

VILNIAUS UNIVERSITETAS
MEDICINOS FAKULTETAS

Baigiamasis darbas

Naujai atsirandančių robotinių sistemų pritaikymas urologijoje

Application of Emerging Robotic Systems in Urology

Studentas/ė (vardas, pavardė), grupė: **Daumantas Stukėnas** VI kursas, 15 gr.

Medicinos fakultetas, Klinikinės medicinos institutas, Gastroenterologijos, nefrourologijos ir
chirurgijos klinika

Darbo vadovas

asist. Albertas Čekauskas

(pedagoginis vardas, mokslo laipsnis, vardas, pavardė)

Katedros arba Klinikos vadovas

prof. habil. dr. Kęstutis Strupas

(pedagoginis vardas, mokslo laipsnis, vardas, pavardė)

2024-05-10

Studento elektroninio pašto adresas daumantas.stukenas@mf.stud.vu.lt

TURINYS

1. SANTRAUKA	3
2. SUMMARY	3
3. SANTRUMPOS	4
4. ĮVADAS	4
5. DARBO TIKSLAS.....	6
6. DARBO UŽDAVINIAI	6
7. APŽVALGOS METODOLOGIJA	7
7.1. LITERATŪROS TINKAMUMO KRITERIJAI.....	7
7.2. LITERATŪROS PAIEŠKA.....	7
8. LITERATŪROS APŽVALGA	7
8.1. SENHANCE®.....	7
8.2. REVO-I®.....	9
8.3. VERSIUS®	10
8.4. AVATERA™	11
8.5. HUGO™ RAS.....	13
8.6. KITOS ROBOTINĖS SISTEMOS.....	14
9. IŠVADOS.....	17
10. LITERATŪROS SAŖAŠAS.....	20

1. SANTRAUKA

Šiandien medicinos pažanga neįsivaizduojama be naujų medicininių technologijų kūrimo ir efektyvesnių gydymo būdų paieškos. Vienas iš didžiausių proveržių chirurgijoje per pastaruosius tris dešimtmečius yra robotinių sistemų atsiradimas, sumažinęs chirurgijos invaziškumą, pagerinęs pooperacinį paciento atsigavimą, o chirurgui užtikrinęs geresnį ergonominį darbą. Pasibaigus robotinės chirurgijos rinkoje dominavusios robotinės sistemos *daVinci* patento 20 metų laikotarpiui, atsirado naujos platformos, siekiančios robotinės chirurgijos didesnio prieinamo kiekvienai ligoninei. Robotinės sistemos užtikrina judesių preciziškumą, tikslumą, kuris ypač svarbus ribotoje anatominėje erdvėje. Dėl to urologija yra viena iš sričių, kur šių platformų pritaikymas turi svarbią reikšmę.

Darbo tikslas. Remiantis prieinama literatūra apžvelgti šiuo metu egzistuojančias bei atsirandančias naujas robotines chirurgines sistemas ir jų pritaikymo galimybes urologijoje.

Tyrimo metodai. Naudojantis *Pub-Med, ClinicalKey, SpringerLink, Oxford Journals, Google* ir *Google Scholar* sistemomis, buvo ieškoma publikacijų, susijusių su naujomis robotinėmis sistemomis ir jų pritaikymu urologijoje. Duomenys buvo renkami 2023 m. gruodžio – 2024 m. balandžio mėnesiais. Siekiant tikslingai pasirinkti literatūros šaltinius, buvo panaudoti paieškos terminai anglų kalba.

Išvados. Naujai atsirandančių robotinių sistemų pritaikymas urologijoje yra saugus ir efektyvus. Mažesnis sistemos dydis, mažesnė kaina, atvira konsolė, moduliarumas ir suderinamumas su esamais tradiciniais instrumentais – tai pagrindiniai pranašumai, verčiantys konkuruoti su esama rinkos lydere.

Raktažodžiai: robotinė chirurgija, naujai atsirandančios robotinės sistemos, urologija

2. SUMMARY

Development of new medical technologies as well as searching for more effective treatment methods is a fundamental part contributing in the advancement of medicine field. One of the biggest breakthroughs in surgery in the last three decades is considered to be the invention of robotic surgery systems, which have reduced the invasiveness of the operation, improved patient's post-operative recovery results and provided better ergonomics for the surgeon. With the patent expiry of the *daVinci* robotic system, which dominated the robotic surgery market for 20 years, new platforms have emerged to make robotic surgery more accessible to every hospital. Robotic systems provide better movement accuracy and precision, which are crucial when operating in confined

anatomical spaces. This makes urology to be the leading area, where the application of these platforms is of major importance.

Objective: review and describe the current and emerging robotic surgical systems and their application possibilities in urology, based on the literature available today.

Methods: Pub-Med, ClinicalKey, SpringerLink, Oxford Journals, Google and Google Scholar systems were used to search for publications, reviewing emerging robotic systems and their application in urology. Data was collected between December 2023 and April 2024. Specific search terms were used to specify the literature sources.

Conclusions: the application of emerging robotic systems in urology is safe and effective. System's smaller size, reduced cost, open console, modularity and compatibility with existing conventional instruments are the main advantages that can compete with the current market leader.

Keywords: robotic surgery, emerging robotic systems, urology.

3. SANTRUMPOS

FDA – JAV maisto ir vaistų administracija (angl. *Food and Drug Administration*)

m. – metai

CE Mark – atitiktis Europos reikalavimams. Tai privalomas atitikties ženklavimas tam tikriems gaminiams, kuriais prekiaujama Europos ekonominėje erdvėje nuo 1985 m.

RARP – roboto asistuojama radikali prostatektomija

ml – mililitrai

min. – minutė

4. ĮVADAS

Norint geriau suprasti šiuo metu egzistuojančią robotinę chirurgiją, labai svarbu apžvelgti jos istoriją ir evoliucionavimą iki šių dienų. Idėja sukurti automatinę mašiną, galinčią atlikti tam tikras žmogaus užduotis, yra gana sena. Beveik prieš 60 metų buvo ieškoma būdų, kaip sumažinti karo lauke sužeisto asmens transportavimo iki artimiausios operacinės laiką bei kuo skubiau suteikti chirurginę pagalbą (1). Lenktynės tarp Sovietų sąjungos ir JAV kosmoso srityje taip pat turėjo didelę įtaką nuotolinei chirurgijai atsirasti. Paleidus į kosmosą pirmuosius palydovus, buvo ieškoma metodų, kaip atsiradus poreikiui būtų galima atlikti operacijas nepakylant chirurgui į kosmosą.

Pirmą kartą robotinė platforma *PUMA* (angl. *Programmable Universal Mechine for Assembly 200*) 1985 metais buvo panaudota atliekant neurochirurginę biopsiją (2). Davies et al. vėliau tą pačią sistemą pritaikė transuretrinei prostatos rezekcijai atlikti. Tai nulėmė sistemos *PROBOT*[®] atsiradimą. *Surgical Supplies Ltd* sukurta *PROBOT* sistema galėjo nukreipti besisukančio peilio judesį pagal iš anksto atliktą prostatos vaizdinę rekonstrukciją ultragarsiniu aparatu (3). Tačiau išliekant poreikiui operacijos pabaigoje atlikti manualinę prostatinės duobutės (lot. *fossa prostatica*) koaguliaciją bei dėl nepakankamai tikslaus trijų dimensijų prostatos rekonstrukcijos vaizdo *PROBOT* paplitimas urologijoje buvo minimalus (4, 5).

Praėjusio amžiaus devintajame dešimtmetyje mokslininkų pastangomis atsirado naujoviškas „meistro–vergo“ robotinės sistemos principas, kai chirurgas nutolusioje konsolėje kontroliuoja roboto atliekamus judesius. Pirmąją šio tipo chirurginę platformą vėlyvaisiais 1980-aisiais metais sukūrė daktaras Phil’as Green’as Stanfordo tyrimų institute (angl. *Stanford Research Institute – SRI*), sujungęs trijų dimensijų matymo technologiją (sukurta įmonės *NASA* 1960-aisiais) su nuotolinio valdymo principu (6). Pirmasis prototipas susidėjo iš dviejų atskirų segmentų: nuotolinės chirurgo darbo vietos – *TSW* (angl. *Telepresence Surgeons’ s Workstation*), ir nuotolinio chirurgo vieneto – *RSU* (angl. *Remote Surgical Unit*). Pastarajame buvo įrengtas stereoskopinis vaizdo monitorius ir pora instrumentų manipuliatorių, leidžiančių atlikti rankų judesius *RSU* aparatu. Chirurgas, žiūrėdamas su specialiai poliarizuotais akiniais, monitoriuje galėjo matyti 120 laipsnių 3D vaizdą. *RSU* susidėjo iš manipulatoriaus su keičiamomis instrumentų galūnėmis, kurios galėjo būti pakeistos pasukimo ir užrakinimo sistema. Šiame robote taip pat buvo įdiegta stereografinė vaizdo kamera, sukurta sekti chirurgo natūralią žiūrėjimo liniją. Ankstyvais 1990-aisiais Gynybos pažangių tyrimų projektų agentūra (angl. *Defense Advanced Research Projects Agency – DARPA*) siekė ambicingą projektą pritaikyti karo lauke, kad sumažėtų pirmosios pagalbos suteikimo laikas ir pavojus karo medikams (7). Šiuos tikslus buvo galima pasiekti pasitelkus šarvuotą mašiną, kurioje būtų įdiegta *RSU* sistema, per kurią chirurgas, naudojantis *TSW* instaliuotą įrangą, galėtų nuotoliu atlikti chirurgines manipuliacijas (8). 1993 m. birželio mėnesį nuotolinio valdymo chirurginė sistema buvo pirmą kartą pristatyta karinėse pratybose Fort Gordone Augustoje (JAV). Po vienerių metų visa sistema buvo pademonstruota JAV metinėje armijos konferencijoje. *SRI* sistemos prototipas buvo sukurtas ne komerciniais, o mokslo tikslais, tačiau stubbinantys rezultatai greitai pritraukė privačių investuotojų.

1990 metais Amerikos gastroenterologinės endoskopijos chirurgų bendruomenės (angl. *SAGES*) konferencijoje pirmą kartą buvo pristatyta balsu kontroliuojama robotinė ranka su kartu įrengtu endoskopu, pavadinimu *AESOP* (angl. *Automated Endoscopic System for Optimal Positioning*). Pirmasis roboto modelis *AESOP 1000* pradėtas naudoti 1994 metais. Vėlesnėse jo versijose buvo įdiegta vaizdo valdymo kontrolė balsu, atsirado operacinio stalo padėties keitimo

sistema. Idealizuotas robotas AESOP buvo sukurtas laparoskopinio vaizdo stabilumui pagerinti, operacinėje reikalingo personalo sumažinti (9). Nors atsirado telemanipuliacija endoskopine kamera, tačiau nuotolinio chirurginių judesių valdymo poreikis išliko. Dėl to 1998 metais buvo pristatyta *Zeus* robotinė sistema, sudaryta iš trijų atskirų rankų, kurias kontroliuoti galėjo pats chirurgas. Roboto konsolėje buvo įrengtas monitorius bei dvi rankenos, galinčios judinti instrumentus. Sistema pirmą kartą buvo panaudota 1998 metais Klivlendo klinikoje atliekant kiaušintakio anastomozės operaciją (10). Didelis žingsnis robotinės chirurgijos srityje buvo žengtas 2001 metais, kai prancūzų chirurgas Jacques Marescaux Niujorke atliko pirmą cholecistektomiją *Zeus* robotine sistema pacientui, esančiam Strasbūre, Prancūzijoje (11).

1995 metais Frederick'as H. Moll'is ir Robert'as Younge'as Kalifornijoje įkūrė įmonę „Intuitive Surgical“, kurios siekis buvo pertvarkyti jau esamą robotinę sistemą. Įmonės atsiradimui didelę įtaką padarė karinio chirurginio roboto, įmontuoto į karinę mašiną, prototipas. Būtent tai tapo kertiniu momentu, įkvėpusiu F. H. Moll'į įkurti „Intuitive Surgical“ ir skatinti tolimesnį nuotolinio valdymo koncepto tobulinimą. 1998 m. įmonė sukūrė ir žmonių chirurgijai pritaikė kol kas sėkmingiausią šių dienų robotinę sistemą – *daVinci*. 2000 metais gautas FDA leidimas atlikti laparoskopines procedūras naudojant *daVinci*, kuris tapo pirmuoju chirurginiu robotu Amerikoje. 2020 metais buvo paskaičiuota, jog pasaulyje naudojama daugiau nei 8 200 *daVinci* vienetų (12). Nors ši sistema šiuo metu labai paplitusi, tačiau daugeliui ligoninių ji yra neprieinama dėl savo brangumo. Ne tik didelė kaina, bet ir *daVinci* sistemos nemažas dydis bei uždaras robotinės konsolės dizainas – vieni iš pagrindinių trūkumų, kuriais pasižymi lyderė platforma. Pasibaigus *daVinci* sistemos patento laikotarpiui, tapo lengviau alternatyvioms robotinės chirurgijos platformoms įžengti į robotinės chirurgijos rinką, siūlant patobulintas funkcijas ir didesnę prieinamumą ligoninėms. Savo darbu sieksiu įvertinti ir pristatyti naujai atsirandančias alternatyvias robotinės chirurgijos sistemas, kurios konkuruoja su esama rinkos lydere, bei įvertinti jų pritaikymą urologijoje. Šiems tikslams pasiekti išanalizuosiu šiandieną prieinamus literatūros šaltinius.

5. DARBO TIKSLAS

Remiantis prieinama literatūra apžvelgti ir aprašyti šiuo metu egzistuojančias bei atsirandančias naujas robotines chirurgines sistemas bei jų pritaikymo galimybes urologijoje.

6. DARBO UŽDAVINIAI

1. Apžvelgti šiuo metu egzistuojančias robotines sistemas urologijoje.
2. Aptarti identifikuotų naujai atsirandančių sistemų pritaikymą urologijoje.

7. APŽVALGOS METODOLOGIJA

7.1. LITERATŪROS TINKAMUMO KRITERIJAI

Literatūros paieška buvo prioritetizuota pirmu numeriu renkantys tyrimų publikacijas, neradus buvo ieškoma atvejų analizių, tuomet buvo įvertintos literatūros apžvalgos, o galiausiai remtasi oficialių įstaigų internetinėmis svetainėmis.

7.2. LITERATŪROS PAIEŠKA

Mokslinių publikacijų paieška buvo atliekama nuo 2023 m. gruodžio iki 2024 m. balandžio mėnesių naudojantis Pub-Med, SpringerLink, Oxford Journals, ClinicalKey paieškos sistemomis. Paieška internetinėse svetainėse atlikta naudojant Google ir Google Scholar paieškos sistemas.

Pub-Med literatūros paieška atlikta pagal pasirinktus MeSH terminus „robotic systems“ ir „urology“. Atsirinkus robotines sistemas, kurias norima detaliau apžvelgti, buvo ieškota publikacijų Pub-Med sistemoje pagal paieškos terminus: „Senhance robotic system“ AND „Urology“ (n=20), „Revo-i“ AND „Urology“ (n=8), „Versius robotic system“ AND „Urology“ (n=15), „Avatera robotic system“ AND „Urology“ (n=9), „Hugo RAS“ AND „Urology“ (n=17), „Hinotori robotic system“ AND „Urology“ (n=4), „Dexter robotic system“ AND „Urology“ (n=2).

8. LITERATŪROS APŽVALGA

8.1. Senhance®

Senhance robotinė sistema, anksčiau žinoma kaip TELELAP Alf-X, pirmą kartą viešumoje pasirodė 2012 metais. Ši platforma buvo sukurta italų įmonės SOFAR S.P.A ir komercializuota Europos rinkoje. Atviroji sistema susideda iš ekrano, galinčio rodyti 2D ir 3D vaizdą, klaviatūros ir dviejų–keturių laparoskopinio tipo laikiklių, kuriais valdomos roboto chirurginės rankos. Dauguma instrumentų yra 3–5 mm diametro ir gali būti pakartotinai naudojami (13). Nors sistema suteikia chirurgui taktilinį grįžtamąjį ryšį, turi akių sekimo sistemą (reikalingas priešoperacinis kalibravimas, pritaikymas prie chirurgo akies), daugkartinį instrumentų naudojimą bei suderinamumą su dauguma rinkoje parduodamų laparoskopinių trokarų, tačiau robotui trūksta papildomo riešo mobilumo (14), kurį galima aptikti konkuruojančiose sistemose. Yra aprašyta, kad *Senhance* roboto prijungimo prie operacinio stalo laikas varijuoja nuo 3 iki 10 minučių (15, 16). 2014 metais įmonė gavo CE Mark patvirtinimą iš europinių reguliuotojų, kad šis robotas yra tinkamas naudoti laparoskopinėms pilvo, dubens bei minimalioms krūtinės ląstos operacijoms. Pirmieji duomenys apie roboto patikimumą ir saugumą naudoti atkeliavo iš Italijos 2015 metais, kai

pasitelkiant *Senhance* robotinę sistemą buvo sėkmingai atliktos 146 ginekologinės operacijos (17). Antra svarbi publikacija taip pat teigia, jog 45 pacientams buvo sėkmingai atliktos kolorektalinės operacijos pasitelkiant šią robotinę sistemą (18). Atsiradus pirmiems sėkmingiems klinikiniams atvejams Europoje, SOFAR S.P.A įmonę įsigijo *TransEnterix Surgical Inc* (Morisvilis, Šiaurės Karolina, JAV). 2017 metais Amerikos FDA patvirtino šią sistemą naudoti JAV ir po to pasirodė naujų publikacijų apie *Senhance* rezultatus JAV (13). 2021 metais *TransEnterix Surgical* pakeitė pavadinimą į *Asensus Surgical*.

Ankstyvosiose stadijose pirminis klinikinis *Senhance* sistemos pritaikymas dominavo bendrojoje chirurgijoje ir ginekologijoje (18–21). Pastaruoju metu įvairių Europos klinikų centrai publikuoja vis daugiau pranešimų apie sėkmingą šios platformos naudojimą atliekant radikalią prostatektomiją ir įvairias kitas urologines procedūras (22, 23).

Senhance roboto asistuojamos radikalios prostatektomijos (RARP) sulaukia didelio tyrėjų dėmesio dėl savo potencialo pagerinti operacijų rezultatus ir paciento pooperacinį atsigavimą gydant prostatos vėžį. Dėl to šiuo metu daugiausia aprašyta rezultatų, gautų atliekant šią operaciją (24–28). Yra pastebėta, jog operacinis laikas, roboto prijungimo prie operacinio lauko trukmė, komplikacijų dažnis reikšmingai sumažėja, didėjant chirurgo patirčiai operuojant su šia platforma (24). Vidutinis RARP operacijos laikas yra 180–200 min. (29, 30), roboto prijungimo laikas – 3 min. (24), komplikacijų dažnis svyruoja nuo 5,3 % iki 11,8 % (24, 29), o vidutinis netekto kraujo kiekis – nuo 180 ml ir 300 ml (24, 29). Dažniausios pastebėtos pooperacinės komplikacijos – karščiavimas, anastomozės nesandarumas, šlapimo takų infekcijos, pooperacinis žarnų nepraeinamumas (lot. *ileus*), simptominė seroma (26, 29, 30). Konversijos į laparoskopiją dažnis svyruoja nuo 4,8 % iki 8,4 % (24, 28), į atvirą operaciją – 0,5 % (24). *Senhance* asistuojamos radikalios prostatektomijos operaciniai ir pooperaciniai rezultatai reikšmingai nesiskiria nuo rezultatų, gautų operuojant laparoskopiškai ar *daVinci* robotine sistema, tačiau chirurgo komfortas ir kontrolė buvo ženkliai didesni operuojant robotiniu būdu nei laparoskopiniu (25, 28).

Publikuotų duomenų apie *Senhance* roboto pritaikymą viršutinių šlapimo takų chirurgijoje yra mažai. Kaneko et al. (31) paskelbė dviejų radikalios *Senhance* roboto asistuosios nefrektomijos atvejų analizę. Abi operacijos buvo atliktos sėkmingai, be konversijos poreikio ir didesnių operacinių ar pooperacinių komplikacijų. Chirurginė eiga mažai skyrėsi nuo įprastos laparoskopijos. Kastelan et al. (32) pateikė 30 atvejų analizę, kai buvo atliktos skirtingos viršutinių šlapimo takų procedūros: 9 adrenalektomijos, 6 nefrektomijos, 11 inkstų cistų pašalinimų ir 4 pielouretrinės jungties rekonstrukcijos. Autorius pažymi, kad rezultatai buvo patenkinami, nors vieną pacientą teko pakartotinai operuoti dėl kraujavimo, o vienos operacijos metu prireikė konversijos į laparoskopinę operaciją dėl adhezyvių perirenalinių riebalų.

Galiausiai, yra aprašytas *Senhance* roboto pritaikymas vaikų urologijoje atliekant pieloplastiką (33). Chirurgas operacijos metu naudojo 5 mm instrumentus. Autoriaus teigimu, šiuo metu rinkoje esami 3 mm diametro instrumentai gali būti naudingesni atliekant mažos apimties operacijas pilvo ertmėje.

8.2. Revo-i ®

Revo-i yra pirmasis Pietų Korėjoje sukurtas laparoskopinis chirurginis robotas. 2007 metais korėjiečių kompanija *Meere Inc.* sukūrė penkis *Revo-i* prototipus. Po 20 skirtingų tyrimų su gyvūnais 2017 metais įmonė pateikė galutinį, dabar rinkoje esantį modelį. Tais pačiais metais Korėjos maisto ir vaistų saugumo ministerija patvirtino šios sistemos klinikinį naudojimą. Panašiai kaip *daVinci* sistema, ši platforma susideda iš atskiro vežimėlio su keturiomis sujungtomis rankomis, uždaros chirurgo konsolės ir aukštos raiškos vaizdinimo vežimėlio. Šio roboto 3D endoskopo diametras yra 10 mm. Instrumentai, kurių diametras 7,4 mm, gali būti pakartotinai naudojami iki 20 kartų. Vidutinis konsolės prijungimo prie operacinio stalo laikas svyruoja nuo 3,3 min. iki 22,5min. ir labai priklauso nuo operuojančios komandos patirties (34, 35).

Šiuo metu daugiausia studijų yra atliktų pilvo chirurgijoje (36–38), todėl galima daryti prielaidą, kad šioje srityje *Revo-i* robotinės sistemos naudojimas yra labiausiai paplitęs. Iki klinikiniuose kiaulių modelių tyrimuose, atlikus pilvo, ginekologines ir urologines chirurgines procedūras, įsitikinta, kad platforma patikima ir efektyvi ir ją galima diegti į klinikinę praktiką (35, 39–41).

Literatūros šaltiniuose yra aprašytos dvi klinikinės *Revo-i* asistuotos radiklios prostatektomijos, iš kurių viena Retzius tarpą išsauganti operacija (42, 43). Vidutinė operacijos trukmė svyruoja nuo 126 iki 186 minučių. Operacinis netekto kraujo kiekis neviršija 286 ml, o vidutinė hospitalizacijos trukmė po operacijos – 5 dienos. Vidutinis netekto kraujo kiekis yra mažesnis nei nurodoma Yaxley et al. studijoje (44), kur paskaičiuotas vidutinis netekto kraujo kiekis atliekant roboto asistuojamas radikalias prostatektomijas. Didelių operacinių ar pooperacinių komplikacijų, konversijos į atvirą ar laparoskopinę operaciją poreikio nebuvo. Kaip minimalios komplikacijos buvo aprašytos pooperacinis žarnų nepraeinamumas bei pooperacinė anemija, dėl kurios reikėjo kraujo transfuzijos (43). Pastebėta, kad atliekant *Revo-i* roboto asistuojamą radikalią prostatektomiją vidutinis netekto kraujo kiekis ir komplikacijų dažnis reikšmingai nesiskyrė nuo *DaVinci* sistemos asistuojamų operacijų. Nors aprašomos platformos operacinis laikas buvo apskaičiuotas ilgesnis nei lyginamos sistemos, tačiau, autorių teigimu, *Revo-i* sistema yra ekonomiškesnė, sumažinanti operacijos kaštus 42 procentais (42).

Xu et al. atlikta studija patvirtino, jog *Revo-i* robotinę sistemą galima sėkmingai taikyti mažos masės inksto vėžio gydymui, atliekant dalinę nefrektomiją (34).

8.3. Versius®

2019 metais *Cambridge Medical Robotics Ltd* (CMR) įmonės sukurta *Versius* chirurginė sistema gavo Europos CE ženklą patvirtinimą taikyti chirurgijoje. Chirurgas gali valdyti iki penkių lengvasvorių atskirų robotinių rankų, gebančių atlikti skirtingas užduotis ir suteikiančių didesnę laisvę trokarų pozicionavimui. Robotinės rankos susideda iš trijų ranką imituojančių sąnarių – peties, alkūnės ir riešo. Šias rankas chirurgas gali valdyti nuotoliniu būdu, sėdėdamas prie atviros konsolės, rodančios didelės raiškos 3D vaizdą. V-riešo technologija leidžia chirurgui atlikti 360 laipsnių riešo judesius 5 mm skersmens instrumentais. Operacijos metu chirurgas privalo dėvėti specialius poliarizuotus akinius. Robotas teikia taktilinį grįžtamąjį ryšį chirurgui (45). Anot Puntambeker et al., didžiausias *Versius* pranašumas – individualios robotinės rankos, kurios imituoja laparoskopinius trokarus. Kadangi robotinių ir laparoskopinių trokarų išdėstymas yra vienodas, prietaisas leidžia dubliuoti laparoskopinius veiksmus pasiruošiant operacijai (46).

Nuo 2019 metų, kai *Versius* robotinė sistema gavo patvirtinimą naudoti chirurgijoje, literatūroje daugiausia galima rasti straipsnių, publikuojančių rezultatus pilvo chirurgijos srityje, kur roboto pritaikymas atliekant cholecistektomiją, išvaržų atkūrimo, storosios žarnos pašalinimo operacijas turi didelę reikšmę. Ginekologijoje dažniausiai aprašyta *Versius* asistuojama operacija yra histerektomija (46–48), nors pasitaiko pavienių straipsnių, kuriuose ši chirurginė sistema pritaikyta gydant endometriozę, kiaušidžių cistas (49). 2023 metų paskelbtoje pirmojoje daugiacentrėje *Versius* chirurginio registro atvejų analizėje buvo patvirtinta, jog ši robotinė platforma yra saugi integruoti į klinikinę praktiką. Tyrimo metu buvo išanalizuoti pirmieji 2083 atvejai, kai buvo atliktos *Versius* asistuojamos operacijos. Analizė apėmė bendrosios chirurgijos, pilvo, urologijos, ginekologijos ir krūtinės chirurgijos sritis. Dažniausios procedūros, kur buvo pritaikytas *Versius* robotas – cholecistektomija (n=539), tiesiosios žarnos pašalinimas (n=162), histerokolpektomija (n=324) (48). Pastebėta, kad konversijos dažnis atliekant roboto asistuojamas operacijas buvo mažesnis nei atliekant laparoskopiniu būdu (0,6 % vs. 4,2 %) (50). Gauti analizės intraoperaciniai ir pooperaciniai rezultatai atrodo perspektyviai ir patvirtina saugų roboto integravimą.

Prieš įdiegiant *Versius* robotą į klinikinę praktiką, buvo atlikti ikiklinikiniai tyrimai „dry lab“, naudojant kiaušulių ir kadaverinius modelius (51–53). Radikali prostatektomija, radikali nefrektomija ir cistektomija yra dažniausiai aprašytos ikiklinikinės operacijos, atliktos su kadaveriniais ir paršiukų modeliais. Pastebėta, kad prostatektomiją galima atlikti naudojant tris robotines rankas, tačiau pasitelkiant keturias rankas sumažėja operacinis laikas bei pagerėja judesių

tikslumas (52). Buvo patvirtinta, kad operacijas galima atlikti pacientams, turintiems didesnę kūno masės indeksą (52, 53).

Versius roboto klinikinio panaudojimo urologijoje publikacijose vyrauja duomenys, gauti iš radikalių prostatektomijų (49, 54–57). Vidutinis netekto kraujo kiekis atliekant prostatos šalinimo operaciją varijuoja nuo 50 ml iki >500 ml (48, 57). Vidutinis operacijos laikas 135–335 min. (55, 57). Pooperacinė hospitalizacijos trukmė – nuo 1 iki 5,5 dienos, tačiau šiuos rezultatus vertinti sunku dėl skirtingos ligoninių hospitalizacijos politikos. Po radikalių prostatektomijų 50–72,5 % pacientų turėjo išlikusią normalią šlapimo laikymo funkciją (55, 56). Dažniausiai pasitaikančios intraoperacinės ir pooperacinės komplikacijos yra kraujavimas (48), šlapimo takų infekcija, trokaro vietos išvarža (49), pooperacinis paralyžinis žarnų nepraeinamumas (*ileus paralyticus*) bei pooperacinės kraujo transfuzijos poreikis (57). Literatūroje aprašytų konversijų iš robotinės į laparoskopinę ar atvirą operaciją dažnis svyruoja nuo 5,6 % iki 16 %, o viena iš dažniausių konversijos priežasčių – pilvo ertmės adhezijos (48, 58).

Atskirų studijų autoriai vertino bendrus urologinių operacijų rezultatų duomenis. Hussein et al. (58) atliko 106 robotu atliktų įvairių procedūrų retrospektyviąją apžvalgą. Pooperacinių komplikacijų dažnis sudarė 7,5 %, vidutinė operacijų trukmė – 150 min., vidutinis netekto kraujo kiekis operacijos metu – 123 ml. Komanda gautus rezultatus palygino su rezultatais, gautais atliekant tas pačias operacijas, asistuojamas *daVinci* sistemos. Reikšmingų perioperacinių rezultatų skirtumų tarp abiejų robotinių sistemų nebuvo. Komanda išskyrė *Versius* platformos pranašumą – lengvesnę komunikaciją tarp chirurgo ir asistuojančios komandos dėl esamo atviro konsolės dizaino. Tačiau operacijų metu buvo pastebimos dažnesnės *Versius* robotinių rankų kolizijos nei operuojant su *daVinci* sistema.

Įrodymų, patvirtinančių sėkmingą *Versius* roboto taikymą pediatriinėje chirurgijoje, kol kas stinga. Šiuo metu prieinami duomenys yra iš tyrimų, atliktų su mažo svorio paršiukų modeliais (59). Studijos metu buvo sėkmingai atliktos urologinės procedūros: vezikokutaneostomija, nefroureterektomija, pieloplastika. Galima tikėtis, jog ateityje pasirodys daugiau šios srities tyrimų.

8.4. Avatera™

2011 metais buvo sukurta pirmoji vokiečių gamybos robotinė sistema *Avatera* (avateramedical GmbH, Jena, Vokietija). Ši platforma gavo CE ženklo patvirtinimą naudoti urologinėms ir ginekologinėms operacijoms, o įdiegta į klinikinę praktiką nuo 2022 m. vasario. Sistema susideda iš dviejų dalių – atskiros uždaro valdymo konsolės ir robotinės konsolės su įrengtomis keturiomis

robotinėmis rankomis. Robotinė konsolė gali būti lengvai transportuojama į operacinę. Sistema turi aukštos rezoliucijos kamerą ir įmontuotus 5 mm diametro instrumentus. Įmonė siūlo didelį pasirinkimą instrumentų, tinkančių naudoti pilvo chirurgijoje (60). Sistema turi ypatumų, kurie ją išsiskiria iš kitų rinkoje esamų sistemų. Siekiant įgyvendinti įmonės išsikeltus tikslus, vienas iš kurių – sumažinti instrumentų kontaminaciją, kūrėjai įdiegė galimybę naudoti vienkartinius instrumentus, veikiančius tik su bipoline energija, taip užtikrindami sterilumą ir patikimumą. Sumažėja ne tik kontaminacijos rizika, bet ir operacijų kaina. Liatsikos et al. atliktas tyrimas parodė, jog išnykus instrumentų sterilizacijos poreikiui, operacijų kaina vidutiniškai sumažėjo 400 dolerių, lyginant su operacijomis, kurioms buvo naudota *DaVinci Xi* sistema (61). Atvira roboto sistema ir mažas roboto skleidžiamo garso lygis pagerina chirurgo komunikaciją su operacine komanda. Kompaktiška sistema nereikalauja daug vietos ir gali būti lengvai instaliuota į įvairių dydžių operacines (62).

Kadangi ši platforma yra ganėtinai nauja, labiausiai vyrauja ikiklinikinių tyrimų rezultatai. „Dry lab“ atliktoje analizėje tyrėjai išsiaiškino, jog dirbant su *Avatera* robotine sistema greičiau atliekama pateikta užduotis nei dirbant su laparoskopu. Taip pat tyrimo metu buvo pastebėta, kad trukmė, reikalinga paskirtai užduočiai atlikti, priklausė nuo chirurgų laparoskopinės chirurgijos patirties (63). *Avatera* robotinė sistema buvo panaudota atliekant abipusę radikalią nefrektomiją, radikalią prostatektomiją, radikalią cistektomiją, naudojant kadaverinius ir paršiukų modelius (64–66). Operacijų metu didelių intra- ir pooperacinių komplikacijų nepasitaikė. Atliekant radikalią roboto asistuojamą nefrektomiją operacijos laikas buvo trumpesnis nei atliekant operaciją atviru būdu (64). Cistektomijų metu, pašalinus šlapimo pūslę, iš plonosios žarnos buvo suformuota nauja šlapimo pūslė. Vidutinė rekonstrukcijos trukmė – 51 minutė (66). Operuojant vidutinis netekto kraujo kiekis buvo nuo 50 ml iki 100 ml (64, 66).

Klinikinių studijų, analizuojančių šios platformos pritaikymą urologijoje, nėra daug. Kallidonis et al. pavišino dvi perspektyviasias studijas, analizuojančias urologijos centro patirtį, susijusią su robotine chirurgija (67, 68). Nuo 2022 m. birželio iki spalio Patras universitetinėje klinikoje buvo atliktos 9 pieloplastikos ir 14 radikalių prostatektomijų. Vidutinė pieloplastikos trukmė buvo 88 min., o prostatektomijos – 103,5 min. Roboto prijungimo laikas svyravo nuo 10 min. iki 17 min. Operacijų metu neprireikė konversijos, neįvyko didelių komplikacijų. Visos operacijos buvo atliktos sėkmingai, be didelio intraoperacinio kraujo netekimo. 78,6 % pacientų, kuriems buvo atlikta radikali prostatektomija, pooperacinė šlapinimosi funkcija išliko normali, o 77,7 % pacientų teigė, kad erektilinė funkcija išliko adekvati.

8.5. Hugo™ RAS

Viena didžiausių pasaulyje medicininių įrenginių įmonė „Medtronic“ sukūrė šiuo metu naujausią robotinę sistemą *Hugo RAS*. Ši platforma susideda iš atviros konsolės, sistemos bokšto ir individualių robotinių rankų. Atvira konsolė sudaryta iš dviejų rankų valdiklių, primenančių pistoleto laikiklį, ir kojos jungiklio, kontroliuojančio kamerą ir energijos šaltinį. Atviros konsolės principas suteikia operacinėje esantiems dalyviams matyti tą patį vaizdą, kurį mato chirurgas. Šitokiu būdu ne tik operacinės komanda gali lengvai sekti operaciją, bet ir besimokantys operuoti gali greičiau įgyti roboto valdymo įgūdžių. Sistemos bokšte yra įrengtas kompiuteris, galios valdymo sistema, elektrochirurginis generatorius, endoskopo stebėjimo sistema ir ekrano monitorius. Chirurgo judesius atlieka keturios individualios rankos, turinčios šešis sąnarius, suteikiančius didesnę judesių amplitudę. Ši sistema siūlo galimybę atlikti manualinę laparoskopiją, prijungiant keturias chirurgines rankas prie operacinio stalo. Endoskopas turi būti prijungtas prie 11 mm trokaro, likusios robotinės rankos gali būti prijungtos prie 8 mm trokarų. *Hugo* robotinėje sistemoje chirurgas žiūri į „televizijos ekraną“ su specialiais 3D akiniais. Svarbu paminėti, kad šiuose akinuose yra įdiegti sensoriai, sekantys chirurgo galvos judesius. Chirurgui nukreipus žvilgsnį nuo ekrano, chirurginės rankos automatiškai užsirakina. *Hugo* roboto asistuojamos chirurgijos sistema 2022 metų kovą gavo patvirtinimą naudoti urologinėms ir ginekologinėms procedūroms Europos ekonominės erdvės šalyse, tačiau kol kas nėra sulaukusi FDA patvirtinimo JAV (69). Šiuo metu klinikiniai tyrimai yra atliekami šešiuose JAV medicinos centruose, siekiant gauti leidimą taikyti klinikinėje praktikoje (70).

Roboto asistuojamos radikaliros prostatektomijos (RARP) atlikimo galimybės pirmiausia buvo išbandytos su kadaveriniais modeliais, kad būtų galima įvertinti roboto platformos patikimumą naudoti klinikinėje praktikoje (71). Septynios studijos parodė, kad RARP operacijos naudojant *Hugo™* platformą buvo atliktos sėkmingai (72–78). Visų šių tyrimų duomenimis, konversijos poreikio nebuvo, intraoperacinių komplikacijų nepasitaikė. Pooperacinės komplikacijos buvo retos, literatūroje aprašytos pavienės pooperacinės ŠTI ir dubens hematomos (72, 75). Konsolės laikas skyrėsi priklausomai nuo pasirinkto prieigos būdo: ekstraperitoninio ar transperitoninio. Ekstraperitoninės RARP konsolės trukmė 152–170 min. (72,75), o transperitoninės RARP 120–190 min. (77, 78). Vidutinis roboto prijungimo prie operacinio lauko laikas svyravo nuo 4,6 min. iki 15 min. (72, 75), o netekto kraujo kiekis neviršijo 400 ml. Trys studijos palygino RARP operacijų naudojant *Hugo* rezultatus su rezultatais, gautais atliekant tas pačias operacijas *daVinci* sistema (73, 76, 78). Reikšmingų perioperacinių, onkologinių, funkcinių rezultatų skirtumų tarp dviejų grupių nepastebėta. Autorių teigimu, nors roboto asistuojamos chirurgijos sistemos *Hugo* prijungimo laikas buvo ilgesnis, tačiau individualios rankos suteikia daugiau lankstumo ir darbo erdvės padėjėjui prie

operacinio stalo (78). Įdomi roboto savybė – galimybė elektroniniu būdu padidinti riešo sukamąją ašį iki 520°, kas labai palengvina siuvimą pilvo ertmėje, ypač atliekant vezikouretrinę anastomozę (76, 79).

Hugo sistemos patikimumą atlikti dalinę roboto asistuojamą nefrektomiją aprašo šiuo metu keturi atvejų serijų tyrimai (80–83). Konsolės laikas svyruoja nuo 83 min. iki 210 min. (81, 83). Literatūroje aprašytos dvi pooperacinės komplikacijos: pooperacinis kraujavimas ir operacinės žaizdos infekcija (80, 81). Vienu atveju operacijos metu dėl esamos hepatomegalijos ir pasikartojančių robotinių rankų kolizijų buvo reikalinga konversija į laparoskopinę operaciją (80). Netekto kraujo kiekis svyruoja nuo 50 ml iki 250 ml. Prata et al. (83) atlikto tyrimo duomenimis, dalinės nefrektomijos buvo sėkmingai atliktos nenaudojant inkstų arterijos klipavimo, o operacijos metu buvo panaudotos tik trys robotinės rankos.

Taip pat galime rasti aprašytas šios platformos asistuojamas kitas urologines operacijas: radikalią cistektomiją suformuojant naują šlapimo pūslę, pieloplastiką, šlapimtakio stenozės rekonstrukciją (84, 85). Visos operacijos buvo atliktos sėkmingai, didelių komplikacijų nepasitaikė, konversijos poreikio nekilo.

8.6. Kitos robotinės sistemos

2019 metais *Medicaroid Corporation* įmonė (Japonija) paskelbė sukūrusi pirmąją japonišką robotinę sistemą *Hinotori* (86). Platforma susideda iš chirurginio vežimėlio, turinčio keturias 8 ašių operacines rankas, ir ergonomiškos chirurginės konsolės. 2020 metais Japonijoje ši sistema gavo leidimą atlikti urologines, o 2022 metais gastroenterologines ir ginekologines operacijas. 2022 metais buvo atliktas pirmasis telechirurginis intrakorporinio siuvimo bandymas tarp dviejų skirtingose šalyse esančių ligoninių – Hokaido universitetinės ligoninės (Japonijoje) ir Kyushu universitetinės ligoninės (Singapūras) (87). Po metų gautas leidimas taikyti šią platformą operacijoms Singapūre. Urologinėje literatūroje pirmieji duomenys apie *Hinotori* sistemos panaudojimą aprašo sėkmingą operacijų atlikimą pasitelkiant kadaverinius ir kiaulių modelius (88). Studijoje taip pat pateikiami pirmieji gyviems pacientams atlikti prostatektomijos rezultatai. Vidutinis konsolės laikas buvo 165 min., registruoti keturi įrangos gedimo atvejai. Naujesnės studijos skelbia sėkmingai atliktų *Hinotori* roboto asistuojamų dalinių nefrektomijų serijų analizes (89, 90). Nebuvo pranešta apie konversijos poreikį ar dideles perioperacines komplikacijas.

Dexter® robotinė sistema, sukurta įmonės *Distalmotion* (Šveicarija), turi mobilią, lengvai pritaikomą atvirą konsolę, du vežimėlius su įtaisytomis individualiomis robotinėmis rankomis bei robotinio endoskopo vežimėlį (91). Platformos konsolė yra mobili, chirurgas gali pasirinkti, ar

operuoti stovėdamas, ar sėdėdamas, taip pat yra galimybė pasirinkti matomą 3D ar fluorescencinį vaizdą. Visos operacijos metu chirurgas lieka sterilus, todėl gali lengvai pereiti iš robotinės į laparoskopinę prieigą. Didžiausias *Dexter*® platformos pranašumas – galimybė integruoti ir lengvai transportuoti į bet kurią operacinę. 2020 metais ši sistema gavo Europos CE Mark patvirtinimą taikyti urologijoje, ginekologijoje ir bendrojoje chirurgijoje (92). 2022 metais Berne buvo sėkmingai atlikta pirmoji *Dexter*® roboto asistuojama radikali ir paprasta prostatektomija (93). Sėkmingą *Dexter*® roboto panaudojimą atliekant radikalią prostatektomiją taip pat aprašo Saintes ligoninės (Prancūzija) urologų komanda aprašydama atvejų seriją (94). Vidutinis operacijos laikas buvo 230 min., o roboto prijungimo laikas buvo trumpesnis nei 10 min. Intraoperacinių komplikacijų ar konversijos operacijos metu nebuvo.

Įmonė *Asensus Surgical*, kuriai priklauso viena seniausių robotinių sistemų – *Senhance*, 2023 metų vasarį paviėšino sukūrusi naujos kartos robotinę sistemą *Luna*, kuri, kūrėjų teigimu, pranoks esamas ir ateityje atsirasiančias rinkoje robotines sistemas (95). Roboto chirurginė konsolė turi laisvas, nepritvirtintas robotines rankenas, aukštos raiškos 3D vaizdo ekraną, liečiamą kontrolinį ekraną. Kaip ir *Senhance* robotinėje sistemoje, taip ir šioje platformoje chirurgo judesius atlieka keturios individualios chirurginės rankos, turinčios geresnį mobilumą, geresnį judesių tikslumą, užimančios mažesnę vietą operacinėje. Rankose naudojami 5 mm diametro instrumentai. *Luna* sistemoje instaliuotas specialus intelektinis chirurginis vienetas (angl. *Intellectual Surgical Unit* – ISU) (95) – tai specialiai sukurtas kompiuteris, analizuojantis chirurginį vaizdą, leidžiantis chirurgui išmatuoti anatomines struktūras, uždėti skaitmenines žymes ir naudoti dirbtinio intelekto valdomą kamerą. Įmonė ketina įdiegti analitinę funkciją, leidžiančią prieš operaciją suplanuoti konkrečius chirurginius veiksmus, kuriuos norima atlikti operacijos metu. Taip pat planuojama pridėti saugumo funkciją, vadinamąją „neskraidymo zoną“ (angl. *no-fly zone*), leidžiančią identifikuoti ir pažymėti potencialiai pavojingas struktūras, apribojant instrumentų judesius toje srityje. Galiausiai, *Asensus Surgical* įmonė kuria treniravimosi ir lavinimosi rinkinį, leidžiantį keliems komandos nariams dirbti kartu realiu laiku, paryškinti, rašyti pastabas ir braižyti bendrai naudojamame vizualiniame chirurginio lauko ekrane. Šios papildomos funkcijos pavers chirurgiją efektyvesne, sumažins operacinį laiką, netyčinių atsitikimų dažnį, užtikrins operacijos saugumą. 2023 metų gruodį buvo sėkmingai atliktas ikikliniškas roboto įvertinimas atliekant ginekologines, urologines ir bendrosios chirurgijos operacijas su kiaulių modeliais. Įmonė planuoja pateikti robotinę sistemą FDA patvirtinti 2024 metų antroje pusėje, ir tikimasi, jog *Luna* platforma įžengs į komercinę rinką 2025 metų antroje pusėje (96).

Bitrack chirurginė sistema buvo sukurta įmonės *RobSurgical Systems* (Barselona, Ispanija). Robotinė sistema susideda iš keturių robotinių rankų, sumontuotų į koloną (97). Kiekviena ranka gali nepriklausomai sukstis ir judėti aplink šią koloną. Rankos įmontuotos dviejuose lygiuose, taip

sumažinant rankų kolizijų tikimybę. Sistema naudoja vienkartinius 8 mm instrumentus. Chirurgo konsolė yra atvira, užtikrinamas sklandesnis bendravimas tarp chirurgo ir pagalbinės komandos. 2023 metų birželį buvo sėkmingai atliktos pirmosios *Bitrack* roboto asistuojamos radiklios nefrektomijos (98). Įmonės tikslas – pradėti prekybą 2024 metais. Tikimasi gauti Europinį sertifikavimą 2024 metų viduryje, o FDA patvirtinimą – 2025 metų viduryje.

2020 metais amerikiečių įmonė *Johnson & Johnson* paskelbė sukūrusi *Ottava* robotinę sistemą, kuri turėtų sudaryti konkurenciją rinkos lyderei *daVinci* sistemai. Buvo tikimasi, jog robotinė sistema atsiras komercinėje rinkoje 2025 metais, tačiau dėl techninių iššūkių ir COVID-19 pandemijos šis terminas buvo atidėtas vėlesnei datai. Dabar įmonė siekia pateikti šią sistemą patvirtinti FDA 2024 metų antroje pusėje. Tačiau šiuo metu yra dvejonų, kada ši sistema pateks į robotinę rinką. Manoma, jog *Ottava* robotinė sistema gaus patvirtinimą JAV rinkoje tik 2026 metų gale ar 2027 metų pradžioje. *Ottava* susideda iš keturių robotinių rankų, įmontuotų į standartinį operacinį stalą. Kai robotinės rankos operacinėje nereikalingos, jas galima sudėti po chirurginiu stalu. Šis roboto dizainas pašalina judėjimo ir bendradarbiavimo kliūtis atliekant robotines operacijas, suteikia operacinės komandai laisvę ir lankstumą prisitaikyti prie darbo proceso ir individualių paciento poreikių. Sistemos „dvigubo judesio“ (angl. *twin motion*) funkcija – vienodas stalo ir robotinių rankų judesys – sukurta tam, kad operacijos metu operacinės komanda galėtų patenkinti svarbius poreikius, pavyzdžiui, galėtų keisti paciento padėtį, nenutraukiant pačios procedūros (99).

SSi Mantra – pirmoji *SS Innovations* įmonės (Indija) sukurta robotinė sistema. Nuo platformos instaliavimo pradžios (2022 metų rugpjūtis) sėkmingai atlikta daugiau kaip 750 operacijų. Įmonės teigimu, šia sistema siekiama suteikti aukštą kokybę esant mažai kainai. Šiuo metu jau yra instaliuotos 23 platformos Indijoje ir 1 platforma Dubajuje. *SSi Mantra* sistema susideda iš atviros chirurgo valdymo sistemos, 5 individualių robotinių rankų ir vizualizacinės sistemos (100). Operacijos metu chirurgas privalo dėvėti 3D akinius. Valdymo sistema turi įrengtą aukštos raiškos 3D ekraną, ergonomišką chirurgo rankų valdymo įtaisą, galvos judesių sekimo saugumo funkciją, 2D liečiamą ekraną, leidžiantį operacijos metu įsijungti paciento vaizdinius tyrimus ar stebėti jo hemodinamikos būklę. Platforma leidžia prijungti iki 5 atskirų robotinių rankų. Vizualizacijos sistema – atskira sistema, rodanti 3D operacinį vaizdą pagalbinei komandai. *SSi Mantra* pranašumas – platus robotinės sistemos pritaikymas. Įmonės teigimu, platformą galima naudoti 40-iai skirtingų chirurginių procedūrų, pradedant urologija ir baigiant kardiochirurgija. Šiuo metu literatūroje yra prieinama informacija apie sėkmingą *SSi Mantra* robotinės sistemos asistavimą kolorektalinėje ir ginekologinėje chirurgijoje (101, 102). Abiejų studijų metu nebuvo reikalinga konversija, didelių intra- ir pooperacinių komplikacijų nebuvo stebima. Komandos buvo patenkintos gautais chirurginiais rezultatais. Singh et al. atlikta 32 pacientų serijų analizė aprašė saugų *SSi Mantra*

sistemos pritaikymą uroonkologijoje (103). Daugumai pacientų (n=15) buvo atlikta RARP procedūra, kurios vidutinis operacinis laikas buvo 192 min., o roboto rankų prijungimo laikas – 7,2 min. *SS Innovations* įmonė siekia gauti FDA patvirtinimą 2024 metais ir CE ženklą patvirtinimą 2025 metais.

9. IŠVADOS

Nuo 2000 metų rinkoje dominuoja *daVinci* robotinė sistema, tačiau konkurencija ir įvairovė šioje srityje vis didėja. Lyderės trūkumai palieka vietos rasti alternatyvioms platformoms, kurios siūlo tokius privalumus kaip atvira konsolė, moduliarumas, suderinamumas su tradiciniais instrumentais, mažesnis sistemos dydis ir mažesnė kaina. Yra patvirtinta, jog naujai atsiradusių chirurginių sistemų pritaikymas urologijoje yra saugus ir efektyvus, o rezultatai ženkliai nesiskiria nuo rezultatų, gautų operuojant su esama lyderės sistema. Robotinių sistemų panaudojimo galimybės urologijoje yra plačios, tačiau dažniausias jų pritaikymas aprašytas atliekant prostatektomiją, nefrektomiją ir pieloplastiką. Kadangi moksliniai tyrimai ir technologinė pažanga toliau skatina naujų robotinių technologijų plėtrą, ateityje atsivers dar daugiau robotinių iniciatyvų, sumažinančių tiek operacijos invaziškumą, tiek liginės kaštus.

Sistema	Reikšmingos savybės
Senhance	Atvira konsolė Akių sekimo kameros funkcija 3D HD vizualizacija Taktilinis grįžtamasis ryšys Standartiniai, daugkartinai panaudojami instrumentai Ergonomiška sėdimoji vieta Minimali mokymosi kreivė
Revo-i	Uždara konsolė 10mm 3D HD kamera Keturių rankų sistema Sumažėję operacijos kaštai Daugkartinio naudojimo instrumentai (iki 20 kartų)

Versius	Atvira konsolė Vežimėliai su atskirai įmontuotomis robotinėmis rankomis Mažas, lengvasvoris ir moduliarus dizainas Ergonominė konsolė, leidžianti chirurgui stovėti arba sėdėti
Avatera	Atvira konsolė su Chirurginis vežimėlis su įmontuotomis 4 robotinėmis rankomis Vienkartiniai 5 mm instrumentai
Hugo RAS	Atvira konsolė Keturi individualūs rankų vežimėliai 3D akiniai su galvos sekimo sistema Chirurginis bokštas, suderinamas su laparoskopine chirurgija
Hinotori	Pusiau uždara, ergonominė konsolė Keturi 8-ašių robotinės rankos Laisvo prijungimo dizainas: nereikia trokarų prijungti prie robotinių rankų
Dexter	Mobili, atvira konsolė Chirurgas išlieka sterilus Suderinama su tradiciniais laparoskopiniais instrumentais

1 lentelė. Naujai atsiradusių robotinių sistemų ypatybės.

Robotinė sistema	Autoriai	Procedūra	Pacientų skaičius	Operacijų rezultatai	Pooperacinės komplikacijos
<i>Senhance</i>	Kulis T et al. (24) Lin YC et al. (25)	RARP	438	VOL: 148,2 – 200 min. VKN: 200 – 300 ml. KD: 4 – 8,4%	4 – 8,4 %
<i>Revo-i</i>	Alip S et al.(42) Chang KD et al.(43)	RARP	50	VOL: 126 – 186 min. VKN: 200 – 286 ml.	9 %
<i>Versius</i>	Sighinolfi MC et al.(49) Rocco B et al.(54) De Maria M et al.(56) Dibitto F et al.(104) Polom W et al.(105)	RARP	151	VOL: 130 – 213 min. VKN: 140 – 437ml.	10,3 – 13,6 %
<i>Avatera</i>	Gkeka K et al.(68)	RARP	14	VOL: 123 min.	N
<i>Hugo Ras</i>	Territo A et al.(72) Ou YC et al.(74) Marques-Monteiro M	RARP	375	VOL: 145 – 235 min. VKN: 100 –	6 – 10 %

	et al.(75) Mottaran A et al.(77) Ragavan et al.(78) Bravi CA et al.(106) Piro A et al.(107) Olsen RG et al.(108) Totaro A et al.(109)			400 ml.	
Hinotori	Nakayama A et al.(110) Kohjimoto et al.(111) Miyake H et al.(112)	RARP	207	VOL: 157 – 173 min. VKN: 11 – 163 ml.	10%
Versius	Hussein AA et al.(58)	Pieloplastija	9	VOL: 150 min. VKN: 50 ml.	N
Avatera	Gkeka K et al.(64)	Pieloplastija	9	VOL: 115 min. VKN: 39ml	N
Hugo Ras	Elorrieta V et al.(85) Rebuffo S et al.(113)	Pieloplastija	11	VOL: 201 min VKN: 20ml	N
Senhance	Kaneko G. et al.(31) Kastelan Z. Et al.(32)	Nefrektomija	8	VOL: 122 – 160 min. VKN: 30 – 50 ml.	N
Versius	Reeves F et al.(55) Hussein AA et al.(58)	Nefrektomija	12	VOL: 155 min. VKN: 275 ml.	N
Hinotori	Motoyama D et al.(90)	Nefrektomija	13	VOL: 157 min. VKN: 11 ml.	N
Versius	Maneghetti et al.(114)	Dalinė nefrektomija	15	VOL: 105 min. VKN: 200 ml.	N
Hugo Ras	Gallioli A et al.(80) Gaya JM et al.(81) Prata F et al.(83)	Dalinė nefrektomija	38	VOL: 90 – 138 min. VKN: 90 – 150 ml.	12%
Hinotori	Miyake H et al.(89) Motoyama et al.(115)	Dalinė nefrektomija	70	VOL: 170 – 179 min. VKN: 35 ml.	N

2 lentelė. Naujai atsiradusių robotinių platformų pritaikymas urologinėje chirurgijoje bei jų operaciniai rezultatai. RARP – robotu asistuoja radikali prostatektomija; VOL – vidutinis operacinis laikas; VKN – vidutinis kraujo netekimas operacijos metu; KD – konversijos dažnis; N – nestebėta

10. LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Zajtcuk R, Rellamy RF, Grande CM. Anesthesia and perioperative care of the combat casualty. Part IV - surgical combat casualty care. Textbook of Military Medicine. Washington DC; 1995.
2. Kwok YS, Hou J, Jonckheere EA, Hayati S. A robot with improved absolute positioning accuracy for CT guided stereotactic brain surgery. *IEEE Trans Biomed Eng.* 1988 m. vasario;35(2):153–60.
3. Davies BL, Hibberd RD, Ng WS, Timoney AG, Wickham JE. The development of a surgeon robot for prostatectomies. *Proc Inst Mech Eng [H].* 1991 m.;205(1):35–8.
4. Harris SJ, Arambula-Cosio F, Mei Q, Hibberd RD, Davies BL, Wickham JE, ir kt. The Probot--an active robot for prostate resection. *Proc Inst Mech Eng [H].* 1997 m.;211(4):317–25.
5. Stefano GB. Robotic Surgery: Fast Forward to Telemedicine. *Med Sci Monit Int Med J Exp Clin Res.* 2017 m. balandžio 17 d.;23:1856.
6. Parekattil SJ, Moran ME. Robotic instrumentation: Evolution and microsurgical applications. *Indian J Urol IJU J Urol Soc India.* 2010 m. liepos;26(3):395–403.
7. Green PS, Hill JW, Jensen JF, Shah A. Telepresence surgery. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine.* vol. 14, nr. 3,. 1995 m. birželio;324–9.
8. George EI, Brand TC, LaPorta A, Marescaux J, Satava RM. Origins of Robotic Surgery: From Skepticism to Standard of Care. *JLS.* 2018 m.;22(4):e2018.00039.
9. Kavoussi LR, Moore RG, Adams JB, Partin AW. Comparison of robotic versus human laparoscopic camera control. *J Urol.* 1995 m. gruodžio;154(6):2134–6.
10. Falcone T, Goldberg J, Garcia-Ruiz A, Margossian H, Stevens L. Full robotic assistance for laparoscopic tubal anastomosis: a case report. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A.* 1999 m. vasario;9(1):107–13.
11. Marescaux J, Leroy J, Gagner M, Rubino F, Mutter D, Vix M, ir kt. Transatlantic robot-assisted telesurgery. *Nature.* 2001 m. rugsėjo 27 d.;413(6854):379–80.
12. Q3 2023 Investor Presentation. Intuitive Surgical Operations, Inc; 2023.
13. deBeche-Adams T, Eubanks WS, de la Fuente SG. Early experience with the Senhance® laparoscopic/robotic platform in the US. *J Robot Surg.* 2019 m. balandžio 1 d.;13(2):357–9.
14. Culmer P, Alazmani A, Mushtaq F, Cross W, Jayne D. 15 - Haptics in Surgical Robots. Abedin-Nasab MH, sudarytojas. *Handbook of Robotic and Image-Guided Surgery [Prieiga per internetą].* Elsevier; 2020. p. 239–63. Adresas: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128142455000153>
15. Melling N, Barr J, Schmitz R, Polonski A, Miro J, Ghadban T, ir kt. Robotic cholecystectomy: first experience with the new Senhance robotic system. *J Robot Surg.* 2019 m. birželio;13(3):495–500.
16. McKechnie T, Khamar J, Daniel R, Lee Y, Park L, Doumouras AG, ir kt. The Senhance Surgical System in Colorectal Surgery: A Systematic Review. *J Robot Surg.* 2023 m. balandžio;17(2):325–34.
17. Stark M, Pomati S, D'Ambrosio A, Giraudi F, Gidaro S. A new telesurgical platform – preliminary clinical results. *Minim Invasive Ther Allied Technol.* 2015 m. sausio 2 d.;24(1):31–6.
18. Spinelli A, David G, Gidaro S, Carvello M, Sacchi M, Montorsi M, ir kt. First experience in colorectal surgery with a new robotic platform with haptic feedback. *Colorectal Dis.* 2018 m. kovo 1 d.;20(3):228–35.
19. Fanfani F, Restaino S, Rossitto C, Gueli Alletti S, Costantini B, Monterossi G, ir kt. Total Laparoscopic (S-LPS) versus TELELAP ALF-X Robotic-Assisted Hysterectomy: A Case-Control Study. *J Minim Invasive Gynecol.* 2016 m.;23(6):933–8.
20. Rao PP. Robotic surgery: new robots and finally some real competition! *World J Urol.* 2018 m. balandžio;36(4):537–41.

21. Bozzini G, Gidaro S, Taverna G. Robot-Assisted Laparoscopic Partial Nephrectomy with the ALF-X Robot on Pig Models. *Eur Urol.* 2016 m. vasario;69(2):376–7.
22. Kastelan Z, Hudolin T, Kulis T, Penezic L, Gidaro S, Bakula M, ir kt. Extraperitoneal Radical Prostatectomy with the Senhance Robotic Platform: First 40 Cases. *Eur Urol.* 2020 m. gruodžio;78(6):932–4.
23. Samalavicius NE, Janusonis V, Siaulys R, Jasėnas M, Deduchovas O, Venckus R, ir kt. Robotic surgery using Senhance® robotic platform: single center experience with first 100 cases. *J Robot Surg.* 2020 m. balandžio;14(2):371–6.
24. Kulis T, Samalavicius NE, Hudolin T, Venckus R, Penezic L, Nausiediėne V, ir kt. Robotic-assisted radical prostatectomy: a multicenter experience with the Senhance Surgical System. *World J Urol.* 2024 m. sausio 20 d.;42(1):39.
25. Lin YC, Yuan LH, Tseng CS, Hsieh TY, Huang YW, Huang CY, ir kt. Comparison of senhance and da vinci robotic radical prostatectomy: short-term outcomes, learning curve, and cost analysis. *Prostate Cancer Prostatic Dis.* 2023 m. rugsėjo 2 d.;
26. Hudolin T, Kuliš T, Penezić L, Zekulić T, Knežević N, Čikić B, ir kt. Senhance robotic radical prostatectomy: A single-centre, 3-year experience. *Int J Med Robot Comput Assist Surg MRCAS.* 2023 m. gruodžio;19(6):e2549.
27. Kuliš T, Hudolin T, Penezić L, Zekulić T, Saić H, Sambolić T, ir kt. SENHANCE ROBOTIC RADICAL PROSTATECTOMY. *Acta Clin Croat.* 2022 m. spalio;61(Suppl 3):45–50.
28. Kulis T, Hudolin T, Penezic L, Zekulic T, Saic H, Knezevic N, ir kt. Comparison of extraperitoneal laparoscopic and extraperitoneal Senhance radical prostatectomy. *Int J Med Robot Comput Assist Surg MRCAS.* 2022 m. vasario;18(1):e2344.
29. Venckus R, Jasenas M, Telksnys T, Venckus M, Janusonis V, Dulskas A, ir kt. Robotic-assisted radical prostatectomy with the Senhance® robotic platform: single center experience. *World J Urol.* 2021 m. gruodžio;39(12):4305–10.
30. Kastelan Z, Hudolin T, Kulis T, Penezic L, Gidaro S, Bakula M, ir kt. Extraperitoneal Radical Prostatectomy with the Senhance Robotic Platform: First 40 Cases. *Eur Urol.* 2020 m. gruodžio;78(6):932–4.
31. Kaneko G, Shirotake S, Oyama M, Koyama I. Initial experience of laparoscopic radical nephrectomy using the Senhance® robotic system for renal cell carcinoma. *Int Cancer Conf J.* 2021 m. liepos;10(3):228–32.
32. Kastelan Z, Hudolin T, Kulis T, Knezevic N, Penezic L, Maric M, ir kt. Upper urinary tract surgery and radical prostatectomy with Senhance® robotic system: Single center experience-First 100 cases. *Int J Med Robot Comput Assist Surg MRCAS.* 2021 m. rugpjūčio;17(4):e2269.
33. Holzer J, Beyer P, Schilcher F, Poth C, Stephan D, von Schnakenburg C, ir kt. First Pediatric Pyeloplasty Using the Senhance® Robotic System-A Case Report. *Child Basel Switz.* 2022 m. vasario 22 d.;9(3):302.
34. Xu W, Dong J, Xie Y, Liu G, Zhou J, Wang H, ir kt. Robot-Assisted Partial Nephrectomy with a New Robotic Surgical System: Feasibility and Perioperative Outcomes. *J Endourol.* 2022 m. lapkričio;36(11):1436–43.
35. Abdel Raheem A, Troya IS, Kim DK, Kim SH, Won PD, Joon PS, ir kt. Robot-assisted Fallopian tube transection and anastomosis using the new REVO-I robotic surgical system: feasibility in a chronic porcine model. *BJU Int.* 2016 m. spalio;118(4):604–9.
36. Ku G, Kang I, Lee WJ, Kang CM. Revo-i assisted robotic central pancreatectomy. *Ann Hepato-Biliary-Pancreat Surg.* 2020 m. lapkričio 30 d.;24(4):547–50.
37. Lim JH, Lee WJ, Choi SH, Kang CM. Cholecystectomy using the Revo-i robotic surgical system from Korea: the first clinical study. *Updat Surg.* 2021 m. birželio;73(3):1029–35.
38. Kang I, Hwang HK, Lee WJ, Kang CM. First experience of pancreaticoduodenectomy using Revo-i in a patient with insulinoma. *Ann Hepato-Biliary-Pancreat Surg.* 2020 m. vasario;24(1):104–8.

39. Kang CM, Chong JU, Lim JH, Park DW, Park SJ, Gim S, ir kt. Robotic Cholecystectomy Using the Newly Developed Korean Robotic Surgical System, Revo-i: A Preclinical Experiment in a Porcine Model. *Yonsei Med J.* 2017 m. rugsėjo;58(5):1075–7.
40. Lim JH, Lee WJ, Park DW, Yea HJ, Kim SH, Kang CM. Robotic cholecystectomy using Revo-i Model MSR-5000, the newly developed Korean robotic surgical system: a preclinical study. *Surg Endosc.* 2017 m. rugpjūčio;31(8):3391–7.
41. Kim DK, Park DW, Rha KH. Robot-assisted Partial Nephrectomy with the REVO-I Robot Platform in Porcine Models. *Eur Urol.* 2016 m. kovo;69(3):541–2.
42. Alip S, Koukourikis P, Han WK, Rha KH, Na JC. Comparing Revo-i and da Vinci in Retzius-Sparing Robot-Assisted Radical Prostatectomy: A Preliminary Propensity Score Analysis of Outcomes. *J Endourol.* 2022 m. sausio;36(1):104–10.
43. Chang KD, Abdel Raheem A, Choi YD, Chung BH, Rha KH. Retzius-sparing robot-assisted radical prostatectomy using the Revo-i robotic surgical system: surgical technique and results of the first human trial. *BJU Int.* 2018 m. rugsėjo;122(3):441–8.
44. Yaxley JW, Coughlin GD, Chambers SK, Occhipinti S, Samaratunga H, Zajdlewicz L, ir kt. Robot-assisted laparoscopic prostatectomy versus open radical retropubic prostatectomy: early outcomes from a randomised controlled phase 3 study. *Lancet Lond Engl.* 2016 m. rugsėjo 10 d.;388(10049):1057–66.
45. Haig F, Medeiros ACB, Chitty K, Slack M. Usability assessment of Versius, a new robot-assisted surgical device for use in minimal access surgery. *BMJ Surg Interv Health Technol.* 2020 m.;2(1):e000028.
46. Puntambekar SP, Goel A, Chandak S, Chitale M, Hivre M, Chahal H, ir kt. Feasibility of robotic radical hysterectomy (RRH) with a new robotic system. Experience at Galaxy Care Laparoscopy Institute. *J Robot Surg.* 2021 m. birželio;15(3):451–6.
47. Borse M, Godbole G, Kelkar D, Bahulikar M, Dinneen E, Slack M. Early evaluation of a next-generation surgical system in robot-assisted total laparoscopic hysterectomy: A prospective clinical cohort study. *Acta Obstet Gynecol Scand.* 2022 m. rugsėjo;101(9):978–86.
48. Soumpasis I, Nashef S, Dunning J, Moran P, Slack M. Safe Implementation of a Next-Generation Surgical Robot: First Analysis of 2,083 Cases in the Versius Surgical Registry. *Ann Surg.* 2023 m. spalio 1 d.;278(4):e903–10.
49. Sighinolfi MC, De Maria M, Meneghetti J, Fellingine M, Ceretti AP, Mosillo L, ir kt. The use of Versius CMR for pelvic surgery: a multicentric analysis of surgical setup and early outcomes. *World J Urol.* 2024 m. sausio 13 d.;42(1):31.
50. Ackerman SJ, Daniel S, Baik R, Liu E, Mehendale S, Tackett S, ir kt. Comparison of complication and conversion rates between robotic-assisted and laparoscopic rectal resection for rectal cancer: which patients and providers could benefit most from robotic-assisted surgery? *J Med Econ.* 2018 m. kovo;21(3):254–61.
51. Butterworth J, Sadry M, Julian D, Haig F. Assessment of the training program for Versius, a new innovative robotic system for use in minimal access surgery. *BMJ Surg Interv Health Technol.* 2021 m.;3(1):e000057.
52. Vasdev N, Charlesworth P, Slack M, Adshead J. Preclinical evaluation of the Versius surgical system: A next-generation surgical robot for use in minimal access prostate surgery. *BJUI Compass.* 2023 m. liepos;4(4):482–90.
53. Thomas BC, Slack M, Hussain M, Barber N, Pradhan A, Dinneen E, ir kt. Preclinical Evaluation of the Versius Surgical System, a New Robot-assisted Surgical Device for Use in Minimal Access Renal and Prostate Surgery. *Eur Urol Focus.* 2021 m. kovo;7(2):444–52.
54. Rocco B, Turri F, Sangalli M, Assumma S, Piacentini I, Grasso A, ir kt. Robot-assisted Radical Prostatectomy with the Versius Robotic Surgical System: First Description of a Clinical Case. *Eur Urol Open Sci.* 2023 m. vasario;48:82–3.
55. Reeves F, Challacombe B, Ribbits A, Ourselin S, Dasgupta P. Idea, Development, Exploration, Assessment, Long-term follow-up study (IDEAL) Stage 1/2a evaluation of urological procedures with the Versius robot. *BJU Int.* 2022 m. spalio;130(4):441–3.

56. De Maria M, Meneghetti I, Mosillo L, Collins JW, Catalano C. Versius robotic surgical system: case series of 18 robot-assisted radical prostatectomies. *BJU Int.* 2024 m. vasario;133(2):197–205.
57. Huddy JR, Crockett M, Nizar AS, Smith R, Malki M, Barber N, ir kt. Experiences of a „COVID protected“ robotic surgical centre for colorectal and urological cancer in the COVID-19 pandemic. *J Robot Surg.* 2022 m. vasario;16(1):59–64.
58. Hussein AA, Mohsin R, Qureshi H, Leghari R, Jing Z, Ramahi YO, ir kt. Transition from da Vinci to Versius robotic surgical system: initial experience and outcomes of over 100 consecutive procedures. *J Robot Surg.* 2023 m. balandžio;17(2):419–26.
59. Krebs TF, Kayser T, Lorenzen U, Grünewald M, Kayser M, Saltner A, ir kt. Evaluation of the Versius Robotic System for Infant Surgery-A Study in Piglets of Less than 10 kg Body Weight. *Child Basel Switz.* 2023 m. gegužės 3 d.;10(5):831.
60. avatera system - avateramedical [Prieiga per internetą]. [žiūrėta 2024 m. vasario 1 d.]. Adresas: <https://www.avatera.eu/en/avatera-system>
61. Liatsikos E, Tsaturyan A, Kyriazis I, Kallidonis P, Manolopoulos D, Magoutas A. Market potentials of robotic systems in medical science: analysis of the Avatera robotic system. *World J Urol.* 2022 m. sausio;40(1):283–9.
62. Technology SR. avateramedical surgical robot completes first in-human surgeries [Prieiga per internetą]. *Surgical Robotics Technology.* 2022 [žiūrėta 2024 m. vasario 2 d.]. Adresas: <https://www.surgicalroboticstechnology.com/news/avateramedical-surgical-robot-completes-first-in-human-surgeries/>
63. Anaplioti E, Gkeka K, Katsakiori P, Peteinaris A, Tatanis V, Faitatziadis S, ir kt. How long do we need to reach sufficient expertise with the avatera® robotic system? *Int Urol Nephrol.* 2024 m. sausio 4 d.;
64. Gkeka K, Tsaturyan A, Faitatziadis S, Peteinaris A, Anaplioti E, Pagonis K, ir kt. Robot-Assisted Radical Nephrectomy Using the Novel Avatera Robotic Surgical System: A Feasibility Study in a Porcine Model. *J Endourol.* 2023 m. kovo;37(3):273–8.
65. Haney CM, Holze S, Liatsikos E, Dietel A, Kallidonis P, Tatanis V, ir kt. IDEAL-D Phase 0 Evaluation of the Avatera System in Robot-Assisted Prostate, Bladder and Renal Surgery. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A.* 2024 m. sausio 22 d.;
66. Peteinaris A, Kallidonis P, Tsaturyan A, Pagonis K, Faitatziadis S, Gkeka K, ir kt. The feasibility of robot-assisted radical cystectomy: an experimental study. *World J Urol.* 2023 m. vasario 1 d.;41(2):477–82.
67. Kallidonis P, Tatanis V, Peteinaris A, Katsakiori P, Gkeka K, Faitatziadis S, ir kt. Robot-assisted pyeloplasty for ureteropelvic junction obstruction: initial experience with the novel avatera system. *World J Urol.* 2023 m. lapkričio;41(11):3155–60.
68. Gkeka K, Kallidonis P, Peteinaris A, Katsakiori P, Tatanis V, Faitatziadis S, ir kt. Robot-assisted radical prostatectomy using the avatera system™: a prospective pilot study. *Minerva Urol Nephrol.* 2023 m. lapkričio 28 d.;
69. Hugo™ RAS System [Prieiga per internetą]. [žiūrėta 2024 m. vasario 15 d.]. Adresas: <https://www.medtronic.com/covidien/en-us/robotic-assisted-surgery/hugo-ras-system.html>
70. Medtronic News [Prieiga per internetą]. [žiūrėta 2024 m. vasario 15 d.]. Medtronic announces first patient enrolled in U.S. clinical trial for Hugo™ robotic-assisted surgery system. Adresas: <https://news.medtronic.com/2022-12-15-Medtronic-announces-first-patient-enrolled-in-U-S-clinical-trial-for-Hugo-TM-robotic-assisted-surgery-system>
71. Sarchi L, Mottaran A, Bravi CA, Paciotti M, Farinha R, Piazza P, ir kt. Robot-assisted radical prostatectomy feasibility and setting with the Hugo™ robot-assisted surgery system. *BJU Int.* 2022 m. lapkričio;130(5):671–5.
72. Territo A, Uleri A, Gallioli A, Gaya JM, Verri P, Basile G, ir kt. Robot-assisted oncologic pelvic surgery with Hugo™ robot-assisted surgery system: A single-center experience. *Asian J Urol.* 2023 m. spalio;10(4):461–6.

73. Balestrazzi E, Paciotti M, Piro A, Piramide F, Bravi CA, Peraire Loes M, ir kt. Comparative analysis of robot-assisted simple prostatectomy: the HUGO™ RAS system versus the DaVinci® Xi system. *Prostate Cancer Prostatic Dis.* 2023 m. rugsėjo 29 d.;
74. Ou YC, Ou HC, Juan YS, Narasimhan R, Mottrie A, Weng WC, ir kt. Robot-assisted radical prostatectomy using hugo RAS system: The pioneer experience in Taiwan and Northeast Asia. *Int J Med Robot Comput Assist Surg MRCAS.* 2023 m. rugsėjo 13 d.;e2577.
75. Marques-Monteiro M, Teixeira B, Mendes G, Rocha A, Madanelo M, Mesquita S, ir kt. Extraperitoneal robot-assisted radical prostatectomy with the Hugo™ RAS system: initial experience of a tertiary center with a high background in extraperitoneal laparoscopy surgery. *World J Urol.* 2023 m. spalio;41(10):2671–7.
76. Bravi CA, Balestrazzi E, De Loof M, Rebuffo S, Piramide F, Mottaran A, ir kt. Robot-assisted Radical Prostatectomy Performed with Different Robotic Platforms: First Comparative Evidence Between Da Vinci and HUGO Robot-assisted Surgery Robots. *Eur Urol Focus.* 2023 m. rugpjūčio 25 d.;S2405-4569(23)00187-6.
77. Mottaran A, Paciotti M, Bravi CA, Sarchi L, Nocera L, Piro A, ir kt. Robot-assisted simple prostatectomy with the novel HUGO™ RAS System: feasibility, setting, and perioperative outcomes. *Minerva Urol Nephrol.* 2023 m. balandžio;75(2):235–9.
78. Ragavan N, Bharathkumar S, Chirravur P, Sankaran S. Robot-Assisted Laparoscopic Radical Prostatectomy Utilizing Hugo RAS Platform: Initial Experience. *J Endourol.* 2023 m. vasario;37(2):147–50.
79. Totaro A, Campetella M, Bientinesi R, Gandi C, Palermo G, Russo A, ir kt. The new surgical robotic platform HUGO™ RAS: System description and docking settings for robot-assisted radical prostatectomy. *Urologia.* 2022 m. lapkričio;89(4):603–9.
80. Gallioli A, Uleri A, Gaya JM, Territo A, Aumatell J, Verri P, ir kt. Initial experience of robot-assisted partial nephrectomy with Hugo™ RAS system: implications for surgical setting. *World J Urol.* 2023 m. balandžio;41(4):1085–91.
81. Gaya JM, Uleri A, Gallioli A, Basile G, Territo A, Farré A, ir kt. Retroperitoneal Robotic Partial Nephrectomy with the Hugo RAS System. *Eur Urol.* 2023 m. birželio 14 d.;S0302-2838(23)02890-7.
82. Prata F, Raso G, Ragusa A, Iannuzzi A, Tedesco F, Cacciatore L, ir kt. Robot-Assisted Renal Surgery with the New Hugo Ras System: Trocar Placement and Docking Settings. *J Pers Med.* 2023 m. rugsėjo 13 d.;13(9):1372.
83. Prata F, Ragusa A, Civitella A, Tuzzolo P, Tedesco F, Cacciatore L, ir kt. Robot-assisted partial nephrectomy using the novel Hugo™ RAS system: Feasibility, setting and perioperative outcomes of the first off-clamp series. *Urologia.* 2024 m. sausio 4 d.;3915603231220109.
84. Rocco B, Sighinolfi MC, Sarchi L, Assumma S, Turri F, Sangalli M, ir kt. First case of robot-assisted radical cystectomy and intracorporeal neobladder reconstruction with the Hugo RAS system: step-by-step surgical setup and technique. *J Robot Surg.* 2023 m. spalio;17(5):2247–51.
85. Elorrieta V, Villena J, Kompatzki Á, Velasco A, Salvadó JA. ROBOT Assisted Laparoscopic Surgeries For Nononcological Urologic Disease: Initial Experience With Hugo Ras System. *Urology.* 2023 m. balandžio;174:118–25.
86. SYSTEM | hinotori Robotic Assisted Surgery System | PRODUCT | Medicaroid [Prieiga per internetą]. [žiūrėta 2024 m. vasario 21 d.]. Adresas: <https://www.medicaroid.com/en/product/hinotori/>
87. Ebihara Y, Oki E, Hirano S, Takano H, Ota M, Morohashi H, ir kt. Tele-assessment of bandwidth limitation for remote robotics surgery. *Surg Today.* 2022 m. lapkričio;52(11):1653–9.
88. Hinata N, Yamaguchi R, Kusuhara Y, Kanayama H, Kohjimoto Y, Hara I, ir kt. Hinotori Surgical Robot System, a novel robot-assisted surgical platform: Preclinical and clinical evaluation. *Int J Urol Off J Jpn Urol Assoc.* 2022 m. spalio;29(10):1213–20.
89. Miyake H, Motoyama D, Matsushita Y, Watanabe H, Tamura K, Otsuka A, ir kt. Initial Experience of Robot-Assisted Partial Nephrectomy Using Hinotori Surgical Robot System: Single

- Institutional Prospective Assessment of Perioperative Outcomes in 30 Cases. *J Endourol.* 2023 m. gegužės;37(5):531–4.
90. Motoyama D, Matsushita Y, Watanabe H, Tamura K, Otsuka A, Fujisawa M, ir kt. Robot-assisted radical nephrectomy using novel surgical robot platform, hinotori: Report of initial series of 13 cases. *Int J Urol Off J Jpn Urol Assoc.* 2023 m. gruodžio;30(12):1175–9.
91. Distalmotion | Dexter [Prieiga per internetą]. [žiūrėta 2024 m. vasario 21 d.]. Adresas: <https://www.distalmotion.com/dexter>
92. Distalmotion Receives CE Mark for Dexter Surgical Robot [Prieiga per internetą]. [žiūrėta 2024 m. vasario 21 d.]. Adresas: <http://www.distalmotion.com/news/distalmotion-receives-european-ce-mark-for-dexter-surgical-robot>
93. World first Dexter surgeries in urology [Prieiga per internetą]. [žiūrėta 2024 m. vasario 21 d.]. Adresas: <http://www.distalmotion.com/news/first-dexter-surgeries-in-urology>
94. Thillou D, Robin H, Ricolleau C, Benali NA, Forgues A, Emeriau D, ir kt. Robot-assisted Radical Prostatectomy with the Dexter Robotic System: Initial Experience and Insights into On-demand Robotics. *Eur Urol.* 2023 m. birželio 5 d.;S0302-2838(23)02880-4.
95. Whooley S. MassDevice. 2023 [žiūrėta 2024 m. vasario 22 d.]. Asensus Surgical unveils next-gen Luna surgical robot platform. Adresas: <https://www.massdevice.com/asensus-surgical-next-gen-luna-surgical-robot/>
96. Whooley S. The Robot Report. 2023 [žiūrėta 2024 m. vasario 22 d.]. Asensus Surgical targets FDA clearance for Luna surgical robot in 2025. Adresas: <https://www.massdevice.com/asensus-targets-fda-clearance-luna-2025/>
97. Bitrack System [Prieiga per internetą]. *Rob Surgical.* [žiūrėta 2024 m. vasario 22 d.]. Adresas: <https://www.robsurgical.com/bitrack-system/>
98. Technology SR. Rob Surgical and Hospital Clinic Complete First Series of Operations on Patients with the Bitrack Robotic Platform [Prieiga per internetą]. *Surgical Robotics Technology.* 2023 [žiūrėta 2024 m. vasario 22 d.]. Adresas: <https://www.surgicalroboticstechnology.com/news/rob-surgical-and-hospital-clinic-complete-first-series-of-operations-on-patients-with-the-bitrack-robotic-platform/>
99. JNJ.com [Prieiga per internetą]. 2023 [žiūrėta 2024 m. vasario 23 d.]. Johnson & Johnson MedTech Provides Details and Timeline for General Surgery Robot. Adresas: <https://www.jnj.com/media-center/press-releases/johnson-johnson-medtech-provides-details-and-timeline-for-general-surgery-robot>
100. Kumar N. SSI Mantra [Prieiga per internetą]. SS Innovations International Inc. [žiūrėta 2024 m. kovo 10 d.]. Adresas: <https://ssinnovations.com/ssi-mantra/>
101. Somashekhar SP, Agrawal K, Ashwin KR, Kumar CR, Dixit J, Fernandes AM, ir kt. Experience-based Procedure Card for Robotic-assisted Low Anterior Resection Using the Indian SSI Mantra Robot. *Int J Adv Robot Innov Surg* [Prieiga per internetą]. 2023 m.;1(2). Adresas: https://journals.lww.com/iaais/fulltext/2023/01020/experience_based_procedure_card_for.6.aspx
102. Somashekhar SP, Voleti S, Ashwin KR, Kumar CR, Dixit J, Ahuja V, ir kt. Experience-based Procedure Card of Robotic Type I Radical Hysterectomy with Indo Cyanine Green Dye Sentinel Lymph Node Biopsy Using SSI Mantra Indian Robotic System. *Int J Adv Robot Innov Surg* [Prieiga per internetą]. 2023 m.;1(2). Adresas: https://journals.lww.com/iaais/fulltext/2023/01020/experience_based_procedure_card_of_robotic_type_i.5.aspx
103. Singh A, Khanna A, Pratihari SK, Vasudev V, Saurabh N, Rawal S. Mp68-12 our early clinical experience with mantratom multi arm surgical robotic system (ss innovations group company) in major uro-oncological surgeries. *J Urol.* 2023 m. balandžio;209(Supplement 4):e957.
104. Dibitto F, Fede Spicchiale C, Castellucci R, Sansalone S, Akhundov A, Defidio L, ir kt. Extraperitoneal robot assisted laparoscopic prostatectomy with Versius system: single centre experience. *Prostate Cancer Prostatic Dis.* 2024 m. kovo 15 d.;
105. Polom W, Matuszewski M. Initial experience of the Versius robotic system in robot-assisted radical prostatectomy: a study of 58 cases. *Cent Eur J Urol.* 2024 m.;77(1):30–6.

106. Bravi CA, Paciotti M, Balestrazzi E, Piro A, Piramide F, Peraire M, ir kt. Outcomes of Robot-assisted Radical Prostatectomy with the Hugo RAS Surgical System: Initial Experience at a High-volume Robotic Center. *Eur Urol Focus*. 2023 m. liepos;9(4):642–4.
107. Piro A, Piramide F, Balestrazzi E, Paciotti M, Bravi CA, Peraire Loes M, ir kt. Initial Experience of Robot-Assisted Simple Prostatectomy with Hugo Robot-Assisted Surgery System: Step-by-Step Description of Two Different Techniques. *J Endourol*. 2023 m. rugsėjo;37(9):1021–7.
108. Olsen RG, Karas V, Bjerrum F, Konge L, Stroomberg HV, Dagnæs-Hansen JA, ir kt. Skills transfer from the DaVinci® system to the Hugo™ RAS system. *Int Urol Nephrol*. 2024 m. vasario;56(2):389–97.
109. Totaro A, Scarciglia E, Marino F, Campetella M, Gandi C, Ragonese M, ir kt. Robot-Assisted Radical Prostatectomy Performed with the Novel Surgical Robotic Platform Hugo™ RAS: Monocentric First Series of 132 Cases Reporting Surgical, and Early Functional and Oncological Outcomes at a Tertiary Referral Robotic Center. *Cancers*. 2024 m. balandžio 22 d.;16(8):1602.
110. Nakayama A, Izumi K, Ikezoe E, Inoue M, Tsujioka H, Nirazuka A, ir kt. Robot-assisted radical prostatectomy using the novel hinotori™ surgical robot system: initial experience and operation learning curve at a single institution. *Transl Cancer Res*. 2024 m. sausio 31 d.;13(1):57–64.
111. Kohjimoto Y, Yamashita S, Iwagami S, Muraoka S, Wakamiya T, Hara I. hinotori™ vs. da Vinci®: propensity score-matched analysis of surgical outcomes of robot-assisted radical prostatectomy. *J Robot Surg*. 2024 m. kovo 18 d.;18(1):130.
112. Miyake H, Fujisawa M. Early experience and future prospects regarding use of newly developed surgical robot system, hinotori, in the field of urologic cancer surgery. *Int J Clin Oncol*. 2024 m. balandžio 16 d.;
113. Rebuffo S, Ticonosco M, Ruvolo CC, Pissavini A, Balestrazzi E, Paciotti M, ir kt. Robot-Assisted Pyeloplasty with HUGO™ Robotic System: Initial Experience and Optimal Surgical Set-Up at a Tertiary Referral Robotic Center. *J Endourol*. 2024 m. balandžio;38(4):323–30.
114. Meneghetti I, Sighinolfi MC, Dibitto F, Collins JW, Mosillo L, Catalano C, ir kt. Partial nephrectomy series using Versius robotic surgical system: technique and outcomes of an initial experience. *J Robot Surg*. 2024 m. vasario 13 d.;18(1):73.
115. Motoyama D, Matsushita Y, Watanabe H, Tamura K, Otsuka A, Fujisawa M, ir kt. Perioperative outcomes of robot-assisted partial nephrectomy using hinotori versus da Vinci surgical robot system: a propensity score-matched analysis. *J Robot Surg*. 2023 m. spalio;17(5):2435–40.