



**TURUN
YLIOPISTO**

Robottikirurgia hysterektomiassa

Lääketieteellinen tekniikka ja terveysteknologia
Tietotekniikan laitos, Teknillinen tiedekunta
Kandidaatintutkielma

Laatija:
Maria Säilä

Huhtikuu 2025

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

Kandidaatintutkielma

Tietotekniikan laitos, Teknillinen tiedekunta

Turun yliopisto

Tutkinto-ohjelma: Lääketieteellinen tekniikka ja terveysteknologia

Tekijä: Maria Säilä

Otsikko: Robottikirurgia hysterektomiassa

Sivumäärä: 26 sivua

Päivämäärä: Huhtikuu 2025

Robottikirurgian kehitys on mullistanut monia kirurgisia toimenpiteitä, ja erityisesti gynekologisessa kirurgiassa da Vinci -robottijärjestelmä on saavuttanut laajan käyttöönnoton. Tämä kirjallisuuskatsaus tarkastelee da Vinci -avusteisen hysterektomian hyötyjä ja haasteita verrattuna perinteisiin kirurgisiin menetelmiin teknologisesta näkökulmasta. Tutkielmassa analysoidaan robottikirurgian teknisiä ominaisuuksia, kuten liikkuvuutta, haptista palautetta ja tekoälyavusteista ohjausta, sekä niiden vaikutusta kirurgiseen tarkkuuteen ja tehokkuuteen. Lisäksi arvioidaan robottikirurgian vaikutuksia potilaiden toipumiseen ja leikkaustuloksiin sekä verrataan da Vinci -avusteisen hysterektomian etuja ja rajoitteita avoimeen ja laparoskooppiseen hysterektomiaan.

Tutkimus perustuu kattavaan kirjallisuusanalyysiin, jossa hyödynnetään aikaisempia tutkimuksia ja tieteellisiä artikkeleita. Tulosten perusteella da Vinci -avusteinen hysterektomia tarjoaa merkittäviä etuja perinteisiin menetelmiin verrattuna, kuten vähentyneen leikkaustrauman, nopeamman toipumisajan ja paremman tarkkuuden. Toisaalta sen haasteina ovat korkeat kustannukset, pitkät oppimisprosessit ja rajoitettu haptinen palaute.

Tämä tutkielma tarjoaa kattavan katsauksen da Vinci -robottivusteisen hysterektomian teknologiseen merkitykseen ja kehitykseen osana modernia gynekologista kirurgiaa.

Asiasanat: hysterektomia, robottikirurgia, telekirurgia, tekoäly

Sisällysluettelo

1	<i>Johdanto</i>	5
2	<i>Da Vinci -robottijärjestelmä</i>	7
2.1	Da Vincin käyttöliittymä	7
2.2	Da Vinci robotin tekninen yhteenveto	8
3	<i>Hysterektomia</i>	10
3.1	Hysterektomian toteutus	11
3.2	Hysterektomiamenetelmien vertailu: perinteinen, laparoskooppinen ja robottivusteinen leikkaus	12
4	<i>Hyödyt ja haitat</i>	16
4.1	Robottikirurgian hyödyt gynekologisissa leikkauksissa	16
4.2	Robottikirurgian haasteet ja rajoitteet gynekologiassa	16
5	<i>Tulevaisuuden näkymät robottikirurgiassa gynekologiassa</i>	18
5.1	Telekirurgia	19
6	<i>Yhteenveto</i>	21
	<i>Lähteet</i>	23
	<i>Liitteet</i>	26

1 Johdanto

Robottikirurgian kehitys on mullistanut monia kirurgisia toimenpiteitä, ja yksi merkittävimmistä sovelluskohteista on gynekologinen kirurgia. Da Vinci -robotti on yksi laajimmin käytetyistä kirurgisista robottijärjestelmistä, ja sen käyttö hysterektomiassa eli kohdunpoistossa on yleistynyt erityisesti sen tarjoamien tarkkuuden ja mini-invasiivisuuden etujen vuoksi. Perinteisiin menetelmiin verrattuna da Vinci -avusteinen hysterektomia voi vähentää leikkaustraumaa, lyhentää toipumisaikaa ja parantaa leikkaustuloksia. [1], [9]

Hysterektomia on yhä yksi tavallisimmista toimenpiteistä hyvänlaatuisten gynekologisten sairauksien hoidossa, vaikka niiden määrä on pitkään ollut laskussa. Hysterektomia voi olla tarpeen useista syistä, kuten kohdun epänormaalin vuodon, syövän, prolapsin eli kohdun laskeuman tai myoomien eli kohdun lihaskyhmujen vuoksi. Perinteisten avoleikkausten sijaan käytetään nykyään pääasiassa vähemmän kajoavia menetelmiä, kuten tähystysleikkauksia ja emättimen kautta tehtäviä toimenpiteitä. [3], [5]

Tämä tutkielma tarkastelee da Vinci -robottia apuvälineenä hysterektomiassa, arvioiden sen hyötyjä ja haasteita verrattuna perinteisiin kirurgisiin menetelmiin teknologisesta näkökulmasta. Tutkielman tavoitteena on selvittää, kuinka da Vinci -robotti vaikuttaa hysterektomian suorittamiseen ja millaisia etuja sekä haasteita sen käyttö tuo verrattuna perinteisiin kirurgisiin menetelmiin. Pääasialliset tutkimuskysymykset ovat:

1. Miten da Vinci -robottikirurgian tekniset ominaisuudet, kuten liikkuvuus, haptinen palaute ja tekoälyavusteinen ohjaus, vaikuttavat kirurgiseen tarkkuuteen ja tehokkuuteen?
2. Kuinka robottikirurgia vaikuttaa potilaiden toipumiseen ja leikkaustuloksiin?
3. Mitkä ovat da Vinci -avusteisen hysterektomian edut ja rajoitteet verrattuna avoimeen ja laparoskooppiseen hysterektomiaan?

Tutkielma on toteutettu kirjallisuuskatsauksena, jossa analysoidaan aikaisempia tutkimuksia ja kirjallisuutta da Vinci robottijärjestelmästä, hysterektomiasta sekä da Vinci -robottiaavusteisesta hysterektomiasta. Lisäksi tarkastellaan eri näkökulmia, kuten potilasvaikutuksia ja teknologisia innovaatioita, kuten tekoälypohjaista liikkeenhallintaa, haptista palautetta sekä etäkirurgiaa.

Tutkielmaan valitut artikkelit on haettu laajasti Google Scholar-, PubMed-, IEEE Xplore- ja Volter-tietokannoista. Hakuprosessissa on hyödynnetty tarkasti laadittuja hakulausekkeita, joissa keskeiset avainsanat ja termit on yhdistetty Boolean-operaattoreilla (kuten AND ja OR). Hakutulosten esikarsinta on tehty otsikon ja abstraktin perusteella, jotta lopulliseen tarkasteluun päätyisivät parhaiten tutkimusaiheeseen sopivat lähteet. Lisäksi yleisiä taustatietoja ja keskeisten käsitteiden määritelmiä on etsitty hakukoneiden avulla, mutta tietolähteinä on käytetty ainoastaan virallisten organisaatioiden verkkosivuja, kuten lääketieteellisen aikakauskirjan Duodecim sivustoa.

Toisessa luvussa esitellään da Vinci -robottijärjestelmän tekniset ominaisuudet, kuten sen moniniveliset instrumentit, 3D-näkymä ja tietokoneavusteinen liikkeenhallinta sekä vastataan tutkimuskysymykseen 1. Kolmannessa luvussa käsitellään hysterektomian perusteita, eri kirurgisia menetelmiä ja vastataan tutkimuskysymykseen 2. Neljännessä luvussa vertaillaan da Vinci -avusteisen hysterektomian hyötyjä ja haasteita perinteisiin menetelmiin nähden erityisesti robotiikan näkökulmasta. Viidennessä luvussa tarkastellaan gynekologisten robottileikkausten tulevaisuuden näkymää. Viidennessä luvussa vastataan myös tutkimuskysymykseen 3. Luvussa kuusi tehdään yhteenveto ja johtopäätökset kirjallisuuskatsauksesta. Lopuksi on lähde- sekä liiteluettelo.

Tämän tutkielman avulla pyritään tarjoamaan kattava katsaus da Vinci -robottivusteisen hysterektomian teknologisesta merkityksestä ja kehityksestä osana modernia gynekologista kirurgiaa.

2 Da Vinci -robottijärjestelmä

Da Vinci on kirurginen robottijärjestelmä, jolla tehdään leikkauksia mini-invasiivisesti. Mini-invasiivisuus tarkoittaa sitä, että leikkauksessa pyritään tekemään mahdollisimman pieniä viiltoja sekä vähentämään kudosaivaurioita leikkauksen aikana. [1]

Da Vinci -järjestelmässä kirurgi ohjaa robotin instrumentteja konsolin avulla, jolloin robotti toistaa kirurgin liikkeitä potilaan kehon sisällä erittäin tarkasti. Kirurgin konsolissa on binokulaarinen stereoskooppinen näköjärjestelmä, jolla voidaan luoda tarkka kolmiulotteinen kuva. Binokulaarisuus tarkoittaa sitä, että kaksi kuvaa sulautuvat yhteen ja stereoskooppinen puolestaan tarkoittaa kolmiulotteisuutta. Kuvan muodostaa endoskooppi, joka sisältää kaksi kameraa, jotka yhdessä luovat stereoskooppisen kuvan. Konsolissa on ohjaussauvoja, jotka välittävät kirurgin käden liikkeitä robotin instrumentteihin sekä endoskooppiin. Kirurgin konsolissa on myös polkimia, jolla kirurgi voi kontrolloida kauteroijaa ja ohjata kameran liikkeitä. Polkimia käytetään myös kytkinlaitteeseen instrumenttien optimaalista uudelleenasettelua varten. Da Vinci robotilla on käsiä kolmesta viiteen kappaletta, riippuen robotin mallista. [1], [2]

Ensimmäinen versio Da Vinci robottisysteemistä tuli saataville Euroopassa tammikuussa 1999. Systeemi sai FDA:n (Federal Drug Administration) hyväksynnän heinäkuussa 2000. Alun perin Da Vinciä käytettiin sydänkirurgiassa, kolekystektomiassa eli sappirakon poistoleikkauksessa sekä fundoplikaatioissa eli palleatyräleikkauksissa. Da Vincin käyttökohteita laajennettiin asteittain kolorektaalisiin eli peräsuolen alueen leikkauksiin sekä bariatrisiin eli lihavuusleikkauksiin. Sitten Da Vinciä on alettu hyödyntämään myös gynekologisissa, että urologisissa leikkauksissa. Da Vinci robotti sai FDA:n hyväksynnän gynekologiassa vuonna 2005, eli siten myös hysterektomiaan vuonna 2005. [1], [25], [28]

2.1 Da Vincin käyttöliittymä

Da Vinci -kirurgisen robotin käyttöliittymä on suunniteltu siten, että se mahdollistaa kirurgin tarkan ja intuitiivisen ohjauksen minimaalisesti invasiivisissä leikkauksissa. Da Vinci -robotin käyttöliittymä tukee kirurgin luonnollisia liikkeitä ja pyrkii minimoimaan käsien ja sormien epätarkkuudet, mikä tekee siitä tehokkaan työkalun erityisesti tarkkuutta ja joustavuutta vaativissa leikkauksissa, kuten sydän- ja verisuonikirurgiassa tai gynekologiassa toimenpiteissä. [2] Käyttöliittymä koostuu kolmesta pääosasta [20], [25] :

Kirurgi istuu ergonomisesti suunnitellulla *konsolilla*, josta hän ohjaa robotin instrumentteja käsillään ja jaloillaan. Konsolissa on näyttönäkymä, joka tarjoaa kolmiulotteisen ja suurennettun näkymän leikkausalueesta. Näytön tarkka ja realistinen kuva helpottaa syvyysnäköä ja kohdistusta, mikä on erityisen tärkeää esimerkiksi sydänkirurgiassa ja muissa herkkää tarkkuutta vaativissa toimenpiteissä. [2], [20], [25]

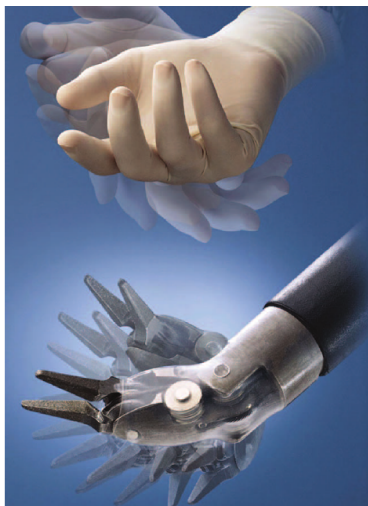
Potilasvaunu sisältää robottikädet, jotka pitävät kameraa ja erilaisia kirurgisia instrumentteja. Instrumentit on suunniteltu liikkumaan lähes yhtä vapaasti kuin ihmiskäsi, mutta ne voivat suorittaa huomattavasti tarkempia liikkeitä ja pääsevät kohteisiin, joihin perinteisillä avoleikkausvälineillä ei pääsisi. [2], [20], [25]

Da Vinci -robotin käyttöliittymään kuuluu myös kosketusnäyttö ja hallintalaitteet, joilla tukihenkilökunta voi valvoa ja säätää asetuksia reaaliajassa. Kosketusnäytöltä voidaan valita erilaisia ohjelmia ja tarkastella kriittisiä tietoja, jotka helpottavat leikkauksen suorittamista. [2], [20]

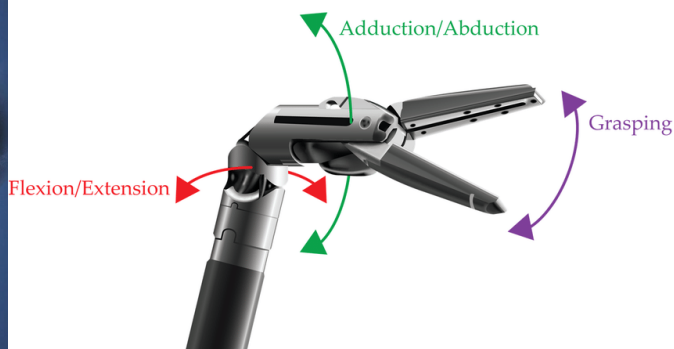
2.2 Da Vinci robotin tekninen yhteenveto

Da Vinci -kirurginen robotti on kehittynyt etäohjattava järjestelmä, joka mahdollistaa minimaalisesti invasiiviset leikkaukset parantaen kirurgin tarkkuutta ja ergonomiaa. Kirurgi ohjaa robottia konsolista, jossa on ohjaimet ja 3D-visualisointi. Potilasvaunu sisältää useita robottivarsia, joista yksi ohjaa endoskooppia ja muut toimivat kirurgisina instrumentteina. Monitori puolestaan vastaa kuvankäsittelystä ja järjestelmän laskennallisista toiminnoista. [1], [2], [15]

Leikkausrobotti, jota kutsutaan usein seuraajarobotiksi (eng. follower robot), ottaa vastaan käskyjä päälaitteelta (eng. master device). Kommunikaatio päälaitteen ja seuraajarobotin välillä perustuu yleensä Ethernet-pohjaiseen tiedonsiirtoon. Ethernet on langallinen tiedonsiirtotekniikka, jota käytetään tietokoneverkkojen ja laitteiden väliseen kommunikointiin. Tieto kulkee niin kutsuttuina paketteina, jotka sisältävät lähettäjän, eli päälaitteen, ja vastaanottajan, eli seuraajarobotin, MAC-osoitteet (eng. Media Access Control) sekä varsinaisen datan. Ethernetin käyttö Da Vincin tiedonsiirrossa tarjoaa vakautta, nopeutta sekä alhaisen latenssin, jonka takia se on ihanteellinen lääketieteellisiin laitteisiin. [14], [15]



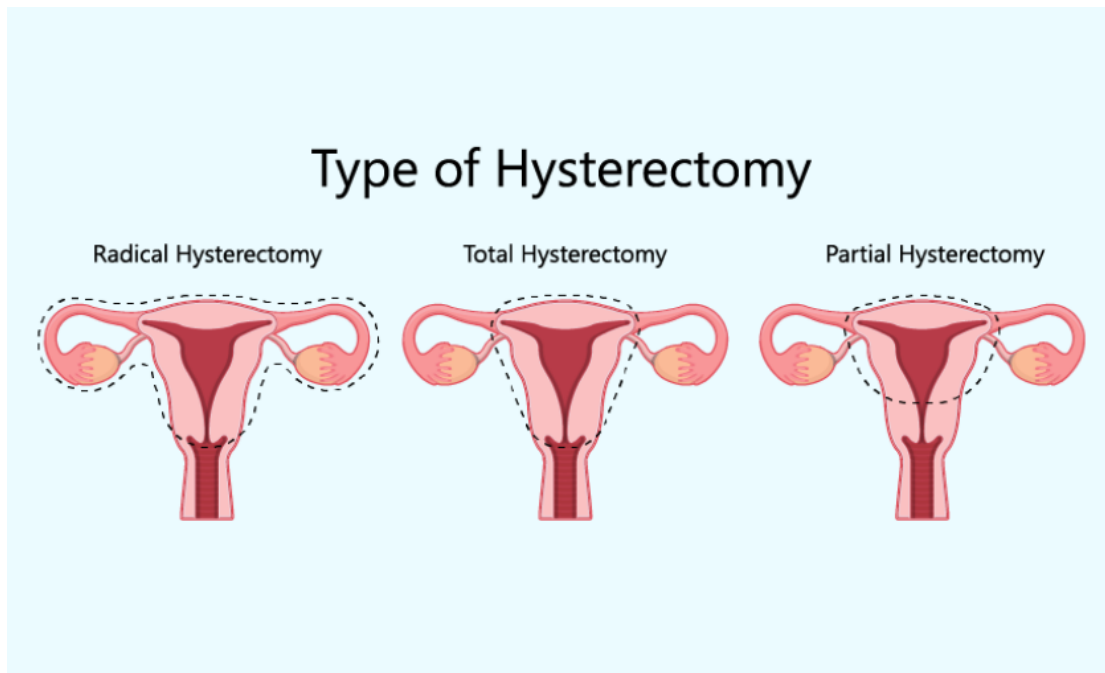
Kuva 1 EndoWrist-tekniikan vertailu ranteen liikkuvuuteen



Kuva 2 Da Vincin EndoWristin liikerata

Seuraajarobotti koostuu kolminivelisestä mekanismista, X–Y-liikealustasta ja neulanohjaimesta, jotka mahdollistavat neulan sijoittamisen tarkasti haluttuun asentoon ja sijaintiin. Päälaitteessa on samankaltainen kinematiikkarakenne kuin orjarobotissa, ja sen avulla säädetään neulan suunta ennen sen asettamista. [15]

Intuitive Surgical Inc. on kehittänyt oman ranteen liikettä mukailevan teknologian, EndoWristin, joka on integroitu da Vinci robottijärjestelmään. EndoWristin avulla instrumentit voivat liikkua ja kiertyä tavalla, joka jäljittelee ihmisen ranteen liikkeitä (kuva 1) mutta ilman käden vapinan vaikutusta. EndoWristin tarkoituksena on liikeradan laajuuden avulla (kuva 2) tehdä instrumenteista mahdollisimman tarkkoja. Teknologian avulla kirurgit voivat suorittaa minimaalisesti invasiivisia toimenpiteitä suuremmalla tarkkuudella ja vakaudella kuin perinteisillä laparoskooppisilla instrumenteilla. [26], [27]



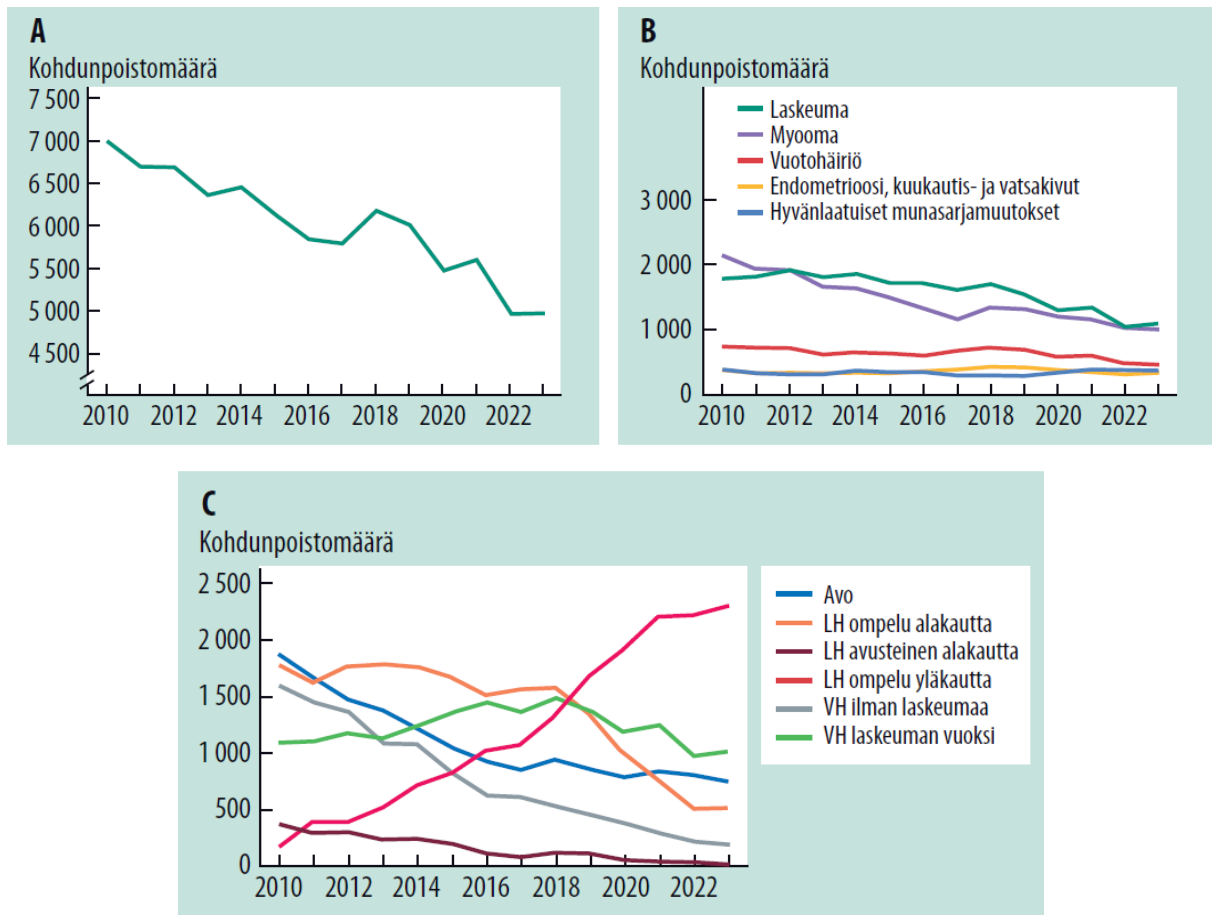
Kuva 3 Hysterektomia tyypit

3 Hysterektomia

Hysterektomia eli kohdun poisto on kirurginen toimenpide, jossa poistetaan kohtu joko osittain tai kokonaan. Se on yksi yleisimmistä gynekologisista leikkauksista ja voi olla tarpeen useista syistä, kuten kohdun epänormaalin vuodon, syövän, prolapsin eli kohdun laskeuman tai myoomien eli kohdun lihaskyhmujen vuoksi. [5],[11]

Hysterektomiaa on olemassa kolmea tyyppiä: radikaali hysterektomia, kokonaishysterektomia sekä osittainen hysterektomia. (ks. kuva 3)

Radikaalissa hysterektomiassa poistetaan koko kohtu munasarjoiheen ja kohdunkaula. Tarvittaessa voidaan kohdun poiston lisäksi poistaa kohdunkaulan vieruskudos ja vaginan yläosa sekä lantion alueen imusolmukkeita. [6] Kokonaishysterektomia puolestaan on leikkaus, jossa poistetaan kohtu ja kohdunkaula. Munasarjat ja munarjohtimet voidaan myös poistaa, mikäli tämä koetaan tarpeelliseksi. [7] Osittainen hysterektomia poistaa vain kohdun, jättäen kohdunkaulan paikalleen. [8]



Kuva 4 Kohdunpoistojen määrä Suomessa vuosina 2010–2023: A. Kaikkien kohdunpoistojen osalta (sekä hyvälaatuisista että syövän vuoksi leikatut). B. Yleisimpien hyvälaatuisista syistä tehtävien diagnoosien mukaan. C. Yleisimpien leikkaustekniikoiden mukaan (sekä hyvälaatuisista että syövän vuoksi leikatut). LH = tähystysteitse tehtävä kohdunpoisto, VH = emättimen kautta tehtävä kohdunpoisto

3.1 Hysterektomian toteutus

Hysterektomia voidaan suorittaa usealla eri leikkaustekniikalla. Leikkaustekniikkaan vaikuttavat muun muassa kohdun koko, mahdolliset gynekologiset laskeumat, aiemmat vatsanalueen leikkaukset sekä potilaan ominaisuudet, esimerkiksi painoindeksi. Olennaista leikkaustavanvalintaan on myös kirurgin osaaminen sekä kokemus. [11]

Avokohdunpoistossa vatsaan voidaan tehdä viilto joko horisontaalisesti ja alakeskiviiltana. Vatsaontelon kautta poistetaan kohtu sekä munanjohtimet ja tarvittaessa myös munasarjat. Emättimen pohja suljetaan myös vatsaontelon kautta niin, että kohturistiluun kannattinsiteet kiinnitetään emättimen pohjaan. Avokohdun poistoa suositetaan yleensä, kun kohtu on kookas

tai kohdun pilkkominen ei ole suotavaa. Noin joka viides kohdunpoistoista tehdään edelleen avoimena leikkauksena (Kuva 4C). Kuvasta 3 voidaan tämä luku laskea kuvien 4A ja 4C avulla. [9], [11]

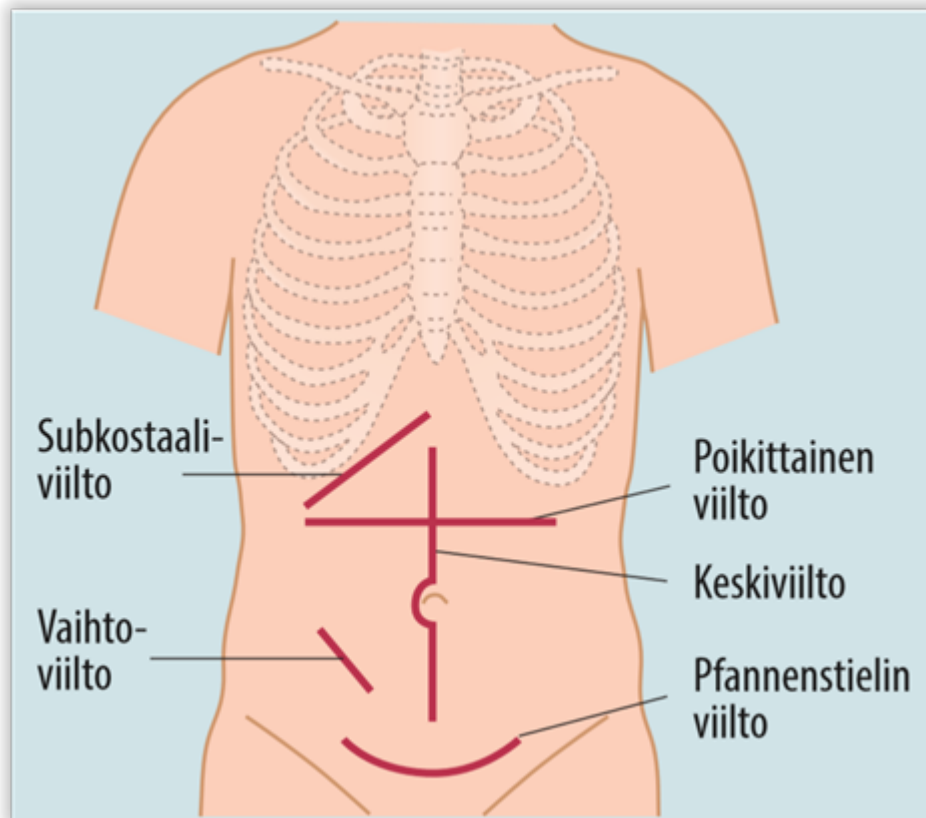
Emättimen kautta tehtävässä kohdunpoistossa limakalvo avataan kohdunkaulan mukaisesti ja vatsaonteloon edetään kohdunkaulan takaa sekä virtsarakon alta. Kannatinsiteet, jotka kiinnittävät kohdun lantionpohjaan, katkaistaan ja sulkuvaiheessa kiinnitetään uudelleen tukemaan emättimen pohjaa. Emättimen kautta tehtävä hysterektomia on toistaiseksi kustannustehokkain tapa, sillä se on nopein ja vaatii vähemmän välineistöä kuin tähystyskirurgia. [9], [11]

Tähystyskirurgialla tehtävässä kohdunpoistossa vatsaontelo tarkastetaan optiikalla navan tasosta ja alavatsalle asetetaan tähystysportit, joiden kautta tarvittavat välineet viedään vatsaonteloon. Viime vuosina on siirrytty emättimenpohjan sulkemiseen vatsaontelon kautta verrattuna aiempaan emättimen kautta tehtävään sulkuun. Tämä mahdollistaa kohturistiluukannatinsiteiden kiinnittämisen näkökontrollissa emättimenpohjaan. Munanjohtimet poistetaan rutiinisti kuten avoimessa kohdunpoistossa. Poistettava kohtu pilkotaan nykyisin pussissa vatsaontelossa tapahtuvan pilkkomisen sijaan, mikä ehkäisee myoomanpalojen uudelleen kasvua myöhemmin. [9], [11]

Robottivusteinen tekniikka on kehittynyt tavanomaisen tähystyskirurgian ohelle ja pyrkii parantamaan toimenpiteen teknistä suoritusta sekä kirurgin työergonomiaa. Robottivusteisessa tähystyskirurgiassa optiikka ja instrumentit on kiinnitetty leikkausrobottiin, jota kirurgi ohjaa erillisestä konsolista. Konsoli tarjoaa tarkan 3D-kuvan. Robotti poistaa myös käsien luonnollista vapinaa, jolloin voidaan saavuttaa entistä tarkempia tuloksia. Robottivusteisessa kirurgiassa leikkaaja voi hallita useampia instrumentteja samanaikaisesti, mikä helpottaa toimenpiteen suorittamista. [9], [11]

3.2 Hysterektomiamenetelmien vertailu: perinteinen, laparoskooppinen ja robottivusteinen leikkaus

Perinteinen avoin hysterektomia, laparoskooppinen hysterektomia ja robottivusteinen hysterektomia eroavat toisistaan muun muassa kirurgisen tekniikan, toipumisajan ja



Kuva 5 Vatsan alueen leikkausviillot

kustannusten osalta. Jokaisella menetelmällä on omat vahvuutensa ja heikkoutensa, ja menetelmän valinta riippuu useista tekijöistä, kuten potilaan terveydentilasta, leikkauksen monimutkaisuudesta ja kirurgin kokemuksesta. [11], [30]

Perinteinen hysterektomia on leikkausmenetelmistä invasiivisin eli kajoavin ja vaatii suurimman kirurgisen viillon. Leikkaus tehdään usein joko vaakasuoran Pfannenstielin viillon tai pystysuuntaisen keskiviillon kautta [8] [11] (Kuva 5), mikä mahdollistaa hyvän näkyvyyden leikkausalueelle. Perinteisen menetelmän etuna on, että se soveltuu haastaviin tilanteisiin, kuten suurten kasvainten poistoon tai vakaviin gynekologisiin sairauksiin. Kuitenkin menetelmän haittoihin kuuluu pitkä toipumisaika, tyypillisesti 4–6 viikkoa [11], sekä suurempi verenvuoto- ja infektioriski verrattuna minimaalisesti invasiivisiin vaihtoehtoihin. [5]

Laparoskooppinen hysterektomia tarjoaa vähemmän invasiivisen vaihtoehdon perinteiselle menetelmälle. Tässä tekniikassa kirurgi tekee vatsaan pieniä viilloja, joiden kautta kamera ja pitkät kirurgiset instrumentit viedään sisään. Tämä menetelmä mahdollistaa paremman näkyvyyden leikkausalueelle kuin perinteinen hysterektomia ja vähentää merkittävästi potilaan toipumisaikaa, joka on noin 2–4 viikkoa [11]. Lisäksi leikkauksen jälkeinen kipu on vähäisempää, ja komplikaatioiden, kuten infektioiden ja runsaan verenvuodon, riski on

pienempi [11]. Laparoskooppinen hysterektomia vaatii kuitenkin kirurgilta suurta tarkkuutta ja käsien vakaata koordinaatiota, mikä vaatii kirurgilta paljon opettelua. [5]

Robottivusteinen hysterektomia on laparoskooppisen tekniikan kehittyneempi versio, jossa kirurgi ohjaa robotin avulla leikkausinstrumentteja etänä konsolista. Yleisimmin käytetty järjestelmä on Da Vinci -robotti, joka tarjoaa 3D-HD-näkymän leikkausalueelle ja mahdollistaa erittäin tarkan instrumenttien hallinnan. Tämän ansiosta kirurgi voi suorittaa leikkauksen vakaammin ja ergonomisemmin, mikä vähentää kirurgin fyysistä rasitusta leikkauksen aikana. Robottivusteinen tekniikka tarjoaa myös laparoskooppiseen menetelmään verrattuna paremman liikeradan ja mahdollisuuden monimutkaisempien leikkausten suorittamiseen minimaalisesti invasiivisesti. Useimmissa tapauksissa potilas voi palata normaaleihin rutiineihin noin 2 viikkoa leikkauksen jälkeen [11]. Menetelmän haittapuolena ovat kuitenkin korkeat kustannukset, pidempi leikkausaika ja se, että tekniikka edellyttää kirurgilta lisäkoulutusta Da Vinci -robotin ammattimaiseen ja turvalliseen käyttöön. [1], [29]

Kun vertaillaan eri hysterektomiamenetelmiä (Taulukko 1), voidaan todeta, että perinteinen hysterektomia on edelleen käyttökelpoinen vaihtoehto erityisesti monimutkaisissa tapauksissa, mutta se on invasiivisin ja vaatii pisimmän toipumisajan. Laparoskooppinen hysterektomia tarjoaa minimaalisesti invasiivisen vaihtoehdon, mutta se vaatii kirurgilta suurta tarkkuutta ja vakaata koordinaatiota. Robottivusteinen hysterektomia yhdistää laparoskooppisen tekniikan edut parannettuun tarkkuuteen ja ergonomiaan, mutta sen korkeat kustannukset ja tekninen vaativuus voivat rajoittaa sen laajempaa käyttöä. Toistaiseksi ei kuitenkaan ole merkittävää näyttöä, että robotista olisi suurta etua perinteiseen laparoskopiseen hysterektomiaan verrattuna. Tulevaisuudessa robottikirurgian kehitys ja kustannusten mahdollinen lasku robottien yleistyessä, voivat tehdä tästä menetelmästä yhä enemmän järkevämmän vaihtoehdon gynekologisissa leikkauksissa. [29]

Taulukko 1 Hysterektomiamenetelmien vertailua

Ominaisuus	Perinteinen hysterektomia	Laparoskooppinen hysterektomia	Robottivusteinen hysterektomia
Leikkaustapa	Vatsan alueelle tehtävä suuri viilto	Pienet viillot, kamera ja instrumentit	Pienet viillot, kirurgi ohjaa robottivarsia
Toipumisaika	4-6 viikkoa	2-4 viikkoa	1-3 viikkoa
Kivun määrä	Eniten kipua	Kohtalainen	Kohtalainen
Komplikaatoriski	Korkein	Melko matala	Melko matala
Arpien koko	Suuri arpi vatsan alueella	Pienet arvet vatsan alueella	Pienet arvet vatsan alueella
Kirurgin työergonomia	Raskas fyysisesti	Vaatii tarkkaa koodinaatiota	Ergonomisesti paras
Leikkausaika	Lyhempi kuin muissa	Kohtalainen	Pidempi kuin laparoskopiassa
Näkyvyys	Rajoitettu	2D-näkyvyys	3D-HD-näkyvyys
Instrumenttien liikkuvuus	Hyvä manuaalinen tarkkuus	Rajoittunut liikerata	Tarkka ja joustava liikerata
Kustannukset	Edullisin vaihtoehto	Kohtalainen	Kallein vaihtoehto
Oppiminen/koulutus	Lyhin	Pitkä	Pisin

4 Hyödyt ja haitat

Robottikirurgia on kehittynyt merkittäväksi osaksi nykyaikaista lääketiedettä, erityisesti gynekologisissa leikkauksissa. Tämä teknologia tarjoaa useita etuja perinteisiin kirurgisiin menetelmiin verrattuna, mutta sillä on myös omat rajoituksensa ja haasteensa. Robottijärjestelmät, kuten Da Vinci, mahdollistavat tarkan ja vähemmän invasiivisen leikkauksen, mutta niiden käyttöönotto tuo mukanaan myös uusia vaatimuksia ja kustannuksia.

4.1 Robottikirurgian hyödyt gynekologisissa leikkauksissa

Da Vinci -robottijärjestelmä tarjoaa useita etuja verrattuna perinteisiin kirurgisiin menetelmiin. Robottikäyttö mahdollistaa paremman tarkkuuden kuin kirurgin käsissä, sillä kaikki käsien luonnollinen vapina ja ei-toivotut liikkeet poistuvat, mikä lisää toimenpiteen hallittavuutta ja turvallisuutta. Lisäksi robotti tarjoaa paremman näkyvyyden kuin laparoskopiassa tai avoleikkauksessa. Da Vincin 3D-HD-kamera luo erinomaisen ja tarkan näkymän leikkausalueelle. Kamera on helposti liikuteltavissa ja pysyy stabiilina juuri siellä, missä on tarkoitus. [1], [2]

Robottivusteinen hysterektomia on vähemmän invasiivinen kuin avoin kohdunpoisto, mutta invasiivisuudeltaan se on verrattavissa laparoskooppiseen menetelmään. Toipuminen robottivusteisesta toimenpiteestä on pääsääntöisesti nopeampaa kuin avokirurgiassa, mutta melko samanlaista kuin laparoskooppisessa leikkauksessa (ks. Taulukko 1). Pienemmät leikkaushaavat ja lyhyempi toipumisaika vähentävät komplikaatoriskiä molemmissa mini-invasiivisissa menetelmissä eli sekä laparoskopiassa että Da Vinci robottileikkauksessa. [10], [16]

Kirurgien työergonomia on merkittävästi parempi da Vinci -järjestelmää käytettäessä verrattuna perinteisiin menetelmiin. Robottijärjestelmän konsoli on suunniteltu niin, että kirurgin työasento on mahdollisimman ergonominen, mikä vähentää fyysistä kuormitusta pitkien leikkausten aikana. [1]

4.2 Robottikirurgian haasteet ja rajoitteet gynekologiassa

Da Vinci -robottijärjestelmällä suoritettavat leikkaukset ovat usein hitaampia kuin perinteiset laparoskooppiset toimenpiteet. Tämä johtuu osittain siitä, että robotti vaatii kirurgilta

merkittävää lisäkoulutusta ja harjoittelua. Monet kirurgit hallitsevat perinteisen laparoskopian hyvin, mutta da Vincin käyttö edustaa täysin uutta tekniikkaa. [10]

Yksi merkittävimmistä haasteista da Vinci -järjestelmän käytössä ovat sen korkeat kustannukset verrattuna perinteiseen laparoskopiaan ja avoleikkaukseen. Korkean hankintahinnan ja ylläpitokustannusten vuoksi laitteita ei voida sijoittaa kaikkiin sairaaloihin, mikä tarkoittaa, että kaikkia potilaita ei ole mahdollista operoida esimerkiksi Helsingissä sijaitsevan robotin avulla. Tämä rajoittaa robottikirurgian saatavuutta ja lisää alueellista eriarvoisuutta hoitomahdollisuuksissa. [12], [16], [29]

Yksi robottikirurgian merkittävimmistä haasteista on haptisen palautteen eli voimapalautteen puute. Perinteisessä avoleikkauksessa ja laparoskopiassa kirurgi tuntee kudosten vastuksen ja voi säädellä voimaansa sen mukaan. Robottijärjestelmissä tämä tuntoaisti puuttuu, mikä voi lisätä riskiä liian voimakkaista otteista tai kudonvaurioista. [17]

5 Tulevaisuuden näkymät robottikirurgiassa gynekologiassa

Robottikirurgian tulevaisuus näyttää lupaavalta erityisesti tekoälyn, automaation ja uusien laitteistojen kehityksen myötä. Tekoälyavusteinen ohjaus voi merkittävästi parantaa kirurgisten toimenpiteiden tarkkuutta ja tehokkuutta. Esimerkiksi autonominen kameraohjaus mahdollistaa leikkausalueen optimaalisen seurannan ilman kirurgin manuaalista ohjausta, mikä voi lyhentää toimenpiteiden kestoa ja parantaa lopputuloksia. Tekoälyä hyödyntävien ohjausalgoritmien yhdistäminen kirurgisten robottien luontaisiin etuihin voi parantaa kirurgista käytäntöä monin tavoin: se voi vähentää teknisiä virheitä ja leikkausaikaa, helpottaa pääsyä vaikeasti saavutettaviin kehon osiin sekä parantaa lopputuloksia vähentämällä inhimillisen virheen mahdollisuutta. Näiden kehitysten myötä robottikirurgiasta voi tulla entistä tarkempaa, turvallisempaa ja laajemmin hyödynnettävää eri kirurgian aloilla. [21]

Satelliittien käyttö voisi avata uusia mahdollisuuksia robottikirurgialle, vieden sen kehittyviin maihin ja jopa avaruuteen. Etäkirurgia mahdollistaisi leikkausten suorittamisen alueilla, joilta puuttuu koulutettu henkilöstö. Tämä voisi tuoda merkittävän edistysaskeleen syrjäisten alueiden terveydenhuoltoon ja avaruusmatkoihin, joissa kirurginen apu saattaa olla ratkaisevan tärkeää. [18]

Virtuaalitodellisuuden (VR) pohjautuvaa kameran ohjausta on myös tutkittu. VR mahdollistaa entistä tarkemman ja intuitiivisemmän ohjauksen, mikä voi parantaa kirurgin kontrollia erityisesti etäkirurgiassa. Tämä voi myös tarjota paremman koulutusalueen uusille kirurgeille ja mahdollistaa turvallisemman harjoittelun. [2]

Erityisesti COVID-19-pandemian jälkeen on herännyt kiinnostusta puoliksi autonomisiin ja täysin autonomisiin robottijärjestelmiin. Näissä hyödynnetään tekoälyä sekä tietokonenäköä kirurgisten tehtävien automatisoinnissa. Tekoälyn yhdistäminen teleoperaatioon voisi mahdollistaa puoliksi autonomiset järjestelmät, jotka automaattisesti tunnistavat ja suorittavat tehtäviä esikoulutettujen mallien pohjalta. Koneoppiminen on tehokas tapa opettaa leikkausrobotteja toimimaan. Koneoppimisessa laite oppii aikaisemmista kokemuksista. Tämä voisi huomattavasti nopeuttaa ja tarkentaa toimenpiteitä. Tekoälyn käyttö robottikirurgiassa on todistetusti vähentänyt pehmytkudosvaurioita, mikä puolestaan lyhentää potilaiden palautumisaikaa. [17], [21]

Haptisen palautteen kehittäminen on yksi tärkeimmistä tavoitteista robottikirurgian kehityksessä. Nykyisin monet järjestelmät eivät tarjoa kirurgille riittävää tuntopalautetta kudoksen koostumuksesta, mikä voi vaikeuttaa robottileikkauksissa suoritettavien toimenpiteitä. Haptisen palautteen puute lisää turhien kudოსvaurioiden riskejä. Kehittyneempi haptinen palaute voisi antaa kirurgille paremman tuntuman ja lisätä toimenpiteiden tarkkuutta ja turvallisuutta. [17]

Robottikirurgian korkeat kustannukset selittyvät osittain sillä, että Intuitive Surgical Inc. on ainoa kaupallisten robottikirurgisten järjestelmien valmistaja. Kuitenkin vuonna 2019 osa heidän immateriaalioikeuksiansa koskevista patenteista umpeutui. Lähivuosina markkinoille on odotettavissa muitakin robottikirurgisia järjestelmiä. Uusien järjestelmien myötä kilpailu tulee lisääntymään. Muun muassa lisääntynyt kilpailu ja uudelleen käytettävät instrumentit johtavat robottileikkausten kustannusten alenemiseen, joka puolestaan parantaa robottileikkauksien saatavuutta. [18], [19]

5.1 Telekirurgia

Telelääketiede on lääketieteen ala, jossa hyödynnetään tietoliikenneteknologiaa terveydenhuollon palveluiden tarjoamiseen etänä. Se mahdollistaa potilaiden diagnosoinnin, hoidon, seurannan ja konsultoinnin ilman, että lääkäri ja potilas ovat fyysisesti samassa paikassa. Telelääketieteen perimmäisenä tavoitteena on tarjota erikoissairaanhoidopalveluja pitkienkin etäisyyksien yli. Mahdollisuus etäkonsultaatioon, diagnoosiin, hoitoon ja lääketieteellisiin toimenpiteisiin voi merkittävästi parantaa syrjäseuduilla asuvien potilaiden elämänlaatua, erityisesti siellä, missä erikoissairaanhoidon on rajallinen pääsy. [15], [18]

Telerobotiikka on telelääketieteen yksi osa-alueista. Telerobotiikka mahdollistaa myös telekirurgian. Telekirurgia tarkoittaa etäkirurgiaa, jossa kirurgeilla on mahdollisuus suorittaa leikkauksia etäyhteyden avulla robotisoidun kirurgisen järjestelmän kautta. Tämä mahdollistaa leikkauksen suorittamisen potilaan ollessa fyysisesti eri paikassa kuin kirurgi. Telekirurgia hyödyntää edistyneitä tietoliikenneyhteyksiä, robotiikkaa ja kuvantamisteknologiaa tarkkuuden ja turvallisuuden varmistamiseksi. [15], [18]

Ensimmäinen onnistunut telekirurginen leikkaus, "Lindberghin operaatio", tehtiin vuonna 2001 käyttämällä Zeus robottijärjestelmää. Leikkaus tehtiin siten, että potilas oli Strasbourgissa Ranskassa ja kirurgi puolestaan oli New Yorkissa. [15], [18]

Tietoliikennepalvelun laatu ja kaistanleveyden riittävyys ovat keskeisiä tekijöitä robottipohjaisessa telelääketieteessä. Lyhyen matkan telerobottijärjestelmissä, kuten da Vinci -kirurgisessa järjestelmässä, nämä haasteet voidaan ratkaista käyttämällä lähiverkkoa (LAN). Pitkien etäisyyksien tapauksessa, kuten Lindbergh-kokeessa Yhdysvaltojen ja Ranskan välillä, käytettiin optista kuituverkkoa Atlantin yli onnistuneen yhteyden varmistamiseksi. Kuitenkin tällainen ratkaisu ei ole käytännössä toteuttamiskelpoinen laajempaan käyttöön. [15]

Da Vinci -järjestelmä mahdollistaa teoriassa etäleikkaukset pitkien matkojen päästä, mutta aikaisemmat robottiversiot käyttivät lyhyen matkan viestintäprotokollaa, eli Ethernetia, jossa pää- ja seuraajalaitteet yhdistettiin optisella kuidulla. Uudemmat versiot mahdollistavat yksiköiden entistä joustavamman sijoittelun. [15]

Telerobotiikassa tiedonsiirto jakautuu kolmeen päätyyppiin [15]:

Reaaliaikainen ohjausdata: Robotin ohjaussilmukka kulkee tietoliikenneyhteyden kautta, joten verkon laatu ja viiveet ovat kriittisiä. Viiveet ja datapakettien häviöt voivat heikentää järjestelmän suorituskykyä, joka voi olla potilaille hengenvaarallista. [15], [31]

Lääketieteellinen videokuva: Videokuva siirretään seuraajalaitteelta päälaitteelle, ja sen laatu riippuu käytetystä videokooderista, jonka tehtävänä on määrittellä videon ominaisuudet, kuten bittinopeuden ja datapakettien koon. Diagnostisesti häviöttömän tiedonsiirron on varmistettava, ettei lääketieteellisen videon laatu kärsi siirron aikana. [15], [31]

Hallintadata: Sisältää järjestelmän asetuksia, kuten ohjaussilmukan näytteenottotaajuuden ja järjestelmän resetoinnin. Tämä tiedonsiirto on vähäistä eikä kuormita verkkoa merkittävästi. [15], [31]

6 Yhteenveto

Robottikirurgia on mullistanut leikkaustekniikoita erityisesti gynekologisten toimenpiteiden, kuten hysterektomian, kohdalla. Kuitenkin kysymys niiden järkevyydestä ja kustannustehokkuudesta herättää edelleen keskustelua. Robottivusteinen leikkaus, kuten Da Vinci -robotti, tarjoaa tarkkuutta ja ergonomista etua, mutta haasteina ovat viive, haptisen palautteen puute ja tekoälyn rajallinen hyödyntäminen.

Da Vinci -robottijärjestelmä on muuttanut hysterektomia-leikkauksia ja muita gynekologisia leikkauksia tarjoamalla paremman näkyvyyden, hienovaraisemmat liikkeet ja vähemmän kudonsvaurioita. Potilaille tämä tarkoittaa nopeampaa toipumista, vähemmän komplikaatioita ja lyhyempää sairaalassaoloaika.

Robottikirurgia on kehittynyt huomattavasti, mutta perinteinen laparoskopia on yhä laajasti käytetty ja usein kustannustehokkaampi vaihtoehto. Vaikka robottikirurgia tarjoaa parempaa tarkkuutta, ergonomiaa ja vähemmän käden värinää, sen yleistymistä rajoittaa korkea hinta. Saavutettavuuden parantaminen on tärkeä kehityssuunta robottikirurgiassa. Korkeat kustannukset ovat olleet yksi suurimmista esteistä teknologian laajemmalle käyttöönotolle. Kustannusten lasku ja robottijärjestelmien yleistyminen voisivat lyhentää leikkausjonoja ja tehdä kirurgisista toimenpiteistä entistä helpommin saavutettavia eri puolilla maailmaa.

Tulevaisuudessa robottikirurgian kehitys keskittyy kustannusten alentamisen lisäksi mm. tekoälyyn ja haptiseen palautteeseen. Uudet järjestelmät voivat tehdä leikkauksista entistä tarkempia ja saavutettavampia. Samalla robottikirurgian koulutuksen lisääminen voisi laajentaa sen käyttöä ja vähentää perinteiseen kirurgiaan liittyviä rajoitteita.

Robottileikkauksiin liittyy myös mahdollisia teknisiä haasteita, kuten laitteiston toimintahäiriöitä tai viiveitä kirurgin konsolin ja robotin instrumenttien välillä. Tällaiset ongelmat voivat hidastaa leikkausta ja lisätä riskejä, jos laitteisto ei toimi odotetulla tavalla. Nämä tulevat ongelmaksi erityisesti etäleikkauksissa, jossa kirurgi on eri paikassa kuin potilas.

Vaikka telekirurgia mahdollistaa huippukirurgien osaamisen hyödyntämisen etäyhteyksien kautta, sen laajamittaista käyttöönottoa hidastavat korkeat kustannukset, lainsäädännön epäselvyydet ja teknologian asettamat haasteet. Toisaalta telekirurgia voi edistää kestävä

kehitystä ja vähentää ilmastokuormitusta, koska kirurgien ei tarvitse matkustaa paikasta toiseen suorittamaan toimenpiteitä.

Vaikka tele- ja robottikirurgia eivät vielä täysin korvaa perinteisiä menetelmiä, ne tarjoavat merkittäviä etuja ja kehittyvät nopeasti. Kustannusten lasku, koulutuksen lisääminen ja teknologian kehittyminen voivat tehdä niistä tulevaisuudessa entistä yleisempiä ja tehokkaampia vaihtoehtoja.

Lähteet

- [1] *History of robotic surgery: From AESOP® and ZEUS® to da Vinci®*, F. Pugin, P. Bucher, P. Morel, lokakuu 2011, doi:10.1016/j.jviscsurg.2011.04.007 (viitattu 6.11.2024, 16.2.2025)
- [2] *Remote Presence: Development and Usability Evaluation of a Head-Mounted Display for Camera Control on the da Vinci Surgical System*, Tareq Dardona, Shahab Eslamian, Luke A. Reisner and Abhilash Pandya *, 19.4.2019, <https://doi.org/10.3390/robotics8020031> (viitattu 6.11.2024)
- [3] *Kohdunpoisto 2020-luvulla*, Päivi Rahkola-Soisalo, Jaana Seikkula ja Tomi Mikkola, Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim 2024;140(19):1627-32, url: <https://www.duodecimlehti.fi/duo18451/hysterektomia> (viitattu 18.3.2025)
- [4] *Total laparoscopic hysterectomy versus da Vinci robotic hysterectomy: is using the robot beneficial?*, Enrique Soto, Yungtai Lo, Kathryn Friedman, Carlos Soto, Farr Nezhat, Linus Chuang, Herbert Gretz, 5. joulukuuta 2011, DOI: <https://doi.org/10.3802/jgo.2011.22.4.253> (viitattu 14.11.2024)
- [5] *Surgical approach to hysterectomy for benign gynaecological disease*, Johanna WM Aarts, Theodor E Nieboer, Neil Johnson, Emma Tavender, Ray Garry, Ben Willem J Mol, Kirsten B Kluivers, 12. elokuuta 2015 ;2015(8):CD003677. doi: 10.1002/14651858.CD003677.pub5 (viitattu 13.11.2024, 16.2.2025)
- [6] *Kohdunkaulasyövän hoito*, Johanna Mäenpää, Tuija Wigren, Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim 2014;130(16):1607-12, url: <https://www.duodecimlehti.fi/duo11790> (viitattu 13.11.2024)
- [7] *total hysterectomy*, National Cancer Institute, url: <https://www.cancer.gov/publications/dictionaries/cancer-terms/def/total-hysterectomy> (viitattu 14.11.2024)
- [8] *Hysterectomy*, Johns Hopkins Medicine, url: <https://www.hopkinsmedicine.org/health/treatment-tests-and-therapies/hysterectomy> (viitattu 14.11.2024, 27.1.2025)
- [9] *Kohdunpoisto 2020-luvulla*, Päivi Rahkola-Soisalo, Jaana Seikkula ja Tomi Mikkola, Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim 2024;140(19):1627-32, url: <https://www.duodecimlehti.fi/duo18451/hysterektomia>
- [10] *Total laparoscopic hysterectomy versus da Vinci robotic hysterectomy: is using the robot beneficial?*, Enrique Soto, Yungtai Lo, Kathryn Friedman, Carlos Soto, Farr Nezhat, Linus Chuang, Herbert Gretz, 5. joulukuuta 2011, DOI: <https://doi.org/10.3802/jgo.2011.22.4.253> (viitattu 16.2.2025)

- [11] *Hysterectomy: a comprehensive surgical approach*, Alkatout Ibrahim, Mettler Liselotte, 2018, (viitattu 27.1.2025 ja 25.3.2025), DOI: 10.1007/978-3-319-22497-8
- [12] *Tämä robotti nousi jätti-suosioon yliopisto-sairaalassa – leikannut jo 3 000 potilasta, ja nyt sille on pitkät jonot*, Marianne Mattila, 4.5.2024, url: <https://yle.fi/a/74-20086170> (viitattu 16.2.2025)
- [13] *Toward Human-Out-of-the-Loop Endoscope Navigation Based on Context Awareness for Enhanced Autonomy in Robotic Surgery*, Ziyang Chen, Ke Fan , Laura Cruciani, Matteo Fontana, Lorenzo Muraglia, Francesco Ceci, Laura Travaini, Giancarlo Ferrigno and Elena De Momi, elokuu 2024, DOI: 10.1109/TMRB.2024.3422618 (viitattu 24.2.2025)
- [14] *Ethernet: the definitive guide*, Charles E. Spurgeon, Helmikuu 2000 (viitattu 24.2.2025)
- [15] *Medical telerobotic systems: current status and future trends*, Sotiris Avgousti, Eftychios G. Christoforou, Andreas S. Panayides, Sotos Voskarides, Cyril Novales, Laurence Nouaille, Constantinos S. Pattichis and Pierre Vieyres, 2. elokuuta 2016, DOI: 10.1186/s12938-016-0217-7 (viitattu 25.2.2025 ja 25.3.2025)
- [16] *The future of robotics*, Hannah Warren ja Prokar Dasgupta, 25. elokuuta 2017, DOI: <https://doi.org/10.4111/icu.2017.58.5.297> (viitattu 18.3.2025)
- [17] *Robotics and AI for Teleoperation, Tele-Assessment, and Tele-Training for Surgery in the Era of COVID-19: Existing Challenges, and Future Vision*, Navid Feizi, Mahdi Tavakoli, Rajni V. Patel ja S. Farokh Atashzar, 14. huhtikuuta 2021, DOI: 10.3389/frobt.2021.610677 (viitattu 15.3.2025)
- [18] *Surgery in space: the future of robotic telesurgery*, Tamás Haidegger, József Sándor, Zoltán Benyó, 22. heinäkuuta 2010, DOI: 10.1007/s00464-010-1243-38
- [19] *Future of robotic surgery in urology*, Jens J. Rassweiler, Riccardo Autorino, Jan Klein, Alex Mottrie, Ali Serdar Goetzen, Jens-Uwe Stolzenburg, Koon H. Rha, Marc Schurr, Jihad Kaouk, Vipul Patel, Prokar Dasgupta, Evangelos Liatsikos, 20. maaliskuuta 2017, DOI: <https://doi-org.ezproxy.utu.fi/10.1111/bju.13851> (viitattu 18.3.2025)
- [20] *Da Vinci Robot-Assisted Video Image Processing under Artificial Intelligence Vision Processing Technology*, Qiangli Cheng, Yajun Dong, 30. huhtikuuta 2022, DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/2752444> (viitattu 18.3.2025)
- [21] *Artificial Intelligence and the Future of Surgical Robotics*, Panesar Sandip, Cagle Yvonne, Chander Divya, Morey Jose, Fernandez-Miranda Juan, Kliot Michel, elokuu 2019 DOI: 10.1097/SLA.0000000000003262 (viitattu 18.3.2025)
- [25] *From Leonardo to da Vinci: the history of robot-assisted surgery in urology*, David R. Yates, Christophe Vaessen, Morgan Roupret, 27. syyskuuta 2011, DOI: <https://doi-org.ezproxy.utu.fi/10.1111/j.1464-410X.2011.10576.x> (viitattu 21.3.2025)

[26] *Robotic assisted minimally invasive surgery*, Jaydeep H Palep, tammikuu-maaliskuu 2009, DOI: 10.4103/0972-9941.51313 (viitattu 21.3.2025)

[27] *A comparison between the da Vinci Xi EndoWrist Stapler and a conventional laparoscopic stapler in rectal transection: A randomized controlled trial*, Nan Zun Teo, James Chi-Yong Ngu, DOI: 10.1002/rcs.2501, 24.1.2023 (viitattu 21.3.2025)

[28] *Robotti auttaa gynekologisessa laparoskopiassa*, Päivi Pakarinen, Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim 2015;131(17):1537-8, url: <https://www.duodecimlehti.fi/duo12421> (viitattu 25.3.2025)

[29] *Robotti gynekologisessa kirurgiassa*, Päivi Pakarinen ja Eija Tomás, Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim 2011;127(17):1864-71, url: <https://www.duodecimlehti.fi/duo99765/hysterektomia>

[30] *Muuttuva kohdunpoisto*, Tea Brummer, Päivi Härkki ja Oskari Heikinheimo Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim 2011;127(17):1823-5, url: <https://www.duodecimlehti.fi/duo99755;value=hysterektomia>

[31] *Technical and ethical considerations in telesurgery*, Patel Vipul, Saikali Shady, Moschovas Marcio Covas, Patel Ela, Satava Richard, Dasgupta Prokar, Dohler Mischa, Collins Justin W., Albala David, Marescaux Jacques, 17. tammikuuta 2024, DOI: <https://doi.org/10.1007/s11701-023-01797-3> (viitattu 30.3.2025)

Liitteet

Kuva 1: *Robotic assisted minimally invasive surgery*, Jaydeep H Palep, tammikuu-maaliskuu 2009, DOI: 10.4103/0972-9941.51313 (viitattu 21.3.2025)

Kuva 2: *Laparoscopic Robotic Surgery: Current Perspective and Future Directions - Scientific Figure on ResearchGate*, url: https://www.researchgate.net/figure/The-range-of-motion-of-the-da-Vinci-EndoWrist-end-effector-The-EndoWrist-has-motions_fig4_341714471 (viitattu 21.3.2025)

Kuva 3: *An Overview of Hysterectomy*, url: <https://www.carehospitals.com/blog-detail/an-overview-of-hysterectomy/> (viitattu 13.11.2024)

Kuva 4: *Kohdunpoisto 2020-luvulla*, Päivi Rahkola-Soisalo, Jaana Seikkula ja Tomi Mikkola, *Läketieteellinen Aikakauskirja Duodecim* 2024;140(19):1627-32, url: <https://www.duodecimlehti.fi/duo18451/hysterektomia> (viitattu 13.11.2024)

Kuva 5: *Vatsaontelon sulkeminen - miten ehkäisen arpityrän?*; Elisa Mäkäräinen-Uhlbäck, Tero Rautio; *Läketieteellinen Aikakauskirja Duodecim* 2020;136(11):1339-45; url: <https://www.duodecimlehti.fi/duo15630>

Taulukko 1: *Hysterektomiamenetelmien vertailua*, Maria Säilä, 27.1.2025