DOI: 10.24292/01.ot.300617.04

Zastosowanie *heads up surgery* w chirurgii zaćmy i witrektomii

The use of heads up surgery in cataract surgery and vitrectomy

Dominika Nowakowska[1], Katarzyna Nowomiejska[1], Robert Rejdak[1,2]

[1]Klinika Okulistyki Ogólnej, Uniwersytet Medyczny w Lublinie
Kierownik Kliniki: prof. dr hab. n. med. Robert Rejdak
[2]Instytut Medycyny Doświadczalnej i Klinicznej im. Mirosława Mossakowskiego, Polska Akademia Nauk w Warszawie
Dyrektor: prof. dr hab. n. med. Maria Barcikowska-Kotowicz

NAJWAŻNIEJSZE

System 3D poprawia wizualizację i usprawnia podejmowanie decyzji przez chirurga w trakcie zabiegu, co może się przełożyć na lepsze wyniki pooperacyjne u pacjentów.

HIGHLIGHTS

A 3D system improves visualization and facilitates the surgeon's intraoperative decision-making process, which may lead to better postoperative outcomes.

STRESZCZENIE

Sformułowanie *heads up surgery* pochodzi od *head up display* – systemu wyświetlania danych w obrębie pola widzenia (np. pilotów) w lotnictwie w pozycji *heads up*, czyli bez konieczności pochylania głowy pilota nad panelem sterowania.

W trakcie *heads up surgery* chirurg przeprowadza zabieg, patrząc nie przez okular mikroskopu operacyjnego, lecz obserwując mikroskopowy obraz przesyłany z kamery 3D na ogromny, płaski monitor. Dzięki temu dowolna liczba uczniów może przy użyciu okularów 3D śledzić przebieg operacji. Kolejną zaletą tej techniki jest niezwykła ergonomiczność.

W skład systemu wizualizacji 3D poza monitorem i okularami 3D wchodzą kamera 3D i konsola z oprogramowaniem do przetwarzania obrazu 3D.

Słowa kluczowe: *heads up surgery*, chirurgia 3D, chirurgia zaćmy, witrektomia

ABSTRACT

The term heads up surgery is derived from the term head up display, which is used in the aviation industry to describe a method of data display at the level of the pilot eyes.

During the heads up surgery, the operator performs the procedure observing the microscopic image transmitted from a 3D camera onto a large, flat-screen monitor instead of the direct view through the operating microscope. This makes it possible for any number of students to track the course of the surgery using 3D glasses. Another advantage of this technique is its unique ergonomics. Besides the monitor and the 3D glasses, the 3D visualization system includes a 3D camera and a console with 3D image processing software.

Key words: heads up surgery, 3D surgery, cataract surgery, vitrectomy

© Medical Education. For private and non-commercial use only. Downloaded from https://www.journalsmededu.pl/index.php/ophthatherapy/index: 09.08.2025; 11:19,08

HEADS UP SURGERY

Termin *heads up surgery* pochodzi od *head up display*, czyli systemu, który z projektora wyświetla obraz w obrębie pola widzenia. *Head up display* został pierwszy raz użyty przez pilotów samolotów i umożliwił im odczytywanie danych w pozycji *heads up*, czyli bez konieczności pochylania głowy nad panelem sterowania. Analogicznie podczas operacji *heads up surgery* operator przeprowadza zabiegi mikrochirurgiczne, patrząc nie przez okular mikroskopu operacyjnego, lecz obserwując mikroskopowy obraz przesyłany z kamery 3D na ogromny, płaski monitor. Technicznie *heads up surgery* różni się od *head up display* tym, że obraz nie jest wyświetlany z projektora, ale pokazywany na monitorze (ryc. 1).

RYCINA 1

Head up display (źródło: Shutterstock).

Zastosowanie *heads up surgery* umożliwia chirurgowi przeprowadzenie operacji w niezwykle ergonomicznej pozycji – przy wyprostowanym odcinku szyjnym kręgosłupa. Obserwator lub chirurg znajduje się w odległości ok. 1,5 m od monitora (ryc. 2).

Dzięki relatywnie dużej odległości od pola operacyjnego prezbiopia u chirurga czy asysty nie ma znaczenia. W trakcie konwencjonalnej mikrochirurgii okulistycznej operatorowi może towarzyszyć tylko 1 asystent, który ogląda zabieg w czasie rzeczywistym i widzi dokładnie to samo co chirurg, ponieważ w tradycyjnym mikroskopie operacyjnym znajduje się tylko 1 podgląd asystencki. Ogromną zaletą *heads up surgery* jest wyświetlanie wysokiej jakości obrazu z pola operacyjnego na monitorze. W takiej sytuacji dowolna liczba uczniów może przy użyciu okularów 3D śledzić przebieg zabiegu, zadawać pytania i uczyć się prawidłowego postępowania w różnych sytuacjach, jakie mogą wystąpić podczas operacji zaćmy i witrektomii.

RYCINA 2

Chirurg w okularach 3D podczas witrektomii z zastosowaniem NGENUITY®3D Visualization System (Alcon).

SYSTEM WIZUALIZACJI TRÓJWYMIAROWEJ

Na system wizualizacji 3D poza monitorem składają się (ryc. 3, 4):

- kamera 3D
- okulary 3D
- konsola z oprogramowaniem komputerowym do przetwarzania obrazu 3D.

RYCINA 3

Elementy NGENUITY®3D Visualization System: 1. płaski wyświetlacz 3D 4K, 2. kamera 3D *High Dynamic Range*, 3. jednostka przetwarzania obrazu 3D, 4. konsola systemu cyfrowego wspomagania zabiegów witreoretinalnych (źródło: Alcon).

For non-commercial use only

© Medical Education. For private and non-commercial use only. Downloaded from https://www.journalsmededu.pl/index.php/ophthatherapy/index: 09.08.2025; 11:19,08

RYCINA 4

Okulary polaryzujące 3D NGENUITY®3D (źródło: Alcon).

Obecnie na rynku dostępne są m.in. następujące systemy wizualizacji 3D:

- TrueVision Visualization System (Santa Barbara, CA)
- NGENUITY®3D Visualization System (Alcon, Novartis).

Ekranem wyświetlacza 3D jest płaski monitor, np. LG o przekątnej 55" lub JVC GD463D10UQ (Yokohama, Japan) o przekątnej 46". Operator wykonuje zabieg przy zastosowaniu specjalnych, pasywnych, polaryzujących okularów 3D. Kamera 3D używana w systemie wizualizacji trójwymiarowej ma wysoką rozdzielczość zapewniającą polepszony kontrast barwny z porównywalną głębią ostrości. Z przyczyn technicznych kamera 3D zazwyczaj montowana jest do ramienia mikroskopu [1] (ryc. 5).

RYCINA 5

Rozmieszczenie elementów systemu wizualizacji 3D (NGENUITY®3D Visualization, Alcon) na sali operacyjnej (źródło: Alcon).

Mikroskopu operacyjnego używa się do powiększenia i oświetlenia pola operacyjnego. Jest on niezbędny do wizualizacji obrazu oraz stanowi stelaż dla kamery 3D, będącej odbiornikiem i przetwornikiem obrazu. W codziennej praktyce w trakcie witrektomii do odwracania obrazu używa się stereoinwertera wbudowanego w mikroskop. Do endofotokoagulacji w mikroskopie operacyjnym włączane są specjalne filtry. Podczas zabiegów *heads up surgery* oprogramowanie będące częścią systemu wizualizacji 3D automatycznie odwraca obraz przy zmianie trybu operacji z przedniego odcinka na tylny – witrektomię. Oprogramowanie NGENUITY® pozwala włączyć podczas witrektomii dodatkowe filtry, które mają za zadanie nie tyle ochronić oczy operatora i asystentów, gdyż nie patrzą oni bezpośrednio na światło lasera przez mikroskop operacyjny, ile podnieść jakość wizualizacji tkanek na różnych etapach witrektomii. Cyfrowe filtry obrazu nie tylko poprawiają wizualizację, ale także umożliwiają lepszą identyfikację struktur oka i warstw tkankowych. W stosunku do konwencjonalnych zabiegów wizualizacja 3D pozwala na operowanie z użyciem mniejszego natężenia światła, które może być w pewnym stopniu toksyczne dla siatkówki [2, 3]. Kunikata i wsp. opublikowali wyniki operacji 6 pacjentów przeprowadzonych przy zastosowaniu *heads up* trójwymiarowej 27G witrektomii przez część płaską ciała rzęskowego (PPV, *pars plana vitrectomy*) z oświetleniem o bardzo niskiej intensywności. PPV wykonano z różnych wskazań. U wszystkich pacjentów osiągnięto zadowalający stan anatomiczny i funkcjonalny siatkówki. Ostrość widzenia po operacji poprawiła się lub pozostała niepogorszona. Autorzy konkludują, iż *heads up surgery* 3D 27G PPV w połączeniu z minimalną luminacją pozwala świetnie zobrazować śródoperacyjnie siatkówkę i w minimalnym stopniu wywołuje efekt fototoksyczny wobec komórek siatkówki podczas witrektomii [4].

Operacje witrektomii w systemie 3D można przeprowadzać z użyciem systemu obuocznej pośredniej oftalmoskopii mikroskopowej (BIOM, *binocular indirect ophthalmo microscope*) lub – bardziej tradycyjnej – witrektomijnej soczewki nagałkowej. Dotychczas nie porównywano zastosowania tych 2 metod śródoperacyjnego wglądu w dno oka podczas PPV z użyciem *heads up surgery*.

Eckardt C. i wsp. porównali wizualizację 3D z konwencjonalną techniką polegającą na zastosowaniu okulistycznego mikroskopu operacyjnego. Do tego badania zostało włączonych 20 ochotników (rezydentów, pielęgniarek i techników) w wieku od 26 do 55 lat, bez doświadczenia z mikroskopem operacyjnym. Wszyscy oni mieli prawidłowe widzenie obuoczne. Każdy ochotnik został poddany indywidualnemu instruktażowi – obsługi pedała mikroskopu operacyjnego i utrzymywania optymalnej pozycji przy tym mikroskopie. Po 2 min przeznaczonych na zapoznanie się z tradycyjną metodą oraz z techniką *heads up surgery* i okularami 3D każdy ochotnik został poproszony o wykonanie 3 zadań: pierwszego – z użyciem tradycyjnej metody, a drugiego i trzeciego – z zastosowaniem wizualizacji 3D. Celem było porównanie sprawności manualnej, subiektywnej oceny obu technik przez ochotników oraz zmierzenie czasu wykonywania zadań. Pierwsze z nich polegało na umieszczeniu przezroczystych i czarnych plastikowych guzików za pomocą pęsety chirurgicznej na igłach wbitych w polistyrenowy dysk. W drugim zadaniu poproszono o ułożenie wieży z igieł za pomocą pęsety chirurgicznej, a w trzecim ba-

© Medical Education. For private and non-commercial use only. Downloaded from https://www.journalsmededu.pl/index.php/ophthatherapy/index: 09.08.2025; 11:19,08

dani mieli wykonać węzeł nicią polipropylenową 6-0 na krótkiej silikonowej rurce. Po ich wykonaniu uczestnicy wypełniali ankietę. Pytania dotyczyły ich opinii na temat szybkości, ostrości obrazu, wygody i stopnia trudności wykonywanych zadań. Do każdej z cech mogli wybrać tylko jedną technikę wizualizacji jako najlepszą: tradycyjną bądź 3D. Okazało się, że 20 ochotników (wynik istotny statystycznie) uznało technikę 3D za wygodniejszą metodę wizualizacji niż tradycyjna. Natomiast szybkość, ostrość obrazu oraz łatwość wykonania zadań metodą 3D w sposób istotny statystycznie przewyższyła tradycyjną metodę tylko dla trzeciego zadania (zawiązywania szwu). Dla zadania pierwszego i drugiego nie wykryto istotnych statystycznie różnic. Nie odnotowano ich również pod względem czasu wykonywania zadań. Na tej podstawie autorzy uznają technikę 3D za ergonomiczną procedurę będącą przyszłością chirurgii okulistycznej [1].

Także **z doświadczenia prof. R. Rejdaka wynika, iż chirurgia 3D zapewnia wysoką jakość obrazu, ergonomiczność użytkowania, jest przydatna w treningu i pozwala używać oświetlenia o mniejszej toksyczności dla siatkówki**. Ponadto odległość pola operacyjnego (ekranu monitora) od chirurga wynosi 1,5 m, dzięki czemu u operatorów cierpiących na prezbiopię dolegliwość ta nie będzie miała znaczenia. Rejdak zauważył, że niekiedy nieostry obraz podczas cięcia w przezroczystej rogówce lub rzeźbieniu tunelu w jądrze można zniwelować, stosując większe powiększenia niż w technice tradycyjnej, tzn. co najmniej 6-krotne. Natomiast przy witrektomii nie musiał samodzielnie odwracać obrazu ani włączać filtrów. Te czynności wykonuje asysta lub instrumentariuszka niesterylnym joystickiem lub klawiaturą, które są elementami wyposażenia. Rejdak podziela zdanie Eckardta i uważa, że nie istnieją istotne różnice między chirurgią 3D a metodą konwencjonalną [1].

OPIS PRZYPADKU

W Klinice Okulistyki Ogólnej UM w Lublinie przeprowadzono pierwszą w Polsce operację bezszwowej witrektomii przez część płaską ciała rzęskowego z jednoczesnym zastosowaniem BIOM i systemu wizualizacji 3D.

Pacjentka (lat 66) została przyjęta do kliniki z powodu otworopochodnego odwarstwienia siatkówki OP z przedoperacyjną najlepiej skorygowaną ostrością wzroku (BCVA, *best corected visual acuity*) równą 0,1. Pacjentka kilka lat wcześniej przeszła operację zaćmy tego oka. W badaniu w lampie szczelinowej stwierdzono zrosty tylne oraz zwłóknienie przedniej i tylnej torebki soczewki. Po podaniu tropikamidu źrenica pozostawała wąska. Do operacji pacjentka została znieczulona okołogałkowo. Prof. Rejdak z dr Nowomiejską wykonali 25G PPV przy użyciu aparatu operacyjnego Constellation (Alcon Laboratories, Fort Worth, TX, USA) oraz systemu wizualizacji NGENUITY®3D (Alcon, Novartis). Podczas operacji zastosowano BIOM (Möller-Wedel, Germany). W pierwszym etapie operacji założono retraktory w celu rozszerzenia źrenicy i uzyskania lepszego wglądu w dno oka (ryc. 6). Wykonano kapsulotomię tylną witrektomem. Podczas zabiegu przeprowadzono pełną witrektomię, zdrenowano płyn podsiatkówkowy, wokół otworu wykonano endolaser, jako endotamponadę zastosowano gaz SF6 (s*ulfur hexafluoride*).

RYCINA 6

Założenie retraktorów na tęczówkę z użyciem systemu wizualizacji 3D (NGENUITY®3D Visualization System, Alcon).

Okresy śród- i pooperacyjny przebiegły bez powikłań. Następnego dnia po operacji BCVA wynosiła l.p. z 30 cm. Niska ostrość wzroku wynikała z obecności gazu w komorze ciała szklistego. Uzyskano przyłożenie siatkówki. Pacjentka po operacji czuła się dobrze i nie zgłaszała dolegliwości. Badanie kontrolne zaplanowano na 2 tygodnie od przeprowadzenia operacji.

PODSUMOWANIE

System wizualizacji 3D to najnowszy sposób obrazowania w trakcie operacji zaćmy i witreoretinalnych. Jego kluczowe zalety to:

- oprogramowanie komputerowe zaprojektowane do polepszania wizualizacji: platforma dla cyfrowo wspomaganych zabiegów witreoretinalnych (*Digitally Assisted Vitreoretinal Surgery* – DAVS, Alcon)
- cyfrowe filtry obrazu polepszające wizualizację i identyfikację struktur oka oraz warstw tkankowych
- kamera 3D *High Dynamic Range* o dużej mocy zapewniająca bardzo dobrą rozdzielczość, klarowność obrazu i umożliwiająca zwiększenie powiększenia przy zachowaniu szerokiego pola widzenia

© Medical Education. For private and non-commercial use only. Downloaded from https://www.journalsmededu.pl/index.php/ophthatherapy/index: 09.08.2025; 11:19,08

- ergonomiczność systemu pomagająca chirurgowi w uzyskaniu bardziej optymalnej postawy i zmniejszająca jego zmęczenie
- obrazowanie cyfrowe 3D oferujące większy widok panoramiczny zapewniający każdemu na sali operacyjnej głębię wrażeń i widzenie dokładnie tego, co widzi chirurg.

ADRES DO KORESPONDENCJI
dr n. med. Dominika Nowakowska
Klinika Okulistyki Ogólnej, Uniwersytet Medyczny w Lublinie
20-079 Lublin, ul. Chmielna 1
tel.: (81) 532-86-01
e-mail: dominika.nowakowska85@gmail.com

Piśmiennictwo

1. Eckardt C, Paulo EB. Heads-up surgery for vitreoretinal procedures. An Experimental and Clinical Study. Retina 2016; 36(1): 137-147.
2. Osborne NN, Lascaratos G, Bron AJ, et al. A hypothesis to suggest that light is a risk factor in glaucoma and the mitochondrial optic neuropathies. Br J Ophthalmol 2006; 2(90): 237-241.
3. Ohji M, Tano Y. A stiffer and safer light pipe for 25-gauge vitrectomy. Arch Ophthalmol 2007; 10(125): 1415-1416.
4. Kunikata H, Abe T, Nakazawa T. Heads-Up Macular Surgery with a 27-Gauge Microincision Vitrectomy System and Minimal Illumination. Case Rep Ophthalmol 2016; 3(7): 265-269.

For non-commercial use only

© Medical Education. For private and non-commercial use only. Downloaded from
https://www.journalsmededu.pl/index.php/ophthatherapy/index: 09.08.2025; 11:19,08