A close-up photograph of a human eye. The eye is light green and has a small, white, square object placed on the iris. The person has dark, well-defined eyebrows and long, dark eyelashes. The skin around the eye is fair. The background is a plain, light blue-grey color.

# **UPORABA ROBOTIKE V KIRURGIJI OČESA?**

► Karin Ljubič, Iztok Fister ml.

Očesna robotska kirurgija predstavlja v kirurgiji edinstvene izzive zaradi zahtevnega manevriranja v majhnem in zaprtem anatomskem prostoru. Prednosti robotike na področju očesne kirurgije so večja natančnost posegov in manjša možnost napak. Splošna bolnišnica Celje je bila pri nas prva, ki je maja 2010 v svoje delo vpeljala kirurški robotski sistem *da Vinci*.

**O**ČESNE OPERACIJE lahko razdelimo na ekstraokularne (operacije zunaj zrkla), intraokularne operacije sprednjega segmenta zrkla in intraokularne operacije zadnjega segmenta zrkla, pri čemer slednje zahtevajo natančne operacijske mikroskope. In prav ta zahteva po specializiranih mikroskopih in vizualizacijskih sistemih je predstavljala izziv za prodor robotike (tudi) na področje oftalmologije. Izkazalo se je, da robotika, ki ponuja možnost vključevanja novih vizualizacijskih naprav, kot sta endoskopija in/ali digitalna mikroskopija, v tem pogledu že pomeni prednost pred standardno kirurgijo. Hitri napredek v očesni robotski kirurgiji je bil v zadnjih letih dosežen s kirurškim sistemom *da Vinci*, z razvojem kirurškega sistema *hexapod* in kirurške mikroroke ter rabo kirurških senzorjev. Namen tega članka je predstaviti tematiko robotske očesne kirurgije in hkrati

tudi napredek k vedno širši klinični rabi teh postopkov.

#### ► PRVI OČESNI ROBOTSKI PROTOTIPI

Enega izmed prvih očesnih robotskih sistemov, ki je dobil ime SMOS (angl. stereotaxical microtelemanipulator), sta leta 1989 opisala Guerrouad in Vidal. Vključeval je na osi x, y in z nameščen mikromanipulator, kar mu je omogočalo 6 smeri gibanja. Yu in sodelavci so leta 1998 razvili patentiran sferični manipulator, podoben že prej omenjenemu, za odmerjanje zdravil v žilo in vstavljanje drenažnih naprav. Vse te postopke so uspešno opravili z minimalno poškodbo tkiva. Ti prvi očesni robotski prototipi so že imeli možnost upravljanja iz oddaljenega centra, a so bili še premalo dovršeni.

Leta 1997 je Steve Charles s sodelavci predstavil novo robotsko

ploščad RAMS (angl. robot assisted microsurgery). Ta lahka in kompaktna naprava z zadovoljivo globino polja in natančnostjo 10 µm se je ponašala s široko možnostjo gibanja. Njena 25 cm dolga in 2,5 cm široka robotska roka in vodilna naprava sta bili zgrajeni s spremljevalnimi motorčki, pretvorniki informacij v računalniku razumljivo obliko, pogonskimi napravami, 'škripci' in povezavami, ki so omogočale, da se je konica robotske roke premikala pod računalniškim nadzorom in natančno posnemala gibe kirurgove roke. Zasnova robota je omogočala fino motoriko in potrebno natančnost.

Leta 1997 je laboratorij univerze Northwestern v Illinoisu, ZDA, potreboval podatke o tlaku znotraj žile v mačji arteriji na mrežnici in prav tako tudi vzorec krvi za raziskovalne namene. Ker imajo žile na mrežnici premer od 20 do 130 µm, človeška natančnost tej želji ne bi mogla ustreči. Zato so v ta namen izumili nov robotski prototip, katerega prednost je bila možnost

vrtenja okoli središčne točke. Gibanje je bilo nadzorovano z laserji in motorčki. Naprava je bila sposobna operirati v 6 prostorskih možnostih gibanja. Operater je nadziral gibanje robotske roke s sledilno kroglico in z dvema gumboma ter predvidene gibe pred izvedbo vnesel v računalniški program. Omenjeni nadzorni mehanizem, ki je bil praktičen za laboratorijske raziskovalne namene, pa ni najprimernejši za moderno očesno kirurgijo, ker morajo biti gibi še natančnejši in odzivi robota hitrejši.

### ▶ UPORABA ROBOTSKEGA SISTEMA DA VINCI

Značilen scenarij v očesni kirurgiji je zapiranje raztrganine, ki sega čez del debeline roženice. Tovrstni primeri so pogosti pri kirurški ali naključni travmi. Ker gre za razmera nezahteven manever, ki je tudi najbolj podoben operacijam na drugih delih telesa, so za začetek preizkušanja robotskega sistema *da Vinci*

☛ Danes je *da Vinci* najbolj razširjen robotski sistem v človeški kirurgiji. Rutinsko se uporablja na področjih splošne kirurgije, urologije, ginekologije in srčne kirurgije. Vključuje tri robotske roke, ki jih kirurg usmerja prek oddaljene konzole. Zajem slike je dosežen z endoskopom na eni izmed rok in binokularnim iskalom na oddaljeni konzoli, ki omogoča stereoskopski pogled. (Vir: [www.penrosestfrancis.org](http://www.penrosestfrancis.org))



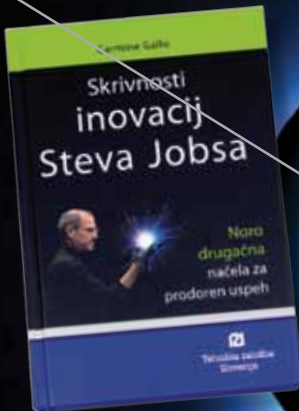


G Pomemben del vpeljave robotov v kirurško delo je izobraževanje in urjenje kirurgov oz. zdravnikov operaterjev. Na voljo so računalniški kirurški simulatorji (na sliki) in praktični programi, včasih pa nabiranje potrebnega znanja poteka tudi na prašičjih očesih. (Vir: [www.houstonchronicle.com](http://www.houstonchronicle.com))

v očesni kirurgiji izbrali postopek zapiranja polne debeline roženice ter beločnice, in sicer na prašičjih očes. Deli postopka zapiranja roženice, kot so vodenje igle v gladkem loku skozi roženico in šivanje,

so bili uspešno izvedeni z uporabo omenjenega sistema, medtem ko je bila pri nastavljanju igle in rezanju šiva še vedno potrebna človeška pomoč. Najmanjši šivi, ki jih je mogoče izvesti s sistemom *da Vinci*, so 7-0,

## KNJIGA MESECA Tehniške založbe Slovenije



### Skrivnosti inovacij Steva Jobsa

**V knjigi Carmine Gallo povzema izvorni način inovativnega razmišljanja Steva Jobsa in podjetja Apple.**

Knjiga ni namenjena le strokovnjakom za tehnologijo in tženje, čeprav bodo tudi njim koristila spoznanja, ki jih lahko uporabijo v svojih svetovih. Namenjena je vsem, ki jih zanima tehnologija in ki želijo razumeti, kako se ustvarjajo preproste naprave, ki jih je lahko uporabljati in ki lahko vplivajo na naše življenje.

Redna cena: 29,99 €

Cena za naročnike revije ŽIT: **20 €**

Akcija velja do izida decembrske številke ŽIT oziroma do razprodaje zalog.

uporabljajo pa se v srčni kirurgiji. Držalo za iglo, ki je danes pri očesnih operacijah še nekoliko 'okorelo', nameravajo razvijalci sistema *da Vinci* v prihodnosti zmanjšati, vanj pa bodo vključili še nekaj dodatnih komponent za avtomatizacijo nalog, ki jih je za zdaj, kot je bilo že omenjeno, treba izvesti s človeško pomočjo.

Vizualizacija je pomembna pri vseh operacijah, v očesni kirurgiji pa je bistvenega pomena. Pred izvedbo prvih preizkusov robotskega sistema ni bilo mogoče vedeti, ali bo ustrezna vizualizacija lahko dosežena s prvotno obliko endoskopa *da Vinci*, a je ta lahko omogočil ustrezen zajem slike in zaznavanje globine za ekstraokularne operacije.

S pomočjo robotike je bila uspešno opravljena tudi operacija sive mrene (katarakte), ki je eden izmed najpogostejših posegov v očesni ki-

rurgiji. Gre za intraokularno operacijo sprednjega segmenta. Izvedba robotske operacije katarakte prašičjega očesa je bila izvedena z na trgu dostopnim kirurškim sistemom *da Vinci*, kombiniranim s standardnimi pripomočki za očesno kirurgijo. Pomembno načelo v sodobni kirurgiji katarakte je ustvariti samotesnilno rano skozi jasno roženico, da lahko dostopamo v notranjost zrkla oz. do leče. Pomembno je, da s to odprtino čim manj manipuliramo in tako v očesu vzdržujemo nespremenjen pritisk. Omenjeno samotesnilno rano je bilo s sistemom *da Vinci* težko doseči, ker je iz očesa skozi odprtino iztekala tekočina, kar je privedlo do sesedanja očesa in izgube njegove kroglaste oblike. Največja težava je bila v tem, da je bil center gibanja roke robota postavljen 9 cm pred očesno površino. Tako je bila posebna pozornost teh

## NAROČILNICA

Knjigo **Skrivnosti inovacij Steva Jobsa** naročam:

- kot naročnik revije ŽIT po ceni 20 €;  
 po redni ceni 29,99 €.

\*Ime in priimek:

\*Ulica in hišna številka:

\*Poštna št.:  \*Kraj:

\*Telefon:  E-pošta:

Datum:  \*Podpis:

Vaša udeležba pri poštnini je 2,99 €. Rok za reklamacijo je 8 dni.  
 Morebitni odstop od naročila je 15 dni po prejemu pošiljke.

\*Podatki, označeni z zvezdico, so obvezni. S svojim podpisom dovoljujete Tehniški založbi Slovenije, da vaše podatke hrani v svoji evidenci ter vas redno obvešča o najboljših ponudbah in možnostih za osvojitve privlačnih nagrad. Vaše podatke bomo hranili, vse dokler se morda ne boste odločili drugače – kadar koli lahko pisno ali po telefonu zahtevate, da v 15 dneh trajno ali začasno nehamo uporabljati vaše osebne podatke za namen neposrednega trženja. Tehniška založba Slovenije zagotavlja varstvo osebnih podatkov po Zakonu o varstvu osebnih podatkov.

Poštnina  
plačana po  
pogodbi  
št. 88/1/S.  
Znamka ni  
potrebna.

Tehniška založba Slovenije, d. d.  
p. p. 541  
1001 Ljubljana

www.tzs.si

MODRA ŠTEVILKA  
080 17 90



Tehniška založba  
Slovenije

začetnih robotskih operacij očesne mrečne namenjena varnejšemu gibanju instrumenta med intraokularno operacijo. Točka vrtilišča bi namreč morala biti na očesni površini.

Operacije intraokularnega zadnjega segmenta so bolj zahtevne od intraokularnih operacij sprednjega segmenta, a so kljub temu že bile izvedene z robotsko operativno tehnologijo. *Vitrektomija pars plana* je najpogostejši kirurški poseg zadnjega intraokularnega segmenta, ki nam omogoča dostop do očesne mrežnice skozi oko. Pri tem postopku v standardni kirurgiji naredimo tri reze na beločnici, skozi katere vstavimo infuzijo, osvetlitev in mikroinstrumente. Med posegom opazujemo steklovino in mrežnico z mikroskopom. Po odstranitvi bolezenskih sprememb na mrežnici ali steklovini zapolnimo steklovinski prostor z različnimi raztopinami ali plini. Za omenjeno operacijo so uporabili tudi kirurški sistem *da Vinci* v kombinaciji s standardnimi instrumenti. Komericalno dostopni instrumenti za vitrektomijo so bili prilagojeni z magneti, tako da jih je lahko robotska roka enostavno in neodvisno pobrala. Poleg osnega gibanja je robot s svojo ročico, podobno zapestju, izvajal tudi druge natančne gibe za bolj občutljivo manipulacijo. Po izkušnjah je bila tovrstna robotska operacija uspešnejša v primerjavi s klasično, vendar pa točka vrtilišča še vedno ni bila locirana na površini očesa za lažji nadzor intraokularnega gibanja in preprečitev spremembe oblike očesa. Naslednja omejitev operacije je bilo omejeno vidno polje endoskopa, kar je zahtevalo neprestano prestavljanje tega instrumenta po vstopu v oko.

## ► KIRURŠKI SISTEM HEXAPOD

Da bi odpravili problem oddaljenega centra gibanja oz. vrtilišča v zvezi z intraokularnimi operacijami pri kirurškem sistemu *da Vinci*, so razvijalci makrorobota dodali mikrorobotsko ploščad. Sistem *da Vinci* so združili z ustrezno prirejenim manipulatorjem *stewart*, ki je omogočal 6 smeri gibanja in je bil v prvotno zasnovan za robotsko vstavljanje kanalov v žile na mrežnici. Največja prednost tako dobljenega kirurškega sistema z imenom *hexapod* je točka vrtilišča, ki je z avtomatiziranim programom nameščena na očesu in se je sposobna sproti



👉 Robotska roka namesto kirurgove; po zaslugi razvoja na področju robotike medicina danes razpolaga s kirurškimi pripomočki, ki zaradi svojih dobrih lastnosti marsikje že učinkovito nadomeščajo človeka. (Vir: [www.medicaexpo.com](http://www.medicaexpo.com))



prestavljati na vstopno mesto instrumentov.

Največja pomanjkljivost kirurškega sistema *hexapod*, zaradi katere ta ni primeren za uporabo v sodobni očesni kirurgiji, sta omejena translacija in angulacijska sposobnost. Sposobnost nagiba od navpične ravnine znotraj očesa je namreč le 30°, v kirurgiji mrežnice pa je koristno, če ima instrument dostop tudi do periferije, kjer so pogosto bolezenski znaki. Razlog za takšno omejitev so kroglasti sklepi na stičiščih delov robotske roke, večji kot od 30° pa je mogoče zagotoviti le na škodo oddaljevanja vrtilišča gibanja.

### ▶ KIRURŠKI SENZORJI GIBANJA

Hkrati s širjenjem uporabe robotike v očesni kirurgiji postaja vse bolj pomembno tudi čim bolj natančno opredeljevanje obsega gibanja in drugih prostorskih parametrov. Gibi, ki jih človeška roka lahko izvede, morajo biti natančno izmerjeni, da jih nato lahko prenesemo v robotsko tehnologijo. V ta namen so razvijalci določili obseg gibanja, ki je potreben za izvedbo običajnih intraokularnih očesnih posegov. Pri tem so si pomagali z elektromagnetnimi senzorji, ki so bili sposobni kvantitativnega merjenja mikroskopskih translacijskih in angulacijskih gibov, poskuse pa so izvedli na prašičjih očeh. Elektromagnetni senzorji so bili pritrjeni na kirurške instrumente, ki jih kirurgi uporabljajo z obema rokama, referenčni senzor pa je bil nameščen na prašičjem očesu, kjer je v vseh treh oseh natančno meril premike rok in kote gibanja glede na njegovo površino. Merjenja so pokazala, da morajo biti roboti, ki držijo instru-

mente, sposobni izvajati največje premike 3,65 cm, 3,14 cm in 2,06 cm v smeri osi x, y in z, medtem ko so najmanjši kotni odkloni, ki so potrebni znotraj očesa, 116° in 106° (v ravninah x in y).

Tako zbrane podatke bo mogoče koristno uporabiti pri razvoju naslednje generacije robotskih kirurških sistemov. Z nadaljnjim združevanjem tradicionalnih kirurških tehnik z novimi napravami bodo ti sistemi v očesni kirurgiji postali še uporabnejši in učinkovitejši.

#### VIRI IN LITERATURA

- ▶ J. P. Hubschman, J. L. Bourges in drugi: The Microhand: a new concept of micro-forceps for ocular robotic surgery; *Eye*, London, 2010, 364–367.
- ▶ R. Kumar, A. K. Hemal: The 'scrubbed surgeon' in robotic surgery; *World Journal of Urology*, Springer, 2006; 24 (2): 144–7.
- ▶ J. Marescaux, J. Leroy in drugi: Transcontinental robot-assisted remote telesurgery: feasibility and potential applications; *Ann Surg*, 2002; 235 (4): 487–92.
- ▶ B. K. J. Mitchell, I. Iordachita in drugi: Development and application of a new steadyhand manipulator for retinal surgery; *Proc IEEE Int conf Robot Tsirbas*, 2007.

#### SPLETNI NASLOVI

- ▶ <http://www.davincisurgery.com/>
- ▶ [predstavitev možnosti uporabe sistema da Vinci v praksi](#)
- ▶ <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/ency/article/007339.htm>
- ▶ [robotska kirurgija na MedLine](#)
- ▶ [http://robotska.kirurgija.sb-celje.si/index.php?option=com\\_content&view=article&id=62&Itemid=101&lang=si](http://robotska.kirurgija.sb-celje.si/index.php?option=com_content&view=article&id=62&Itemid=101&lang=si)
- ▶ [uporaba sistema da Vinci v Splošni bolnišnici Celje](#)