

**ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITA' DI BOLOGNA**  
**FACOLTA' DI INGEGNERIA**

**Corso di laurea in**  
Ingegneria Biomedica

**LA CHIRURGIA ROBOTICA MININVASIVA: IL SISTEMA ROBOTICO**  
**DA VINCI**

**Tesi di laurea in**  
Ingegneria Clinica

**Relatore:** Claudio Lamberti

**Presentato da:** Licia Verasani

*Anno Accademico 2018/2019*

*Sessione III*

# LA CHIRURGIA ROBOTICA MININVASIVA: IL SISTEMA ROBOTICO DA VINCI

## INDICE

<b>Introduzione: La chirurgia robotica. Il Da Vinci.....</b>	<b>4</b>
0.1 La robotica sanitaria.....	4
0.2 La chirurgia robotica.....	4
0.2.1 La microchirurgia robotica.....	5
0.2.2 Dispositivi robotici per la chirurgia mininvasiva.....	5
0.3 Il robot Da Vinci.....	5
<b>Capitolo 1: La consolle chirurgica.....</b>	<b>8</b>
1.1 I componenti della consolle chirurgica.....	9
1.1.1 Master controller.....	9
1.1.2 Visore stereo.....	10
1.1.3 Touchpad.....	10
1.1.4 Pod.....	11
1.1.5 Pannello di interruttore a pedale.....	11
1.2 Posizionamento della consolle chirurgica.....	11
1.3 Sistemi di connessione.....	11
1.4 Doppia consolle.....	12
<b>Capitolo 2: Carello paziente.....</b>	<b>13</b>
2.1 I componenti del carrello paziente.....	14
2.1.1 Setup joints.....	14
2.1.2 Bracci con strumenti.....	14
2.1.3 Braccio con endoscopio.....	15
2.1.4 Motore di posizionamento.....	15
2.2 Posizionamento del carrello paziente.....	15
2.3 Sistemi di connessione.....	16
<b>Capitolo 3: Carrello visione.....</b>	<b>17</b>
3.1 I componenti del carrello visione.....	17
3.1.1 Core.....	18
3.1.2 Scatola di controllo strumenti.....	18
3.1.3 Illuminatore.....	18
3.1.4 Endoscopi.....	18
3.1.5 Testa della telecamera stereo HD.....	19
3.1.6 Unità di controllo della videocamera HD.....	19
3.1.7 Touchscreen.....	19
3.1.8 Contenitori di serbatoi.....	20
3.2 Posizionamento del carrello visione.....	20
<b>Capitolo 4: Applicazioni e sviluppo.....</b>	<b>21</b>
4.1 Applicazioni.....	21
4.1.1 Prostatectomia.....	21
4.1.2 Chirurgia addominale.....	22

4.1.3 Chirurgia ginecologica.....	23
4.2 Sviluppo.....	24
<b>Appendici.....</b>	<b>26</b>
5.1 Il sistema di visione.....	26
5.2 L'elettrobisturi.....	26
5.3 I motori.....	26
<b>Conclusioni.....</b>	<b>28</b>
<b>Bibliografia.....</b>	<b>29</b>
<b>Sitografia.....</b>	<b>29</b>
<b>Ringraziamenti.....</b>	<b>30</b>

## INTRODUZIONE

La seguente trattazione riguarda le applicazioni dell'ingegneria in campo medico. Al giorno d'oggi, gli strumenti e le tecniche di cui ci si avvale partono dalla diagnostica per arrivare fino alla chirurgia. Negli ultimi vent'anni la Commissione Europea (CE) ha fortemente sostenuto e incentivato l'applicazione delle Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione (ICT) nel settore sanitario; spaziando dalle cartelle cliniche elettroniche, alle reti di informazione sanitaria, alle protesi intelligenti e alla chirurgia robotizzata.

0.1 La robotica sanitaria è il dominio dei sistemi in grado di eseguire azioni meccatroniche coordinate sulla base di informazioni acquisite attraverso le tecnologie dei sensori. Dalla collaborazione tra i rappresentanti delle discipline medico-sanitarie e ingegneristiche si è giunti, tra tante altre, allo sviluppo di nuove branche come la chirurgia mininvasiva e la chirurgia robotica. La prima di queste è costituita dall'insieme di tecniche mirate a ridurre l'ampiezza delle vie di accesso al sito chirurgico, in modo tale da minimizzare il trauma legato all'attraversamento della parete del distretto coinvolto, essa storicamente ha avuto origine dall'evoluzione della laparoscopia diagnostica. La seconda è la branca dell'ingegneria biomedica che sviluppa gli elementi robotici in grado di praticare interventi chirurgici eseguendo manovre comandate a distanza da un operatore; e nacque dalla necessità di mezzi attraverso cui adempiere ai compiti della prima. In quest'area, i robot, che inizialmente dovevano supportare il chirurgo, ne stanno prendendo il posto nell'assoluzione di alcuni compiti che lo stesso operatore, da solo, non è in grado di svolgere a causa della precisione, della durata e della ripetibilità dei sistemi. Con i sistemi di chirurgia robotica è possibile eseguire chirurgia aperta, chirurgia mininvasiva, tele-chirurgia remota, pianificazione preoperatoria, prove chirurgiche, navigazione intraoperatoria, e simulazione chirurgica da un unico punto. Attualmente i robot in questo dominio sono utilizzati nella chirurgia del cervello, del cuore, del midollo spinale, del ginocchio, della gola, dei reni e degli occhi.

La laparoscopia diagnostica è un metodo attraverso il quale si inserisce una telecamera in cavità addominale per poterne vedere e analizzare le patologie da vicino. Una diretta conseguenza di questa tecnica fu la video-laparo-chirurgia, o VLC, tecnica chirurgica che prevede l'esecuzione di un intervento chirurgico addominale senza apertura della parete. La VLC è una branca della più generale video-chirurgia, che consiste nell'intervenire attraverso incisioni tra i 0,5 e 1,2 cm per introdurre sia la telecamera, sia gli strumenti necessari all'intervento.

0.2 Entrando specificatamente nell'ambito della chirurgia robotica si possono distinguere diverse aree di innovazione:

- Microchirurgia robotizzata
- Chirurgia di precisione robotizzata
- Dispositivi robotici per chirurgia mininvasiva
- Micro e nanobot medici
- Chirurgia remota
- Assistenza robotizzata per piccoli interventi medici
- Assistenza chirurgica robotizzata.

### 0.2.1 La microchirurgia assistita da robot.

Ancor oggi in quegli interventi chirurgici che si concentrano su tessuti piccoli e delicati e sui tessuti molli, è superiore la mano del chirurgo, rispetto al robot, in quanto più facilmente adattabile al comportamento del tessuto in questione. I chirurghi, però, possono essere assistiti da robot per precisione e microchirurgia; questi, infatti, possono scalare i movimenti del chirurgo, filtrare il tremore fisiologico impedendo errori ed imperfezioni nell'esecuzione. Di conseguenza, i progressi in questo settore saranno rivolti alla sempre minor invasività, alla possibilità di accedere a strutture profonde e alla fornitura di immagini precise ad un sempre maggior ingrandimento. I miglioramenti si notano nel controllo dei sistemi, nelle interfacce tra cui destrezza, feedback tattile, sensori di forza più piccoli e navigazione 3D. Per perfezionare le prestazioni nei tessuti molli sono necessari modelli migliori e una migliore interazione tra tessuto e strumento. In generale, le applicazioni di maggior successo saranno quelle in grado di sostituire i punti deboli di un chirurgo umano con i punti forti di un robot: resistenza, precisione, ripetibilità e affidabilità.

Produttori e prodotti principali in questo campo sono:

- The Acrobot Company Ltd (UK) ha sviluppato The ACROBOT
- Johns Hopkins University (USA) sta sviluppando Steady Hand Robot
- Hansen Medical Inc. (USA) ha sviluppato il Sensei Robotic Cather System and Artisan Control Catheter per uso commerciale.
- Intuitive Surgical Inc. (USA) ha sviluppato il Da Vinci Surgical System (già sul mercato).

### 0.2.2 Dispositivi robotici per la chirurgia mininvasiva (MIS)

Il successo della chirurgia mininvasiva risiede nel fatto che causa meno traumi per il paziente e conseguentemente si rileva una guarigione più rapida. Per il chirurgo questa tecnica risulta più complicata perché tutto deve essere fatto attraverso alcuni piccoli buchi, egli non vede direttamente a cosa sta lavorando, richiede più tempo e l'uso degli strumenti è meno intuitivo. Sono solo gli strumenti ad entrare nel corpo del paziente, il che richiede lo sviluppo di attrezzature specializzate e più che specifiche, come telecamere, supporti di orientamento e sistemi di imaging intraoperatorio.

Questo genere di robot aiutano fornendo un'interfaccia più ergonomica e intuitiva, aumentando la precisione e la comodità; tale interfaccia non deve essere sopra il campo operatorio. Il chirurgo si può sedere in una posizione confortevole e controllare tutti gli strumenti da un'unica postazione, dalla quale vede anche un'immagine tridimensionale orientata del campo operatorio.

Le procedure difficili, rare e di lunga durata possono essere eseguite così dal personale specializzato.

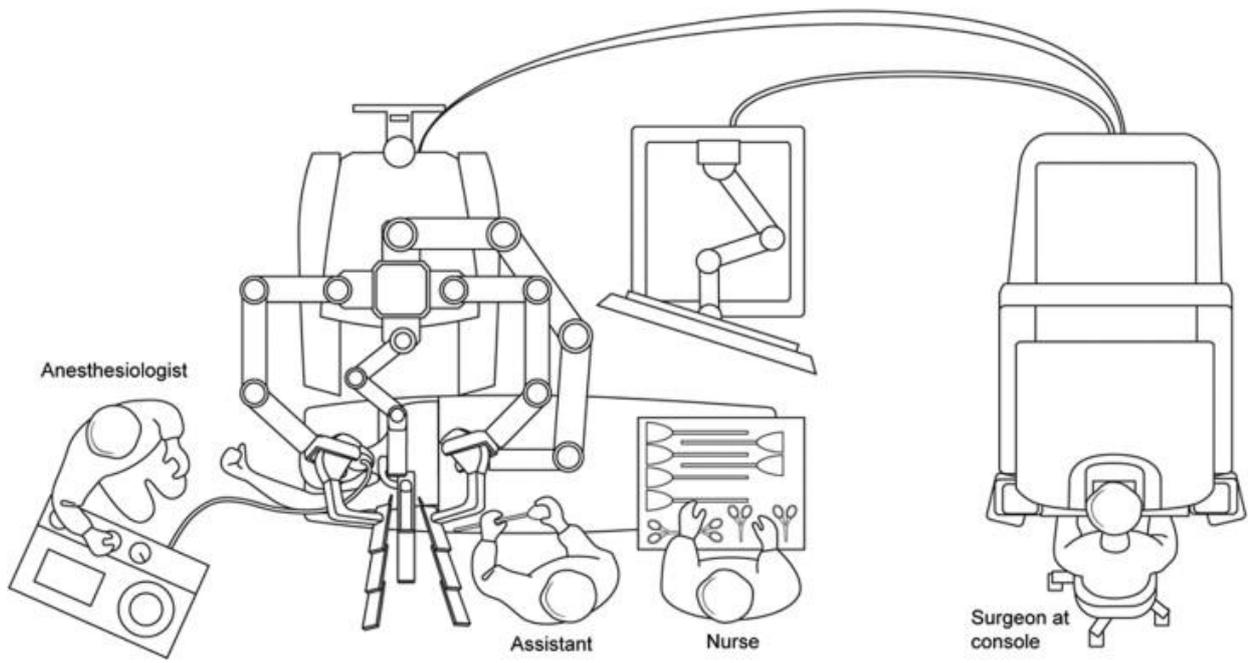
Il prodotto principale che risponde a queste caratteristiche è il Da Vinci Surgical System, sviluppato dalla Intuitive Surgical Inc. sul concetto della *Immersive Intuitive Interface*, e già in commercio. Spesso i sistemi per la chirurgia mininvasiva si sovrappongono a sistemi per la microchirurgia, come il noto robot chirurgico appena citato.

0.3 Il robot Da Vinci è la piattaforma più all'avanguardia presente sul mercato, disponibile in due diversi sistemi: il Da Vinci Si e il Da Vinci Xi. Il primo, che fece il suo ingresso sul mercato nel 1999 è considerato, ora come 20 anni fa, il gold standard per le procedure di media complessità in campi quali l'urologia, la ginecologia, e la chirurgia generale per un singolo quadrante. Il secondo invece, è un'innovazione del Da Vinci Si, introdotto in Italia nel 2014, rappresenta lo strumento ideale per la chirurgia ad alta complessità in campi chirurgici ampi e multi-quadrante, grazie in particolare alla sua estrema mobilità. Risulta così adatto agli interventi in campo urologico, ginecologico e di chirurgia generale complessa, massimizzando gli accessi anatomici e garantendo una visione 3D-HD. Questa ultima versione trascende le limitazioni della chirurgia permettendo al chirurgo di eseguire interventi chirurgici complessi con una tecnica minimamente invasiva, aggiungendo una visione 3D ad alta definizione combinata alla strumentazione Endowrist e il sistema intuitivo del controllo degli strumenti.

Il robot Da Vinci nasce nel 1995 negli Stati Uniti, grazie alla Intuitive Surgical Inc., fondata nello stesso anno e che rimarrà fino ad oggi l'unico produttore di questa tecnologia. La prima entrata in sala operatoria per un vero intervento chirurgico risale al 1997, mentre la prima commercializzazione si avrà un anno dopo. Da qui la diffusione è in continuo aumento, aumento comprovato dall'incremento del trend di installazione. L'Italia è il paese europeo con il più grande numero di sistemi installati, rappresentanti il 19% del mercato europeo, seguita poi da Francia, Belgio e Germania.



I vantaggi di questa tecnologia risiedono nell'incredibile precisione chirurgica e nella minima invasività della procedura. Le conseguenze si riscontrano nelle minori perdite ematiche, nel minor periodo di degenza post-operatoria, nella diminuzione delle infezioni chirurgiche, nel miglior risultato cosmetico per l'assenza di cicatrici.



## CAPITOLO 1: LA CONSOLLE CHIRURGICA



La consolle chirurgica è il centro di controllo del sistema da Vinci Xi. Essa si trova posizionata esternamente al campo sterile, è la struttura presso la quale si posiziona il chirurgo e dalla quale controlla l'endoscopio 3D e gli strumenti EndoWrist, applicati ai bracci, per mezzo di manipolatori (master) e di pedali. Nel visore stereo le punte degli strumenti sono allineate con i manipolatori, così da simulare l'allineamento naturale di occhio-mano-strumento tipico della chirurgia classica, ovviando a errori e complicazioni dovuti al tremore fisiologico delle mani del chirurgo. Qui l'operatore appoggia gli avambracci sulla consolle, scaricando il peso; inserisce la testa nell'apposito vano, appoggiando la fronte e direzionando lo sguardo nei due oculari posti al centro dello stesso. Le mani andranno ad interagire con manipolatori, all'interno dei quali si infilano le dita, il cui modulo di controllo trasforma il segnale meccanico impostogli, in segnale elettrico, trasmettendolo a sua volta ai bracci meccanici tramite appositi attuatori. Ulteriori comandi si trovano sia agli estremi del supporto per gli avambracci sia sulla pedaliera, completando la funzionalità della consolle.

In particolare, i manipolatori, o master, controllano la movimentazione dei bracci per gli strumenti laparoscopici e consentono di gestire il braccio centrale, che sostiene e posiziona il video-endoscopio.

Il sistema di visualizzazione 3DHD (Insite Vision System) e visore stereo, fornisce le immagini rilevate dall'endoscopio, che deve essere quello appositamente realizzato dalla Intuitive Surgical Inc. e che apporta diversi vantaggi:

- una risoluzione full HD delle immagini;
- un campo visivo più ampio, 16:9;
- uno zoom digitale con 7 livelli di ingrandimento raggiungibili senza la necessità di muovere l'endoscopio, riducendo così l'interferenza di questo con gli strumenti chirurgici;

- il tipo di visualizzazione; infatti l'operatore può passare in qualsiasi momento dalla vista a schermo intero (visualizzazione del campo operatorio) a quella a più immagini, integrando l'ecografo e l'ECG attraverso ingressi ausiliari.

Infine di questo componente fanno parte comandi e indicatori, necessari a selezionare le varie funzioni del sistema Da Vinci. Quelle utilizzate durante la procedura di preparazione ma non durante l'intervento vero e proprio si trovano sui braccioli, mentre quelle che saranno necessarie durante lo svolgimento dell'intervento sono selezionabili tramite interruttori a pedali.

### 1.1 La console chirurgica consta di:

- Master controller
- Visore stereo
- Touchpad
- Pod destro e Pod sinistro
- Pannello di interruttore a pedale

#### 1.1.1 Master Controller

I master controller forniscono al chirurgo i mezzi per controllare gli strumenti e l'endoscopio all'interno del paziente, consentono una gamma naturale di movimenti e offrono un comfort ergonomico anche durante procedure prolungate.

Il loro utilizzo prevede che l'operatore afferri ogni master con il suo pollice e indice (o medio), inserendo le dita in queste due coppie di anelli. Gli strumenti EndoWrist sono controllati e manovrati dall'avvicinamento, allontanamento e inclinazione di pollice e medio, l'uno rispetto all'altro; mentre l'endoscopio all'interno del paziente viene gestito dal movimento della mano o del braccio.

Questi movimenti sono esattamente e perfettamente replicati dal carrello paziente, estendendo virtualmente le mani dell'operatore nel campo chirurgico.





### 1.1.2 Visore stereo

Il visore stereo fornisce l'immagine video in diretta all'operatore seduto alla console, la porta panoramica fornisce supporto ergonomico a testa e collo, quindi un grande comfort durante le procedure più estese.

Quando l'endoscopio è attivato i canali video sinistro e destro, integrati dal visualizzatore stereo, forniscono un'immagine video 3D continua, estendendo la visione del chirurgo sul campo operatorio. Il visore stereo visualizza anche messaggi e icone che trasmettono lo stato del sistema.



### 1.1.3 Touchpad

Il touchpad è localizzato al centro del bracciolo della console chirurgica e fornisce i mezzi per selezionare le varie funzionalità di sistema.

#### 1.1.4 Pod destro e Pod sinistro

Il pod sinistro e il pod destro sono localizzati su entrambi i braccioli della console chirurgica. Il pod sinistro permette di controllare la posizione ergonomica, mentre su quello destro si trovano i pulsanti di accensione (Power) e stop di emergenza (Emergency Stop).

#### 1.1.5 Pannello di interruttore a pedale

Il pannello di interruttore a pedale si trova sul pavimento, direttamente sotto l'operatore ed è utilizzato per selezionare le varie attività chirurgiche.

### 1.2 Posizionamento della Consolle Chirurgica

La consolle chirurgica è posizionata all'esterno del campo sterile ed è dotata di maniglie su entrambi i lati per essere spostata e posizionata. Le maniglie si trovano in punti laterali e precisi della console in modo tale da evitare che siano spinte la parte anteriore o posteriore, più sensibili e facilmente soggette a danni.

Se possibile, l'orientamento migliore della consolle è quello che permette al chirurgo di avere una vista diretta e completa del campo operativo e una chiara linea di comunicazione con l'operatore del Carrello Paziente.

I freni, indicati da un'etichetta, si trovano su ciascun lato della base della consolle, la quale deve essere bloccata una volta posizionata per la chirurgia. Spingendo sul pedale si aziona il freno corrispondente, il cui funzionamento è confermato dall'accensione di una spia con il simbolo del lucchetto. È necessario attivare un solo freno perché il pannello dell'interruttore a pedale si abbassi, ma è consigliabile applicarli entrambi lo stesso per ottenere una maggiore stabilità. Il procedimento per sbloccare il freno è il medesimo, applicando una pressione sul pedale esso torna in posizione neutra e il freno è sbloccato; è necessario rilasciare entrambi i freni perché il pannello di interruttori a pedali si sollevi, abilitando il trasporto della consolle.

### 1.3 Sistemi di connessione

- Accensione: si collega il cavo AC alle prese a muro supportate da alimentazione di riserva. La consolle chirurgica ha un cavo lungo 4,6 metri; richiede una potenza di 1000 VA continui, o 8.4 A a 115 V, o 4.2 A a 230 V; mentre la potenza in standby è di 95 VA, o 0.8 A a 115 V, o 0.4 A a 230 V.
- Cavi di sistema: i cavi sono gli stessi sia per la consolle chirurgica sia per il carrello paziente, permettono la trasmissione di audio, video e dati in fase operativa e si trovano annessi al carrello visione. Tali cavi hanno una matrice in fibra ottica, motivo per il quale attorcigliamento e arrotolamento errato potrebbero portare al danneggiamento degli stessi.

#### 1.4 Doppia consolle

La continua ricerca di risultati sempre migliori ha portato allo sviluppo di tecniche sofisticate e all'avanguardia. Tra queste la possibilità di predisporre una seconda consolle opzionale che, comandate da un secondo chirurgo, permette ai due di collaborare. Il secondo dispositivo, oltre a possedere tutte le caratteristiche della prima consolle, ha anche funzioni di supporto, strumenti tra cui i puntatori virtuali, che assistono i chirurghi durante tutto l'intervento.

Entrambi i chirurghi condividono la stessa visione 3D del campo operatorio e condividono l'utilizzo dei bracci, quindi muoveranno l'endoscopio e gli strumenti alternativamente a seconda della necessità. Per fare tutto questo in maniera coesa e coerente sono collegati da un sistema di interfono che permette le comunicazioni tra tutti i presenti all'interno della sala operatoria.

Il puntatore virtuale è uno strumento grafico tridimensionale di forma conica che appare in sovrapposizione sull'immagine video, in tempo reale, consentendo all'operatore di indicare specifiche regioni anatomiche visualizzate sullo schermo; con lo scopo sia di comunicare con gli altri addetti sia di spiegare ed insegnare a terzi. Infatti la possibilità di operare da più stazioni consente un apprendimento corretto delle procedure, permettendo la formazione di specialisti nel settore.

A questo scopo, inoltre, la Intuitive Surgical, conscia del problema della formazione, ha elaborato simulatori virtuali che consentono a tutti i chirurghi di migliorare la propria manualità e di sviluppare abilità specifiche necessarie, che risultano di verse da quelle della chirurgia tradizionale



## CAPITOLO 2: IL CARRELLO PAZIENTE



Il carrello paziente è il componente operativo del sistema ed è costituito di quattro braccia dedicate al supporto di strumenti ed endoscopio. La struttura è formata da un basamento ad H su ruote e da una colonna che regge i quattro bracci. La tecnologia a centro remoto utilizzata, in cui si vede un punto fisso al quale sono ancorati i bracci e attorno al quale essi si muovono, permette al sistema di manipolare strumenti ed endoscopi esercitando una forza minima sulla parete corporea del paziente, dando un'ulteriore prova della mini-invasività dell'intervento. Sul retro del componente, in corrispondenza delle maniglie per la movimentazione, si trova un touchpad con i comandi per la selezione pre-operatoria della tipologia di intervento. A seguito di tale selezione, le braccia si posizionano automaticamente, predisponendosi ad eseguire il comando selezionato. In aggiunta è possibile posizionare manualmente, in altezza e avanzamento rispetto alla base di rotazione del gruppo di braccia, fino ad un massimo di 270°.

La distinzione primaria tra i bracci è funzionale, essi si dividono in:

- bracci principali (setup joints), supportano i bracci strumento e il braccio camera, posizionandoli correttamente per ottimizzare l'avvicinamento all'anatomia del paziente;
- bracci strumento, spostano e posizionano adeguatamente gli strumenti per consentire il movimento della loro parte terminale, la quale riproduce i movimenti delle mani del chirurgo sul master;
- braccio camera, sostiene e posiziona il video-endoscopio;
- braccio porta-display, sostiene e posiziona il display ad alta risoluzione touchscreen, usato sia come visualizzatore di immagini sia come interfaccia con il sistema.

## 2.1 Il carrello paziente si compone di:

- Setup Joints
- Bracci con strumenti
- Braccio con telecamera (endoscopio)
- Motore di posizionamento

### 2.1.1 Setup Joints

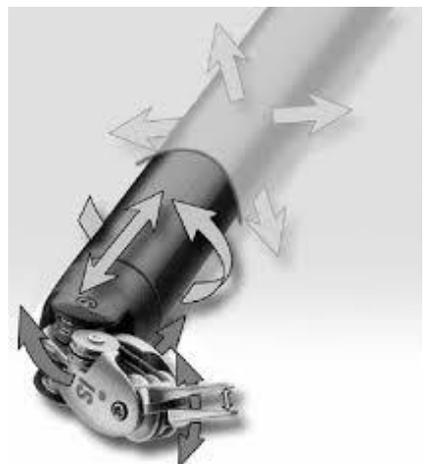
I setup joints sono utilizzati per posizionare i bracci del carrello paziente al fine di stabilire il centro remoto nel campo chirurgico. Essi inoltre sono progettati con una libertà di movimento limitata per facilitare il posizionamento del pannello.

### 2.1.2 Bracci con strumenti

Una volta preparato il campo sterile, i bracci forniscono l'interfaccia per l'applicazione degli strumenti EndoWrist. Essi sono posti inizialmente in posizione neutra e vengono successivamente mossi dai master controller. Un asse di inserimento telescopico è progettato per ridurre al minimo gli urti e consentire all'operatore del carrello paziente di riposizionare i bracci dello strumento. Gli strumenti da Vinci Si hanno anche un'ampia gamma di movimenti per semplificare



l'impostazione del portale e garantire un maggiore adattamento all'anatomia del paziente. Il centro remoto del braccio dello strumento è indicato dalla banda nera spessa centrale sulla cannula dello strumento. Quando il carrello paziente è ancorato a una cannula inserita nel paziente, il centro remoto del braccio dello strumento deve trovarsi all'interno della parete del paziente. Questa posizione del centro remoto riduce al minimo sia il trauma del sito di accesso che lo stress esercitato sugli strumenti EndoWrist durante l'intervento. Il chirurgo alla console non può spostare il centro remoto del braccio dello strumento. Tuttavia, l'operatore del carrello paziente può riposizionare il centro remoto premendo il pulsante di innesto della porta provvedendo al riposizionamento. Nella parte superiore delle braccia ci sono dei LED che forniscono feedback sullo stato di ciascun braccio.





### 2.1.3 Endoscopio

L'endoscopio 3D è retto da un braccio sterile specifico, posto in posizione neutra all'inizio della procedura dall'operatore, come accadeva per i bracci con gli strumenti. Il centro remoto del braccio è situato vicino alla punta della cannula della fotocamera ed è comandato dai Master Controller. Inoltre si riceve un feedback sullo stato del braccio grazie ad un LED che si trova nella parte superiore della telecamera.



### 2.1.4 Motore di posizionamento

Il carrello paziente del sistema Da Vinci ha un azionamento motorizzato, progettato per fornire un aggancio e una riconfigurazione OR più facili e veloci. L'interfaccia di azionamento del motore di posizionamento include il piantone dello sterzo, un acceleratore e un acceleratore enab.

## 2.2 Posizionamento del carrello paziente

Il carrello paziente è posizionato all'interno del campo sterile, per essere spostato sono necessarie due persone, una che aziona il motore provvedendo allo spostamento, l'altra posizionata frontalmente per garantire che le braccia non colpiscano nulla andando a danneggiarsi. Infatti se un braccio colpisce accidentalmente qualcosa durante lo spostamento è necessario contattare l'assistenza tecnica chirurgica, onde evitare imprevisti durante lo svolgimento delle attività chirurgiche. L'ideale è designare un'area in cui il carrello può essere gestito prima dello spostamento, area non soggetta a traffico e in cui si possa evitare il contatto con oggetti non sterili. Una volta che il carrello paziente è coperto, il paziente posizionato e preparato, azionando il motore

il carrello può essere portato nel campo sterile. I freni del carrello paziente sono progettati per attivarsi automaticamente quando il motore non è in uso, se il carrello non è in folle. Quando sono in folle, i freni non si innestano automaticamente fino a che non viene installata una cannula.

L'interfaccia del motore consiste di una valvola a farfalla, un interruttore che abilita l'acceleratore, un interruttore di marcia, di indicatori di stato della batteria e un indicatore che rileva se la cannula è installata o meno. La parte superiore della barra del motore è contrassegnata da un'etichetta che spiega e mostra le posizioni (N=neutro, D=drive) per gli interruttori del cambio di azionamento del motore.

### 2.3 Sistemi di connessione

- Accensione: si collega il cavo AC alle prese a muro supportate da alimentazione di riserva. Il carrello paziente è lungo 4.6 metri; richiede una potenza di 1000 VA continui, o 8.4 A a 115 V, o 4.2 A a 230 V; mentre la potenza in standby è di 75 VA, o 0.6 A a 115 V, o 0.3 A a 230 V.
- Cavi di sistema: i cavi sono gli stessi sia per la console chirurgica sia per il carrello paziente, permettono la trasmissione di audio, video e dati in fase operativa e si trovano annessi al carrello visione. Tali cavi hanno una matrice in fibra ottica, motivo per il quale attorcigliamento e arrotolamento errato potrebbero portare al danneggiamento degli stessi.
- Cavi di connessione della videocamera: la testa della videocamera ha due cavi, il cavo video della testa della telecamera che riporta l'immagine e il cavo di guida della luce per l'illuminazione. Entrambi sono lunghi 5,75m.

## CAPITOLO 3: IL CARRELLO VISIONE



Il carrello visione è una torretta che contiene l'unità centrale di elaborazione e processamento delle immagini. Esso comprende un sistema video ad alta definizione (full HD) ed è composto da un monitor touchscreen di 24 pollici, un elettrobisturi ERBE VIO dV per l'erogazione di energia monopolare e bipolare e da ripiani regolabili per ulteriori attrezzature chirurgiche ausiliarie opzionali, come gli insufflatori.

Nell'ultima versione sono state aggiunte altre funzioni. La funzione Telestration, che consente al chirurgo di effettuare annotazione direttamente sull'immagine chirurgica utilizzando il touchscreen, così da facilitare l'interazione tra il personale medico in sala operatoria e il chirurgo alla console. La funzione TilePro's, la quale fornisce una visione integrata delle informazioni critiche del paziente.

3.1 I componenti di questa unità sono:

- Core
- Scatola di controllo strumenti (ICB)
- Illuminatore
- Endoscopi
- Testa della telecamera stereo HD
- Unità di controllo della videocamera HD
- Touchscreen
- Contenitori di serbatoi

Inoltre il carrello visione ha tre scompartimenti per attrezzatura ausiliaria aggiuntiva, ogni scompartimento può sostenere fino a 18,2 Kg a condizione che il carico totale dei tre ripiani non superi i 27,7 Kg.

### 3.1.1 Core

Il Core è il punto di connessione centrale del sistema, dove sono ricollegati tutti i sistemi, le apparecchiature ausiliarie e le connessioni AV.

### 3.1.2 Scatola di controllo strumenti (ICB)

L'ICB è un aggiornamento, installato da un ingegnere della Intuitive Surgical Inc. sullo scaffale inferiore del carrello, che alimenta determinate funzioni avanzate degli strumenti EndoWrist come il Vessel Sealer. Le istruzioni sono fornite dalla stessa azienda produttrice in allegato agli strumenti utilizzabili attraverso l'applicazione.

### 3.1.3 Illuminatore

L'illuminatore fornisce l'illuminazione necessaria al campo chirurgico. Il fascio di luce viene inviato dall'illuminatore, tramite un cavo a fibre ottiche, all'endoscopio, che poi lo proietta sul sito chirurgico. La regolazione della luminosità e il controllo di accensione e spegnimento si trovano sul pannello di controllo ubicato nella parte anteriore dell'illuminatore.

### 3.1.4 Endoscopi

Il sistema per la visione del Da Vinci utilizza endoscopi 3D da 12mm o 8,5mm con punta dritta (0°) o angolata (30°). La luce proveniente dall'illuminatore viene inviata lungo l'asta dell'endoscopio e proiettata sul sito chirurgico tramite fibre ottiche; le quali, scaldandosi durante il processo, minimizzano anche l'appannamento della lente dell'endoscopio. L'immagine video del sito chirurgico catturata dall'endoscopio è ritrasmessa alla testa della telecamera attraverso i canali destro e sinistro. La testa della telecamera è connessa all'Unità di Controllo della Telecamera (CCU), così come all'illuminatore.

Gli endoscopi Intuitive Surgical sono prodotti dalla Schoelly Fiberoptic e distribuiti dalla Intuitive Surgical stessa.

#### Endoscopi

- 8.5 mm Endoscopio (0° tip), PN 371938
- 8.5 mm Endoscopio (30° tip), PN 371939
- 8.5 mm Endoscopio a fluorescenza (0° tip), PN 372010
- 8.5 mm Endoscopio a fluorescenza (30° tip), PN 372011

- 12 mm Endoscopio (0° tip), PN 370890
- 12 mm Endoscopio (30° tip), PN 370891
- 12 mm Endoscopio a fluorescenza (0° tip), PN 370892
- 12 mm Endoscopio a fluorescenza (30° tip), PN 370893

### 3.1.5 Testa videocamera stereo HD

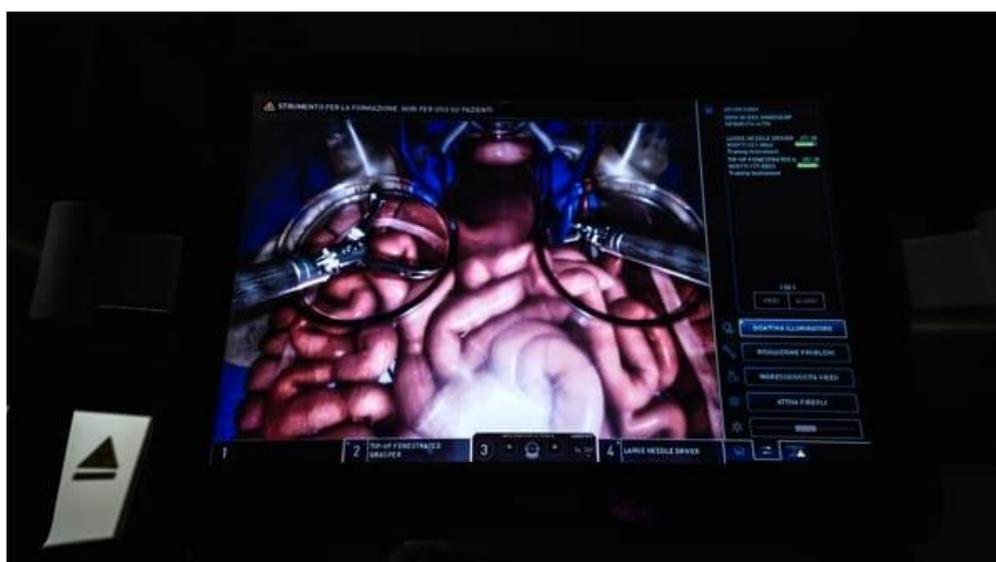
La testa della videocamera stereo HD è progettata con un campo visivo (FOV) a 60°. La combinazione di questa videocamera con un endoscopio stereo Intuitive Surgical è in grado di fornire un ingrandimento maggiore da 6 a 10 volte rispetto alla visione che si avrebbe durante un intervento classico a cielo aperto.

### 3.1.6 Unità di controllo della videocamera HD (CCU)

La CCU è connessa alla telecamera tramite un unico cavo e controlla l'acquisizione e l'elaborazione delle immagini riportate dai sistemi di visione.

### 3.1.7 Touchscreen

Il Touchscreen è il dispositivo dal quale si selezionano le impostazioni di sistema necessarie e sul quale è riportata l'immagine chirurgica.





### 3.1.8 Contenitori di serbatoi

Il carrello visione supporta l'uso di un insufflatore con due supporti del serbatoio su un lato; supporti dotati di cinghie regolabili per contenere serbatoi di diverse dimensioni.

### 3.2 Il posizionamento del carrello visione

Il carrello visione è posto accanto al carrello paziente, appena fuori dal campo sterile. L'impostazione delle forniture della stanza è data dagli accessori del carrello visione che, portando le apparecchiature ausiliarie sarà equipaggiato per l'intervento specifico programmato. Tali apparecchiature saranno posizionate in modo tale da consentire all'operatore di visualizzare bene gli schermi e raggiungere facilmente ogni attrezzo.

Il carrello per la visione deve essere abbastanza vicino al carrello paziente in modo tale da consentire i movimenti necessari senza impedimenti causati dai cavi.

I blocchi per fermare il carrello si trovano su tutte e quattro le ruote e devono essere sempre azionati una volta posizionato il carrello.

## CAPITOLO 4: APPLICAZIONI E SVILUPPO

Al giorno d'oggi le conoscenze disponibili sull'efficacia clinica della chirurgia robotica sono sufficienti a delineare un quadro di superiorità in efficacia e in risultati rispetto alle tecniche e metodologie precedenti. I primi fattori di indagine hanno riguardato la fattibilità, quindi costi e durata d'intervento, e la sicurezza. La ragione principale risiede nel fatto che, nonostante sia una tecnologia già esistente da più di 20 anni, le operazioni di marketing e quindi il suo successo sono cominciati diversi anni dopo.

Data la sua natura di tecnologia di precisione, si ritiene che il robot permetta di raggiungere alti livelli di performance nella chirurgia mini-invasiva, di ampliare i settori di utilizzo e di rendere questa tecnica eseguibile da un maggior numero di professionisti, senza per questo intaccarne la qualità; sembra inoltre avere una curva di apprendimento più breve della chirurgia laparoscopica.

Nei primi stadi di valutazione, non avendo a disposizione dati sufficienti a dimostrare l'efficacia clinica, il processo decisionale di adozione, acquisto e sviluppo si è basato sulla determinazione dell'efficacia plausibile.

Il robot da Vinci è una tecnologia che presenta costi elevati di acquisto (€ 1.680.000 circa), di utilizzo (€ 1.000 per intervento circa) e di manutenzione (€ 145.000 annui circa), tali dati sono da interpretare in relazione ad un utilizzo generale, non è ancora possibile stimare un tariffario legato alle diverse tipologie di prestazione.

### 4.1 Applicazioni

Le applicazioni principali nelle quali si vede l'utilizzo della tecnologia in esame sono prostatectomia, chirurgia addominale, chirurgia vascolare, chirurgia toracica e chirurgia ginecologica; esse sono le stesse in cui, di conseguenza, la sperimentazione è più avanzata (anche nella nostra regione Emilia-Romagna).

#### 4.1.1 Prostatectomia

L'urologia è la branca della chirurgia che si occupa delle patologie che interessano l'apparato urinario maschile e femminile e degli organi genitali esterni maschili, tra le patologie principali e più diffuse si riscontra il tumore della prostata. Il conseguente intervento chirurgico principale è la prostatectomia, la quale risulta anche la pratica di maggior successo svolta con il robot Da Vinci e consiste nell'asportazione completa della prostata per via laparoscopica.

Qui la cavità addominale viene riempita di anidride carbonica, così da creare uno spazio all'interno del quale gli strumenti possano muoversi liberamente. Le incisioni fatte durante questa procedura sono sei, ciascuna di 1 cm circa. Completato l'isolamento delle vescicole seminali, al di sopra dell'intestino retto si accede allo spazio pelvico, dove a seconda della necessità oncologica si effettueranno diverse procedure sui linfonodi per poi passare all'isolamento della prostata, cercando di salvaguardare le funzionalità di muscoli e nervi utili alle normali funzioni fisiologiche. Una volta liberata completamente essa viene estratta dall'addome attraverso una porta operativa. Con questa tecnica, precisa, poco invasiva e rapida il paziente riprende a bere ed alimentarsi progressivamente già dalla prima giornata post-operatoria e la dimissione può avvenire dalla seconda giornata; il catetere vescicale viene mantenuto in sede per 5-7 giorni.

I rapporti specifici riguardanti questa pratica concludono che la prostatectomia robotica risulta essere la tecnica con i migliori risultati in termini di ridotto sanguinamento intraoperatorio e ridotta degenza ospedaliera a cui seguono un rapido e più efficace recupero della continenza e della potenza sessuale rispetto alla chirurgia tradizionale aperta. A questa evidenza si oppone la valutazione economica che mostra un miglior rapporto costi/efficacia a favore della prostatectomia radicale aperta.

#### 4.1.2 Chirurgia addominale.

Gli interventi addominali sono molteplici, tra quelli presi in esame, i principali risultano miotomia di Heller, colectomia, colecistectomia, funduplicatio e chirurgia bariatrica. In tutti questi casi, le conclusioni risultano le medesime: il robot da Vinci offre un'opzione sicura e fattibile, con pochi casi di conversione in chirurgia aperta. L'intervento richiede più tempo rispetto alla metodologia tradizionale, ma è più rapido dell'equivalente svolto in laparoscopia.

La miotomia secondo Heller integrata con il confezionamento di una plastica antireflusso è la procedura standard del trattamento dell'acalasia, patologia per la quale l'esofago ha difetti di motilità. L'intervento consiste nell'eseguire una sezione delle fibre muscolari della tonaca longitudinale esterna e di quella circolare interna della parete anteriore esofagea per 2 cm prossimalmente alla linea di giunzione esofago-gastrica e distalmente per 3 cm sul versante gastrico.

La colectomia è la procedura chirurgica indicata principalmente per il trattamento del tumore del colon e consiste nella rimozione totale o parziale della sezione interessata tramite l'isolamento di essa. Le incisioni sono effettuate a livello addominale e il chirurgo, una volta effettuato l'accesso, valuterà lo stato dei tessuti procedendo poi all'asportazione del settore tumorale.

La colecistectomia è l'asportazione chirurgica della colecisti (o cistifellea). Si accede al sito chirurgico tramite un accesso addominale, con 4 incisioni di lunghezza variabile tra 5 e 12 mm. Inizialmente vengono isolati gli elementi del triangolo di Canot, per poi passare al sezionamento del dotto cistico e dell'arteria cistica, fino allo scollamento della colecisti dal letto epatico, concludendo quindi con la sua rimozione.

La funduplicatio è un intervento svolto per evitare il reflusso di materiale acido dallo stomaco verso l'esofago. Attraverso 5 incisioni si avvolge, in modo permanente, la parte superiore dello stomaco intorno a quella inferiore dell'esofago, generando un meccanismo di valvola antireflusso.

La chirurgia bariatrica si occupa del trattamento chirurgico di pazienti affetti da obesità, comprende interventi gastrorestrittivi, malassorbitivi e misti. Nel primo caso si riduce la capacità gastrica con un'azione meccanica che limita l'assunzione di cibo: la parte alta dello stomaco viene separata per formare una tasca gastrica che si svuota nell'area rimanente attraverso un orifizio stretto e non dilatabile. Tutto ciò riduce la quantità di cibo che è possibile introdurre ad ogni pasto e fa percepire prima il senso di sazietà.

Nel secondo caso si opera una riduzione irreversibile delle dimensioni dello stomaco con un significativo cambiamento del processo digestivo. Lo stomaco viene collegato alla parte terminale dell'intestino tenue, il cibo percorre una parte molto ridotta del tratto gastrointestinale con un conseguente calo dell'assorbimento delle sostanze nutritive.

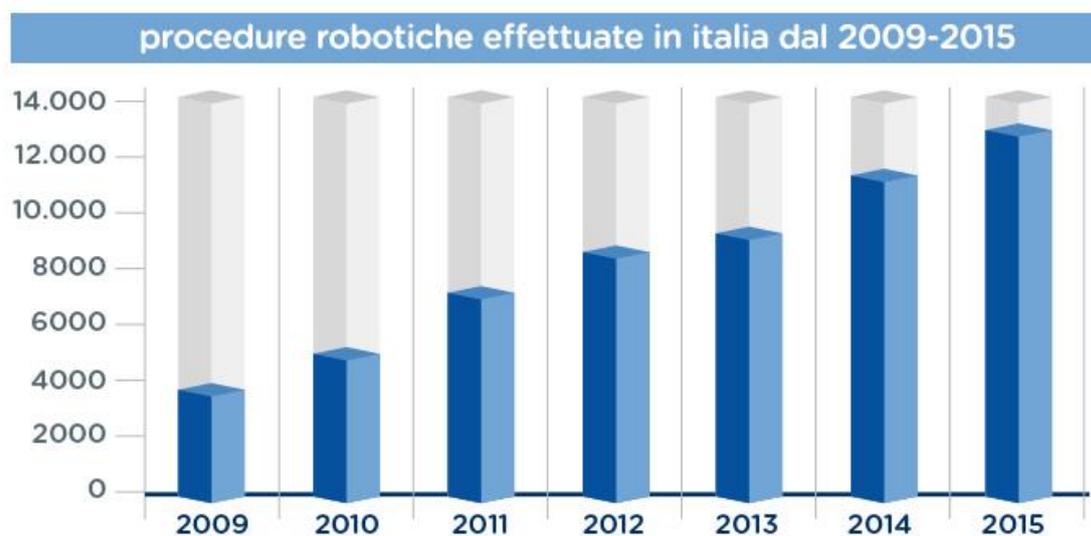
Infine il terzo caso combina le due tecniche precedenti. L'intervento prevede la creazione di una piccola tasca gastrica che non comunica con il resto dello stomaco, ma viene direttamente collegata all'intestino tenue a distanza variabile dal duodeno.

### 4.1.3 Chirurgia ginecologica

Anche in questa sezione il numero di tecniche prese in esame è molteplice, si parla di isterectomia, miomectomia, anastomosi tubarica, trattamento endometriosi; e ancora i risultati risultano analoghi ai precedenti. L'uso del robot è sicuro e fattibile, la durata dell'intervento è inferiore rispetto alla laparoscopia, la perdita di sangue intraoperatorio è ridotta e i tassi di conversione e complicazioni sono bassi.

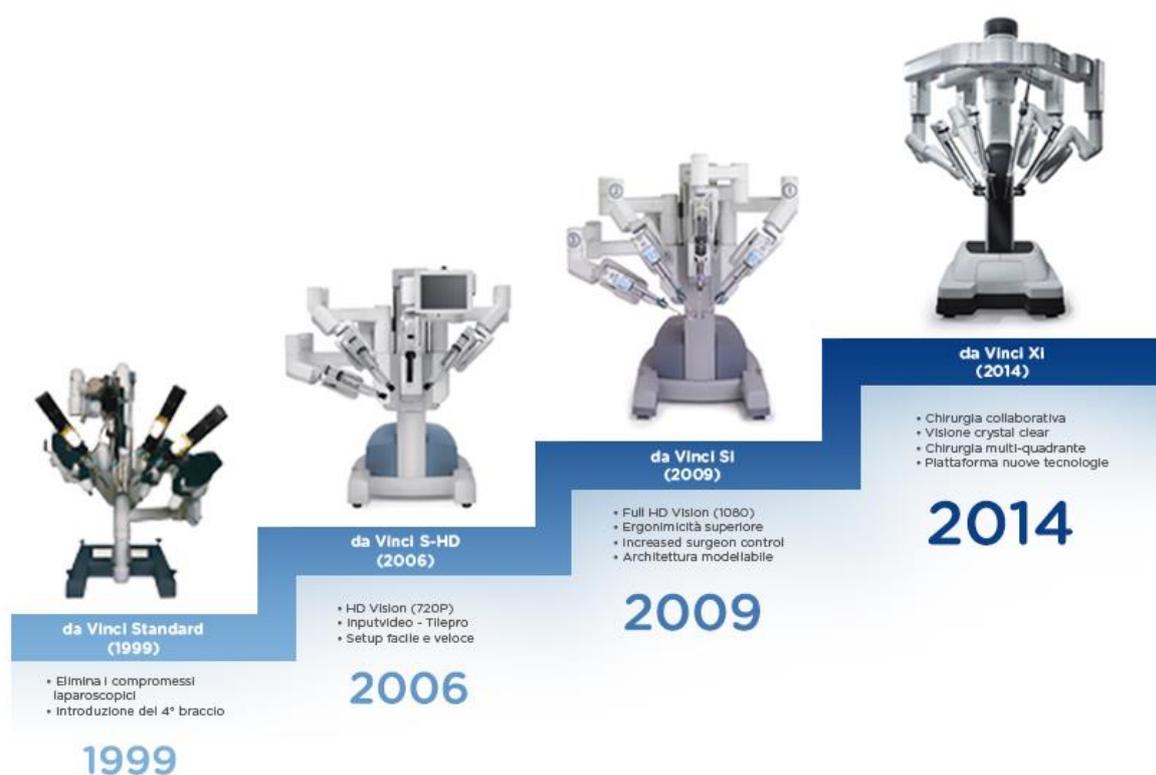
L'isterectomia prevede l'asportazione dell'utero a seguito di patologie come il tumore. La tecnica chirurgica 'single port' consiste nell'introdurre tutti gli strumenti chirurgici dall'ombelico, attraverso un'incisione di 2cm circa, per poi procedere all'isolamento e alla rimozione secondo la tecnica classica.

La miomectomia è l'intervento attraverso il quale si rimuovono i fibromi uterini, prevede due o tre incisioni a seconda del numero e della posizione dei fibromi, che vengono estratti dalle stesse incisioni.



## 4.2 Sviluppo

Anno di commercializzazione	Modello	Principali Caratteristiche
1998	daVinci® Standard (IS1000)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduzione della prima piattaforma</li> </ul>
2000	daVinci® Standard (IS1200)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Questa piattaforma si caratterizza per la disponibilità di quattro bracci robotici</li> </ul>
2004	daVinci® S (IS2000)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controllo per gli strumenti di endoscopia</li> </ul>
2006	daVinci® S-HD (IS2000 HD)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visione 3D HD (720P)</li> <li>• Setup semplificato</li> <li>• Display touch screen interattivo</li> <li>• Sistema Tile Pro (multi input display)</li> </ul>
2009	daVinci® Si (IS3000)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visione 3D HD (1080i)</li> <li>• Sistema per l'acquisizione delle immagini a fluorescenza</li> <li>• Single-Site (possibilità di intervenire sul paziente attraverso un singolo accesso)</li> <li>• Doppia console</li> </ul>
2013	daVinci® Si-e (IS3000-e)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema a tre braccia (upgradabile a quattro)</li> </ul>
2014	daVinci® Xi (IS4000)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quattro braccia intercambiabili</li> <li>• Ottica più maneggevole</li> <li>• Docking ottimizzato</li> <li>• Sistema elettrochirurgico integrato</li> <li>• Chirurgia multiquadrante</li> <li>• Sistema di puntamento laser</li> <li>• Feedback visivi per la visualizzazione degli strumenti</li> </ul>



Sul mercato sono disponibili l'ultima versione, il da Vinci® Xi, e la versione Vinci® Si, mentre la piattaforma chirurgica da Vinci Si sarà dismessa a partire da gennaio 2018.

La chirurgia robotica ha avuto inizio negli anni '80 ma solo negli ultimi quindici anni ha avuto uno sviluppo più maturo consentendo la commercializzazione di piattaforme in grado di assistere il chirurgo durante le procedure chirurgiche. A livello mondiale il robot chirurgico più utilizzato è il da Vinci (Intuitive Surgical Inc.), il quale rispetto alle altre tecniche chirurgiche, laparoscopiche e laparotomiche, consente di eseguire manovre inedite poiché dotato di movimenti ulteriori a quelli della mano del chirurgo, offrendo, inoltre, la possibilità di operare su più quadranti. In aggiunta, il chirurgo rimane seduto alla consolle per tutta la durata della procedura riducendo lo stress fisico. La piattaforma dispone di uno strumentario dedicato, per lo più sovrapponibile nelle funzioni a quello utilizzato in laparoscopia. L'aspetto più delicato riguarda la formazione dei clinici, i quali devono seguire un percorso di formazione prima di poter eseguire la procedura chirurgica in autonomia. Anche tale percorso offre il vantaggio di essere più breve rispetto a quello necessario per operare in laparoscopia.

## APPENDICI

### IL SISTEMA DI VISIONE

Il sistema di visione 3DHD fornisce un'immagine ad alta risoluzione per il chirurgo, al visualizzatore 3D, e per l'assistente, sul video del carrello paziente.

Dopo l'assemblaggio, l'endoscopio può essere usato manualmente, come un normale carrello con endoscopio, oppure può essere montato sul braccio della fotocamera per facilitare l'esplorazione preoperatoria.

L'illuminatore fornisce l'illuminazione per il campo chirurgico.

Il principio di funzionamento di un endoscopio è

### L'ELETTROBISTURI

L'elettrobisturi in dotazione nel carrello è paziente rientra nel gruppo degli strumenti EndoWrist. Il modello ERBE VIO dV consente l'erogazione di energia monopolare e bipolare, potendo così assolvere a diverse funzioni: taglio puro CUT, taglio coagulato BLEND, coagulazione superficiale FORCED COAG, coagulazione di profondità senza carbonizzazione SOFT COAG e coagulazione bipolare BIPOLAR COAG. Inoltre permette l'esecuzione di una chirurgia altamente professionale grazie alle soluzioni ergonomiche, alla stabilità delle prestazioni ed ai sistemi di sicurezza adottati. Vi è un monitoraggio continuo del collegamento dell'elettrodo neutro e di quello bipartito, il cui valore di impedenza del contatto elettrodo neutro/paziente è mostrato direttamente sul dispositivo.

Il funzionamento monopolare è quello di maggior utilizzo, in quanto molto versatile. In tal caso l'elettrodo attivo e l'elettrodo neutro hanno forme e funzioni completamente differenti: l'elettrodo attivo è il bisturi, che ha forme diverse a seconda dell'occorrenza, ha piccole dimensioni così da ottenere alta densità di corrente e facile manovrabilità; l'elettrodo neutro è di grandissime dimensioni, è una piastra posizionata a contatto con la pelle del paziente ed ha il compito di raccogliere la corrente uscente dall'elettrodo attivo, così da chiudere il circuito.

Il funzionamento bipolare viene usato soprattutto per coagulare piccole quantità di tessuto, qui entrambi gli elettrodi sono presenti nel sito chirurgico, ai rispettivi estremi delle pinze bipolari. A differenza del caso precedente, la corrente prodotta dal generatore attraversa solo la quantità di tessuto tra le pinze.

### I MOTORI

Per eseguire interventi chirurgici così precisi, le cui incisioni variano tra gli 8 e i 10 mm, la precisione dei movimenti comandati è fondamentale e controllata dai motori montati su questi robot.

I motori scelti da Mike Prindeville sono quelli a corrente continua DC sviluppati e prodotti da maxon; il manager responsabile delle tecniche di produzione di Intuitive Surgical, infatti, dichiara che nonostante la vasta offerta di mercato, Maxor Motor è stata in grado di soddisfare in maniera

costante e affidabile tutte le esigenze qualitative e di prestazione, divenendo un partner solido e un elemento che ha contribuito al successo del prodotto.

I motori in questione trasmettono i segnali di ingresso ed uscita attraverso una serie di regolazioni feedback, ricevono i segnali di ingresso dall'operatore, che vengono tradotti in tempo reale e convertiti in segnali di uscita che comandano i movimenti del robot. Trasmissioni e trasposizioni sono effettuate dell'elettronica integrata della console, la quale comanda anche la resistenza sensibile che viene esercitata sulle mani del chirurgo.

I modelli che sono stati utilizzati dalla Intuitive Surgical sono più di trenta, tra cui motori RE con e senza feedback da encoder, motori RE 13 con riduttore planetario GP 13 e encoder magnetici con diametro di 13 mm, motori RE 35 con encoder prodotti da terzi.

In generale, tutti i sopracitati sono dotati di magneti in terre rare, rotor senza ferro e non presentano cogging magnetico, vantaggioso specialmente per il funzionamento a velocità ridotte, hanno una grande densità di potenza e stabilità di funzionamento. Tutte queste caratteristiche hanno reso il prodotto ideale per le necessità del produttore del Da Vinci.

I motori di cui abbiamo parlato fino ad ora sono definiti 'master' a causa della doppia funzione che svolgono, gli azionamenti slave integrati assicurano sia precisione sia la possibilità di ritorno durante il posizionamento degli attuatori; in più godono di un'isteresi ridotta sulle punte degli strumenti.

## CONCLUSIONI

La chirurgia robotica mini-invasiva vede come suo massimo esponente il robot da Vinci, prodotto e distribuito dalla Intuitive Surgical Inc., il quale permette la realizzazione di un gran numero di interventi con complicazioni minime, degenza ridotta e ottimi risultati.

Tale sistema chirurgico è la sola tecnologia attualmente disponibile in grado di offrire al chirurgo un comando intuitivo degli strumenti operatori, una completa libertà di movimento, una manipolazione delicata dei tessuti e una visualizzazione tridimensionale che riproduce fedelmente lo scenario di un'operazione a cielo aperto, con i vantaggi della chirurgia mini-invasiva.

Il confronto con la chirurgia aperta, la laparoscopia e laparotomia, è ancora fondamentale, soprattutto in relazione ai costi totali. Infatti nonostante tutti i vantaggi già illustrati, la scelta della chirurgia mini-invasiva con robot rimane ancora la più costosa.

In conclusione è possibile sostenere che in alcuni interventi chirurgici specifici e regolari, quali la prostatectomia, l'urologia, la chirurgia addominale e ginecologica ad oggi il robot Da Vinci è la scelta più frequente. Infatti nonostante gli alti costi, superiori alle procedure alternative, la qualità del servizio ha la meglio; essa comprende dalla buona riuscita dell'intervento alle tempistiche inferiori su tutti i fronti, dall'esecuzione vera e propria ai tempi fidi ripresa.

Per quanto riguarda invece interventi non di routine, procedure più complicate o d'urgenza vi è ancora lo studio caso per caso delle varie situazioni con le conseguenti decisioni da parte del chirurgo. Questa situazione è dovuta a diversi fattori quali i costi d'operazione e di gestione del macchinario, la formazione di personale specializzato nel suo utilizzo e quindi la pratica su vasta scala nel genere di operazioni prese in considerazione.

## BIBLIOGRAFIA

- Pugin F, Bucher P, Morel P. History of robotic surgery: from AESOP® and ZEUS® to da Vinci®. J Visc Surg. 2011;148(5):e3–8.
- Ballantyne GH, Moll F. The da Vinci telerobotic surgical system: the virtual operative field and telepresence surgery. Surg Clin North Am. 2003;83(6):1293–304.
- Freschi C, Ferrari V, Melfi F, Ferrari M, Mosca F, Cuschieri A. Technical review of the da Vinci surgical telemanipulator. Int J Med Robot Comput Assist Surg. 2013;9(4):396–406.
- Dossier 167-2008, La chirurgia robotica, Agenzia sanitaria e sociale regionale Emilia-Romagna; Marco Biocca, Federica Sarti, settembre 2008

## SITOGRAFIA

- <http://www.abmedica.it/it/prodotti/da-vinci>
- <https://saluteuropa.org/scoprire-la-scienza/la-chirurgia-robotica-primo-sistema-vinci-italia/>
- [https://www.corriereadriatico.it/sonar/salute/sonar\\_salute\\_robot\\_da\\_vinci\\_chirurgia\\_microinvasiva-3409903.html](https://www.corriereadriatico.it/sonar/salute/sonar_salute_robot_da_vinci_chirurgia_microinvasiva-3409903.html)
- <https://biomedical-engineering-online.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12938-016-0217-7>
- <https://www.intuitivesurgical.com/products/>
- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5483295/>
- <http://businessethicscases.blogspot.it/2013/04/intuitive-surgical-inc-da-vinci.html>
- <https://www.urologiaroboticadavinci.it/chirurgia-robotica/>
- <https://www.hsr.it/clinica/specialita-cliniche/urologia/urologia-san-raffaele/patologie-e-trattamenti/prostatectomia-radical-robot-assistita/>
- High level of evidence (LOE) Publications. Intuitive surgical.  
<http://www.intuitivesurgical.com/company/media/publications/da-vinci-surgery-high-LOE-publications-en-031114.pdf>.

## **RINGRAZIAMENTI**

A conclusione di questi anni di studio e di questo elaborato, che ne segna il termine ultimo, desidero ringraziare tutti coloro che mi hanno accompagnato in questo percorso.

Inizio ringraziando il professor Lamberti, relatore di questa tesi di laurea, per l'aiuto fornitomi, per la disponibilità e il sostegno durante l'elaborazione e la stesura di questo lavoro.

Un ringraziamento particolare va alla mia famiglia, che mi ha continuamente supportato e non hanno mai smesso di credere in me.

A tutti i miei amici e colleghi, che mi hanno accompagnata in questi anni, e che oggi condividono con me questo momento importante, dico grazie per esserci e per esserci stati.

E infine, ringrazio soprattutto me stessa, per essere stata abbastanza determinata da non mollare, per averci provato ed essere finalmente riuscita ad arrivare a quello che spero sia il primo di tanti traguardi.

Licia Verasani.

13/03/2019