



REGIONE
LAZIO

ROBOTICA E CHIRURGIA ASSISTITA DALLA INTELLIGENZA ARTIFICIALE

GIUSEPPE CARDILLO

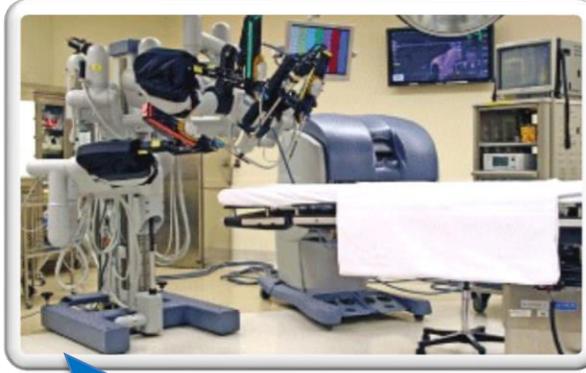
DIRETTORE UOC CHIRURGIA
TORACICA AZ. OSPEDALIERA SAN
CAMILLO FORLANINI

SISTEMA SANITARIO REGIONALE

AZIENDA OSPEDALIERA
SAN CAMILLO FORLANINI



Da Vinci[®] surgical systems



1999

First generation (standard)

- 3D image
- 3 robotic arms
- 0° scope (12 mm)

Second generation (S)

- 3D-high definition vision
- 4 robotic arms
- 30° stereo endoscope (12 and 8 mm)

Third and four generation (Si and Xi)

- Advanced 3D-high definition vision with up to x10 magnification
- Dual console capability



2006



2009



2014

Robot Da Vinci Xi



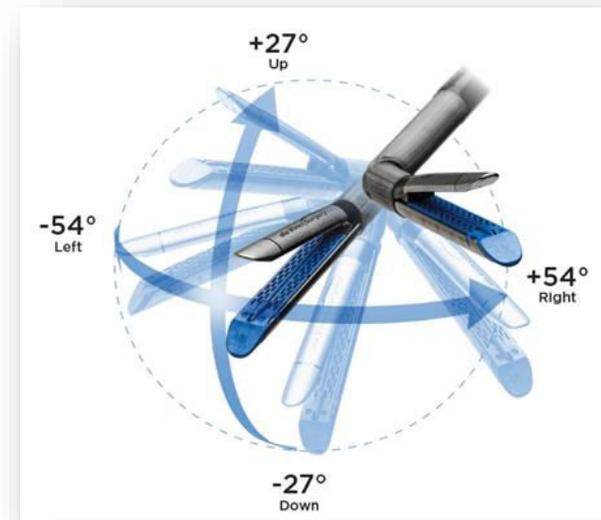
Console



Patient cart



Strumenti Endo Wrist®



Stapler

RoSS (Robotic Surgical Simulator)



<http://www.simulatedsurgicals.com>

dV-Trainer™ (da Vinci Trainer)



SEP (SimSurgery Education Platform)



<http://www.simsurgery.com>

Benefits

Integrating the geometrical structure of the individual patient and the surgical scene in virtual space, surgeons can confirm the movability of the robot in the operating room.

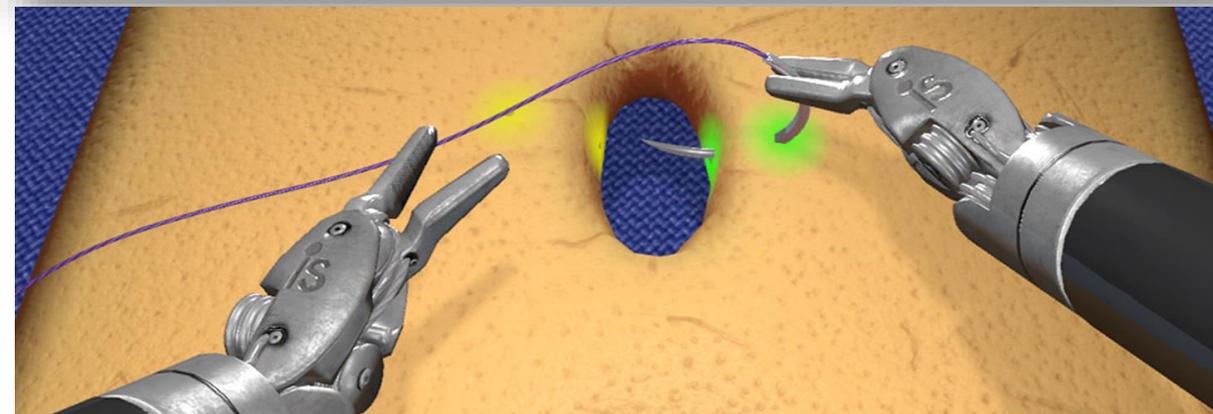
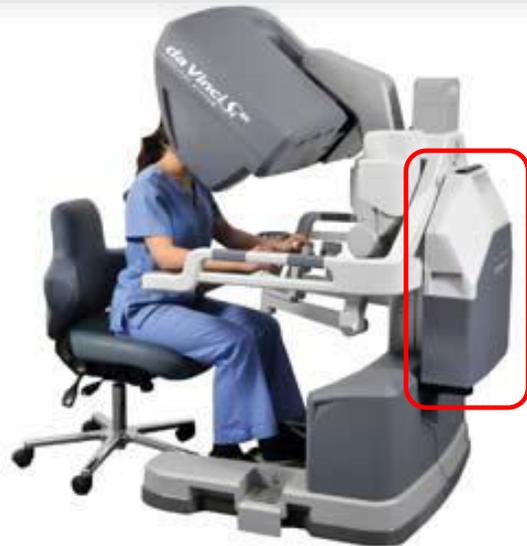
Appropriate placement of the trocar ports maximizes the movable range of the robot, and significantly influences the success of the operation.

If surgeons rehearse by using a virtual training system, they can develop an intuitively common perception about how to set up the robot in the operating room and the actual setup time in the operating room will be reduced.

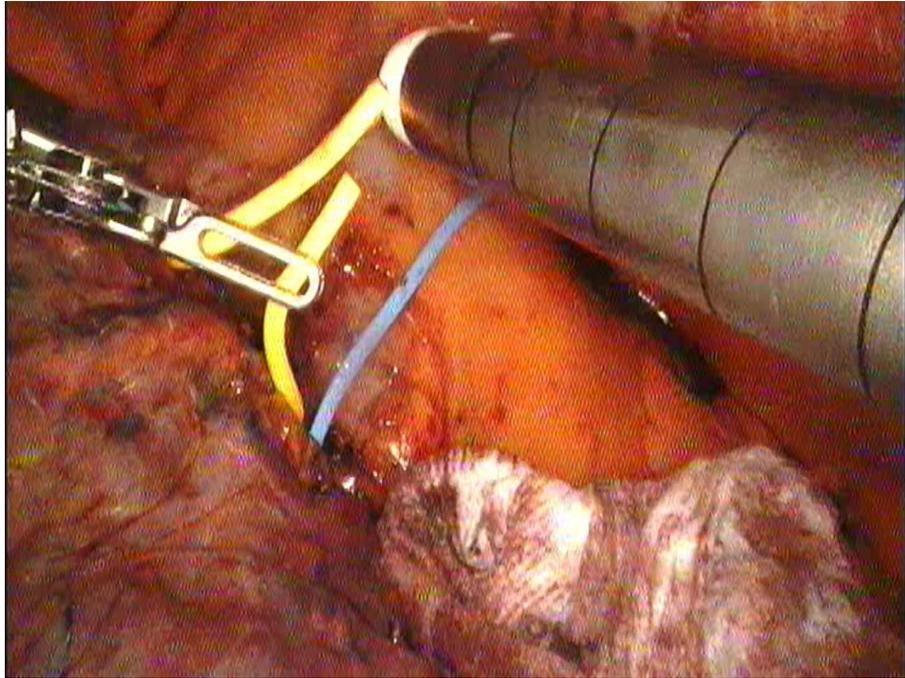
The planning system can be effective as an educational program for doctors who are inexperienced in robotic surgery.

Source:

Hayashibe M, Suzuki N, Hattori A, Suzuki S, Konishi K, Kakeji Y, Hashizume M. Surgical robot setup simulation with consistent kinematics and haptics for abdominal surgery. *Stud Health Technol Inform* 2005; 111: 164-6.

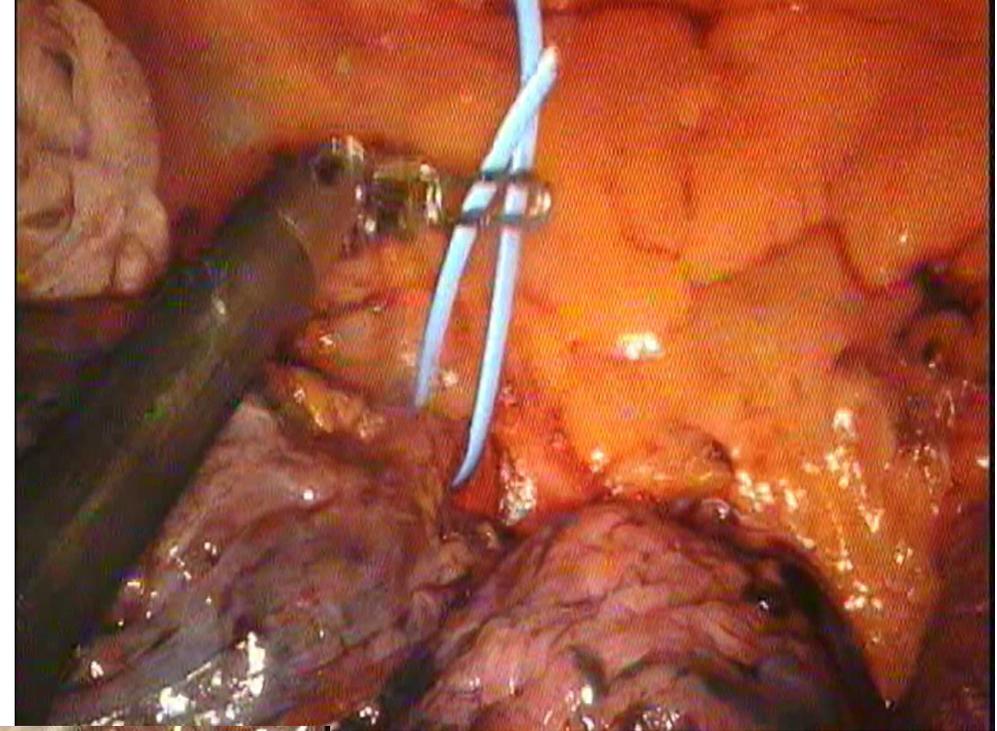


Robotic Stapler Xi

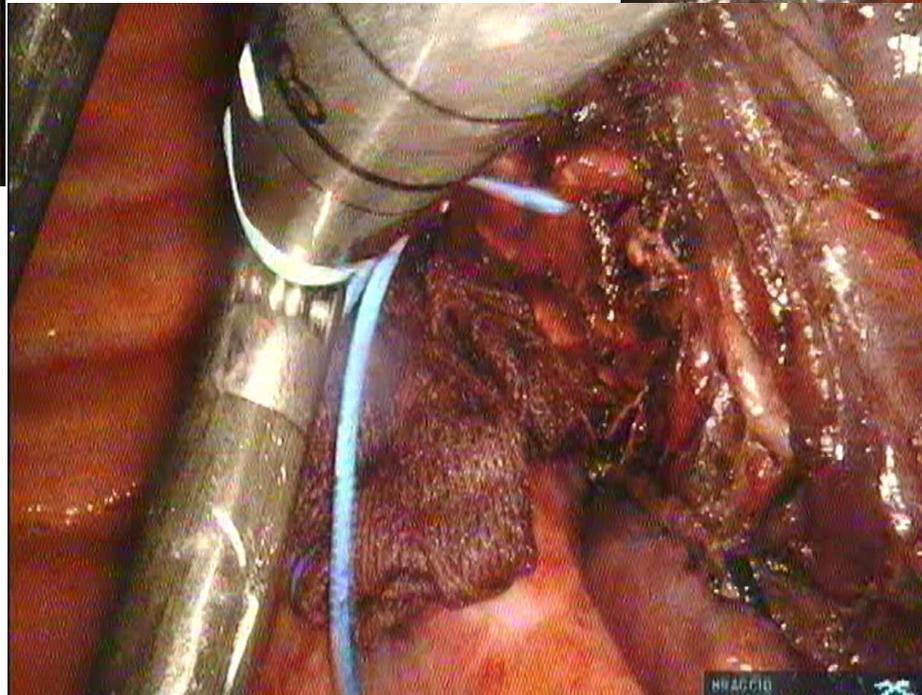


Artery

Bronchus



Vein



Vantaggi generali dell'approccio

- Tremore fisiologico filtrato ed equivalenza tra la mano dominante e non dominante
- Maggiore libertà di movimento
- Maggiore ergonomia
- Ottica ad alta definizione, stabile, con visione 3D
- Potenziale facilità nell'insegnamento (console doppia)

Many of these aspects confirm that RATS is a technique that standardizes the surgical gesture. Differently from VATS and open surgery, the surgical movement is filtered by a robot, ensuring better movements, and the articulated wrist offers a greater range of motion. Moreover, high video quality and 3D view offer better visualization of the target. Therefore, surgical actions which may benefit from this technique are lymphadenectomy, and suturing (as during sleeve lobectomy and diaphragm plication).

Svantaggi dell'approccio

- Assenza di feedback tattile
- Costi più elevati
- Tempi operativi prolungati (docking...)
- Curva di apprendimento più lunga per l'intera equipe

So far, the main obstacle to RATS spread has been its costs. A recent systematic review highlighted that the major component of robotic costs is the disposable equipment, accounting for a difference of 1100€ per case when compared to VATS. The staff costs, due to the longer operative times, are also high

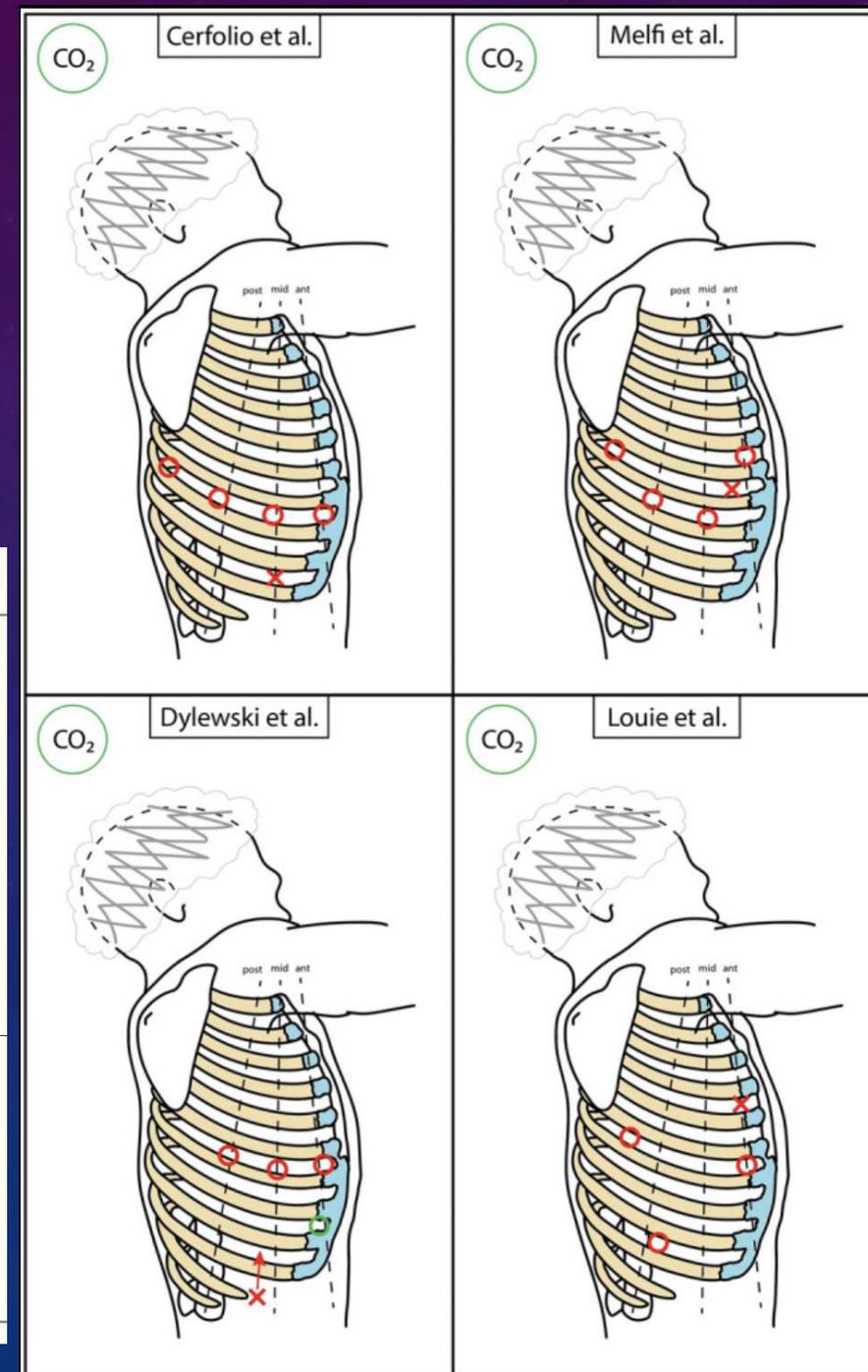
Svantaggi dell'approccio (2)

- I materiali compatibili con i bracci robotici sono molto costosi (suturatrici!...)
→ molti centri utilizzano le normali suturatrici toracoscopiche attraverso un acceso di servizio
- Alti costi fissi di manutenzione

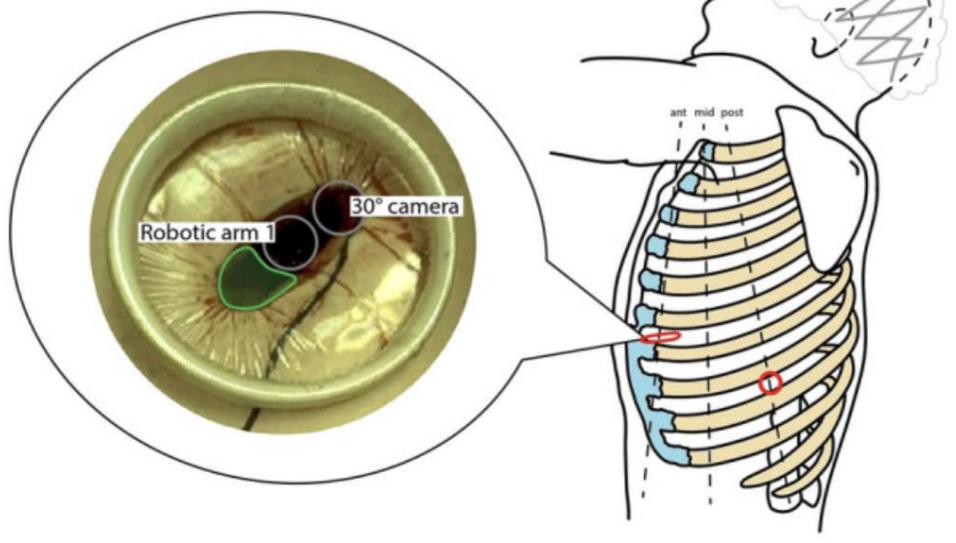
Ciascun centro/autore descrive il proprio approccio in base alle seguenti caratteristiche

- numero e posizione delle porte d'accesso
- insufflazione con CO₂
- presenza/assenza di minitoracotomia
- numero di bracci utilizzati

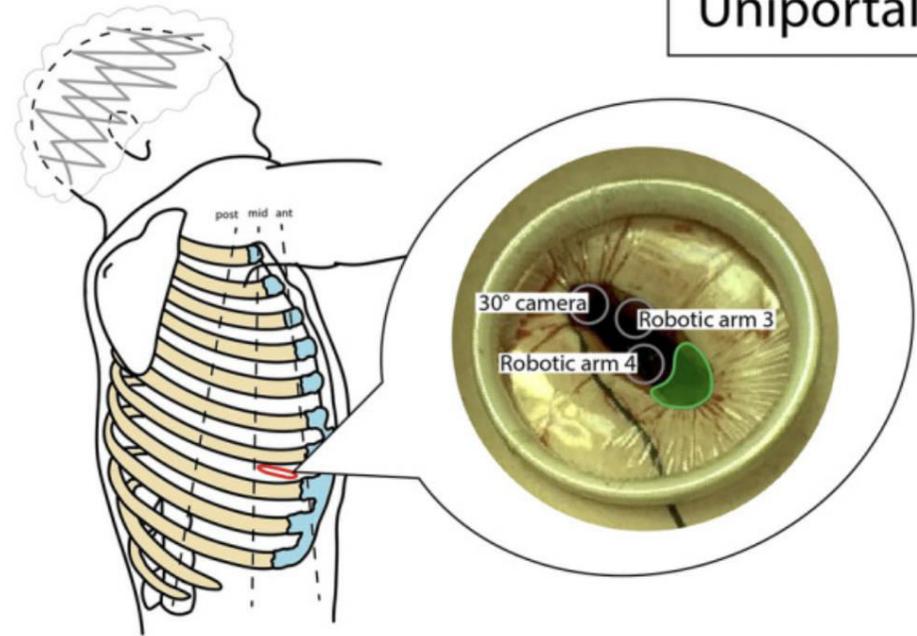
Author	N° incisions	N° arms	Camera port	Assistant access	CO ₂ insufflation
Cerfolio et al. [14]	5	4	7–8th ICS, MAL	9–10th ICS, MAL	Yes
Melfi et al. [15]	4–5	4	7–8th ICS, MAL	6th ICS, MAL-AAL	Yes
Dylewski et al. [19]	5	4	6–7th ICS, MAL	10th ICS, MAL-AAL	Yes
Louie et al. [17]	4	3	9–10th ICS, PAL	4th ICS, AAL	Yes
Adams et al. [18]	5	4	7th ICS, MAL	8th ICS, AAL	Yes
Funai et al. [20]	5	4	8th ICS, PAL	10th ICS, PAL	Yes
Park et al. [24]	4	4	7–8th ICS, PAL	4–5th ICS, MAL	No
Veronesi et al. [22]	4	4	7–8th ICS, MAL	4th ICS, AAL	No
Toker et al. [23]	3	3	8th ICS, MAL	10–11th ICS, PAL**	No
Kang et al. [25]	4	4	9th ICS, MAL	5th ICS, AAL	Yes



Biportal



Uniportal



Curva di apprendimento RATS PIU' RAPIDA DELLA VATS

skills. The loss of precision due to the lack of wristed instruments, the antiparallel optic position in the multiport approach, or the restricted working space on the uniportal technique are some of the difficulties experienced by surgeons when performing VATS procedures. These problems prolong the learning curve and make it difficult for centers with lower surgical volumes to adopt the technique. A few reports on the learning curve for robotic lobectomies signalize 20–30 procedures to achieve proficiency while the literature about VATS lobectomy varies from 50 procedures for multiport approach going to 140 for uniportal surgery. That shorter learning curve may be due to more intuitive surgical field

Chirurgia Robotica e IA

L'IA applicata alla medicina sfrutta la sua capacità di riconoscere i pattern, predire eventi futuri, assistere le decisioni cliniche, imparare dagli errori ed estrapola informazioni rilevanti a partire da un insieme di dati

L'efficienza dell'IA dipende dalla quantità di dati con la quale è stato istruito l'algoritmo

I contributi che l'IA può dare alla chirurgia robotica si possono classificare in due grandi gruppi:

- Autonomia robotica
- Valutazione chirurgica/feedback

Livelli di autonomia robotica

Human vs. Autonomous Robotic Surgeon

Level 0 No Automation Traditional surgery: Human performs all surgical tasks; includes open, laparoscopic, and “master–slave” robotic surgical methods

Level 3 Conditional Automation e.g. Automated bone drilling to prespecified depth with human setup; robot can perform certain procedural steps without human input

Level 1 Some Assistance e.g. Intraoperative image guidance, augmented reality rendering; human surgeon still performs all surgical tasks

Level 4 High Automation e.g. Automated skin closure or lymph node dissection; Robot capable of performing most, if not all parts of a complex procedure with minimal human input

Level 2 Partial Automation Reduced required level of human input, but human surgeon still performs majority of surgical tasks

Level 5 Complete Automation e.g. Surgical robot that could perform an urgent cholecystectomy during a space flight; Robot is making all surgical decisions with no human input

Adattato da Panesar et al. e Attanasio et al.

Esempi di autonomia di I livello è *l'immagine enhancement*, che consiste nel correggere i colori, ridurre la sfuocatura e il «rumore di fondo» mano a mano che l'intervento si svolge, contrastando la modifica del campo operatorio dovuto alla dissezione e/o rimozione di elementi anatomici, e mostrando al chirurgo un punto di vista sempre riconoscibile.

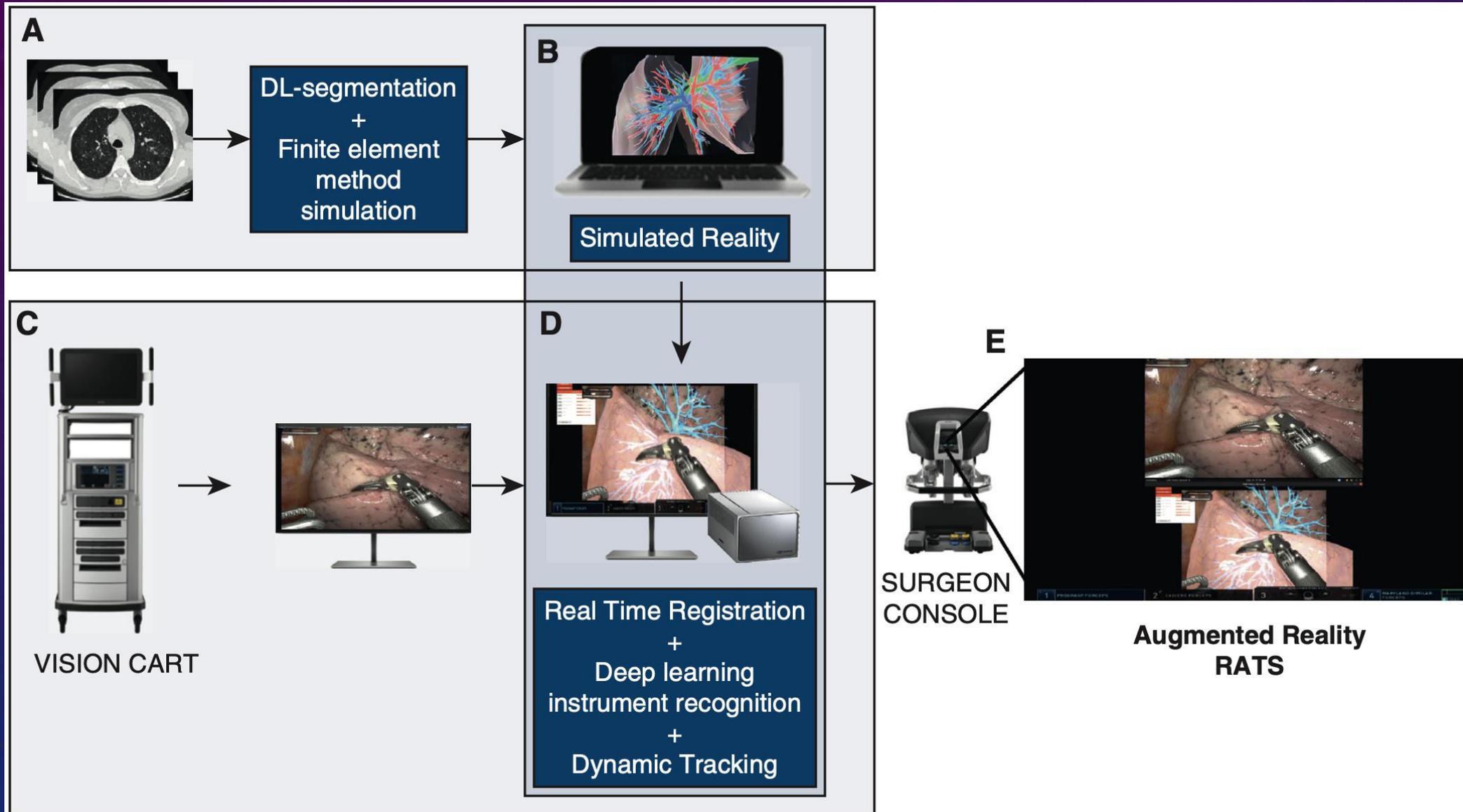
Un altro esempio è la *rimozione del fumo dal campo operatorio*; particolarmente utile soprattutto nelle situazioni in cui è richiesto l'uso dell'elettrocauterio a scopo emostatico, in cui la presenza di fumo renderebbe più complessa la prosecuzione dell'emostasi

Una delle applicazioni proposte per l'IA coniuga la realtà aumentata (AR) e la chirurgia robotica nel contesto delle resezioni polmonari anatomiche

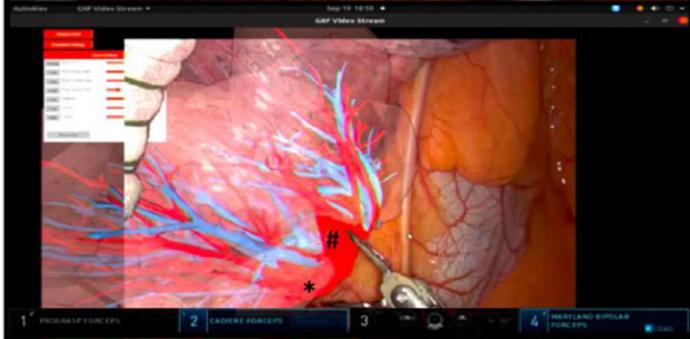
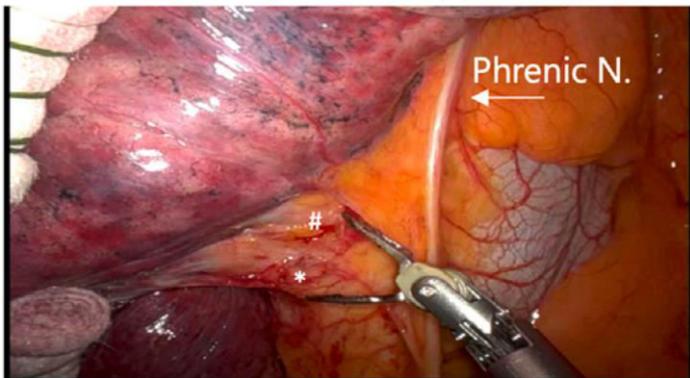
L'AR permette di *mostrare in tempo reale la posizione dei vasi e delle diramazioni bronchiali* durante l'intervento, sulla base delle informazioni fornite dalla TC preoperatoria

In questo contesto il ruolo dell'IA è quello di *predire la deformazione del parenchima polmonare* durante l'intervento chirurgico (collasso polmonare), e di conseguenza degli elementi broncovascolari, conseguente alla ventilazione monopolmonare e alla manipolazione del parenchima

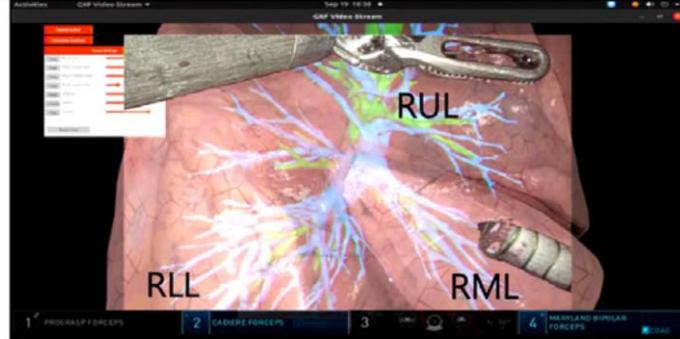
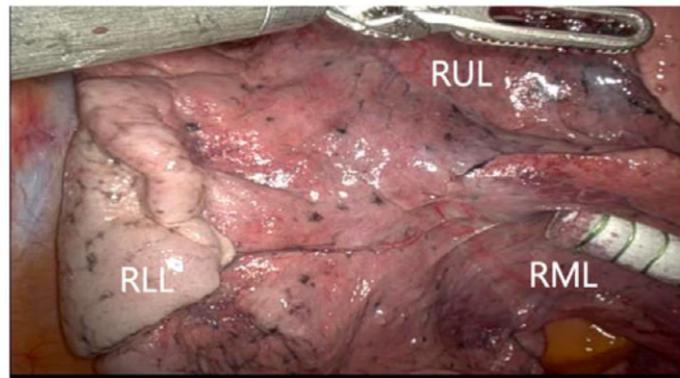
Processo di ricostruzione dell'informazione: livello di autonomia 1



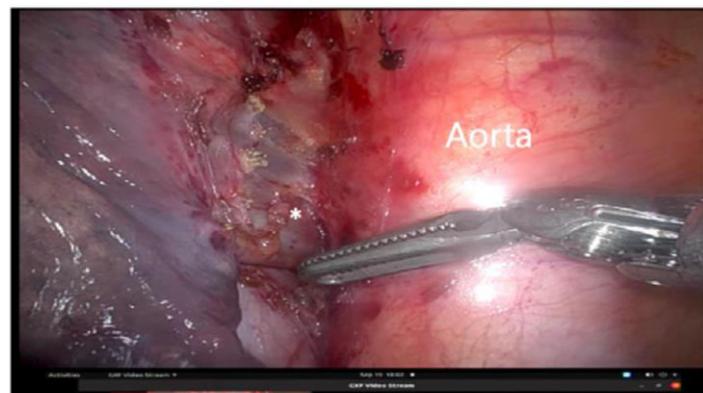
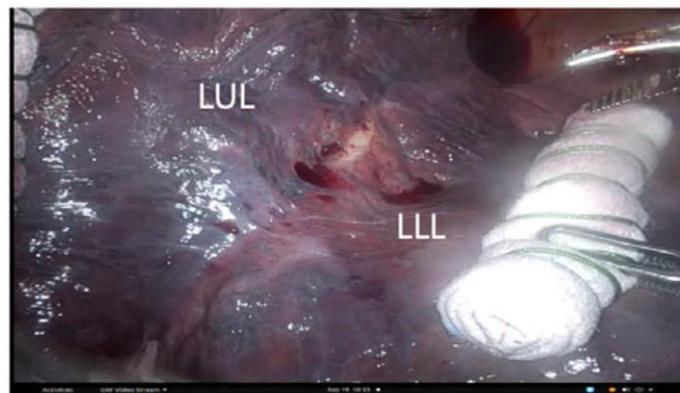
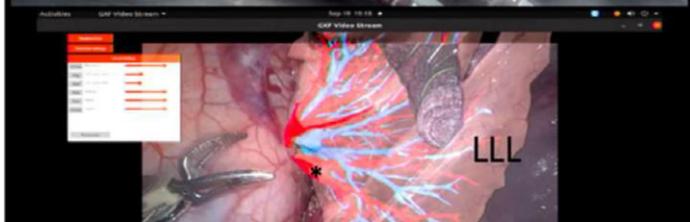
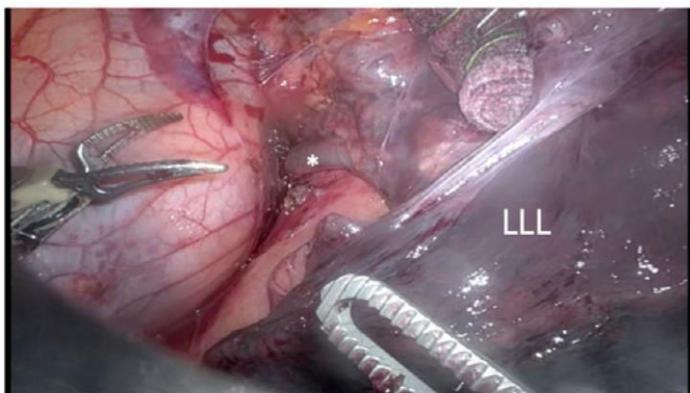
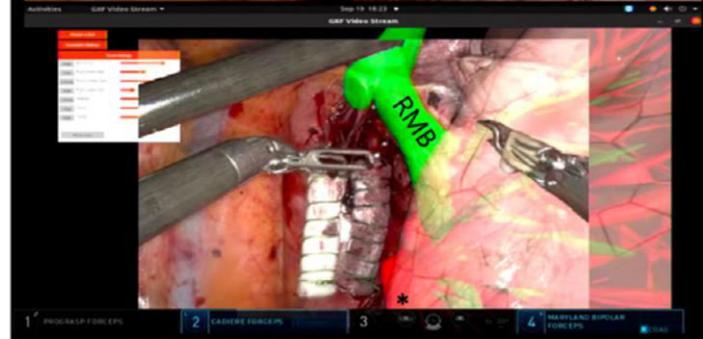
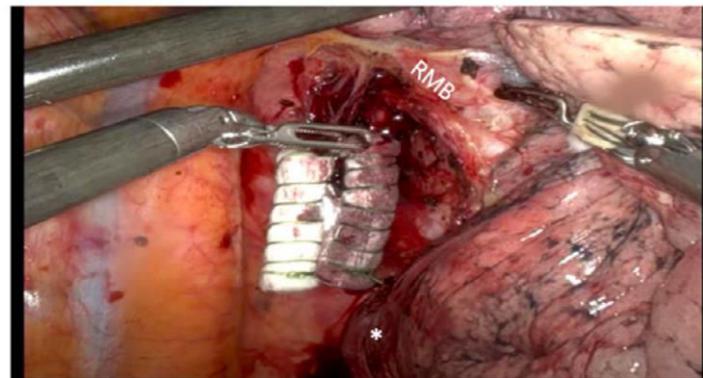
Anterior Hilar View



Fissure View



Posterior Hilar View



Legend

Artery

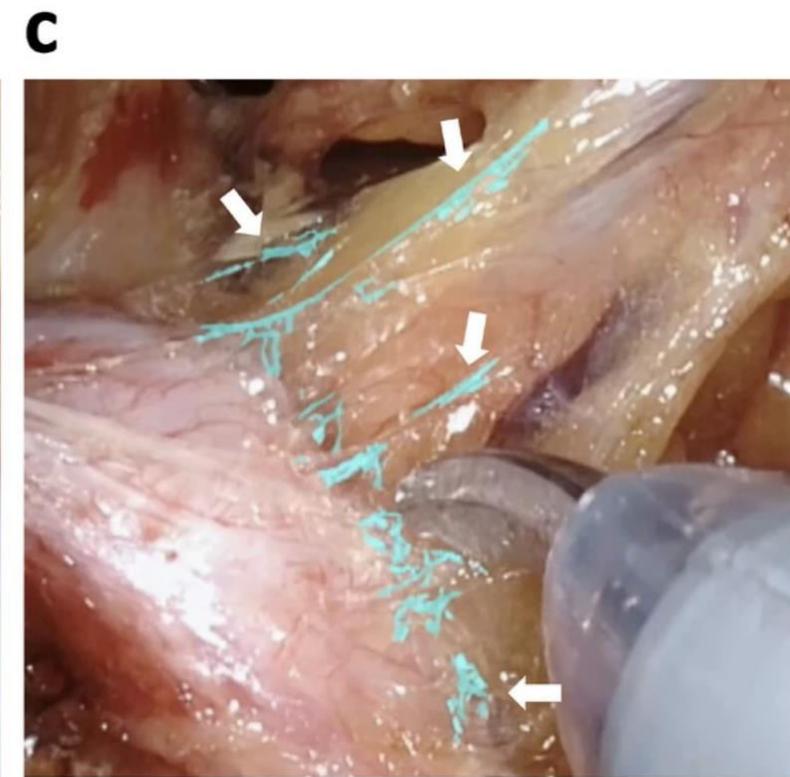
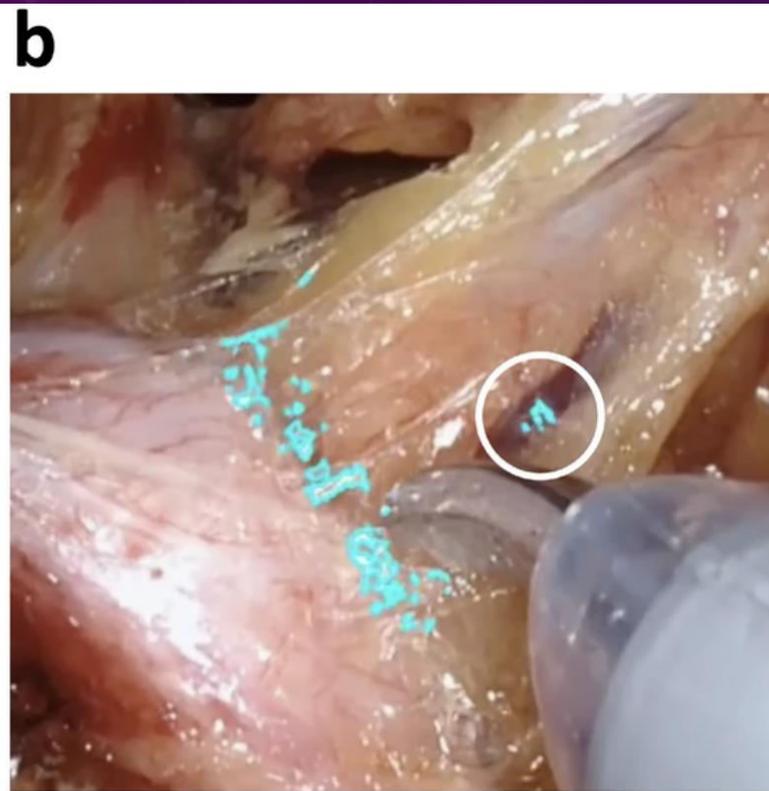
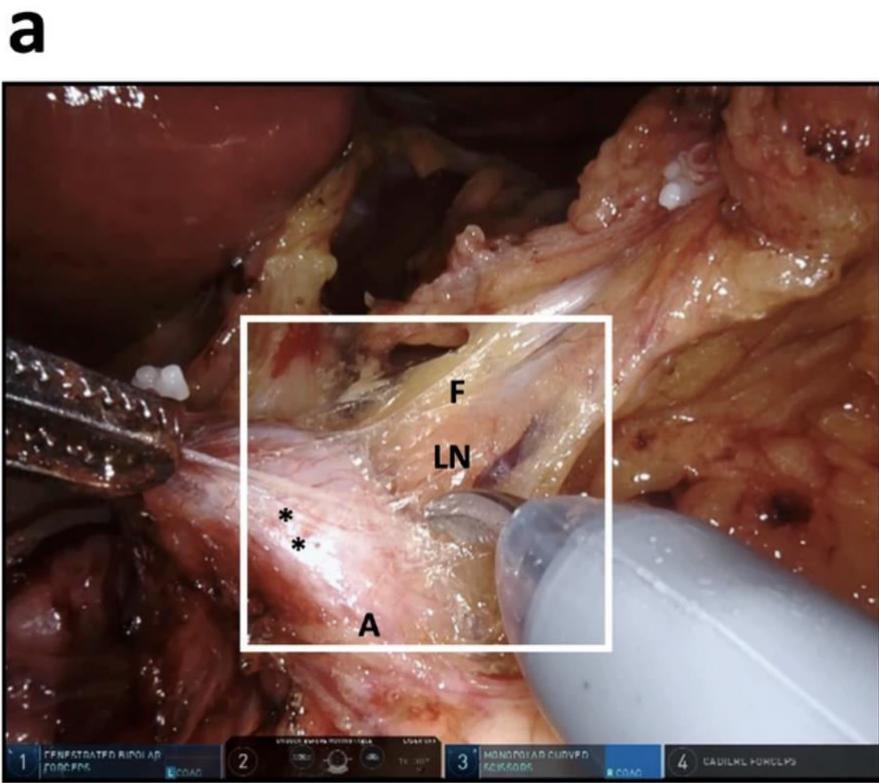
Vein

Bronchus

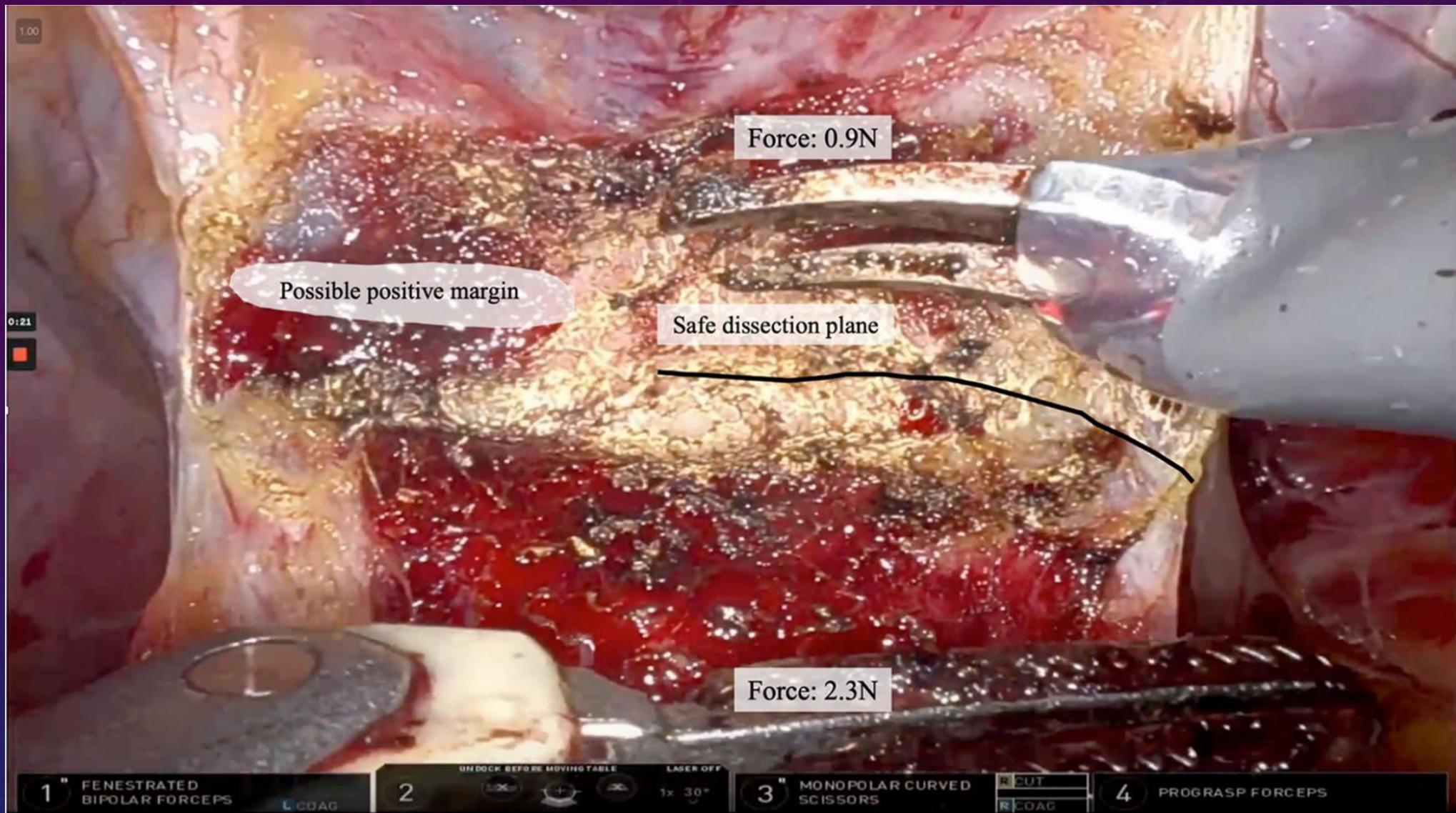
Lung

* Lower lobe vein

Middle lobe vein



Identificazione del tessuto connettivo (piano di clivaggio) per effettuare una dissezione sicura dei piani durante chirurgia



Predizione dei margini positivi in chirurgia. Le informazioni sono ottenute mediante la misurazione della fluorescenza nel tessuto sano e nel tessuto patologico.

Una grande differenza tra la chirurgia robotica e la chirurgia tradizionale è la mancaza di feedback tattile.

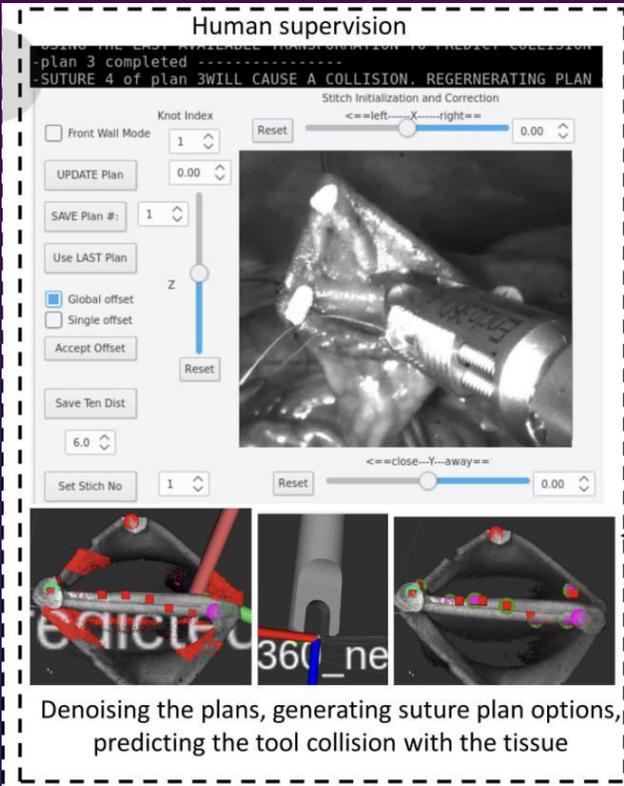
Questa caratteristica può portare a sovradosare facilmente la forza applicata danneggiando tessuti o lacerando strutture vascolari.

Nella consolle più recenti sono mostrate le forze applicate dagli strumenti sulle strutture; questo aspetto unito alla presenza di *feedback aptici* (come per esempio vibrazioni percepite sulle mani dell'operatore) può aiutare a dosare la forza e la trazione dei diversi tessuti

Livello di autonomia 2

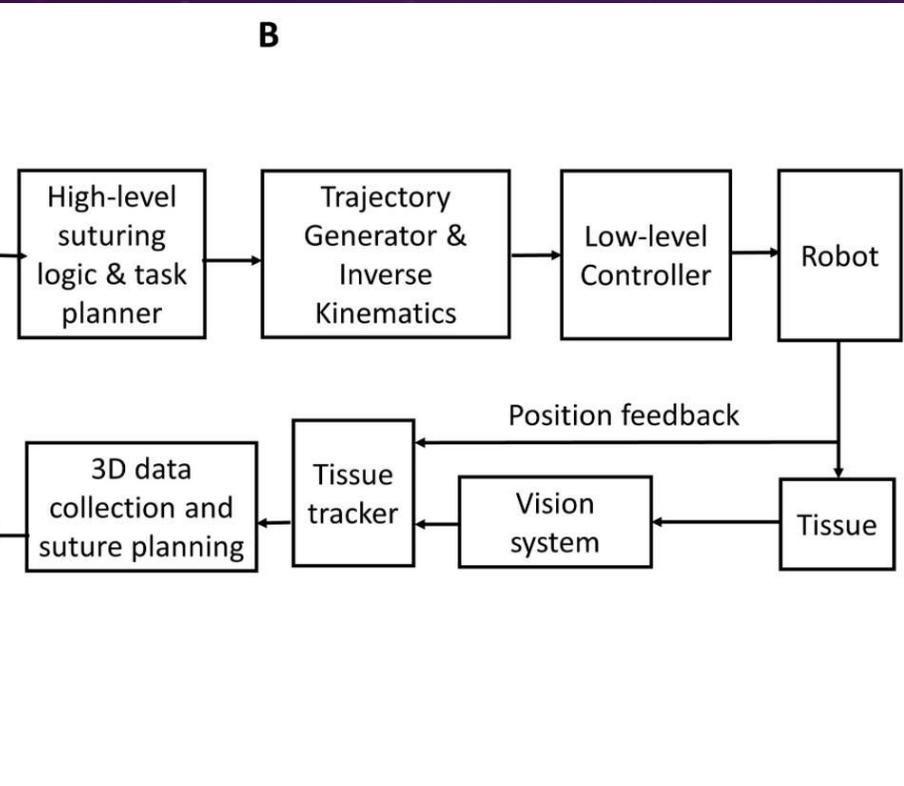
Automazione parziale ridotta: il robot agisce tramite input ma c'è bisogno del chirurgo per eseguire la maggior parte dei gesti chirurgici. Es: confezionamento di anastomosi intestinale

Human supervision

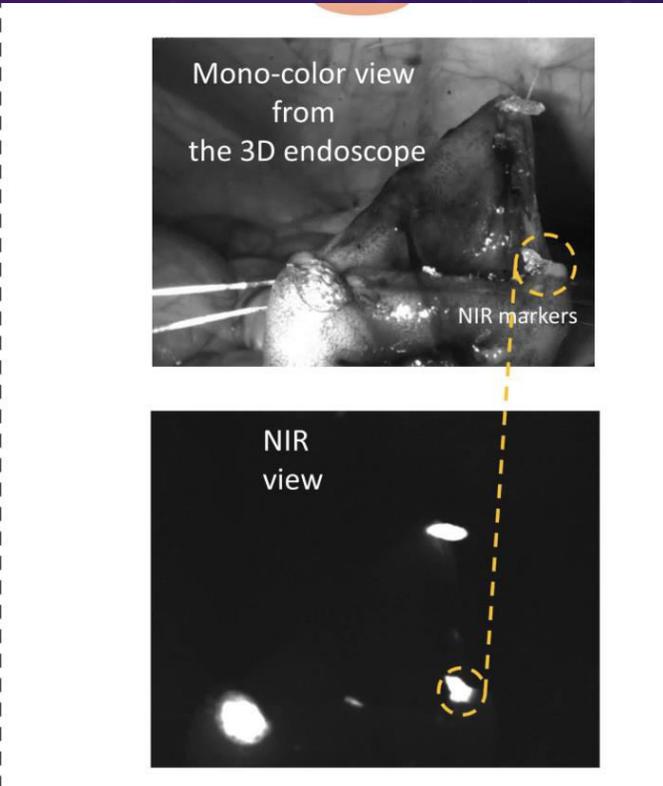


Denosing the plans, generating suture plan options, predicting the tool collision with the tissue

B



```
graph LR; A[High-level suturing logic & task planner] --> B[Trajectory Generator & Inverse Kinematics]; B --> C[Low-level Controller]; C --> D[Robot]; D -- Position feedback --> E[Tissue]; E --> F[Vision system]; F --> G[Tissue tracker]; G --> H[3D data collection and suture planning]; H --> A;
```



Mono-color view from the 3D endoscope

NIR markers

NIR view

È necessario il confezionamento iniziale dell'anastomosi e il posizionamento di marker infrarossi ai 3 vertici dell'anastomosi (NIR nell'immagine).

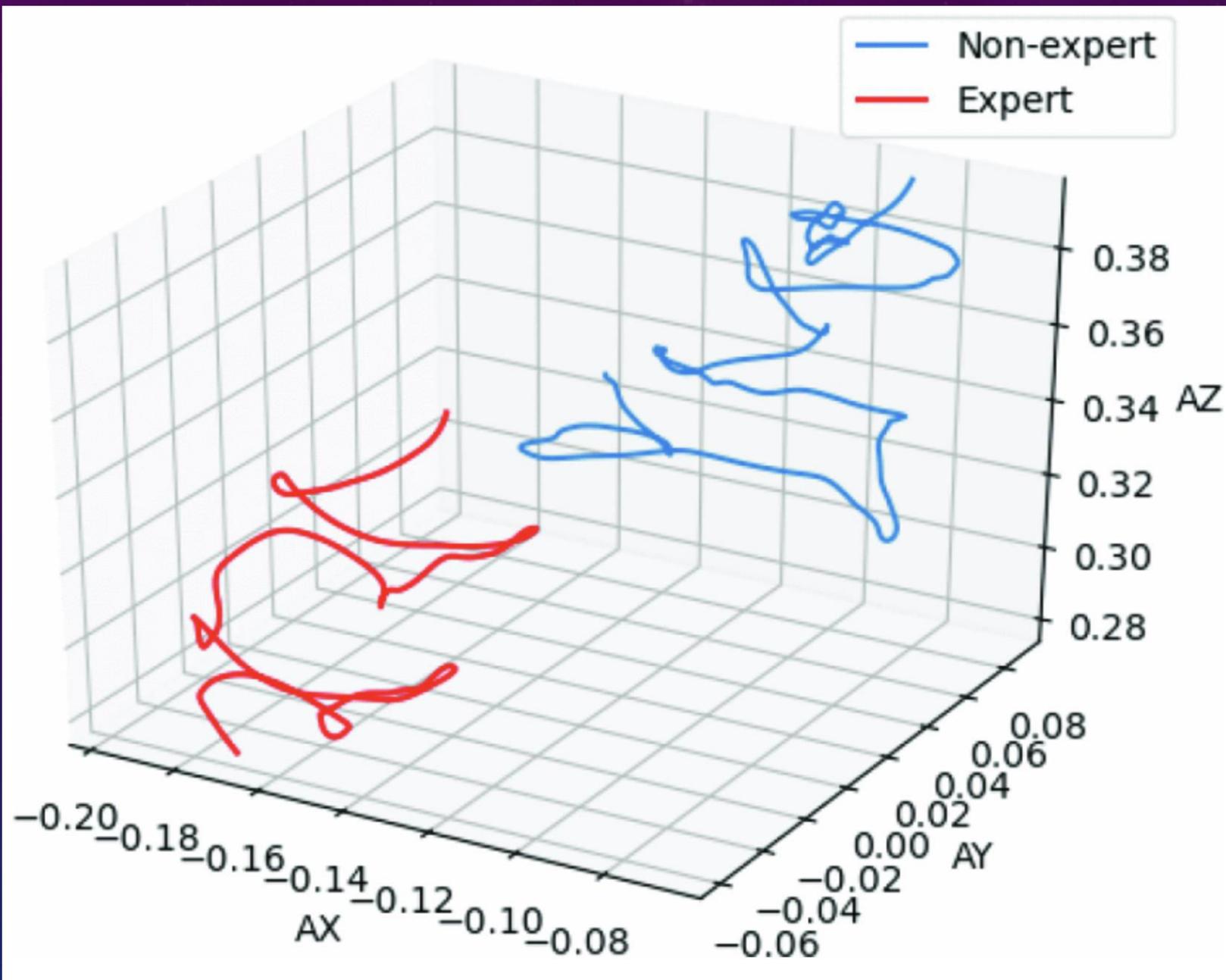
L'IA filtra autonomamente i movimenti respiratori

Valutazione intraoperatoria delle performance

Tradizionalmente la performance chirurgica è valutata in maniera soggettiva da pari («peers») osservando il gesto chirurgico.

Nell'era dell' IA, la presenza dell'Automated Performance Metrics (AMP) può fornire *valutazioni oggettive basate sul riconoscimento in tempo reale dei gesti chirurgici*

Hung et al. Hanno dimostrato che le valutazioni ottenute attraverso l'AMP può predire outcome clinici a breve termine (e giudicare i chirurghi ?)



Il grafico mostra la traiettoria degli strumenti durante il task di esecuzione dei nodi, differenziando chiaramente chirurghi esperti e non

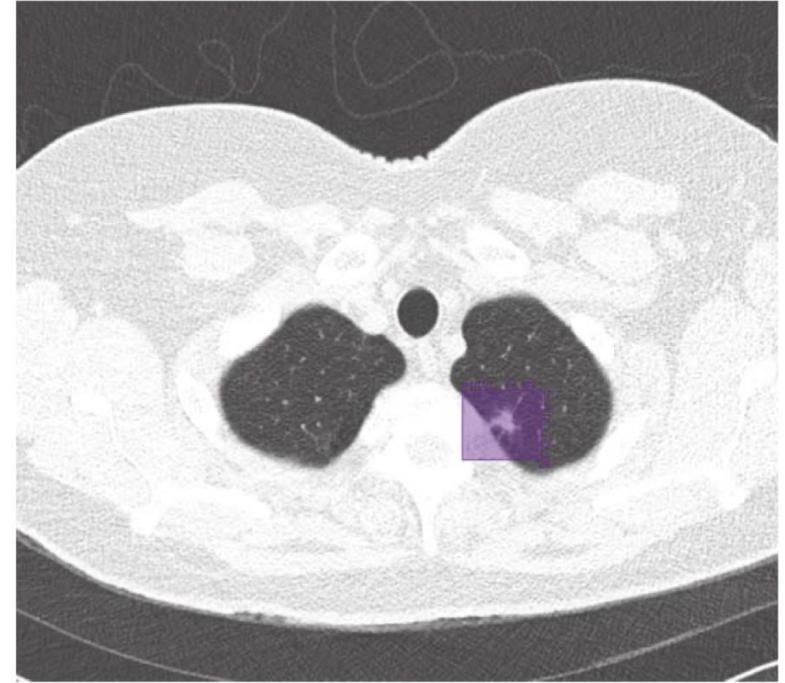
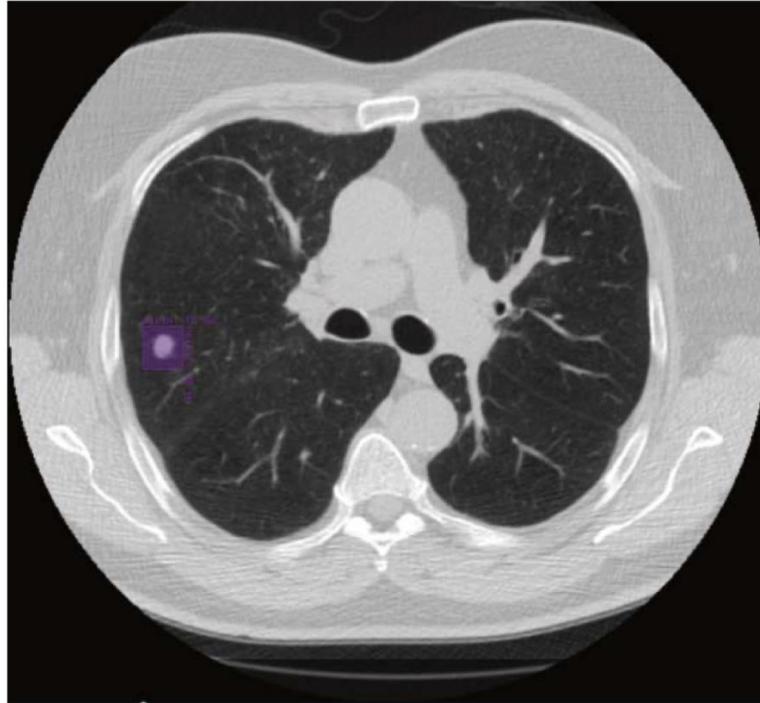
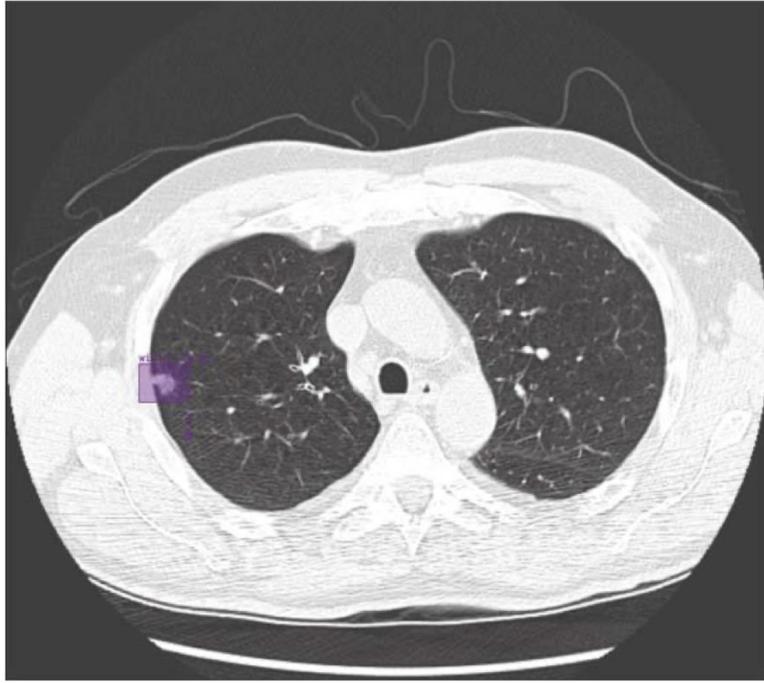
L. Juarez-Villalobos, N. Hevia-Montiel and J. Pérez-Gonzalez, "Machine Learning based Classification of Local Robotic Surgical Skills in a Training Tasks Set," 2021 43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC), Mexico, 2021, pp. 4596-4599

Sybil: A Validated Deep Learning Model to Predict Future Lung Cancer Risk From a Single Low-Dose Chest Computed Tomography

Peter G. Mikhael, BSc^{1,2}; Jeremy Wohlwend, ME^{1,2}; Adam Yala, PhD^{1,2}; Ludvig Karstens, MSc^{1,2}; Justin Xiang, ME^{1,2}; Angelo K. Takigami, MD^{3,4}; Patrick P. Bourgooin, MD^{3,4}; PuiYee Chan, PhD⁵; Sofiane Mrah, MSc⁴; Wael Amayri, BSc⁴; Yu-Hsiang Juan, MD^{6,7}; Cheng-Ta Yang, MD^{6,8}; Yung-Liang Wan, MD^{6,7}; Gigin Lin, MD, PhD^{6,7}; Lecia V. Sequist, MD, MPH^{3,5}; Florian J. Fintelmann, MD^{3,4}; and Regina Barzilay, PhD^{1,2}

I ricercatori dell' MIT hanno sviluppato un algoritmo tramite il Deep Learning che predice il rischio di tumore del polmone sulla base della sola TC torace, senza integrazione di dati clinici.

Il sistema ha mostrato un'ottima performance con area sotto la curva (AUC) di 0.92 nella predizione di cancro del polmone ad un anno



Surgical training

L'IA generativa permette di creare dei modelli di training realistici che si sono dimostrati più efficaci delle console doppie

Attraverso l'IA è anche possibile *condensare ore di video in pochi minuti* composti da passaggi chiave per una data procedura. La «segmentazione» di procedure chirurgiche complesse (passaggi chiave), oltre all'ausilio nell'identificazione di particolari strutture anatomiche può rappresentare un metodo incoraggiante nell'apprendimento guidato

Questioni etiche

L'introduzione dell'IA in campo medico rappresenta sicuramente un vantaggio nel processo decisionale

Questo aspetto porta con sé delle implicazioni medico-legali ed etiche che dovranno essere attentamente affrontate con legislature apposite

Conclusioni

L'IA applicata alla robotica, unita alla realtà aumentata, offre dei vantaggi sulla visualizzazione di strutture anatomiche in tempo reale

Rappresenta una risorsa per facilitare e velocizzare il training dei chirurghi

Difficilmente in un futuro prossimo si avrà una chirurgia interamente condotta dal robot senza interazioni umane; attualmente resta fondamentale l'apporto umano nella procedura chirurgica