

PRIMJENA ROBOTSKOG SUSTAVA U ENDOSKOPSKOM ZAHVATU

Alagić, Dino

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Medicine / Sveučilište u Rijeci, Medicinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:184:014168>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-23**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Medicine - FMRI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI

MEDICINSKI FAKULTET

INTEGRIRANI PREDDIPLOMSKI I DIPLOMSKI

SVEUČILIŠNI STUDIJ MEDICINE

Dino Alagić

PRIMJENA ROBOTSKOG SUSTAVA U ENDOSKOPSKOM ZAHVATU

Diplomski rad

Rijeka, 2019.

SVEUČILIŠTE U RIJECI
MEDICINSKI FAKULTET
INTEGRIRANI PREDDIPLOMSKI I DIPLOMSKI
SVEUČILIŠNI STUDIJ MEDICINE

Dino Alagić

PRIMJENA ROBOTSKOG SUSTAVA U ENDOSKOPSKOM ZAHVATU

Diplomski rad

Rijeka, 2019.

Mentor rada: doc.dr.sc. Sven Maričić,

Komentor rada: doc.dr.sc. Dubravko Manestar, dr.med

Diplomski rad ocijenjen je dana 02. srpnja na Medicinskom fakultetu

Sveučilišta u Rijeci pred povjerenstvom u sastavu:

1. doc.dr.sc. Marko Velepić, dr.med

2. prof.dr.sc. Sanja Zoričić-Cvek, dr.med

3. prof.dr.sc. Tomislav Rukavina, dr.med

Rad sadrži 32 stranice, 7 slika, 30 literaturnih radova

Sadržaj

Uvod	5
1. Povijest razvoja robotike	5
2. Endoskop i endoskopski zahvati	7
Svrha rada	9
Pregled literature	10
1. Razvoj robotskih sustava u biomedicinskom području	10
2. Prednosti robotskih sustava	12
3. Nedostaci robotskih sustava	14
4. Tehničke inovacije robotskih sustava	15
5. Budućnost robotskih sustava	17
6. Primjena robotskog sustava u Republici Hrvatskoj	18
6.1. Robotic NeuroNAvigation G3	19
6.2. Senhance	20
Rasprava	22
Zaključak	23
Sažetak	24
Summary	25
Literatura	26
Popis slika	30
Životopis	31

Popis skraćenica i akronima

3D - trodimenzionalno

AESOP 1000 - Automated Endoscopic System for Optimal Positioning 1000

CDSS - Clinical Decision Support System

DOF - Degrees of Freedom

FDA - Food and Drug Administration

NOTES - Natural Orifice Transluminal Endoscopic Surgery

PUMA - Programmable Universal Manipulation Arm

RONNA - Robotic NeuroNAvigation

STAR - Smart Tissue Anastomosis Robot

UI - umjetna inteligencija

ZRSS - ZEUS Robotic Surgical System

Uvod

1. Povijest razvoja robotike

Riječ robot potječe iz češkog jezika, a može se prevesti kao rob, radnik i sl. Prvi ga put spominje Karel Čapek 1921.g. u svojoj drami "Rossumovi Univerzalni Roboti ". Prema pisanoj ostavštini samoga Karela Čapeka, riječ robot izmislio je njegov brat Josef, također spisatelj. Iako su braća Čapek upoznala svijet s riječju robot, za njegovu popularizaciju zaslužan je Isaac Asimov, koji je za potrebe svojih kratkih priča 1942.g. opisao "Tri zakona robotike" (1).

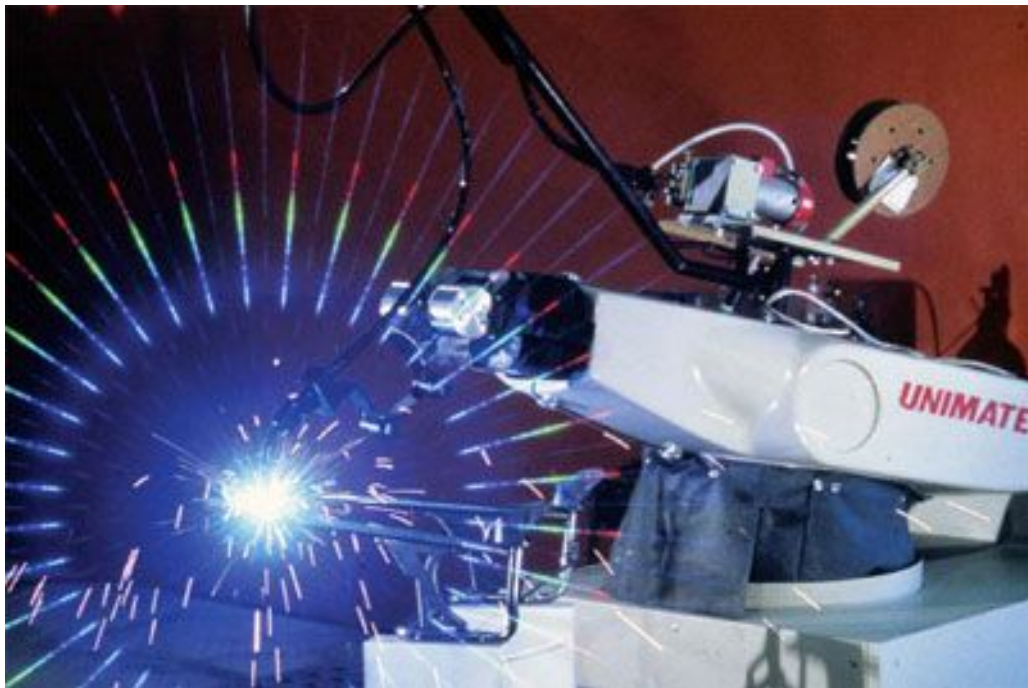
1. Robot ne smije naškoditi čovjeku ili svojom pasivnošću dopustiti da se čovjeku naškodi.
2. Robot mora slušati ljudske naredbe, osim kad su one u suprotnosti s prvim zakonom.
3. Robot treba štiti svoj integritet, osim kad je to u suprotnosti s prvim ili drugim zakonom (2).

Kada u njegovim djelima roboti preuzmu vlast, Asimov svojim zakonima dodaje četvrti ili nulti zakon koji prethodi drugima.

0. Robot ne smije naškoditi čovječanstvu ili svojom pasivnošću dopustiti da se čovječanstvu naškodi (3).

Asimov je osmislio pravila kako bi uveo red u svoja književna djela, ograničivši time slobodu volje svojim izmišljenim robotima. Od tada se roboti spominju u mnogim knjigama i filmovima znanstvene fantastike, sve do 1959.g. kada grupacija *General Motors* predstavljajući jednog od prvih robotskih sustava *Unimate*

znanstvenu fantastiku pretvara u stvarnost (Slika 1). Unimate je sa svojih šest stupnjeva slobode (eng. Degrees of Freedom - DOF) imitirao pokrete ljudske ruke te je lako zamijenio neke od poslova koje su prije obavljali ljudi manualnim radom. Svojom prvom primjenom 1961.g. kao asistent na pokretnoj traci izazvao je veliku revoluciju u automobilskoj industriji. Inspirirani robotskim sustavom Unimate mnogi su znanstvenici krenuli s razvijanjem novih robota kojima namjena nije bila isključivo ograničena na automobilsku industriju, već su svoju primjenu pronašli u mnogim poljima znanosti (4).



Slika 1: Sustav Unimate (Preuzeto s:

www.robotics.org/joseph-engelberger/unimate.cfm, pristupljeno: 2019-07)

Jedan od prvih robotskih sustava u biomedicinskom području pojavljuje se 1978.g. kada Viktor Scheinmann razvija robot Programmable Universal Manipulation Arm (PUMA) prema uzoru na Unimate. PUMA koji je također imao šest DOF korišten

je kao držač igle u preciznoj biopsiji mozga navođenom kompjuteriziranom tomografijom (5, 6).

2. Endoskop i endoskopski zahvati

Za nastanak moderne endoskopije najzaslužniji je Philipp Bozzini (1773-1809) svojim izumom, "Lichtleiter" (Slika 2.). Iako neprihvaćen, uspostavio je načela koja su vodila razvoju današnjeg endoskopa.(7) Za razliku od Bozzinijeva izuma današnji endoskopi izgledaju kao kruta ili fleksibilan cijev koja na svom kraju ima vodič svjetla i kameru. Postoji mogućnost okretanja kamere za 180 stupnjeva, što omogućava bolju navigaciju i sigurniji rad u kirurškom polju. U budućnosti bi se kamere zamijenile čipovima kojima bi se uz podatke slikovne dijagnostike, moglo ući u manje prostore i dobiti bolja slika kirurškog polja. (8)



Foto: DMM, Michael Kowalski

Slika 2: Izum Philippa Bozzinia, "Lichtleiter" (Preuzeto s:

<https://www.ingolstadt-reporter.de/aus-der-region/ingolstadt/mittagsvisite-lichtleiter-von-philipp-bozzini>, pristupljeno: 2019-06)

Primjena endoskopa je široka pa postoje mnogi specijalizirani endoskopi nazvani su po tome za što su namijenjeni; cistoskop, bronhoskop, laringoskop, otoskop, artroskop, laparoskop i gastrointestinalni endoskop. Osim svjetla i kamere neki endoskopi na svom kraju imaju pričvršćen neki drugi instrument, pa se uz slikovnu dijagnostiku koriste i za kirurško liječenje.

Inovacije u endoluminalnim tehnikama i razvoj endoskopskih instrumenata impliciraju da je sada moguće izvršiti operaciju bez ožiljka. Unatoč sadašnjim ograničenjima, endoskopska kirurgija je postigla značajan uspjeh i pokazala se da nije inferiorna u odnosu na konvencionalnu laparoskopsku operaciju u brojnim područjima (9).

Svrha rada

Svrha ovog rada je dati pregledni uvid o robotskim sustavima u biomedicinskom području. Kroz prikaz njihovog razvoja istaknuti neke od najznačajnijih za ovo područje. Prikazati njihove prednosti i nedostatke u endoskopskim zahvatima. Kroz tehnološke inovacije prikazati njihov napredak i istaknuti važnost primjene novih tehnologija u budućnosti. Pored ostalog, prikazati primjenu robotskih sustava u Republici Hrvatskoj.

Pregled literature

1. Razvoj robotskih sustava u biomedicinskom području

Robotski sustav koji se danas koriste u operacijskoj sali mogu se podijeliti na: *nadzorno kontrolirane sustave, telerobotske sustave i sustave dijeljene kontrole*. U nadzorno kontroliranom sustavu robot automatski izvodi operaciju temeljem određenih uputa, pod stalnim nadzorom kirurga. Pošto su u potpunosti autonomni, koriste se prilikom jednostavnih zahvata. Robotski sustavi dijeljene kontrole koriste se u robotski asistiranim zahvatima kao primjerice držači laparoskopske kamere. Oni pomažu kirurzima tijekom operacije tako da im omoguće stabilnu manipulaciju instrumentima i potpunu kontrolu nad kirurškim poljem. Telerobotski sustav je sustav u kojem kirurg kontrolira robota u realnom vremenu putem kontrolnog sučelja koje je udaljeno od operacijskog stola (10).

Automated Endoscopic System for Optimal Positioning 1000 - AESOP 1000 prvi je robotski sustav dijeljene kontrole kojeg je 1994.g. kao držača laparoskopske kamere odobrila Food and Drug Administration - FDA. Operacija asistirana sustavom AESOP omogućila je kirurgu samostalno izvođenje laparoskopske operacije. Samostalne laparoskopske operacije asistirane AESOP-om pokazale su veliki napredak u stabilnosti kirurškog polja, dok se vrijeme samog zahvata nije produljilo. Kasnije generacije ovog robotskog sustava dobile su glasovnu kontrolu (AESOP 2000, 1996.g.) i sedam DOF (AESOP 3000, 1998.g.). Kada je prvi puta predstavljen javnosti 1998.g. ZEUS Robotic Surgical System (ZRSS) stvorio je ideju telerobotike. Ideja se ostvarila 2001.g. kada je izvedena prva prekooceanska

kolecistektomija. Operater se nalazio u New Yorku, a operacija se odvijala u Strasbourgu, Francuska. ZRSS se sastojao od tri robotske ruke, jedna neovisna o drugoj postavljene na kirurški stol. Jedna je bio AESOP, dok su druge dvije bile ruke s četiri DOF. Na kontrolnom sučelju s kojeg se upravljalo robotskim rukama, vidjela se slika kirurškog polja. Slika koja je dobijena sustavom kamera pružala je trodimenzionalni (3D) pogleda na kirurško polje. Da bi na ekranu vidjeli 3D sliku kirurškog polja, bilo je potrebno gledati kroz posebne 3D naočale. Godinu dana prije ZRSS-a 1997.g. *da Vinci* robotski sustav prvi puta je korišten za laparoskopsku kolecistektomiju u Belgiji. Izvorni *da Vinci* sustav izgledao je slično kao ZRSS, imao je udaljeno kontrolno sučelje i tri robotske ruke. Za razliku od ZRSS-a prilikom korištenja *da Vinci*-a nisu bile potrebne 3D naočale, već su na kontrolnom sučelju postojala dva okulara koja su davala 3D sliku visoke rezolucije (11).

Danas najpoznatiji telerobotski sustav *da Vinci* u svojem zadnjem Xi modelu (Slika 3.) ima kontrolno sučelje i mobilnu platformu s četiri robotske ruke s tri DOF. Svaka ruka ima mogućnost pokretanja *EndoWrist instrumenta*, koji sa svojih sedam DOF lako oponaša pokrete ljudskog zgloba. Svoju preciznost postiže zahvaljujući visokoj rezoluciji prikaza operacijskog polja, smanjenog prostora potrebnog za manipulaciju instrumentima, filtraciji tremora ruku kirurga i udobnog kontrolnog sučelja. Robotski sustav *da Vinci* se trenutno koristi u kardiološkim, ginekološkim i urološkim zahvatima (12).



Slika 3: Robotski sustav da Vinci Xi (Preuzeto s:

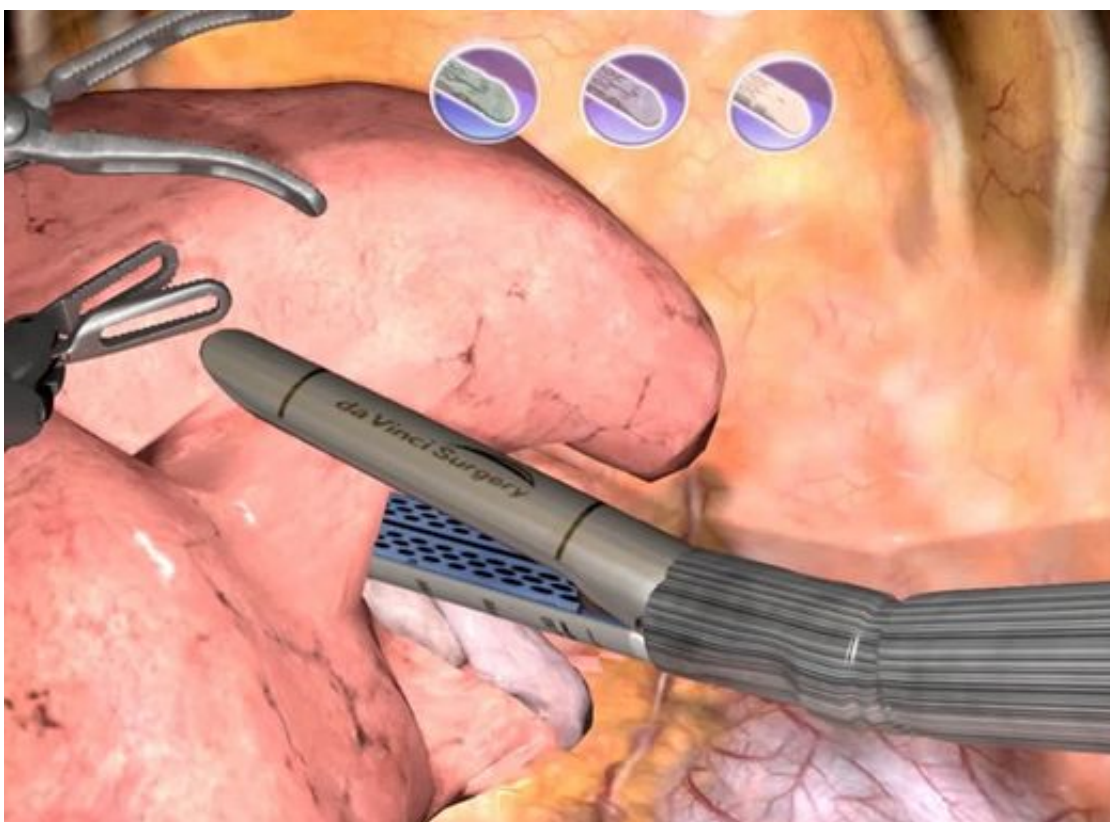
<https://www.cheyenneregional.org/service/general-surgery/da-vinci-xi/>, pristupljeno:

2019-06)

2. Prednosti robotskih sustava

Robotski sustavi su se u kliničkoj praksi počeli koristiti kasnih 90-ih, kada su konvencionalni laparoskopski zahvati imali veliki utjecaj u modernoj kirurgiji. Primarne prednosti robotskih sustava proizlaze iz njihove mogućnosti rješavanja

problema konvencionalnih minimalno invazivnih tehnika. Robotski sustavi povećavaju spretnost i preciznost kirurga na nekoliko načina. Interni softver filtrira pokrete kirurga što omogućava finu motoriku prilikom operacijskog zahvata. Osim toga, omogućava da se veliki pokreti ruke kirurga prevedu u mikro pokrete na kirurškom polju. Za razliku od klasičnih pet DOF koje imaju laparoskopski instrumenti, robotski sustavi koriste instrumente poput EndoWrist-a. Laparoskopski instrumenti zbog prikaza kroz jednu leću omogućavaju samo dvodimenzionalni prikaz kirurškog polja, dok su mnogi robotski sustavi opremljeni kamerama koje omogućavaju 3D prikaz kirurškog polja uz visoku rezoluciju. Jedna od prednosti robotskih sustava nad laparoskopskim je telekirurgija, koja pruža mogućnost izvođenja operacije s velike udaljenosti od operacijskog stola. Robotski sustavi pružaju zanimljive alate i mogućnosti za edukaciju. Iskusni kirurg može uz pomoć drugog kontrolnog sučelja nadgledati specijalizanta, uz mogućnost aktiviranja robotskih ruku ako je to potrebno. Izumitelji da Vinci-a su osmislili da Vinci Skills Simulator (Slika 4.) koji pruža virtualni trening mladim kirurzima (13–15).



Slika 4: da Vinci Skills Simulator (Preuzeto s: <https://www.intuitive.com/en-us/products-and-services/da-vinci/education>, pristupljeno: 2019-06)

3. Nedostaci robotskih sustava

Iako je primjena robotskih sustava omogućila nekoliko prednosti u odnosu na standardne operacije i dalje postoje ograničenja koja sprječavaju ovu tehnologiju da dostigne svoj puni potencijal.

Najistaknutije je nedostatak povratne sile tj. haptičke percepcije. Haptička percepcija nije posljedica postojanja posebne vrste receptora, nego integracijske

aktivnosti moždane kore. Za pojavu haptičke percepcije nije dovoljna pasivna primjena kožnih i kinestetskih podražaja - potreban je aktivni dodir, tj. voljni i svrhoviti "istražujući" pokreti prstiju i šake (16). Zbog nedostatka haptičke percepcije kirurg se mora oslanjati na vizualne znakove kao što su kompresija tkiva ili rastezanje šavova, kako bi odredio njihovu čvrstoću. Jedno od značajnih ograničenja je cijena uređaja koja se kreće od 1,5 do 2,5 milijuna dolara ovisno o modelu, osim cijene uređaja održavanje sustava na godišnjoj bazi iznosi otprilike 100.000,00 dolara. Instrumenti koji se koriste imaju visoku cijenu, a smiju se koristiti samo desetak puta. Da bi sa sigurnošću mogli reći da su robotski sustavi isplativi, potrebne su veće studije isplativosti robotskih sustava. Radi svoje veličine i težine robotski sustavi zahtijevaju velike operacijske sale. Preoperativna instalacija robotskih sustava zahtijeva dodatnu edukaciju medicinskog tima, a pokazalo se da je nakon edukacije i dalje potrebno dodatnih 10 do 35 minuta preoperativne pripreme u usporedbi s klasičnim zahvatima (13–15).

4. Tehničke inovacije robotskih sustava

Paralelno s razvijanjem novih tehnologija inženjeri pokušavaju unaprijediti funkcije postojećih robotskih sustava. Funkcije robotskih sustava koje su najviše napredovale su: *haptička percepcija, lakša pristupačnost i bolja slika kirurškog polja*.

Današnji robotski sustavi u svojim standardnim specifikacijama imaju kamere visoke rezolucije s prijenosom uživo, a mnogi čak imaju i mogućnost 3D prikaza. Nije se samo stalo na 3D prikazu, već se korištenjem novih optičkih sustava leća omogućilo širokokutno gledanja na kirurško polje i veliko povećanje koje inače nije

moguće vidjeti golim okom. Potencijalno rješenje sigurne navigacije u kirurškom polju vidi se u primjeni preoperativnih i intraoperativnih rezultata slikovnih dijagnostika. Haptička tehnologija razvijala se prije prvih robotskih sustava, ali zbog nedostatka prostora i prevelikih senzora nije bila prihvaćena. Tako su kirurzi počeli operirati bez nje, oslanjajući se na vizualne znakove na ekranu. Radi takvog načina operiranja mnogi kirurzi koji su već navikli na starije modele robotskih sustava tvrde da je haptička tehnologija nepotrebna, tj. da su robotski sustavi dobri i bez nje. Međutim, brzi razvoj tehnologija omogućio je da se haptička tehnologija dobro implementira u nove robotske sustave, a mnoge studije pokazuju da je ona željena funkcija novih generacija robotskih sustava. Zbog želje za manjim brojem ožiljaka i boljeg postoperativnog oporavka, razvile su se nove tehnike za lakše pristupanje kirurškom polju. *Single-incision Surgery* je tehnika koja za razliku od klasičnog laparoskopskog zahvata koristi samo jedan rez za pristup kirurškom polju. Prvobitno zamišljena bez upotrebe robotskih sustava, pokazala je dobre rezultate prilikom transvaginalnih, transoralnih i transanalnih zahvata. Stariji robotski sustavi nisu imali mogućnost izvođenja ovakvog tipa zahvata, no danas zahvaljujući napretku hardvera i robotskih instrumenata postoje robotski sustavi kojima je to omogućeno (17–19).

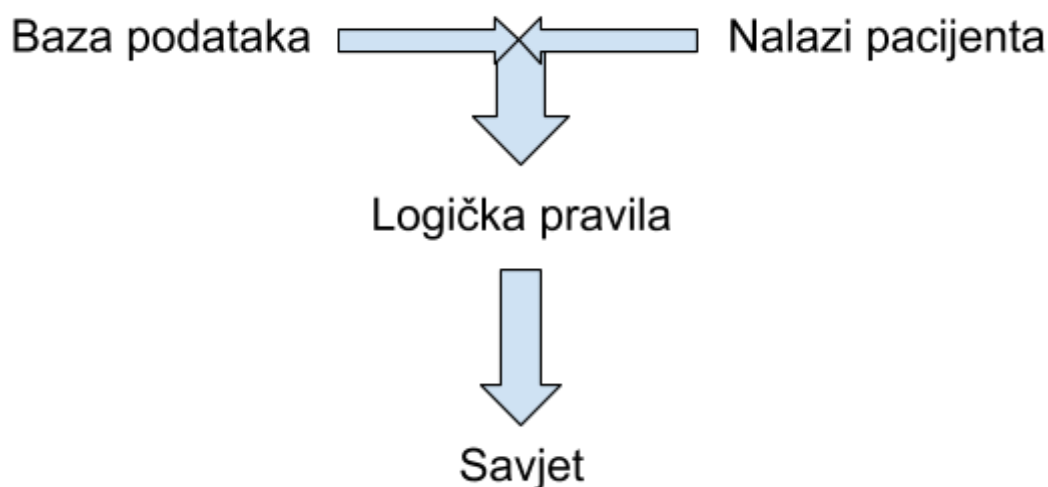
Osim unaprjeđenja postojećih robotskih sustava, razvojem novih tehnologija stvaraju se inovacije koje pokušavaju biti implementirane. Najistaknutije među njima su instrumenti za endoskopske zahvate. Transluminalna endoskopska kirurgija kroz prirodne tjelesne otvore (eng. Natural Orifice Transluminal Endoscopic Surgery - NOTES) zahtijeva jako male instrumente, jer put do kirurškog polja pronalazi putem

prirodnih otvora. Zbog NOTES-a i sličnih tehnika znanstvenici su razvili ili još uvijek razvijaju minijaturne robote mekih konzistencija s velikom sposobnošću savijanja. Minijaturni roboti smanjili bi mogućnost povrede prilikom samog zahvata, te omogućili kirurgu lakše manevriranje u malom kirurškom prostoru (20–22).

5. Budućnost robotskih sustava

Uz puno tehničkih inovacija robotskih sustava nemoguće je zanemariti i ubrzano napredovanje umjetne inteligencije (UI). Trenutna vizija UI u području kirurgije nije zamjena operatera, već njihova suradnja koja omogućuje bolji ishod za pacijenta.

Razvojem alata poput Clinical Decision Support System (CDSS) UI bi mogla odrediti najbolji mogući pristup za izvođenje operacije i generirati profil specifičnih komplikacija za svaki zahvat. CDSS (Slika 5.) na temelju velike baze podataka i pacijentovih nalaza primjenom logičkih pravila daje savjet za najoptimalniji oblik liječenja. Osim ovakve podrške neki predviđaju da će se UI koristiti prilikom samog zahvata kao digitalni asistent. Medicinske verzije Alexe ili Siri, pružale bi trenutni odgovor prilikom određivanja potrebe za resekcijom, stvarale bi realnu sliku vitalnih organa na operacijskom stolu, a imale bi i mogućnost kontroliranja cijele operacijske sale (svijetlo, nagib i visina stola, temperature prostorije i dr) (23).



Slika 5: Shematski prikaz Clinical Decision Support System (Preuzeto s: <https://www.medgadget.com/2018/07/clinical-decision-support-systems-cdss-market-prepare-to-touch-at-a-cagr-of-11-5-by-2023.html>, pristupljeno: 2019-06)

Osim primjene UI kao digitalnog asistenta, mogli bi se razviti i autonomni robotski sustavi koji bi operirali uz nadzor kirurga. Trenutno takav najuspješniji robotski sustav naziva se *Smart Tissue Anastomosis Robot* (STAR). STAR se istraživanjima na svinjskom modelu pokazao efikasniji i precizniji od iskusnog kirurga prilikom anastomoze crijeva. Uspješan razvoj vrhunskih i pouzdanih autonomnih kirurških robotskih sustava jedan je od izazova, a traženje odobrenja za njihovu uporabu obuhvaća drugu zasebnu domenu. Najveća zabrinutost odnosi se na potencijalni smrtni ishod ili invaliditet pacijenta prilikom autonomnog zahvata (24).

6. Primjena robotskog sustava u Republici Hrvatskoj

Robotski sustavi u mnogim bolnicama diljem svijeta koriste se svakodnevno i smatraju se dio standardne opreme, dok u Republici Hrvatskoj to u većini nije slučaj. U Republici Hrvatskoj trenutno (u 2019. godini) postoje samo dvije bolnice koje

posjeduju robotski sustav, Klinički bolnički centar Zagreb te Klinička bolnica Dubrava (25).

6.1. Robotic NeuroNAvigation G3

Robotic NeuroNAvigation - RONNA G3 je sustav koji se koristi prilikom stereotaktičke biopsije mozga za histološku dijagnozu moždanih lezija. Razvijen je kroz suradnju Fakulteta strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu i Kliničke bolnice Dubrava, a predstavlja treću generaciju ovakvog sustava. Prvu generaciju ovog sustava predstavlja RONNA na čijoj osnovi je i nastao RONNA G3. Uz razvoj novih mehaničkih struktura i algoritama upravljanja, RONNA G3 postaje potpuno novi neuronavigacijski robotski sustav u usporedbi sa sustavom RONNA. Novi napredniji model RONNA G3 (Slika 6.) sastoji se od tri komponente: *robotske ruke na pokretnoj platformi, optičkog sustava praćenja te sustava za planiranje i navigaciju*. Robotska ruka ima šest stupnjeva slobode gibanja, što omogućuje lagano manevriranje posmacima prilikom zahvata. Sustav optičkog praćenja koristi infracrvenu kameru sa širokim vidnim poljem i dva referentna okvira. Jedan referentni okvir pričvršćen je na pacijenta, a drugi na završetku ruke koji se naziva endefektor glavne robotske ruke. Sustav optičkog praćenja koristi se za grubo globalno pozicioniranje robota u odnosu na pacijenta. Iako je korišten samo na jednom pacijentu, pokazao je rezultate koji su bolji od klasičnih biopsija (26).



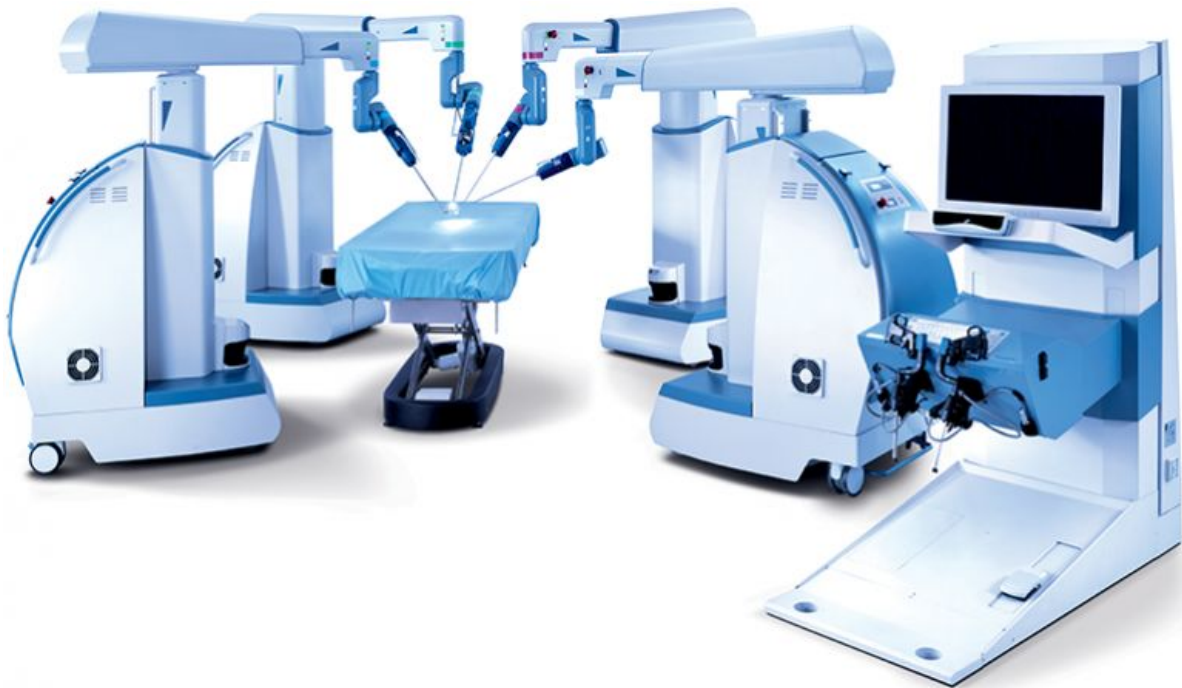
Slika 6: Robotic NeuroNAvigation G3 (Preuzeto s:

<http://www.croatia.org/crown/articles/10994/1/RONNA---Robotic-NeuroNAvigation-in-neurosurgery-project-led-by-Bojan-Jerbic-in-Croatia.html>, pristupljeno: 2019-06)

6.2. Senhance

Klinički bolnički centar Zagreb je tekuće 2019. godine nabavio robotski sustav *Senhance*, kojim je napravljena prva robotski asistirana histerektomija u Hrvatskoj. Robotski sustav *Senhance* (Slika 7.) sastoji od tri robotske ruke, koje imaju zasebne platforme. Kontrolno sučelje ima upravljačke ručke koje podržavaju haptičku tehnologiju i pokreću instrumente sa sedam DOF. Nova tehnologija koju ima *Senhance* je kontrola slike kirurškog polja pomoću pokreta očiju. Uz pomoć naočala

kirurg pokretima očiju mijenja pogled na kirurško polje, dok je pomicanjem glave prema ekranu i od ekrana moguće uvećavati odnosno smanjivati slikovni prikaz. Laparoskopski instrumenti su pričvršćeni pomoću magneta, pa ih je lakše mijenjati tijekom zahvata. Veliki nedostatak i dalje ostaje veličina sustava, a manjak zglobnih instrumenata ograničava njegovu primjenu u kompleksnijim zahvatima (12).



Slika 7: Robotski sustav Senhance (Preuzeto s:

<https://idataresearch.com/transenterix-announces-sale-senhance-robotic-surgery-system-saitama-medical-university-international-medical-center-japan/>, pristupljeno:

2019-06)

Rasprava

Brojni robotski sustavi razvijeni su za laparoskopske, endoluminalne i transluminalne zahvate (27). Robotski sustav da Vinci, jedan od pionira ove tehnologije, danas je najkorišteniji robotski sustav. Nakon skoro dvadeset godina njegove dominacije napokon se pojavila respektabilna konkurencija, koja je u nekim segmentima bolja od da Vincija (28). Zbog sve veće primjene robotskih sustava znanstvenici su počeli razvijati matematičke modele pomoću kojih bi pacijenti mogli odabrati optimalan zahvat za svoje zdravstveno stanje (29). UI je novost u području medicine i već sada pokazuje široku mogućnost primjene. Trenutno najuspješnija domena primjene UI je dijagnostika medicinskih slika. FDA 2018. godine odobrava prvi takav sustav koji ima mogućnost dijagnosticiranja kardiovaskularnih bolesti pomoću slika magnetske rezonance (30). Robotski sustavi uvijek će imati neka ograničenja, ali uz suradnju kirurga i inženjera mogu brzo napredovati i širiti svoju primjenu u medicine.

Zaključak

Danas se zahvaljujući brzini razvoja novih tehnologija robotski sustavi mogu susresti u svakodnevnom životu. Robotski sustavi su puno napredovali u zadnjem desetljeću, no usprkos nedostacima pokazuju sve veću primjenu. Veliki napredak UI omogućio je da danas postoje sustavi koji pomažu liječnicima prilikom dijagnosticiranja bolesti. Vjerujem da će daljnjim razvojem novih tehnologija doći do trenutka kada će robotski sustavi potpuno autonomno izvoditi zahtjevne operacije uz nadzor kirurga. Iako je primjena robotskih sustava u Republici Hrvatskoj tek u počecima, dragocjena je činjenica da već postoje robotski sustavi razvijeni od strane naših znanstvenika.

Sažetak

Od prvog spominjanja riječi robot do pojave prvih robotskih sustava u medicini prošlo je skoro 100 godina. Robotski sustav da Vinci jedan od pionira ove tehnologije danas je najkorišteniji robotski sustav. Uz podosta nedostataka robotski sustavi i dalje pokazuju bolje rezultate od klasičnih zahvata. Osim unaprjeđenja postojećih robotskih sustava, razvojem novih tehnologija stvaraju se inovacije koje pokušavaju biti implementirane. Uz puno tehničkih inovacija robotskih sustava nemoguće je zanemariti ubrzano napredovanje umjetne inteligencije. Razvojem umjetne inteligencije omogućit će se bolji rezultati liječenja. Zahvaljujući brzom razvoju ove tehnologije broj novih robotskih sustava svakodnevno raste. Jedan od primjera je RONNA G3, robotski sustav korišten prilikom stereotaktičke biopsije mozga.

Ovaj diplomski rad je pregledom literature prikazao uvid o robotskim sustavima u biomedicinskom području, te prikazao neke od najznačajnijih za ovo područje. Uz njihove prednosti i nedostatke u endoskopskim zahvatima, prikazane su tehnološke inovacije. Istaknuta je važnost primjene novih tehnologija u budućnosti i prikazana trenutna primjena robotskih sustava u Republici Hrvatskoj.

Ključne riječi: robotski sustavi, tehničke inovacije, umjetna inteligencija

Summary

From the first mention of the word robot almost 100 years passed before the first robotic system in medicine was developed. The Robotic System da Vinci one of the pioneers of this technology is today the most used robotic system. Despite the disadvantages of the robotics systems, they still show better results than the classic procedures. In addition to enhancing existing robotic systems, the development of new technologies creates innovations that are trying to be implemented. With a lot of technical innovations in robotic systems, it is impossible to ignore the accelerated advancement of artificial intelligence. By developing artificial intelligence, better treatment results will be provided. Thanks to the rapid development of this technology, the number of new robot systems is increasing every day. One example is RONNA G3, a robotic system used in stereotactic biopsies of the brain.

This research paper presented an insight into robotics systems in the biomedical field and presented some of the most important in this area. In addition to their advantages and disadvantages in endoscopic procedures, technological innovations are presented. The importance of applying new technologies in the future and highlighting the current application of robotic systems in the Republic of Croatia was emphasized.

Keywords: robotic systems, technical innovations, artificial intelligence

Literatura

1. Clarke R. Asimov's Laws of Robotics: Implications for Information Technology Parth 1. 1990;
2. Asimov I. I , Robot [Internet]. 1970. Available from: https://www.ttu.ee/public/m/mart-murdvee/Techno-Psy/Isaac_Asimov_-_I_Robot.pdf
3. Michael Anderson SLA. Machine Ethics. Cambridge University Press; 1 edition; 2011.
4. Kalan S, Chauhan S, Coelho RF, Orvieto MA, Camacho IR, Palmer KJ, et al. History of robotic surgery. 2010;141–7.
5. R. Valeroa, Y.H. Koa, S. Chauhana, O. Schatloff, A. Sivaramana RFC, F. Ortégaf, K.J. Palmera, R. Sanchez-Salaf, H. Davila, X. Cathelineauf VRP. Robotic surgery : History and teaching impact. 2011;35(9):540–5.
6. Shah J, Vyas A, Vyas D. The History of Robotics in Surgical Specialties. 2015;1(1):12–20.
7. Davis CJ, Filipi CJ. A History of Endoscopic Surgery. 1995;
8. Simmen D, Jones N; Manual of endoscopic sinus and skull base surgery. 2nd ed. Thieme; 2014. 468 p.
9. Jin D, Lee K, Tan K, Jin D, Lee K, Tan K. Endoscopic surgery - exploring the modalities. 2015;7(11):326–34.

10. Burak CABUK, Savas CEYLAN, Ihsan ANIK Mehtap Tugasaygi SKZ. A Haptic Guided Robotic System for Endoscope Positioning and Holding. 2015;(34):601–7.
11. Terris DJ. A history of robots : from science fiction to surgical robotics. 2007;113–8.
12. Peters BS, Armijo PR, Krause C, Choudhury SA, Oleynikov D. Review of emerging surgical robotic technology. Surg Endosc [Internet]. 2018;32(4):1636–55. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s00464-018-6079-2>
13. Caio M, Nguyen HT, Ferraz AR, Rosman B, Rahbar R, Oliveira CM, et al. Robotic Surgery in Otolaryngology and Head and Neck Surgery : A Review. 2012;
14. James Wall, MD, Venita Chandra, MD and Thomas Krummel M. Robotics in General Surgery. 2008;491–506.
15. Chen JH, Li Y, Gong JP, Yakun W. APPLICATION OF DA VINCI SURGICAL ROBOTIC. 2018;4:22–7.
16. Miloš Judaš i Ivica Kostović. Temelji neuroznanosti. MD; 1997. 231-238 p.
17. He Y, Hu Y, Zhang P, Zhao B, Qi X. applied sciences Human – Robot Cooperative Control Based on Virtual Fixture in Robot-Assisted Endoscopic Sinus Surgery.

18. Zheng Wang, Sicong Liu JP and MZC. The Next-Generation Surgical Robots. 2018.
19. Hamed A, Tang SC, Ren H, Squires A, Payne C, Masamune K, et al. Advances in Haptics , Tactile Sensing , and Manipulation for Robot-Assisted Minimally Invasive Surgery , Noninvasive Surgery , and Diagnosis. 2012;2012.
20. Zygomas A, Giokas K, Koutsouris D. In Silico Investigation of a Surgical Interface for Remote Control of Modular Miniature Robots in Minimally Invasive Surgery. 2014;2014.
21. Tortora G, Ranzani T, Falco I De, Dario P, Menciassi A. A Miniature Robot for Retraction Tasks under Vision Assistance in Minimally Invasive Surgery. 2014;70–82.
22. Brancadoro M, Manti M, Grani F, Tognarelli S. Toward a Variable Stiffness Surgical Manipulator Based on Fiber Jamming Transition. 2019;6(March):1–12.
23. Mirnezami R, Ahmed A. Surgery 3 . 0 , artificial intelligence and the next-generation surgeon. 2018;463–5.
24. Nevejans N, Allen C, Blyth A, Sullivan SO, Leonard S, Pagallo U, et al. Legal , regulatory , and ethical frameworks for development of standards in artificial intelligence (AI) and autonomous robotic surgery. 2019;(October 2018):1–12.

25. Martinović LB. Kirurgija pokretima očiju : Na Rebru proradio prvi robotski operacijski sustav u Hrvatskoj. *Novi List*. 2019;4–7.
26. Chudy D, Jerbi B, Filip Š, Vidakovi J, Dominik A. Brain biopsy performed with the RONNA G3 system : a case study on using a novel robotic navigation device for stereotactic neurosurgery. 2017;(June):1–7.
27. Vitiello V, Lee S, Cundy TP, Yang G. Emerging Robotic Platforms for Minimally Invasive Surgery. *IEEE Rev Biomed Eng*. 2013;6:111–26.
28. Rao PP. Robotic surgery : new robots and finally some real competition ! *World J Urol* [Internet]. 2018;(0123456789). Available from: <https://doi.org/10.1007/s00345-018-2213-y>
29. Dandapani HG, Tieu K. Laparoscopic , Endoscopic and Robotic Surgery The contemporary role of robotics in surgery : A predictive mathematical model on the short-term effectiveness of robotic and laparoscopic surgery. 2019;2:2–8.
30. Yu K, Beam AL, Kohane IS. Artificial intelligence in healthcare. *Nat Biomed Eng* [Internet]. 2018;2(October):719–31. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/s41551-018-0305-z>

Popis slika

1. Slika 1: Sustav Unimate (Preuzeto s: www.robotics.org/joseph-engelberger/unimate.cfm, pristupljeno: 2019-07)
2. Slika 2: Izum Philippa Bozzinia, "Lichtleiter" (Preuzeto s: <https://www.ingolstadt-reporter.de/aus-der-region/ingolstadt/mittagsvisite-lichtleiter-von-philipp-bozzini>, pristupljeno: 2019-06)
3. Slika 3: Robotski sustav da Vinci Xi (Preuzeto s: <https://www.cheyenneregional.org/service/general-surgery/da-vinci-xi/>, pristupljeno: 2019-06)
4. Slika 4: da Vinci Skills Simulator (Preuzeto s: <https://www.intuitive.com/en-us/products-and-services/da-vinci/education>, pristupljeno: 2019-06)
5. Slika 5: Shematski prikaz Clinical Decision Support System (Preuzeto s: <https://www.medgadget.com/2018/07/clinical-decision-support-systems-cds-market-prepare-to-touch-at-a-cagr-of-11-5-by-2023.html>, pristupljeno: 2019-06)
6. Slika 6: Robotic NeuroNAvigation G3 (Preuzeto s: <http://www.croatia.org/crown/articles/10994/1/RONNA---Robotic-NeuroNAvigation-in-neurosurgery-project-led-by-Bojan-Jerbic-in-Croatia.html>, pristupljeno: 2019-06)
7. Slika 7: Robotski sustav Senhance (Preuzeto sa: <https://idataresearch.com/transenterix-announces-sale-senhance-robotic-surgery-system-saitama-medical-university-international-medical-center-japan/>, pristupljeno: 2019-06)

Životopis

Dino Alagić rođen je 25.09.1990.g. u Zagrebu. Završio je Osnovnu školu Frana Galovića u Zagrebu, a nakon toga upisuje Prvu gimnaziju koju završava 2009.godine. 2012.g. upisuje integrirani preddiplomski i diplomski studij Medicine, Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci. U razdoblju od 2010.g. do 2016.g. radio je kao spasilac u Spasilačkoj službi na Jarunu. Od svibnja do studenog 2016.g razvijao je svoju poslovnu ideju u Startup Inkubatoru Rijeka, te je jedan od osnivača startupa "Braille Riddles" s kojim je osvojio brojne domaće i međunarodne nagrade i priznanja. Navedeni startup po prvi puta je predstavljao Hrvatsku u kategoriji socijalnih inovacija u finalu natjecanja European Startup Awards u Europskom parlamentu u Bruxellesu 2017. Godine. Startup Braille Riddles prema ocjeni *Njemačko-hrvatske gospodarske komore* proglašen najboljim hrvatskim startupom za 2017 godinu. U sklopu projekta Europska noć istraživača (Marie Curie program financiranja u sklopu Obzora 2020.) uspješno je predstavljao startup "Braille Riddles" u Banja Luci 2018. godine. Održao je radionicu 3D printanja 2017.g. i 2018.g na International Biomedical Student Congress BRIK u Rijeci. Od ožujka 2018.g. je potpredsjednik Udruge za obrazovanje slijepih i slabovidnih "Braille Akademija".

2019. kao vanjski suradnik Centra za biomodeliranje i inovacije u medicini Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci radi na izradi diplomskog rada pod nazivom "Primjena robotskog sustava u endoskopskom zahvatu" pod mentorstvom doc.dr.sc. Svena Maričića i komentora doc.dr.sc. Dubravka Manestra s Klinike za otorinolaringologiju i kirurgiju glave i vrata Kliničkog bolničkog centra Rijeka.