chirurg wykonujący zabieg oczekuje znakomitej wizualizacji we wszystkich jego fazach. Brakuje natomiast informacji dotyczących potencjalnego wpływu jakości obrazu uzyskiwanego podczas zabiegu mikrochirurgicznego na bezpieczeństwo operacji. Intuicyjnie można przyjąć, że jakość wizualizacji przekłada się wprost na bezpieczeństwo wykonania jej poszczególnych etapów. Odpowiedniej jakości wizualizacja pola operacyjnego zapewnia w praktyce większą przewidywalność potencjalnych powikłań śródoperacyjnych, pozwala wyprzedzić ich wystąpienie, a w wielu przypadkach daje możliwość ich uniknięcia. W tym kontekście bezpieczeństwo operacji to bezpieczeństwo operowanego pacjenta i operującego lekarza.

Patrząc na problem z innej strony, można powiedzieć, że jakość wykonanej operacji okulistycznej zależy od tego, jak oko chorego jest widziane okiem operującego chirurga. Wysokiej klasy mikroskop okulistyczny gwarantuje nie tylko jakość obserwowania pola operacyjnego, lecz także większą swobodę i komfort podczas przeprowadzania operacji oraz mniejszy stres chirurga. Poprawa ergonomii pracy podczas operacji wykonywanej pod mikroskopem oznacza mniejszy wysiłek dla oczu operatora i mniejsze zmęczenie fizyczne pod koniec nierzadko długiego dnia operacyjnego. Nowoczesne rozwiązania technologiczne i ergonomiczne ułatwiają eliminację czynników niezwiązanych bezpośrednio z manipulacjami w polu operacyjnym, które mogą zaburzyć koncentrację operującej osoby.

Zaawansowanie technologiczne dostępnych mikroskopów operacyjnych i systematyczne postępy w dziedzinie ich konstrukcji pozwalają na rzeczywiste ukazanie elementów i struktur w polu operacyjnym, których do tej pory nie dostrzegano dokładnie (lub w ogóle) podczas operacji. Współczesny mikroskop operacyjny jest podstawowym urządzeniem niezbędnym do wykonania szerokiego zakresu operacji wewnątrzgałkowych, od którego oczekuje się najlepszej możliwej wizualizacji dla każdego typu procedury. Jest ona jednak w pewnym sensie odmienna w przypadku operacji w przednim i tylnym odcinku oka. Operacje w przednim odcinku oka, w tym głównie fakoemulsyfikacja, ale także operacje minimalnie inwazyjne w jaskrze, wykonuje się w przestrzeni ograniczonej odpowiednimi strukturami anatomicznymi, np. torebką soczewki czy pojemnością komory przedniej. Manipulacje narzędziami, wprowadzenie tipa fakoemulsyfikatora, kaniuli do iniekcji preparatu wiskoelastycznego czy wreszcie osadzenie soczewki wewnątrzgałkowej odbywają się na konkretnej głębokości (ryc. 1). Z kolei w chirurgii ciała szklistego przeprowadzane czynności następują w odmiennych obszarach tylnego odcinka oka. Co więcej, manipulacje narzędziami, np. witrektomem, pincetami czy nożyczkami, są wykonywane z odmienną dynamiką, oświetlone światłem wprowadzonym do komory ciała szklistego (oświetlenie żyrandolowe, endoiluminacja „z ręki").

RYCINA 1

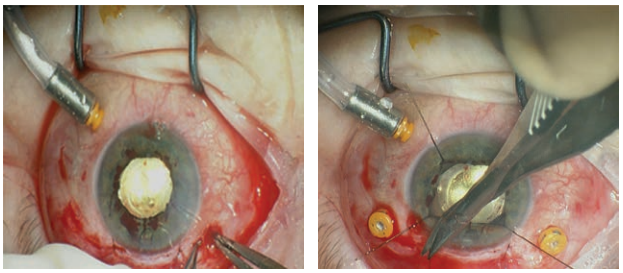
Operacje w przednim odcinku oka wykonuje się w ograniczonej przestrzeni komory przedniej oka. Istotne znaczenie ma w tych przypadkach obecność czerwonego refleksu i odpowiednia głębia ostrości.



Gdyby w schematyczny sposób podzielić zabieg witrektomii na kilka etapów, to w początkowym okresie operacji przygotowywanie pola operacyjnego, odpowiednie rozmieszczenie trokarów, wprowadzanie narzędzi do komory ciała szklistego wymaga rozproszonego światła mikroskopu i zazwyczaj szerokokątnej obserwacji. Dobre warunki oświetlenia i płynnie regulowane powiększenie obrazu ułatwiają dodatkowo cięcie spojówki czy kauteryzację naczyń nadtwardówki (ryc. 2).

RYCINA 2

Nieznaczne powiększenie obrazu i rozproszone światło mikroskopu sprzyjają prawidłowemu przygotowaniu pola operacyjnego i wprowadzeniu trokarów w początkowej fazie witrektomii.



© Medical Education. For private and non-commercial use only. Downloaded from https://www.journalsmededu.pl/index.php/ophthatherapy/index: 17.07.2025; 04:27,37

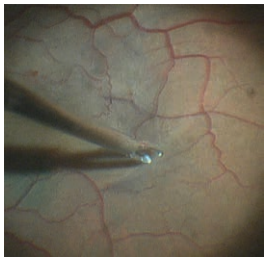
Podczas centralnej witrektomii manipulacje nożem witrektomu w rozproszonym oświetleniu wprowadzonym do komory ciała szklistego są obserwowane w wyjątkowo szerokiej przestrzeni rozciągającej się od podstawy ciała szklistego po struktury tylnego bieguna. Ten etap operacji wymaga ciągłej zmiany poziomu ogniskowania obrazu w mikroskopie i/lub pełnego zakresu głębi obrazu, jaki oferuje mikroskop operacyjny. Biorąc pod uwagę, że włókna ciała szklistego są połączone ze strukturami siatkówki, z naczyniami krwionośnymi i nerwem wzrokowym, na tym etapie operacji niezbędna jest możliwość symultanicznego monitorowania obszarów znajdujących się poza miejscem cięcia witrektomu. Uważne śledzenie przestrzeni siatkówki w świetle rozproszonym pozwala na uniknięcie potencjalnych powikłań wynikających z obecności trakcji szklistkowo-siatkówkowych oraz na ocenę zachowania siatkówki leżącej poniżej usuwanych błon proliferacyjnych w proliferacyjnej retinopatii cukrzycowej czy podczas usuwania błony granicznej wewnętrznej w chirurgii otworu plamki (ryc. 3, 4).

RYCINA 3

Możliwość symultanicznego obserwowania struktur tylnego bieguna w świetle rozproszonym podczas obwodowej witrektomii pozwala uniknąć powikłań związanych z obecnością trakcji szklistkowo-siatkówkowych.

RYCINA 4

Usunięcie błony nasiatkówkowej w zespole pomarszczenia plamki wymaga znacznego powiększenia obrazu i punktowego zogniskowanego oświetlenia.

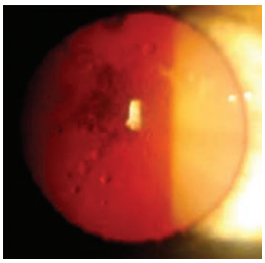


Biorąc pod uwagę odmienność operacji w przednim i tylnym odcinku oka, należy podkreślić dwa ważne elementy, które odzwierciedlają jakość mikroskopu operacyjnego. W tym kontekście szczególnie istotna wydaje się możliwość uzyskania stabilnego czerwonego refleksu wysokiej jakości oraz odpowiednio dużego zakresu głębi ostrości.

Czerwony refleks jest jednym ze zjawisk obserwowanych podczas operacji za pomocą mikroskopu, które powstaje, kiedy współosiowe światło mikroskopu przenika do wnętrza oka i odbite od powierzchni siatkówki powraca do oka chirurga. Szczególnie ważna jest w tym wypadku także stabilność czerwonego refleksu, definiowana jako możliwość jego utrzymania w jak najszerszym obszarze pola operacyjnego, w którym wykonywane są manipulacje narzędziami, niezależnie od tego, czy operowany pacjent czynnie porusza okiem, czy też oko chorego jest biernie kierowane (przesuwane) przez operującego chirurga. To bardzo istotne, zwłaszcza gdy weźmie się pod uwagę, że czerwony refleks powstaje w rzucie źrenicy i jest zależny od jej średnicy. W związku z tym nawet nieznaczna rotacja gałki ocznej i/lub przesunięcie oka przy niewielkiej średnicy skupionego światła współosiowego, które do niego dociera, jest przyczyną utraty czerwonego refleksu. Ponieważ w chirurgii zaćmy możliwości wizualizacji i rozpoznawania są w znacznej mierze wynikiem pośredniego, a nie bezpośredniego oświetlenia interesujących chirurga szczegółów, powstanie cieni i kontrastów tworzonych przez zmętnienia soczewki czy odwijany brzeg kapsuloreksji na tle czerwonego refleksu ma kluczowe znaczenie. Uzyskana wizualizacja szczegółów jest więc w pewnym sensie wynikiem zaburzenia jakości czerwonego refleksu, a nie jego obecności. Parafrazując, można powiedzieć, że podczas operacji wykonywanej pod mikroskopem w przednim odcinku oka potrzebujemy dobrego, stabilnego czerwonego refleksu, aby zaburzyć jego jakość dla lepszego rozpoznania szczegółów (ryc. 5).

RYCINA 5

Intensywność i stabilność czerwonego refleksu pozwala na lepszą wizualizację szczegółów, np. wykonywanej kapsuloreksji, aspiracji resztek kory soczewki czy komórek torebki soczewki.



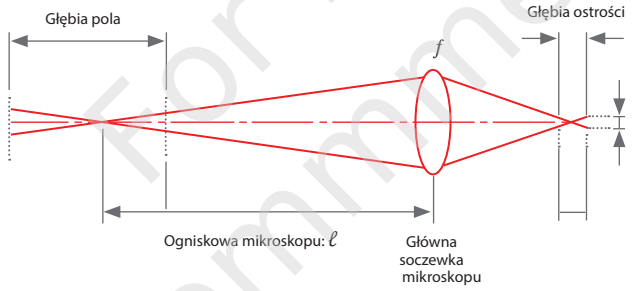
For non-commercial use only

© Medical Education. For private and non-commercial use only. Downloaded from https://www.journalsmededu.pl/index.php/ophthatherapy/index: 17.07.2025; 04:27,37

Z kolei głębia ostrości jest zjawiskiem powstającym dzięki optyce mikroskopów operacyjnych, wyjątkowo istotnym dla jakości postrzeganego obrazu. Z fizycznego punktu widzenia głębia ostrości to zakres odległości pomiędzy najbliższym a najdalszym punktem, które są dobrze widoczne dla oczu operującego. Biorąc pod uwagę dynamiczne zmiany podczas operacji mikrochirurgicznej, można zaś powiedzieć, że głębia ostrości to zakres powierzchni, którą chirurg widzi w sposób ostry bez konieczności aktywnego ogniskowania mikroskopu. Głównym czynnikiem regulującym głębię ostrości jest ogniskowa mikroskopu, określająca odległość soczewki głównej od obserwowanego obiektu. W obecnie stosowanych mikroskopach ogniskowa wynosi 175 mm lub 200 mm (ryc. 6).

RYCINA 6

Schemat optyki mikroskopu operacyjnego. Istnieje bezpośrednia zależność pomiędzy ogniskową mikroskopu a głębią ostrości.



RYCINA 7

Mikroskop operacyjny LuxOR przygotowany do operacji okulistycznej.

Jednym z wyjątkowo interesujących rozwiązań optycznych w dziedzinie mikroskopów operacyjnych stosowanych w okulistyce jest wprowadzony w ostatnim czasie do praktyki klinicznej mikroskop LuxOR Alcon Labs (ryc. 7). Unikatowe rozwiązania technologiczne leżą u podstaw wysokiej jakości wizualizacji pola operacyjnego obserwowanego za pomocą tego mikroskopu. Istotnym rozwiązaniem technologicznym z zakresu optyki mikroskopu LuxOR LX3 jest zastosowanie światła skolimowanego (równoległego) zamiast powszechnie używanego światła skupionego. Innym rozwiązaniem jest zachowanie odpowiedniego kąta padania wiązek światła osiowego i współosiowego. Nowatorski system oświetlenia światłem nieskupionym ILLUMIN-i opiera się na odmiennej pozycji głównej soczewki skupiającej, która w odróżnieniu od innych mikroskopów operacyjnych znajduje się powyżej źródła światła (ryc. 8). Efektem takiego rozwiązania jest możliwość oświetlenia pola operacyjnego światłem nieskupionym. W praktyce

RYCINA 8

Soczewka główna mikroskopu LuxOR przeniesiona o 6 cm powyżej dolnej części głowicy mikroskopu. Wiązki światła nie przechodzą przez główną soczewkę – zachowują równoległy przebieg i oświetlają pole operacyjne jako światło nieskupione.

For non-commercial use only

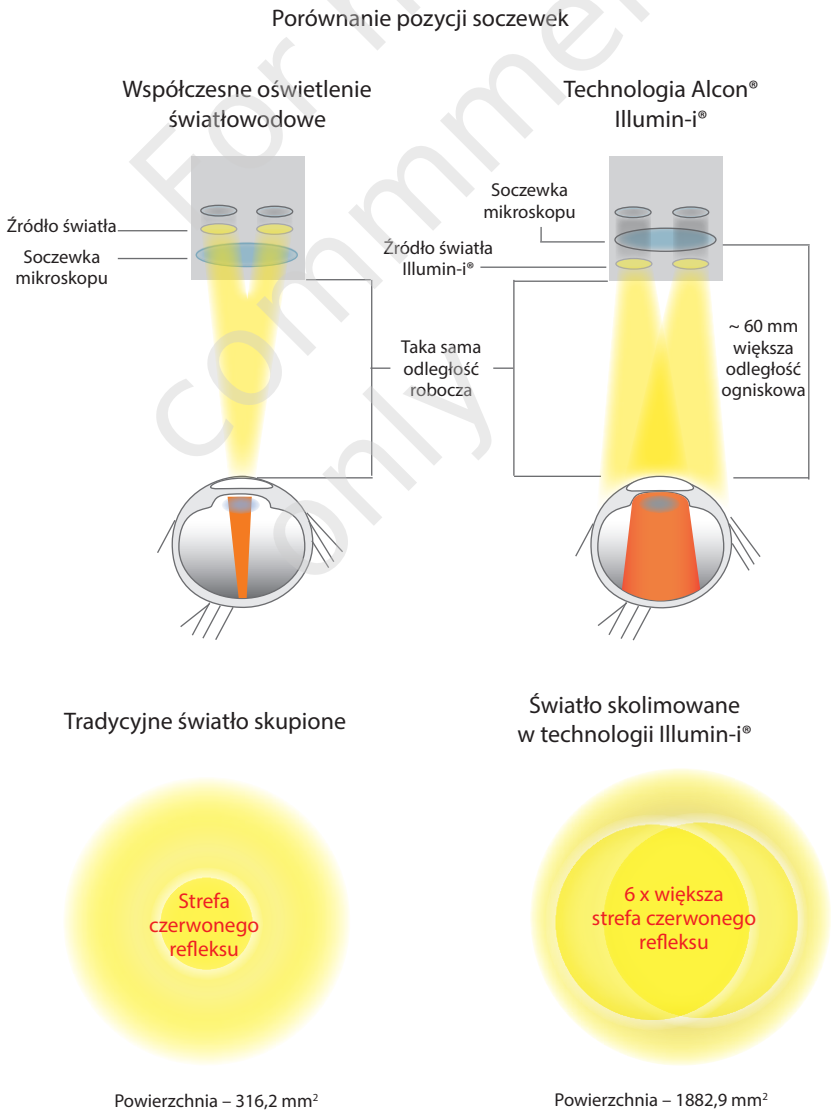
© Medical Education. For private and non-commercial use only. Downloaded from
https://www.journalsmededu.pl/index.php/ophthatherapy/index: 17.07.2025; 04:27,37

oznacza to, że światło osiowe i współosiowe, których źródło znajduje się wewnątrz mikroskopu, nie musi przechodzić przez jego główną soczewkę skupiającą i dociera do pola operacyjnego jako światło nieskupione. Równoległy przebieg wiązek światła 6-krotnie powiększa strefę oświetlenia koaksjalnego. Ma to bardzo istotne znaczenie dla uzyskania czerwonego refleksu w znacznie większym obszarze pola operacyjnego, co się przekłada na omawianą wcześniej stabilność czerwonego refleksu. Jest to niezwykle ważne w sytuacji zmian ustawienia gałki ocznej podczas biernego jej pochylenia przez operatora czy w przypadku niekontrolowanego poruszania okiem przez chorego (ryc. 9).

Inną korzyścią wynikającą z zastosowania technologii światła nieskupionego jest uniknięcie fototoksycznego uszkodzenia siatkówki, a więc potencjalnie większe bezpieczeństwo operacji. Wyjątkowo istotny efekt umiejscowienia głównej soczewki skupiającej w innym położeniu stanowi powiększenie ogniskowej mikroskopu o 60 mm. Przy zachowanej tradycyjnej odległości roboczej mikroskopu – 175 mm lub 200 mm – możliwe jest uzyskanie ogniskowej o wymiarze odpowiednio 235 mm i 260 mm. Ma to kluczowe znaczenie dla poprawy głębi ostrości mikroskopu (ryc. 10).

RYCINA 9

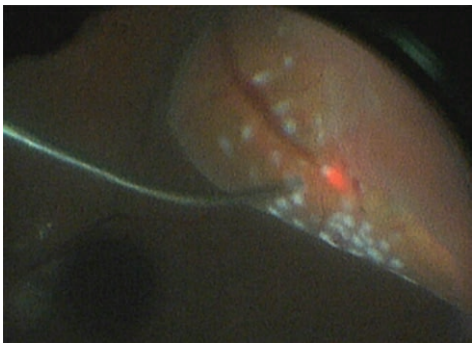
Padające na powierzchnię pola operacyjnego światło skolimowane (równoległe) pozwala 6-krotnie zwiększyć potencjalny obszar, w którym uzyskamy zjawisko czerwonego refleksu.



© Medical Education. For private and non-commercial use only. Downloaded from https://www.journalsmededu.pl/index.php/ophthatherapy/index: 17.07.2025; 04:27,37

RYCINA 10

Głębia ostrości to zakres powierzchni, które chirurg widzi w sposób ostry bez konieczności aktywnego ogniskowania mikroskopu.



Wiązki światła osiowego i współosiowego ustawione są względem siebie pod odpowiednim kątem. W przypadku mikroskopu LuxOR kąt padania wiązek światła wynoszący 8° pozwala obserwować warstwy znajdujące się poniżej powierzchni obserwowanej struktury bez negatywnego wpływu odbitego światła na warstwach leżących powyżej. Omawiane zjawisko umożliwia lepszą ocenę głębi obrazu, łatwiejsze określenie konturu powierzchni, a także tekstury głębszych warstw tkanek.
Interesującym rozwiązaniem technicznym zastosowanym w mikroskopie operacyjnym LuxOR jest możliwość wyłączenia torów wizyjnych oświetlenia koaksjalnego podczas witrektomii. To rozwiązanie optyczne powoduje, że obraz dna oka bez strat dociera do okularu operującej osoby. Dodatkowo niezależne tory optyczne dla asysty zapewniają stereoskopię, a możliwość niezależnego skokowego powiększenia obrazu ułatwia osobie asystującej dobre współdziałanie z lekarzem operującym.
Mikroskop LuxOR jest ergonomicznym, łatwym w obsłudze narzędziem pracy. Ciekłokrystaliczny, duży wyświetlacz przekazuje niezbędne informacje o parametrach mikroskopu i ustawieniach wstępnych zapisanych przez korzystających z niego chirurgów oraz umożliwia resetowanie do ustawień wyjściowych. Z kolei dodatkowy wyświetlacz znajdujący się powyżej głowy chirurga pozwala mu jednym spojrzeniem upewnić się co do parametrów i zmienić je manualnie bez angażowania do tego innych osób. Głowica mikroskopu wyposażona jest w system Q-VUE zapewniający przesunięcie podglądu asystenta w zależności od potrzeb w zakresie do 180°. Mobilność i ergonomia urządzenia ułatwia pracę w odmiennych warunkach sal operacyjnych. Mikroskop LuxOR jest sterowany bezprzewodowym przełącznikiem nożnym LIBERO-XY. Wodoodporny przełącznik zapewnia możliwość regulacji wszystkich funkcji mikroskopu i BIOM-u przez 100 h. Ładowanie wbudowanego akumulatora odbywa się po odwieszeniu przełącznika na boczną ścianę mikroskopu.
Mikroskop LuxOR jest ciekawie zaprojektowanym, nowoczesnym wzorniczo urządzeniem, o szerokich możliwościach współpracy z dodatkowymi, peryferyjnymi urządzeniami wspomagającymi operację (w tym z systemem VERION).

Wszystkie zamieszczone zdjęcia pochodzą z materiałów własnych Autora.

ADRES DO KORESPONDENCJI
prof. nadzw. dr hab. n. med. Piotr Jurowski
Klinika Okulistyki i Rehabilitacji Wzrokowej,
II Katedra Chorób Oczu,
Uniwersytet Medyczny w Łodzi
90-548 Łódź, ul. Żeromskiego 113

Piśmiennictwo

1. Jones MP. Larger depth of focus increases surgical efficiency. Ocular Surgery News 2013; 25: 13.
2. Pavilack MA, Brod RD. Site of potential operating microscope light-induced phototoxicity on the human retina during temporal approach eye surgery. Ophthalmology 2001; 108(2): 381-385.

© Medical Education. For private and non-commercial use only. Downloaded from
https://www.journalsmededu.pl/index.php/ophthatherapy/index: 17.07.2025; 04:27,37