

Primjena nove tehnologije u operacijskom bloku

Margarin, Lucia

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zadar / Sveučilište u Zadru**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:162:058948>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-03**



Sveučilište u Zadru
Universitas Studiorum
Jadertina | 1396 | 2002 |

Repository / Repozitorij:

[University of Zadar Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

Sveučilište u Zadru
Odjel za zdravstvene studije
Sveučilišni diplomski studij
Sestrinstvo



Zadar, 2024.

Sveučilište u Zadru
Odjel za zdravstvene studije
Sveučilišni diplomski studij
Sestrinstvo

Primjena nove tehnologije u operacijskom bloku

Diplomski rad

Student/ica:
Lucia Margarin

Mentor/ica:
Izv.prof.dr.sc. Robert Karlo

Zadar, 2024.



Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, **Lucia Margarin**, ovime izjavljujem da je moj **diplomski** rad pod naslovom **Primjena nove tehnologije u operacijskom bloku** rezultat mojega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Ni jedan dio mojega rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan iz necitiranih radova i ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem da ni jedan dio ovoga rada nije iskorišten u kojem drugom radu pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj, obrazovnoj ili inoj ustanovi.

Sadržaj mojega rada u potpunosti odgovara sadržaju obranjenoga i nakon obrane uređenoga rada.

Zadar, 3. srpnja 2024.

Zahvala

Ovim putem zahvaljujem mentoru, izv.prof.dr.sc. Robertu Karlu na suradnji i pruženoj pomoći tijekom pisanja diplomskog rada.

Također, zahvaljujem svojim roditeljima i ostalim članovima svoje obitelji na pruženoj potpori tijekom pohađanja studija, pisanja i obrane diplomskog rada.

Popis kratica

VAAFT – hrv. *Video potpomognuto liječenje analne fistule*

VATS – hrv. *Video asistirana torakoskopska kirurgija*

ICG – eng. *Infrared indocyanine green*

CT – hrv. *Kompjutorizirana tomografija*

MR – hrv. *Magnetna rezonanca*

CUSA – eng. *Cavitron ultrasonic surgical aspirator*

PUMA – eng. *Unimation Programmable Universal Machine for Assembly*

Sažetak

Primjena nove tehnologije u operacijskom bloku

Tehnološke inovacije uvedene u zdravstveni sustav dovode do velikih promjena u kliničkoj praksi i svakodnevnom radu. Napredak tehnologije od velike je važnosti jer pruža najnovije mogućnosti liječenja pacijentima sa malignim oboljenjima. Prednost korištenja nove tehnologije je brže prepoznavanje patoloških promjena. Nadalje, samo liječenje novom tehnologijom omogućava brži postoperativni oporavak pacijenata te kraći period hospitalizacije. Također, primjena nove tehnologije podrazumijeva i profesionalni napredak djelatnika te zahtijeva edukaciju kako bi zdravstveni djelatnici bili u tijeku sa uvođenjem nove tehnologije. Edukacijom se stječu znanja i vještine koje osiguravaju pozitivne ishode pri korištenju nove tehnologije, a samim time unaprjeđuje se kvaliteta rada i sigurnost pacijenta.

Cilj ovog rada je analizirati i opisati tehnološke inovacije koje su unaprijedile rad u abdominalnoj, torakalnoj kirurgiji, neurokirurgiji i ortopediji te primjena robotskog sustava u određenim područjima kirurgije.

Ključne riječi: tehnologija, kirurgija, operacijski zahvat, inovacije

Summary

Application of new technology in the operating room

Technological innovations introduced into the healthcare system are leading to major changes in clinical practice and daily work. The advancement of technology is of great importance as it provides the latest treatment options for patients with malignant diseases. The advantage of using new technology is faster recognition of pathological changes. Furthermore, the treatment with the new technology enables faster postoperative recovery of patients and a shorter period of hospitalization. The application of new technology implies continuous education of health professionals. Through education, knowledge and skills are acquired that ensure positive outcomes when using new technology, thereby improving the quality of work and patient safety.

The goal of this paper is to analyze and describe the technological innovations that improved work in abdominal, thoracic surgery, neurosurgery and orthopedics, as well as the application of robotic systems in certain surgical areas.

Keywords: technology, surgery, operative procedure, innovation,

Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Primjena tehnologije u abdominalnoj kirurgiji.....	3
3. Primjena fistuloskopa.....	8
4. Primjena tehnologije u torakalnoj kirurgiji.....	9
5. Primjena ICG-a u kirurgiji.....	13
6. Primjena tehnologije u neurokirurgiji.....	14
Neuronavigacija u neurokirurgiji.....	15
Primjena CUSA sustava u neurokirurgiji.....	17
7. Primjena tehnologije u ortopediji.....	18
8. Uvođenje robotike u kirurgiju.....	19
Podjela robotskog sustava.....	20
Prvi robotski sustav.....	20
Drugi robotski sustav.....	21
ROSA robotski sustav.....	22
RONNA robotski sustav.....	23
9. Robotski sustav u endoskopskim zahvatima.....	24
10. Robotski sustav u endovaskularnoj kirurgiji.....	24
11. Rasprava.....	26
12. Zaključak.....	27
13. Literatura.....	28
14. Ilustracije: Slike i tablice.....	29
Životopis.....	30

1. Uvod

Razvoj tehnologije uvelike pomaže napretku medicine, posebice napretku kirurgije kao kompleksne medicinske djelatnosti. Napredna kirurgija i dijagnostičko-intervencijski postupci zahtijevaju daljnji razvoj tehnologije. Uz novu tehnologiju, usvojene nove vještine, adekvatnu komunikaciju i timski rad postižu se bolji klinički ishodi. Integracijom tehnologije poboljšava se sustav rada u operacijskoj sali što rezultira poboljšanom koordinacijom između djelatnika te povećanjem sigurnosti pacijenta. Tradicionalna kirurgija zamijenit će se robotskom kirurgijom, telekirurgijom, a invazivni postupci zamijenjeni su minimalno invazivnim, pa čak i neinvazivnim postupcima. Inovativne metode u kirurškoj djelatnosti koje predstavljaju minimalno invazivne tehnike dijele se u tri faze. Prva faza predstavlja uvođenje nove tehnologije, dok drugoj fazi pripada shvaćanje prednosti u odnosu na postojeće standarde. Treća, ujedno i zadnja faza predstavlja implementaciju nove tehnologije u zdravstveni sustav (1). Svaka grana kirurgije praćena je određenim inovacijama koje predstavljaju prednost u liječenju pacijenata. Povezanost tehnologije i medicine datira iz prošlosti, to jest od sredine prošlog stoljeća. Povijest kirurgije obilježena je uvođenjem laparoskopskih metoda liječenja. Nadalje, razvojem tehnologije i endoskopske opreme u torakalnoj kirurgiji uvodi se video-potpomognuti sustav za izvedbu torakoskopije. Neurokirurgija danas predstavlja područje s najvećim brojem inovacija i napredne tehnologije. Razvoj neurokirurgije počinje uvođenjem neurokirurškog mikroskopa, neuronavigacijskog sustava, Cusa sustava te naposljetku robotskog sustava. Robotski sustav prvi put se koristi 90.-ih godina. Na ovakav način pacijentima se omogućuju sve prednosti liječenja, lakši oporavak te kraći boravak u bolnici. Za uporabu napredne tehnologije liječnici i medicinske sestre/tehničari trebaju posjedovati široka medicinska znanja i vještine. Robotski sustav namijenjen je za precizniju manipulaciju instrumenata za vizualizaciju te endoskopski pristup tkivu uključujući rezanje, podvezivanje hvatanje, disekciju, šivanje i mobilizaciju (2). U Hrvatskoj se prvi put primjenjuje robotski sustav RONNA 2016. godine, u KB Dubrava (2). U KBC-u Zagreb 2018. godine primjenjuje se robotski sustav za izvođenje abdominalnih operacijskih zahvata (2). Korištenjem robotskog sustava uočeni su pozitivni rezultati te doprinos većoj kvaliteti samog zahvata.

Uvođenje robotskog sustava dovodi do pitanja ljudske resurse, tj. odgovornost, sigurnost pacijenta, pojavu komplikacija tijekom zahvata, ulogu drugih profesija koje sudjeluju na operativnom zahvatu, razinu obrade podataka o pacijentu i samom zahvatu. Od velike je važnosti raspodjela uloga prije i tijekom zahvata jer robotski sustav ne zamjenjuje ljudske resurse već služi kao pomoć pri preciznijem izvođenju zahvata. Uvođenje robotike u područje kirurgije zahtjeva timski rad, edukaciju svih članova tima te trajno usavršavanje koje prati razvoj tehnologije.

2. Primjena tehnologije u abdominalnoj kirurgiji

Povijest kirurgije kazuje kako je endoskopija prvi put primijenjena prije više od 1000 godina kod pregleda cerviksa (1). Tijekom tog razdoblja pojavili su se problemi sa osvjetljenjem samog endoskopa sa posljedičnim toplinskim ozljedama uzrokovanih izvorom svjetlosti zbog korištenja platinskih žica grijanih električnom strujom. Postupak endoskopskih zahvata bio je ograničen zbog nedostatka svjetla na endoskopu što dovodi do nepreglednog intraabdominalnog prostora i sadržaja. Hans Christian Jakobaeus svojim je radom i upotrebom trokara u procesu liječenja potaknuo prijelaz na laparoskopsku kirurgiju (1). Laparoskopski zahvati izvodili su se najprije na području ginekologije, u liječenju ginekoloških poremećaja. Potom slijedi primjena laparoskopije u kirurškoj djelatnosti, a prvu kolecistektomiju izvodi Erich Mun 1985. godine (1). Osnovni instrumenti za izvođenje laparoskopije bili su Veressova igla kako bi se postigao pneumoperitoneum. Nadalje, držač pištolja služio je za uvođenje ostalih instrumenata kroz trokare. Trokari su neizostavni instrumenti za izvođenje laparoskopskog zahvata kroz koje se uvode instrumenti u abdominalnu šupljinu. Kroz veliki trokar uvodi se optika, a kroz manje trokare za koje je potreban i manji rez uvode se ostali instrumenti užeg promjera. Žučni mjehur tijekom prvog zahvata uklonio se također kroz veliki trokar. Nakon određenog broja izvedenih kolecistektomija metodom laparoskopije uočeni su rezultati povezani sa sigurnošću, učinkovitošću, smanjenim brojem infekcija, postoperativnim pneumonijama te dužinom hospitalizacije (1).

Tablica 1. Faze implementacije novih tehnologija

Kirurške inovacije	Uvođenje nove tehnologije	Prepoznavanje prednosti	Implementacija nove tehnologije
Rigidna endoskopija	Pregled unutarnjih struktura kroz prirodne otvore	Izvor svjetla, omotači za umetanje instrumenta	Uvođenje nove tehnologije unutar sustava te uočavanje pozitivnih ishoda
Laparoskopska kirurgija	Troakari koji se koriste za uspostavu pneumoperitoneuma	Poboljšani ishodi nakon operativnog zahvata	Uvođenje nove tehnologije unutar sustava te uočavanje pozitivnih ishoda
Robotska kirurgija	Biopsija mozga vođena kompjuteriziranom tomografijom	Poboljšani ishodi nakon operativnog zahvata	Uvođenje nove tehnologije unutar sustava te uočavanje pozitivnih ishoda

Danas je laparoskopija jedna od najčešćih kirurških metoda pomoću koje se izvode abdominalni operativni zahvati. U odnosu na prošlost metoda je postala unaprijeđena te se danas izvodi uz pomoć dodatne opreme uvedene razvojem tehnologije. Neizostavan dio opreme je laparoskop/teleskop; dugi, tanki instrument sa kamerom i svjetlom na vrhu. Postoji dvije vrste laparoscopa. Razlika je u zakrivljenosti leće pa razlikujemo laparoskop čija je zakrivljenost leće pod kutom od 0 stupnjeva i pod kutom od 30 stupnjeva.



Slika 1. Prikaz laparoscopa/teleskopa

Također postoji laparoskop koji je spojen sa kamerom i svjetlom, tj. sve tri komponente u jednom su dijelu što pojednostavljuje pripremu za zahvat. Zatim, postoji i laparoskop koji dolazi u tri dijela. Jedan dio je sam laparoskop koji je potrebno spojiti sa kamerom za vizualizaciju abdominalne šupljine. Da bi vizualizacija bila uspješna potrebno je na sam laparoskop spojiti izvor svjetla.



Slika 2. Prikaz kamere

Cijeli adekvatno pripremljen laparoskop spaja se na uređaje koji su povezani sa ekranom na kojem se prikazuje slika nakon uvođenja laparoscopa unutar abdomena. Prvi uređaj služi za spajanje kamere pomoću koje će nastati vizualni prikaz abdominalnog prostora.



Slika 3. Prikaz laparoskopskog operacijskog zahvata

Na isti uređaj spaja se izvor svjetla koji se također može mijenjati na samom uređaju ukoliko postoji potreba, te se na taj način postiže bolja vidljivost abdominalne šupljine.

Druga jedinica je insuflator ili uređaj na koji se spaja cijev kroz koju CO₂ dolazi do abdomena i stvara pneumoperitoneum. Na insuflatoru se prati količina intraabdominalnog tlaka te se ista može podešavati prema potrebama zahvata.



Slika 4. Prikaz operacijskog stup za izvođenje laparoscopske operacije

Nadalje, uz teleskop tijekom laparoscopskog operacijskog zahvata primjenjuju se trokari, šuplji instrumenti kroz koje se uvode hvataljke unutar trbušne šupljine. Postoje trokari promjera 5 i 10 mm. Kroz trokare promjera 5 mm uvode se hvataljke, a kroz trokar promjera 10 mm uvodi se laparoskop, te instrumenti većeg promjera kao što su klip aplikatori i stapleri. Kroz prvi rez uvodi se Veressova igla te se kroz nju uz pomoć CO₂ postiže pneumoperitoneum.

Kada se postigne određeni intraabdominalni tlak ovisno o samom zahvatu uklanja se Veressova igla te se na njeno mjesto uvodi radni trokar promjera 10 mm za laparoskop. Zatim, rade se incizije za ostale trokare promjera 5 i 10 mm, za endoskopske hvataljke, klip aplikatore i staplere. Položaj pacijenta je ležeći, na leđima, a noge pacijenta stavljaju se po potrebi na pomoćne nastavke operacijskog stola. Potreban osnovni instrumentarij za laparoskopski operacijski zahvat čine:

- Veressova igla
- Trokari promjera 5 mm
- Trokari promjera 10 mm
- Cijev za insuflaciju
- Hvataljke
- Disektor
- Instrument za koagulaciju
- Instrument za aspiraciju i irigaciju
- Klip aplikatori
- Stapleri



Slika 5. Prikaz laparoskopskih instrumenata

Prednost laparoskopije je pošteniji operacijski zahvat, manji ožiljak, smanjena učestalost postoperativnih infekcija, brži oporavak te smanjeno vrijeme hospitalizacije.

3. Primjena fistuloskopa

VAAFT (Video potpomognuto liječenje analne fistule) izvodi se pod kontrolom fistuloskopa. Fistuloskop se sastoji od okulara pod kutom od 8 stupnjeva, optičkog kanala, radnog kanala, irigacijskog kanala i ručke. Promjer fistuloskopa iznosi 3.3 x 4.7 mm, a dužina 18 cm (3). Fistuloskop ima dva nastavka od kojih se na jedan spaja otopina za irigaciju. Cilj ovog zahvata je uklanjanje fistule, čišćenje kanala fistule i zatvaranje unutarnjeg fistulnog otvora (3). Prvi korak zahvata je uvođenje elektrode te uklanjanje kanala fistule laganom manipulacijom od vanjskog do unutarnjeg otvora fistule. Ukoliko postoji nekrotični dio uklanja se sa endočetkicom koja također čini potreban pribor za izvođenje fistuloskopije. Nadalje, otopina za irigaciju unosi se u prostor fistule jer se na taj način osigurava uklanjanje otpadnih tvari u prostor rektuma. Zatim slijedi zatvaranje unutarnjeg otvora određenim šavovima, ali potrebno je da trakt fistule ostane otvoren radi istjecanja sekreta (3).



Slika 6. Prikaz fistuloskopa

4. Primjena tehnologije u torakalnoj kirurgiji

Osim laparoskopije jedna od poštenjih kirurških metoda je i Vats metoda. Vats metoda označava video asistiranu torakoskopsku kirurgiju. Ovom metodom uz pomoć posebne opreme ulazi se u pleuralni prostor te se postiže vizualizacija tog istog prostora.



Slika 7. Prikaz stupa za izvođenje Vats operacijskih zahvata

Torakoskopija se primjenjuje prvi put 1909. godine u liječenju pleuralnih izljeva. Većina bolesnika na kojima je primijenjena torakoskopija bolovali su od tuberkuloze pluća (4). Razvoj fiber – optičkog prijenosa svjetlosti, poboljšano osvjetljenje, obrada slike te novi instrumenti doveli su do unaprjeđenja torakoskopije. Prije uvođenja video-potpomognutog sustava za izvedbu torakoskopije koristio se tradicionalni torakoskop koji je iznad vrha imao žarulju te se na taj način omogućilo distalno osvjetljenje (4). Primjenom takvog torakoskopa nailazilo se na mnoga ograničenja poput suženja slike, nejasno prikazanog operativnog polja te ograničene funkcije instrumentarija koji se koristio tijekom zahvata. Vats metoda također se izvodi pod

kontrolom kamere/torakoskopa koji sadrži optička vlakna te se uvodi kroz trokar u interkostalni prostor. Incizija kroz koju se uvodi trokar iznosi 3 do 5 cm, a dodatan rez radi se zbog uvođenja dodatnih instrumenata potrebnih za izvođenje biopsije, lobektomije, drenaže i sličnih postupaka te iznosi 5 cm . Torakoskop sa zakrivljenošću leće pod kutom od 0 ili 30 stupnjeva je spojen sa kamerom i izvorom hladnog svjetla, a sve komponente spajaju se na uređaj ili procesor slike, koji je povezan sa ekranom na kojem je prikazana slika pleuralnog prostora.



Slika 8. Prikaz hladnog svjetla i kamere za Vats

Promjer torakoskopa kreće se od 3 do 10 mm, a izbor ovisi o vrsti zahvata (5). Torakoskop čija je zakrivljenost leće pod kutom od 30 stupnjeva daje uvid u širu sliku pleuralnog prostora i operativnog polja. Izvor svjetlosti naziva se „hladna svjetlost“ od 300 W i predstavlja preporučeni izvor svjetlosti za ovakav operacijski zahvat (5).



Slika 9. Prikaz operacijskog prostora tijekom Vats-a

Položaj pacijenta je desni ili lijevi lateralni položaj prema planiranom zahvatu. Za operativni zahvat u području medijastinuma potreban je ležeći položaj na leđima. Od instrumentarija potrebno je izdvojiti:

- Elektrokauter (uređaj za koagulaciju)
- Trokar
- Hvataljke
- Torakalni raširivač
- Klip aplikatori
- Stapleri



Slika 10. Prikaz Vats instrumenata



Slika 11. Prikaz klip aplikatora

Indikacije za Vats metodu su:

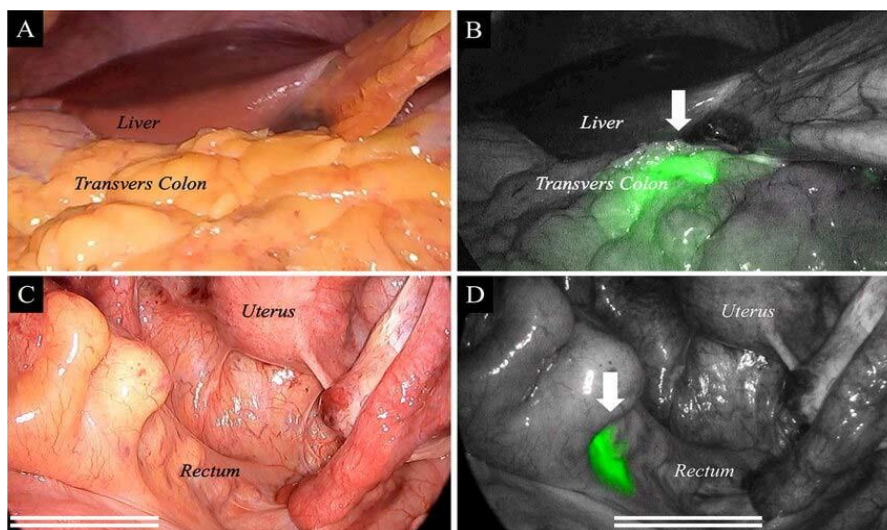
- Liječenje zadržanog hematoraksa
- Liječenje perzistentnog pneumotoraksa
- Procjena dijafragme kod penetrantnih torakoabdominalnih ozljeda

- Liječenje inficiranog pleuralnog prostora
- Dijagnoza i liječenje krvarenja kod hemodinamski stabilnih pacijenata

Vats je trenutno tehnika kojom se najčešće rješavaju zahvati u torakalnoj kirurgiji. Vats je povezan sa rjeđom pojavom aritmija, postoperativnih komplikacija kao što su infekcije i postoperativna bol te sa smanjenim boravkom pacijenata u bolnici (5).

5. Primjena ICG-a u kirurgiji

ICG predstavlja fluorescentnu boju koja pomaže u vizualizaciji anatomskih struktura kao što su bilijarno stablo, ureter, paratireoidne žlijezde i toraks. Fluorescentna boja se dobije injiciranjem sredstva indocijanin zeleno u biološko tkivo (6). Za primjenu ICG sredstva potrebna je određena kamera kojom će biti vidljivo injicirano sredstvo u tkivu. ICG također ima ulogu prikazivanje opskrbe tkiva krvlju. Nadalje, osigurava precizno uklanjanje tumora i očuvanje okolnog tkiva. Bitno je naglasiti kako primjena ICG-a izravno u tkivo ulazi u krvne žile i limfne čvorove te tako intraoperativno daje precizniju sliku o području samog tumora (6). Migriranje ICG-a u limfne čvorove danas se naziva i limfno mapiranje te na taj način složeni operacijski zahvati karcinoma kolona i rektuma postali su jednostavniji te se povećava broj limfadenektomija jer ova metoda omogućava uvid u stanje limfnih čvorova (6). Kao što je navedeno ICG pomaže i u otkrivanju ranog stadija karcinoma pluća. Tijekom video-potpomognutog torakoskopskog zahvata (VATS) također se primjenjuje kako bi se lokalizirao tumor. Prednost fluorescentnog snimanja indocijanin zelenim je lakše prepoznavanje patoloških rubova od normalnog parenhima. Nadalje, tijekom VATS kirurške tehnike primjena ICG-a pomaže lokalizaciji plućnog nodula, odvajanju ugroženih plućnih segmenata od normalnog plućnog parenhima (6). Neka istraživanja pokazuju kako je ICG metoda povezana sa smanjenim intraoperativnim komplikacijama, vrlo niskom stopom anafilaktičkih reakcija te visokom tkivnom apsorpcijom (6).



Slika 12. Prikaz tkiva nakon primjene ICG-a

Preuzeto sa: https://www.researchgate.net/figure/Indocyanine-green-ICG-fluorescence-marking-is-visualized-during-laparoscopic-colorectal_fig2_339348759

6. Primjena tehnologije u neurokirurgiji

Neurokirurgija je područje koje je ponajviše napredovalo uz tehnološku evoluciju. Kroz prošlost je došlo do nekih dijagnostičkih otkrića kao što su CT (kompjutorizirana tomografija), MR (magnetna rezonanca) i ultrazvuk. Podaci iz prošlosti kazuju kako je otvaranje lubanje u terapijske svrhe izvedeno još 1530. godine, prije nove ere (7). Hipokratovi spisi sadrže podatke o prvoj trepanaciji koja se dogodila između 200. i 500. godine prije nove ere, a prvi tumor uklonjen je 1774. godine upotrebom ligatura (7). Nova neurokirurška era započinje upotrebom mikroskopa 1950-ih godina. Danas mikroskop predstavlja jedan od neizostavnih uređaja u neurokirurškoj operacijskoj sali. Prva predstavljena serija mikroskopa bila je Zeisseova OPMI serija. Na samom početku izrađuje se pokretno postolje za mikroskop, a kasnije dolazi do razvoja motorizirane verzije mikroskopa. Nadalje, razvojem tehnologije mikroskop dobiva zoom objektiv, okularne cijevi i lampu koja se može okretati oko svoje osi. Kako bi kirurzi mogli istovremeno gledati u operacijsko polje dr. Littman 1964. godine konstruirao mikroskop uz pomoć nove tehnološke metode „razdvajanja snopa“ (7). Godinama se mikroskop nadograđivao kako bi se danas u neurokirurgiji koristio kao poboljšani i unaprijeđeni. Na okularnim cijevima i objektivu danas postoji opcija namještanja fokusa gdje operater i asistent imaju mogućnost namještanja istog. Nadogradnja mikroskopa dovela je do osvjetljavanja plavim svjetlom koje služi za bolju vizualizaciju malignih stanica (7). Također, postoji i

osvjetljavanje infracrvenim svjetlom za označavanje intraoperativne angiografije nakon primjene ICG-a (7).



Slika 13. Prikaz neurokirurškog mikroskopa

Preuzeto sa: <https://avantehs.com/p/zeiss-opmi-pentero-surgical-microscope/11944>

Neuronavigacija u neurokirurgiji

Lokalizacija lezija bitan je čimbenik u neurokirurgiji jer osigurava preciznu i sigurnu resekciju malignih tvorbi mozga. Razvoj tehnologije doveo je do razvoja neuronavigacijskog sustava koji se temelji na slikovnoj dijagnostici. Prva operacija uz pomoć neuronavigacije obavljena je 1947. godine gdje su Spiegel i Wycis koristili unutrašnjost epifize kao referentnu točku (7). Nadalje, razvoj CT-a uvelike je olakšao korištenje neuronavigacijskog sustava jer su se otvorile mogućnosti za prikaz cijelog kranijalnog prostora. Interakcija CT-a i neuronavigacije omogućila je izvođenje biopsija te precizniju lokalizaciju tumora.

Neuronavigacija danas sastoji se od monitora, uređaja za lokalizaciju tumora, generatora te sonde/igle za određivanje lokacije tumora.



Slika 14. Prikaz neuronavigacijskog sustava

Vrlo je bitna preoperacijska registracija ili kalibracija koja služi operateru kako bi precizno odredio položaj patološke tvorbe unutar lubanje. Cijeli sustav spojen je na monitor te je položaj tvorbe prikazan slikovno. Zadaća neuronavigacijskog sustava je nakon obavljenog CT-a i MR-a anatomski orijentirati te precizno odrediti lokalizaciju patoloških tvorbi i njihove granice (7). Neuronavigacija usko je povezana sa razvojem neurokirurške robotike. Interakcijom neuronavigacije i robotike postigli bi se kvalitetniji 3D prikazi te bolji terapijski ishodi (7).

Primjena CUSA sustava u neurokirurgiji

Cusa predstavlja ultrazvučni aspirator za uklanjanje tumora. Ultrazvučni nož po prvi put upotrijebljen je 1947. godine za uklanjanje zubnog plaka te 1967. u oftalmologiji (7). Prva upotreba Cuse u kirurškoj djelatnosti obavljena je 1978. godine, a njome su uklonjeni meningeomi i gliomi (7). Tijekom korištenja Cuse postižu se dva efekta. Prvi efekt se postiže sukcijom koja povlači vrh tkiva za vrh uređaja, dok drugi efekt zvan kavitacija ima ulogu proizvodnje valova koji dovode do stvaranja nižeg tlaka u odnosu na okolne stanice. Takav efekt dovodi do rupture stanica djelujući u tkivima koja obiluju vodom. Tumori su pogodni za djelovanje takvog efekta. Sam Cusa sustav sastoji se od 23 i 36 kHz ručnih dijelova te svakom dijelu pripadaju višestruki nastavci za vrh. 23 kHz odvaja tvrde, kalcificirane tumore, a 36 kHz može se upotrebljavati pri zahvatima koji zahtijevaju preciznost i osjetljivost. Cusa ima sposobnost usisa i irigacije tekućine. Usisnom funkcijom tkivo povlači prema vrhu nastavka i na taj način spaja tkivo i vrh nastavka. Funkcija usisa generirana je sa centralne jedinice, tj. cusa uređaja. Na centralnoj jedinici moguće je postići različitu snagu usisne sposobnosti. Cijev kroz koju dolazi tekućina do tkiva je silikonska te je njezin kraj 2 mm duži od vrha nastavka tako da pokrije preaspiracijske otvore čija je funkcija uklanjanje topline koju stvara vrh, sprječavanje prijeloma vrha, toplinsko oštećenje tkiva kao i stvaranje mjehurića koji ometaju vidljivost unutar operacijskog prostora (7). Najveća prednost Cusa uređaja je odvajanje i aspiracija tumora sa minimalnim krvarenjem i sigurnošću s obzirom na krvne žile koje se nalaze u neposrednoj blizini samog tumora.



Slika 15. Prikaz Cusa sustava

7. Primjena tehnologije u ortopediji

Artroskopija predstavlja dijagnostičku i terapijsku metodu, koja se izvodi pomoću glavnog instrumenta artroskopa, kojeg spajamo na kameru. U potpunosti pripremljen artroskop potrebno je spojiti na jединicu koja se sastoji od ekrana na kojem će se prikazati unutrašnjost operativnog polja, uređaja za shaver koji služi za uklanjanje oštećenog dijela hrskavice te uređaja za irigaciju. Na operativnom polju potrebno je napraviti dvije incizije od 10 mm, pomoću kojih se osiguravaju dva pristupa od kojih je jedan za artroskop, a drugi za operacijski instrument (8). Nakon ulaska artroskopa kroz incizijski otvor osvijetli se unutrašnjost koljenog zgloba. Artroskopija je u potpunosti poštedna za pacijenta, sa minimalnim rezom i bržim postoperativnim oporavkom. Indikacije za artroskopiju su ozljede i /ili oštećenja zglobne hrskavice, sinovijalne membrane, menisci i ukriženi ligamenti koljena (8).



Slika 16. Prikaz stupa za artroskopiju

8. Uvođenje robotike u kirurgiju

Pojam robotska kirurgija uvodi se početkom devedesetih godina, a cilj uvođenja robotike bio je reproducirati rad ruku kirurga s većom preciznošću, bez prisutnog tremora ruku uz poboljšanu vizualizaciju slike (9). Zdravstveni informacijski sustav posebno se razvio u posljednjem desetljeću. Jedan od primjera dodatnog razvoja zdravstvenog informacijskog sustava je razvoj robotike koji je osmišljen da djeluje autonomno, na temelju umjetne inteligencije (9). Nadogradnja takvog sustava postavlja razna etička pitanja koja se vežu za interakciju zdravstvenog tima i robotskog uređaja (9). Interakcija zdravstvenog tima i robotskog uređaja dovodi do promjena na svim poljima primjene robotskog sustava s obzirom na uloge, kompetencije i odgovornosti. U svim je granama zdravstvenog sustava, a posebice u operacijskoj sali interakcija bitan čimbenik. Uz interakciju kvaliteta rada ovisi i o organizaciji te raspodjeli uloga među djelatnicima. Uvođenjem robotike dolazi do promjena u raspodjeli profesionalnih uloga, kirurškim postupcima, stjecanjem novih vještina zbog integracije robotskih strojeva unutar tima (10).

Riječ robot u hrvatskom jeziku obilježava automatizirani stroj višestruke namjene koji može izvršavati zadatke slično ljudskom djelovanju (11). U posljednjem stoljeću roboti su se počeli primjenjivati u industriji, vojsci, informatičkim znanostima pa tako i u medicini. Što se tiče medicine primjena robotike posebno je aktualna u kirurškoj djelatnosti. Neurokirurške operacije pokazale su se kao adekvatne za primjenu robota zbog osjetljivosti moždanog tkiva te same lokalizacije mozga u uskom intrakranijalnom prostoru (11). Prva primjena robota spominje se 1985. godine kada su Kwoh i suradnici primijenili PUMA (*Unimation Programmable Universal Machine for Assembly*) robot (11). Robot su koristili tijekom biopsije, kod 52-godišnjeg pacijenta na temelju CT nalaza (11). Tadašnja uloga robota bila je lokalizirati mjesto tvorbe unaprijed određene CT-om. Danas takav robot više nije u funkciji.

8.1. Podjela robotskog sustava

Robotski sustavi koji se danas koriste dijele su u tri kategorije. Prva kategorija predstavlja autonomni sustav. Zatim, druga kategorija obilježava nadzirane sustave, a treća sustave podijeljene kontrole.

U prvoj kategoriji zadaća robotskog sustava je automatizmom izvesti predoperativno isplaniranu kretnju (11). Planiranje se odrađuje na temelju radioloških snimki. Ovakav robotski sustav trenutno se najviše primjenjuje u neurokirurškoj djelatnosti. Uloga operatera u radu ovakvog robotskog sustava je nadzor i prepravljanje robotskih kretnji tijekom zahvata.

U drugoj kategoriji operater upravlja robotskim sustavom sa određene udaljenosti. Takva vrsta sustava pripada endoskopskim i endovaskularnim robotskim sustavima.

U trećoj kategoriji djeluju aktivno operater i robot. Ruke robota i operatera rade skupa. Ruka operatera usmjerava potrebne instrumente na točno mjesto samog zahvata, dok ruke robota smanjuju tremor i moguć mišićni umor. Ovakav robotski sustav je *Steady Hand sistem* (11).

Prvi robotski sustav

NeuroMate je prvi robotski sustav, proizveden 1987. godine (11). Takav robotski sustav sastoji se od 6 zglobova. Bitan je položaj zgloba, a upravo te informacije šalju se u centralnu jedinicu koja vrši i registraciju. Registracija se može izvršiti sa okvirom ili Neurolocate nastavkom. Takav nastavak na sebi nosi lokalizatore, a učvrsti se na distalni

dio robotske ruke (11). Nastavak tada ima ulogu držača za instrumente. Nadalje, vrši se snimanje CT-om pri čemu se pozicionira glava te se registrira prostor za rad. NeuroMate sustav koristi se i za postavljanje intrakranijalnih katetera u slučaju aspiracije tekućine iz cističnih tvorbi ili za aplikaciju kemoterapije u svrhu liječenja neoplastičnih tvorbi (11).



Slika 17. NeuroMate robotski sustav

Preuzeto sa: <https://www.medicaexpo.com/prod/renishaw/product-73826-475862.html>

Drugi robotski sustav

Druga vrsta robotskog sustava je PathFinder, odobrena 2004. godine, a primijenjena po prvi puta 2006. godine (11). Registracija kod ovakvog robotskog sustava vrši se pomoću kožnih registratora ili registracijskih pločica. Na ovom robotskom sustavu nalazi se kamera, na distalnom dijelu robotske ruke te ona obilježava položaj registratora i na taj način vrši se i sama registracija. Ovakva vrsta robotskog sustava koristi se tijekom biopsija.



Slika 18. PathFinder robotski sustav

Preuzeto sa: https://www.researchgate.net/figure/Photo-depicting-the-PathFinder-system-attached-to-a-phantom-head-1-robot-base-on_fig2_261610330

ROSA robotski sustav

Nadalje, 2007. godine proizveden je novi robotski sustav, tzv. ROSA sustav. Odobren je 2012. godine (11). Jedan od najbitnijih dijelova ROSA sustava je zaslon sa isplaniranim procesom za postavljanje elektroda pomoću kojih će se obaviti registracija. Uz zaslon od velike važnosti je robotska ruka koja izvršava zadatak. Registracija se obavlja na tri načina:

Prvi način podrazumijeva skeniranje lica i lubanje pacijenta, drugi način je detekcija kožnih ili koštanih lokalizatora, dok treći način predstavlja registraciju okvirom koji se pričvrsti za robotski sustav (11).

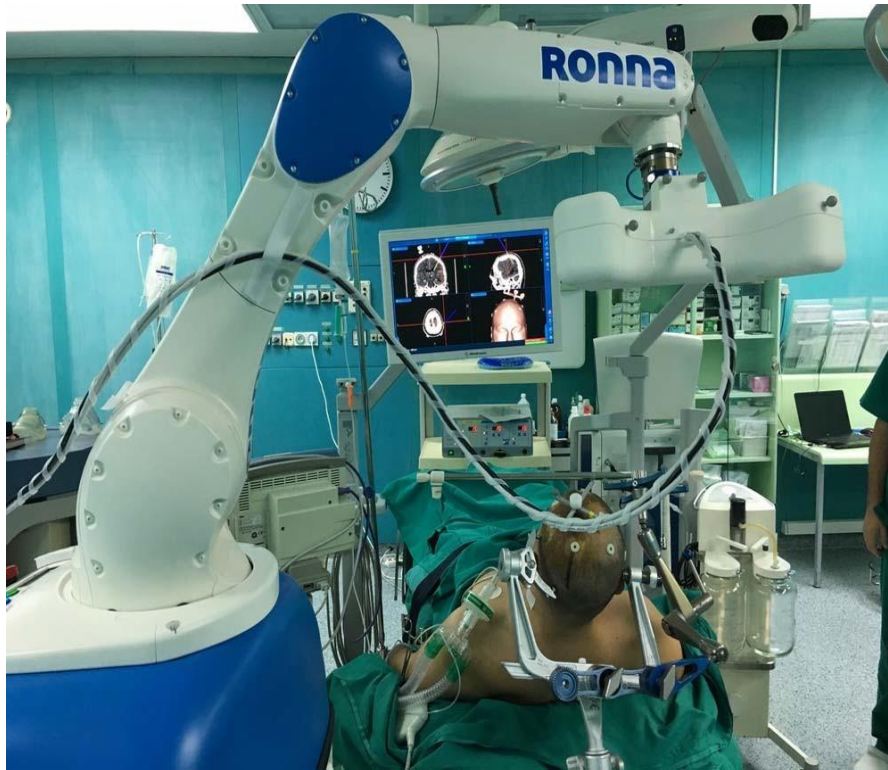


Slika 19. Rosa robotski sustav

Preuzeto: <https://www.zimmerbiomet.com/en/products-and-solutions/zb-edge/robotics/rosa-brain.html>

RONNA robotski sustav

Napretkom tehnologije u medicini dolazi do razvoja novog robotskog sustava, tzv. RONNA sustava, 2007. godine na Fakultetu strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, u suradnji sa Kliničkom bolnicom Dubrava i Hrvatskim institutom za istraživanje mozga (2). Na operativnom zahvatu, u ožujku 2016. godine upotrijebljena je po prvi puta treća generacija RONNA sustava (2). RONNA sustav sastoji se od robotske ruke te jedinice za planiranje registracije i navigaciju. Ovakav sustav ima optički sustav koji se sastoji od kamere, lokalizatora te senzora na distalnom kraju robotske ruke. Optički sustav ima ulogu grube lokalizacije robotske ruke u odnosu na glavu pacijenta prije samog zahvata. Zatim postoji funkcija koju također nemaju prethodno opisani robotski sustavi, a to je software pomoću kojeg će preuzeti snimke sa drugog računala ili bolničkog sustava.



Slika 20. Ronna robotski sustav

Preuzeto sa: <https://100.fsb.hr/en/120/RONNA+%28Robotic+Neuro-Navigation%29>

9. Robotski sustav u endoskopskim zahvatima

Robotski sustavi koriste se i u neuroendoskopskim zahvatima. Kod primjene takvih robotskih sustava ruka robota se namješta manualno uz pomoć neuronavigacije. Tijekom zahvata kirurg operater upravlja rukom robota u kojoj se nalazi endoskop uz pomoć daljinskog upravljača. Robotskom rukom izvode se vrlo precizni pokreti i translacijske te rotacijske kretnje (12). Najveći nedostatak ovakvog robotskog sustava je trajanje zahvata te ograničen opseg kretanja robotske ruke.

10. Robotski sustav u endovaskularnoj kirurgiji

Kada se govori o radiološkim intervencijama unutar središnjeg živčanog sustava najčešće se misli na aneurizme, arteriovenske malformacije te ishemijski moždani udar. U liječenju navedene patologije još uvijek se sa sigurnošću ne može primijeniti robotski sustav, to jest njegova primjena je u početnoj fazi. S druge strane robotski sustavi se primjenjuju u drugim područjima kao što su koronarna i periferna cirkulacija. Takav robotski sustav je CorePath. On

se sastoji od radne postaje i robotske jedinice (12). Na radnoj postaji nalazi se kontrolni zaslon, upravljačka jedinica te monitor. Robotska jedinica sastoji se od robotske ruke, pripadajućeg nastavka te katetera. Upravo sa ovakvim robotskim sustavom uz navođenje mikrokatetera postavlja se stent te se može izvršiti ispunjavanje aneurizme metalnim zavojnicama (12).

11.Rasprava

Prve inovativne promjene uvedene su u abdominalnoj kirurgiji uvođenjem laparoskopske metode liječenja. Nadalje, torakalna kirurgija prolazi proces evolucije uvođenjem Vats-a. Primjena tih metoda rezultirala je pozitivnim ishodom i daljnjim razvojem tehnologije i u ostalim kirurškim granama. Ortopedija doživljava promjene i pozitivne ishode kroz primjenu artroskopije kao pošteđenog zahvata. Naposljetku, intenzivan razvoj tehnologije u neurokirurgiji dovodi do velikog napretka u dijagnosticiranju, lokalizaciji te posebnim tehnikama uklanjanja malignih tvorbi. Sva tehnologija u operacijskom bloku koristi se uz pomoć slikovnog prikaza operativnog prostora. Svi uređaji koji se koriste tijekom zahvata spojeni su na monitor te se na taj način dobije uvid operacijskog prostora bez dodatnih i većih rezova. Na Odjelu operacijskog bloka kirurgije, u Općoj bolnici Zadar, također su uvedene tehnološke inovacije te su uočene prednosti poput lakšeg prepoznavanja malignih tvorbi, pošteđenijih operacijskih zahvata, manjih rezova, kraćeg trajanja zahvata te lakšeg oporavka. Također, u operacijskom bloku Opće bolnice Zadar svakodnevnom upotrebom novih tehnologija dolazi do povećanja troškova vezanih za kontrolu ispravnosti i održavanja korištenih uređaja. Kontrola ispravnosti i održavanje uređaja preveniraju prestanak rada, ali zahtijevaju nerijetko duži vremenski period. Nova tehnologija podrazumijeva nerijetko i upotrebu novog instrumentarija što pripada opisu posla medicinske sestre instrumentarke. Kako bi se zdravstvenim djelatnicima omogućio bolji uvid u napredak i lakše praćenje razvoja tehnologije potrebno je provoditi edukacije. Edukacija je složen proces koji zahtijeva vrijeme, organizaciju te trošenje financijskih resursa što nerijetko predstavlja problem unutar zdravstvenog sustava. Znanje i vještine stečene edukacijom omogućuju sigurnu primjenu tehnologije, unaprjeđuju kvalitetu rada i sigurnost pacijenta tijekom operacijskog zahvata. Novije vrijeme teži nekim novim dostignućima kao što je primjena robotskog sustava. Robotski sustav olakšava rad liječnicima zbog preciznije manipulacije instrumenata, bez mogućeg tremora ruku. Pojava robotskog sustava dovodi do nekih etičkih pitanja kao što su raspodjela uloga i odgovornosti među članovima tima. Stoga, bitno je naglasiti kako su komunikacija, podjela uloga i organizacija uz uvođenje robotskog sustava i dalje neizostavan dio timskog rada.

12.Zaključak

Kontinuirani razvoj tehnologije od velike je važnosti za cijelu kiruršku djelatnost. Prvi koraci u napretku tehnologije datiraju iz 1950-ih godina, a danas se razvija nevjerojatnom brzinom. U svako područje kirurgije uvedene su inovacije, a posebno u neurokirurgiji. Na taj način pacijentima su omogućene nove metode liječenja, a zdravstvenim djelatnicima profesionalni napredak. Dijagnostika i liječenje zahtijevali su više vremena u prošlosti, dok se danas pomoću slikovnih tehnika puno brže dolazi do uspostavljanja dijagnoze i prepoznavanja patoloških pojava što doprinosi i uspješnosti operacije. S obzirom na brzinu napretka tehnologije zdravstveni djelatnici često ne mogu biti u stalnom tijeku sa inovacijama i dostignućima, pa je potrebna kontinuirana edukacija liječnika i medicinskih sestara/tehničara iz područja u kojem djeluju. U zdravstvenom sustavu kompletnu implementaciju nove tehnologije čine uvođenje tehnologije, adekvatna priprema zdravstvenih djelatnika, kontrola ispravnosti te provjera sigurnosti pacijenta prije primjene tehnologije.

13.Literatura

1. Gumbs A, Milone L, Sinha P, Bessler M. Totally transumbilical laparoscopic cholecystectomy. *J gastrointest Surg.* 2009.
2. Robot. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža. 2021.
3. Riboli E. Hospital. Department of General Surgery, Proctology Unit. ASL 4 Chiavarese, Via Don Bobbio 25, Lavagna, Genoa Italy.
4. Bouros D, Antoniou KM, Chalkiadakis G, Drositis J, Petrakis I, Siafakas N. The role of video-assisted thoracoscopic surgery in the treatment of parapneumonic empyema after the failure of fibrinolytics. *Surg Endosc.* 2002.
5. Endo C, Sagawa M, Sakurada A, Sato M, Kondo T, Fujimura S. Surgical treatment of stage I non-small cell lung carcinoma. *Annals Thorac Cardiovasc Surg.* 2013.
6. Watanabe T, Muro K, Ajioka Y, et al. Smjernice Japanskog društva za rak debelog crijeva i rektuma (JSCCR) iz 2016. Za liječenje raka debelog crijeva. *Int. J. Clin. Oncol.* 2018.
7. Sassi M, Servello D, Porta M. The impact of technological advances in neurosurgery: historical perspectives and new developments. *Funct Neurol.* 2009.
8. Pećina M, i sur. Ortopedija. Zagreb, Naklada Ljevak. 2004.
9. James W, Laurence B, McCullough, Nancy A, Bruce W, et al. Ethics of introducing new operating room technology. *Journal of vascular surgery.*
10. Rizun PR, McBeth PB, Louw DF, Sutherland GR. Robot-Assisted Neurosurgery. *Surg Innov.* 2004.
11. Mattei TA, Rodriguez AH, Sambhara D, Mendel E. Current state-of-the-art and future perspectives of robotic technology in neurosurgery. *Neurosurg Rev.* 2014.
12. Zimmermann M, Krishnan R, Raabe A, Seifert V. Robot-assisted navigated endoscopic ventriculostomy: implementation of a new technology and first clinical results. *Acta Neurochir Wien.* 2004.

14. Ilustracije: Slike i tablice

1. Tablica 1. *Faze implementacije novih tehnologija* (Preuzeto iz: Gumbs A. et al. 2009.)
2. Slika 1. *Prikaz laparoscopa/teleskopa* (autorska fotografija)
3. Slika 2. *Prikaz kamere* (autorska fotografija)
4. Slika 3. *Prikaz laparoskopskog operacijskog zahvata* (autorska fotografija)
5. Slika 4. *Prikaz operacijskog stup za izvođenje laparoskopske operacije* (autorska fotografija)
6. Slika 5. *Prikaz laparoskopskih instrumenata* (autorska fotografija)
7. Slika 6. *Prikaz fistuloskopa* (autorska fotografija)
8. Slika 7. *Prikaz stupa za izvođenje Vats operacijskih zahvata* (autorska fotografija)
9. Slika 8. *Prikaz hladnog svijetlo i kamere za Vats* (autorska fotografija)
10. Slika 9. *Prikaz operacijskog prostora tijekom Vats-a* (autorska fotografija)
11. Slika 10. *Prikaz Vats instrumenata* (autorska fotografija)
12. Slika 11. *Prikaz klip aplikatora* (autorska fotografija)
13. Slika 12. *Prikaz tkiva nakon primjene ICG-a*
(Preuzeto sa: https://www.researchgate.net/figure/Indocyanine-green-ICG-fluorescence-marking-is-visualized-during-laparoscopic-colorectal_fig2_339348759)
14. Slika 13. *Prikaz neurokirurškog mikroskopa*
(Preuzeto sa: <https://avantehs.com/p/zeiss-opmi-pentero-surgical-microscope/11944>)
15. Slika 14. *Prikaz neuronavigacijskog sustava* (autorska fotografija)
16. Slika 15. *Prikaz Cusa sustava* (autorska fotografija)
17. Slika 16. *Prikaz stupa za artroskopiju* (autorska fotografija)
18. Slika 17. *NeuroMate robotski sustav*
(Preuzeto sa: <https://www.medicaexpo.com/prod/renishaw/product-73826-475862.html>)
19. Slika 18. *PathFinder robotski sustav*
(Preuzeto sa: https://www.researchgate.net/figure/Photo-depicting-the-PathFinder-system-attached-to-a-phantom-head-1-robot-base-on_fig2_261610330)
20. Slika 19. *Rosa robotski sustav*
(Preuzeto: <https://www.zimmerbiomet.com/en/products-and-solutions/zb-edge/robotics/rosa-brain.html>)
21. Slika 20. *Ronna robotski sustav*
(Preuzeto sa: <https://100.fsb.hr/en/120/RONNA+%28Robotic+Neuro-Navigation%29>)

Životopis

Zovem se Lucia Margarin, studentica sam druge godine Diplomskog studija sestrinstva, Sveučilišta u Zadru. Rođena sam 22. veljače, 1996. godine u Zadru. Godine 2015. završila sam Srednju medicinsku školu Ante Kuzmanića u Zadru po petogodišnjem programu. Nakon završene srednje škole upisala sam Preddiplomski stručni studij sestrinstva na Zdravstvenom veleučilištu u Zagrebu kojeg sam završila u rujnu 2018. godine i tako stekla akademski naziv prvostupnice sestrinstva. U prosincu 2018. godine počela sam raditi kao prvostupnica sestrinstva na Odjelu pedijatrije u Općoj bolnici Zadar. Trenutno radim kao glavna sestra na Odjelu operacijskog bloka kirurgije u Općoj bolnici Zadar. S obzirom na specifičnost radnog mjesta u daljnjem radu i profesionalnom razvoju težim ka stjecanju novih znanja i vještina iz područja kirurgije.