

# НАСТОЯЩЕ И БЪДЕЩЕ НА ОЧНАТА ХИРУРГИЯ



доц. д-р Христина  
Блазоева, гм

Началник отделение  
по очни болести  
МБАЛ „Света  
София“, СУ „Климент  
Охридски“, гр. София

Представата за очната хирургия традиционно се свързва с иновации, ежегодно въвеждане на нови хирургични апарати и бързо внедряване на най-съвременните технологични постижения. Този интензивен информационен поток не винаги успява навреме да достигне до всички медицински специалисти, дори до офталмолозите и болните, очакващи решение на проблемите си. Същевременно студентите по медицина и специализиращите се е необходимо да имат достъп до актуалните постижения и визия за бъдещите насоки, за да могат да планират по-добре времето си, да придобият и моделират необходимите умения, да предвидят инвестиции, приоритети, професионални партньорства и време за усвояване на технологиите.

## Настояще на очната хирургия

### ТРИИЗМЕРНИ (3D) СИСТЕМИ

3D системите, използвани в очната хирургия, са разработени първоначално за нуждите на самолетната и военната индустрия, а терминът „heads-up surgery“ произлиза от „head-up display“, при който в пилотската кабина се прожектират изображения върху предното стъкло в зоната на зрителното поле, без да се налага навеждане на главата, за да се следи информацията от уредите.

**ОЧНАТА ХИРУРГИЯ Е ИЗКЛЮЧИТЕЛНО БЪРЗО РАЗВИВАЩА СЕ СУБСПЕЦИАЛНОСТ.** Медицинските специалисти е необходимо да имат достъп до актуалните постижения и визия за бъдещите насоки (например 3D и роботизирана хирургия), за да могат да планират по-добре времето си, да придобият и моделират необходимите умения, да предвидят инвестиции, приоритети, професионални партньорства и време за усвояване на технологиите. В обзора са представени едни от най-съвременните постижения на офталмохирургията и е направен опит да се очертае бъдещата посока на нейното развитие.

В очната хирургия се използват два вида 3D визуализационни техники:

- **Активна система:** 3D образът се получава чрез високоскоростно показване на последователни снимки за дясно и ляво око алтернативно, докато същевременно специални електронни очила активно потискат снимката в другото око.
- **Пасивна система:** триизмерният образ се получава чрез смесване на две снимки хоризонтално и па-

сивното им разделяне от поляризираны 3D очила.

### АКТИВНИ СИСТЕМИ

**Sony Head-Mounted System HMS-3000 MT device (Sony Electronics, Tokyo, Japan) (Фиг. 1)**

Поставя се на главата на хирурга и осигурява 3D цветно видео от 3D системите на хирургичната камера. Състои се от HMI-3000MT фотопроцесорен юнит и HMM-3000MT дисплей (на главата), който осигурява стереоскопична визуализация (3D, full-HD). Осигурена е възможност за свързване с монитор, чрез който екипът получава симултантна 3D картина.

Хирургът възприема отделни едновременни картини за дясно и ляво око, осигурени от два независими OLED панела, като това дава възможност за отлично дълбочинно възприятие, зрително поле – 45° диагонал, максимална резолюция (1280 X 720), прецизна репродукция на цветовете и черно – 256 нива на обработка (8 bits) всеки за червено, зелено и синьо. Според мненията системата се напаса добре към главата и е удобна, а пространствената ориентация е отлична. Времето за адаптация и кривата на научаване се определят като кратки<sup>[1,2]</sup>.

**Avegant Glyph Retinal Projection System**

**Ключови думи:**  
heads-up очна  
хирургия,  
роботизирана  
хирургия, 3D  
хирургия

**(Avegant Corp., Belmont, CA, USA)**

Системата представя технология, при която картината се прожектира директно върху ретината на хирурга. Снимките са за всяко око поотделно, което осигурява добра дълбочина и стереопсис. Има 40° диагонал на зрителното поле и интегриран жirosкоп за движенията на главата. Свързан е с 3D, HD камера прикрепена към хирургичния микроскоп. Удобен е при интервенции, изискващи едновременна интра- и екстраокуларна визуализация<sup>[3]</sup>.



**Фигура 1:**  
HMS-3000 MT

**Clarity TM****(Beyeonics Surgical, Haifa, Israel)**

Тази система осигурява увеличено-реалистична картина по време на хирургията. Платформата включва dual-3D, ultra HD резолюция камери, окачени на дистанционна ръка, прозрачен дисплей на главата на хирурга и процесорно ядро, което позволява интеграция от множество дигитални източници в реално време с нулева латентност. Според проучване<sup>[4]</sup> качеството на изображението е съпоставимо с това на стандартен микроскоп, а HMS осигурява по-добро максимално увеличение с 1/2 от светлината, необходима за това. Недостатъкът на тази система е, че не е безжична за разлика от гореизброените, но най-малко възпрепятства възприемането на извъноперативната обстановка от хирурга.



**Фигура 2:**  
NGENUITY 3D

ходна резолюция, дълбочина, яснота на образа и цветен контраст; юнит за високоскоростна графична обработка, който оптимизира стереоскопичното изображение по време на хирургията; 55-инчов имерсионен 3D дисплей, който изобразява картини в реално време, с 4K OLED ultra-HD технология; пасивни, циркулярно поляризовани 3D очила с увеличаваща реалността способност. Тази технология осигурява по-добър стереопсис в сравнение с традиционния микроскоп. Осигурява се 19% по-добро увеличение, 2.7 пъти по-добро

възприемане на дълбочината и 19% по-фина дълбочинна резолюция.

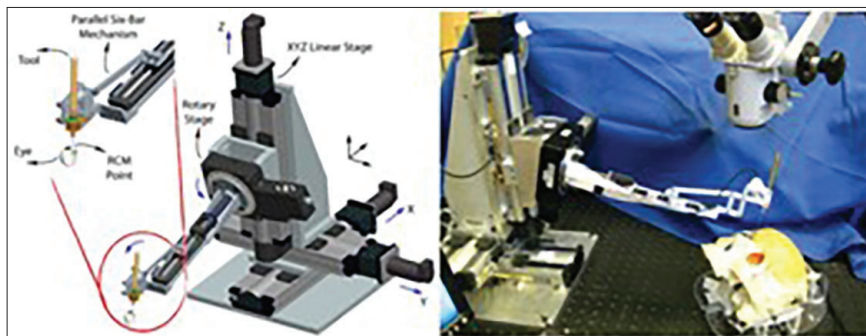
По време на операцията на екрана могат да се импортират различни предоперативни изследвания (напр. OCT сканове, ФА и др.), които да подпомогнат прецизността на извършваната оперативна интервенция<sup>[5,6]</sup>. Създадена е възможност за използване на цветни дигитални филтри, чрез които се визуализират по-добре селектирани структури и се снижава нуждата от използване на оцветители с различно изра-

**ПАСИВНИ СИСТЕМИ****NGENUITY 3D Visualization System**

**(Alcon) (Фиг. 2)**

Представява платформа за дигитално асистирана хирургия с 3D дисплей, включваща три ключови елемента: високодинамична 3D дигитална камера, осигуряваща превъз-

**Фигура 3:**  
John Hopkins  
Steady-Hand Eye  
Robot



зен токсичен ефект върху окото. Латентното време е около 70 ms, което не се усеща значимо от хирурга при операции на преден очен сегмент. Налице е по-добро увеличение на анатомичните структури, инструменти, импланти и др., по-малка нужда от повторно фокусиране поради движенията на пациента, по-голямо поле с отлично фокусиране на работната зона и използваните инструменти, подобрена визуализация на фини анатомични структури като вътрешна лимитираща мембрана, епиретинална мембрана и т.н. Много проучвания демонстрират предимствата на системата за подобряване комфорта на хирургичния екип: намаляване на астенопията, следоперативното главоболие на хирурга и асистента, прилошаването и зрителните нарушения, болките в гръбначния стълб, врата и мускулатурата<sup>[7]</sup>.

#### Artevo 800 by Zeiss

Системата предлага стереоскопична 3D картина чрез използване на 3D очила и 55-инчов 4K монитор с 25% по-висока резолюция и яркост, изключително широко поле за наблюдение, липса или минимална нужда от рефокусиране. Автоматизираната система променя настройките при превключване на работа от преден на заден очен сегмент и обратно, като поддържа голяма дълбочина на

фокуса. Всякакви предоперативни интраоперативни изследвания могат да се импортират на монитора, без да пречат на зрителното поле на хирурга.

#### SeeLuma (Bausch and Lomb)

Това е най-новата хирургична система, която е официално на пазара от септември 2023 г. При нея не е необходимо странично позициониране на 3D монитора. Хирургът гледа директно в монитора и не извърта врата си в едната или другата посока. Това се постига чрез C-гизайн на рамото на микроскопа.

Други системи от тази група са TrueVision 3D Visualization System (Leica Microsystems), Sony HD Medical Display System (Sony, Tokyo, Japan), MKC 700 HD and CFA 3DL1 (Ikegami, Tokyo, Japan), Panoramic RUV viewing system for vitreoretinal surgery (Leica, Wetzlar, Germany).

Предимствата на 3D хирургията пред конвенционалната са:

- По-голям комфорт за хирурга (ергономичност) поради намаляване на болките във врата и шията от принудителната поза на операционния микроскоп, които се срещат в 62% от хирурзите. Дори посредством само на този ефект се повишава безопасността на оперативната интервенция пора-

ди подобрената кондиция и намаляването на стреса.

- Операцията може да се наблюдава пълноценно от целия екип, който има същата видимост като хирурга. По-лесно манипулиране и приложение на хирургичните инструменти е осезаемо.
- Значително по-добро възприемане на дълбочината на хирургичното поле, като се осигурява не само по-голяма яснота, но и възможност за едновременно фокусиране на няколко очни структури, разположени на различна дълбочина. Друго предимство е подчертаването на работната структура на фона на ясно възприемане на съседните ѝ части.
- Възможност за много голямо увеличение на работната площ, без загуба на чистотата на образа и усещането за дълбочина. За това допринася големият дисплей, който трябва да се постави на оптимално разстояние, което е около 123 cm за 55-inch OLED дисплеи.
- Чистота на ръба на работното поле, без аберации.
- Яркостта на хирургичното поле, осигурено от електронното усиляване на сигнала от камерата е полезно в случай на виртуална хеморагия, среди с намалена прозрачност или по-тъмно пигментирано очно дъно.
- Създава се възможност за използване на по-малко количество вътреочни оцветители, което намалява токсичния им ефект върху ретината (фототермален, фотомеханичен и фотохимичен). В тези случаи интензивността на ендосветлението може да бъде намалена между 10 и 50%, което е от особено голямо значение при пациенти с дегенеративни заболя-



вания, а визуализирането на структурите може да се усили дигитално от цветни филтри.

- Подобрената визуализация на хирурга се дължи на факта, че цялата светлина се улавя от камерата без да се губи 50% през бийм сплитера в окулярите. Картината е по-остра и с много висока резолюция, тъй като специалната камера работи с високочестотно заснемане. Освен това предната част на стъкловидното тяло и ретината могат да се подчертаят чрез модифициране на интензивността и яркостта, дори когато светлината е екстрабулбарно в склералния депресор.
- Импортирането на предоперативни изследвания и интраоперативно ОСТ на монитора осигуряват по-добра ориентация, верификация на хирургичния резултат и скъсяване на хирургичното време.
- Системите, позиционирани на главата на хирурга, могат да се прилагат успешно при пациенти с невъзможност за позициониране по гръб (например голям гибус или други мускулоскелетни проблеми). Налице е по-добро усещане за дълбочина (стереопсис) при тези системи, а хирургът може да избира работна дистанция от 174 mm, 200 mm или 225 mm.

Основните недостатъци са свързани с дискомфорта на асистента и главоболието на хирурга след продължителен ендолазер. Все пак, при избора за закупуване на тези системи за витреоретиналната хирургия, от съществено значение е латентното време (забавянето на сигнала).

## Бъдеще на

## очната хирургия – роботизирана очна хирургия

В последните години роботиката и изкуственият интелект навлизат все повече във всички сфери на живота. В очната хирургия такъв тип прецизиране е необходимо на първо място в технически най-сложния дял от нея – витреоретиналната хирургия, където се манипулира в много малката очна кухина, често с минимални движения, някои от които са под прага на човешката тактилна перцепция<sup>[8]</sup>. Едни от най-големите трудности произтичат от пространствената резолюция и усещане за дълбочина на микроструктурите, недостатъчно прецизни движения при различните манипулации вследствие на физиологичния тремор на хирурга (средна амплитуда около 156  $\mu\text{m}$ ), липсата на усет за сила на движението, тъй като необходимото такова е с праг, който е по-нисък от физиологичния. Например роботизирането може да позволи едноетапно поставяне на лазер коагулати във всички исхемични зони на ретината само с едно натискане на педала, а използването на „умни“ инструменти да дава информация за точното отстояние до тъканта посредством датчик на върха на инструмента. Роботизираните ръце мога да разпознават появата на тремор и активно да го компенсират, както и да бъдат използвани като стабилен „водач“ за микропрецизни манипулации (например канюлиране на кръвоносен съд в ретината). Такъв тип конструкции могат да са от помощ за минимизиране на грешките както на начинаещи хирурзи, така и на напреднали такива, като повишават

прецизността над нивото на физиологичните човешки граници. Това би позволило рутинно прилагане на сложни оперативни техники и създаване на нови, още по-сложни.

### Роботизирани системи Робот Da Vinci

Тази система остава неприменима за очната хирургия, поради факта че се оказва по-малко интуитивна от човешката китка, с незадоволителна визуализация през ендоскопа и значителната травма при формиране на склеротомииите. Ето защо е разработена Нехарод хирургичната система, която обаче частично компенсира тези недостатъци.

### IRISS (Вътреочна роботизирана интервенционална хирургична система)

Разработена е от Jules Stein Eye Institute и UCLA Department of Mechanical and Aerospace Engineering като платформа за всички видове очна хирургия. Тя се състои от мастер контролер с два джойстика за хирурга и подчинен манипулатор с две независими ръце, със собствена ос на въртене и свобода на движение от 7°, които държат хирургични инструменти<sup>[9]</sup>.

Създаден е за споделяне на контрола на хирургичните движения едновременно с хирурга. Механичната система се състои от три основни компонента: XYZ система, позволяваща движения във всички посоки; търкаляща се маса, която оптимизира достъпа до окото; наклонящ механизъм, който осигурява манипулиране с инструментите (обикновени или „умни“), от какъвто и да е ъгъл. Създадените умни инструменти могат стабилно да водят ръката на хирурга, както и да осигурят

по-голяма плавност на движенията му. Те могат да се използват и самостоятелно<sup>[10]</sup>.

### Умни инструменти

За да се допълни роботизираната хирургия, с цел повишаване на нейната ефективност и техническа прецизност, са създадени умни инструменти, които да се използват с робота или самостоятелно. При разработването им се цели инкорпориране на датчици в стандартните инструменти, които да регистрират точното разстояние до тъканите, микро-силите, необходими за изпълнение на гадена манипулация. Чрез вътреочно ОСТ, закачено към микрохирургична пика, се цели точно определяне на захванатите тъкани. Към тази група спадат „микроръката“ на *Huschman* и *сътр.* и *Micron*, който е ръчен микроманипулатор, разработен да минимизира тремора и увеличи точността на позициониране. Към него могат да бъдат прикрепени рутинно предлагани в търговската мрежа инструменти, както и вътреочно ОСТ.

### Биомикророботи

Те комбинират принципите на роботизираната хирургия и технологичните постижения на микроелектромеханичните системи (МЕМС), което позволява мини-инвазивни начини за диагностика и лечение. Например *Ergeneman* и *сътр.* разработват безжичен интравитреален сензор, чието разположение се променя контролирано чрез магнитно поле за измерване нивата на кислород в окото. Приложенията му могат да се разширят до измерване на различни показатели: температура, въглероден диоксид, лактат, глюкоза, вътреочно налягане и др.

### Телехирургия

Роботизираната хирургия може да се използва в бъдеще за осъществяване на дистанционни операции, без хирурга да присъства физически в операционната. Например *Marescaux* и *сътр.* извършват по такъв начин лапароскопска холецистектомия, като пациентът е бил локализиран във Франция, а те в Ню Йорк. Системата е състои от хирургична установка на хирурга и установка на пациента, свързани с високоскоростна оптична мрежа, която пренася данни чрез асинхронна трансферна технология. Такъв тип система може да открие необятни възможности за здравна помощ в райони с дефицит на хирурзи или затруднен достъп, да спомогне за по-обширен професионален обмен на опит и за улесняване обучението на млади хирурзи чрез възможност за директно предгледане или коригиране на техните грешки.

Роботизираната хирургия дава възможност за стандартизиране на хирургичните интервенции, елиминирани на персоналните недостатъци с оглед извършване на по-ефективни, по-прецизни хирургични интервенции чрез намаляване на хирургичния тремор, оптимизиране на скоростта и силата на движенията, подкрепяне посоката и амплитудата на движенията, предотвратяване на ятрогенни инциденти посредством измерване на разстоянието до тъканите и алармиране при навлизане в опасна зона. Освен това тя разкрива възможности за манипулации, които за момента са на ръба или над границите на физиологичните възможности на човешката ръка като: въвеждане на гени към специфични клетки в ретината, канюлиране на хранещите съдове на хороидалната неоваску-

ларизация или туморите, прецизен дебридмент на ретинните слоеве, ретинния пигментен епител, Брухова мембрана и др., въвеждане на маркери, отграничаващи витална от цикарициална тъкан<sup>[11]</sup>. Нейни основни недостатъци са високата цена, забавянето на сигнала и неизвестно дългата крива на научаване.

Рутинното навлизане на 3D системите в очната хирургия откри нови възможности за максимална прецизност на хирургичните интервенции и качествено обучение на по-голям брой офталмолози. Предстои пълноценното ни навлизане в ерата на роботите и изкуствения интелект. ■

### Книгопис:

- Martínez-Toldos JJ, Fernández-Martínez C, Navarro-Navarro A. Experience using a 3D head-mounted display system in ophthalmic surgery. *Retina*. 2017;37:1419–21.
- Dutra-Medeiros M, Nascimento J, Henriques J, et al. Three-dimensional head-mounted display system for ophthalmic surgical procedures. *Retina*. 2017;37:1411–4.
- Korot E, Thanos A, Todorich B, et al. Use of the Avegant Glyph head-mounted virtual retinal projection display to perform vitreoretinal surgery. *J Vitreoretin Dis*. 2018;2:22–5.
- Lowenstein A, Schneider R, Barak A. First look: a head-mounted OR display. 2019.
- Talcott KE, Adam MK, Sioufi K, et al. Comparison of three-dimensional heads-up display surgical platform to standard operating microscope for macular surgery. *Ophthalmol Retina*. 2019;3:244–51.
- Palácios RM, Maia A, Farah ME, Maia M. Learning curve of three-dimensional heads-up vitreoretinal surgery for treating macular holes: a prospective study. *Int Ophthalmol*. 2019. doi: 10.1007/s10792-019-01075-y [Epub ahead of print].
- Rizzo S, Abbruzzese G, Savastano A, et al. 3D surgical viewing system in ophthalmology: perceptions of the surgical team. *Retina*. 2018;38:857–61.
- Gupta PK, Jensen PS, de Juan E Jr, editors. *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention—MICCAI'99*. Springer; 1999. Surgical forces and tactile perception during retinal microsurgery.
- Rahimy E, Wilson J, Tsao TC, Schwartz S, Hubschman JP. Robot-assisted intraocular surgery: Development of the IRIS and feasibility studies in an animal model. *Eye (Basingstoke)*. 2013;27(8):972–978.
- He X, Handa J, Gehlbach P, Taylor R, Iordachita I. A submillimetric 3-DOF force sensing instrument with integrated fiber Bragg grating for retinal microsurgery. *IEEE transactions on bio-medical engineering*. 2014;61(2):522–534.
- Channa R, Iordachita I, Handa JT. *Robotic Eye Surgery Retina*. 2017 Jul; 37(7): 1220–1228.