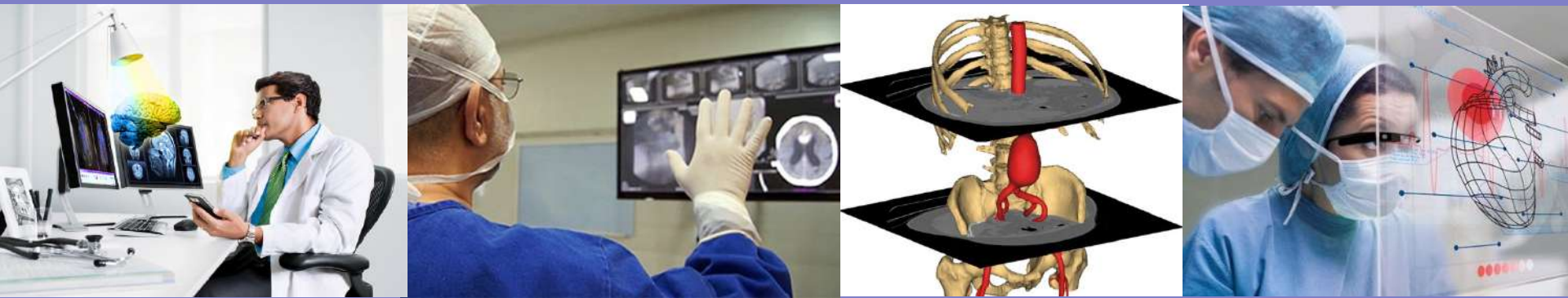




Dipartimento di Ingegneria dell'Innovazione
Università del Salento



Augmented and
Virtual Reality Laboratory



eXtended Reality: un modo nuovo di interagire con il mondo

Lucio Tommaso De Paolis

Chi siamo



**Augmented and Virtual Reality Laboratory
(AVR Lab)**

Department of di Engineering for Innovation
University of Salento
Lecce, Italy

avrlab.unisalento.it



VR/AR IN MEDICINE

to support surgeons in diagnosis,
preoperative planning, intraoperative
procedures and training

*computer-aided surgery
augmented visualization
virtual surgical simulators*



VR/AR IN CULTURAL HERITAGE

to create a virtual bridge between
ancient and modern culture

*virtual heritage
serious games
edutainment*



HUMAN-COMPUTER INTERACTION

to design and develop advanced
human-machine interfaces for
improving the user's performances

*man-machine interfaces
gesture-based interaction
tangible interfaces*



Xrtechnology srl

Startup

www.xrtech.it



Augmented and Virtual Reality for Medicine srl

ex Spin-off of University of Salento

www.avrmed.com

Chi siamo



**UNIVERSITÀ
DEL SALENTO**

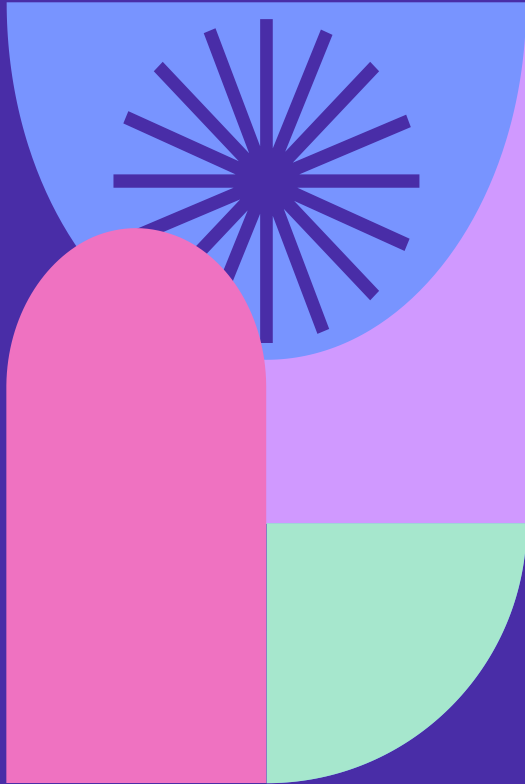
Augmented and Virtual Reality Laboratory

Director: Lucio Tommaso De Paolis

AVR Lab – Attività

- VR/AR in medicina e chirurgia
- VR/AR nei beni culturali
- VR/AR nella formazione
- VR/AR nel marketing
- Interazione uomo-macchina
- Video mapping





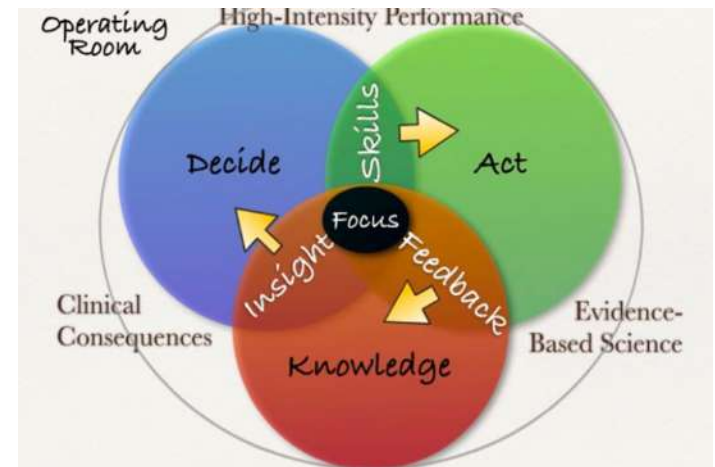
**eXtended
Reality (XR)?**

Performances in Surgery

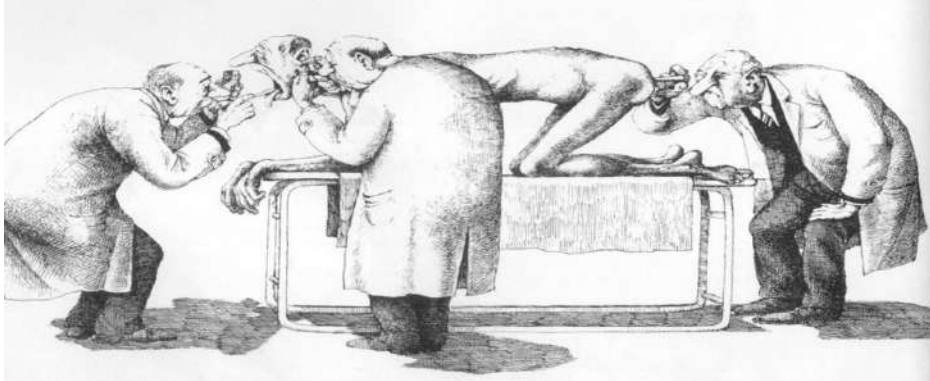
- Good surgical performances effect and can extend our lives
- In which way is it possible to improve these performances?

Performance

- information
- analysis
- decision
- action

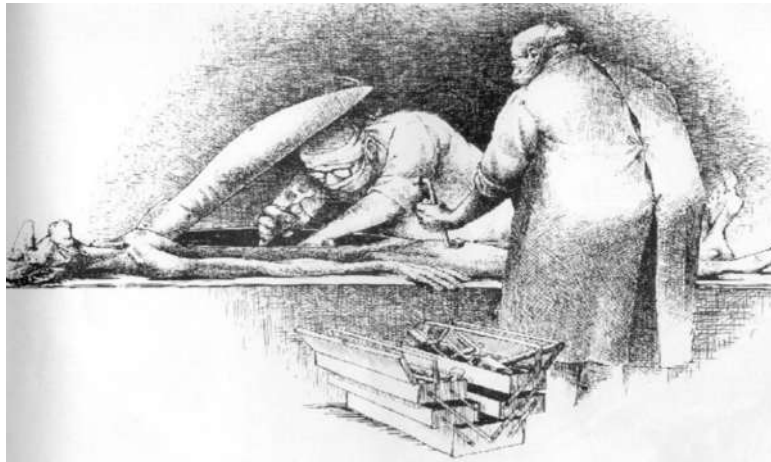


What could physicians do without images?



Non-invasive mode:

- observe some symptoms
- measure signals
- take some samples (blood, urine, saliva)
- perform some tests



Invasive mode:

- open and see

Medical imaging developed in 20th century



La Medicina Incontra la Realtà Estesa

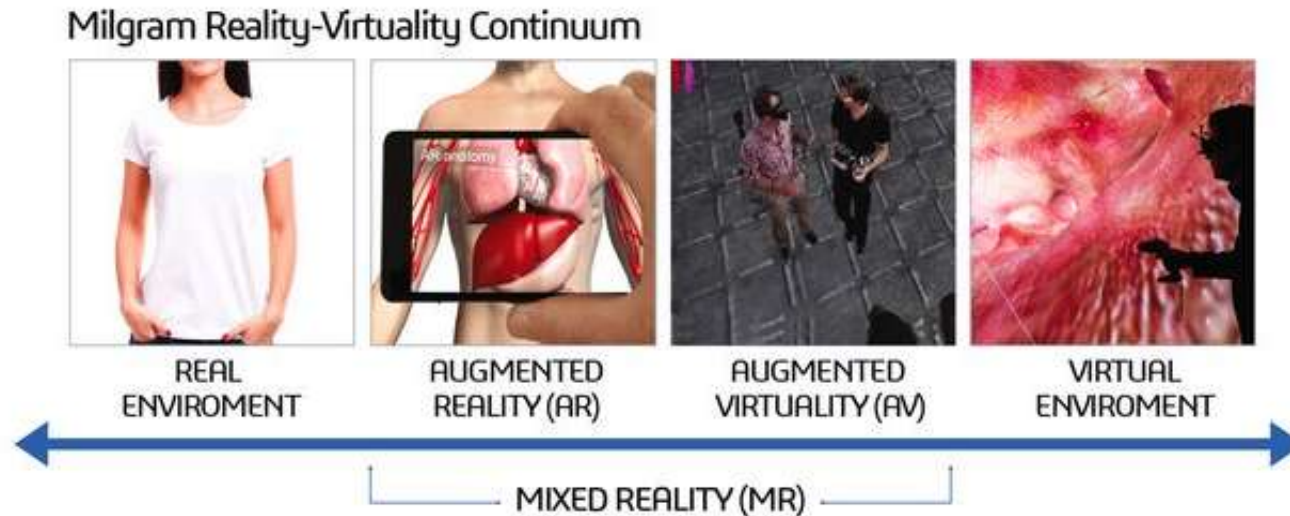
- Realtà Virtuale e Realtà Aumentata
 - pianificazione chirurgica
 - training
 - supporto intraoperatorio
- Sistemi per la visualizzazione e l'interazione touchless



Chirurgia Mini-Invasiva



Realtà Virtuale e Aumentata



- la Realtà Virtuale (VR) immerge gli utenti in un ambiente digitale creato all'interno del computer
- la Realtà Aumentata (AR) sovrappone oggetti virtuali all'ambiente reale
- la Realtà Mista (MR) non si limita alla sovrapposizione, ma ancora gli oggetti virtuali al mondo reale

Realtà Virtuale (VR)

La Realtà Virtuale (Virtual Reality) è un mondo artificiale multisensoriale generato dal computer in cui l'utente ha l'impressione di trovarsi con la possibilità di interagire e manipolare gli oggetti virtuali

L'utente non ha alcun legame con il mondo reale





Realtà Aumentata (AR)

La Realtà Aumentata (Augmented Reality) arricchisce la percezione sensoriale attraverso la sovrapposizione alla realtà di elementi multimediali (immagine, testo, video, animazioni, suono)

Aiuta l'utente a vedere ciò che non è direttamente visibile

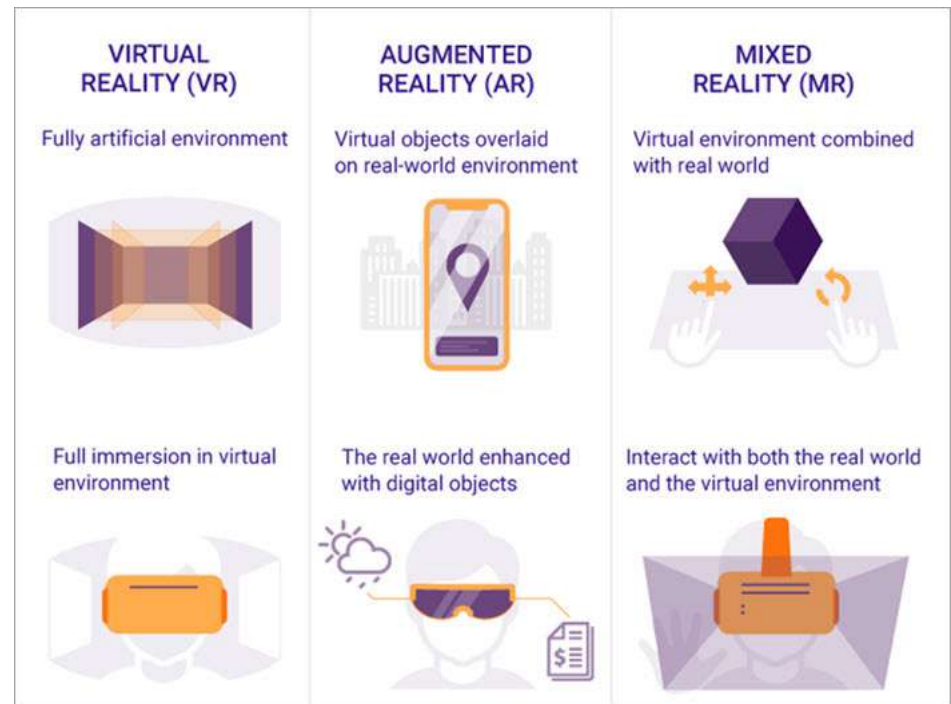
L'utente mantiene il legame con il mondo reale

Realtà Mista (MR)

La Realtà Mista (Mixed Reality) si riferisce alla fusione di mondi reali e virtuali per produrre nuovi ambienti e visualizzazioni in cui oggetti fisici e digitali coesistono e interagiscono in tempo reale

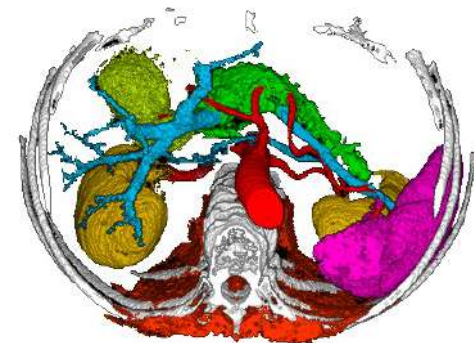
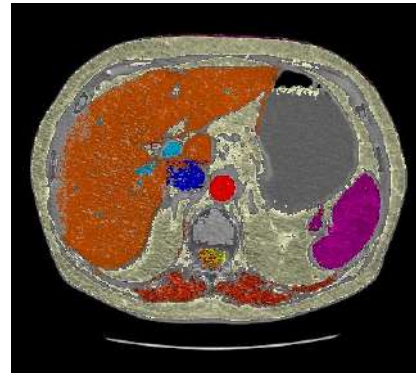


eXtended Reality (XR)

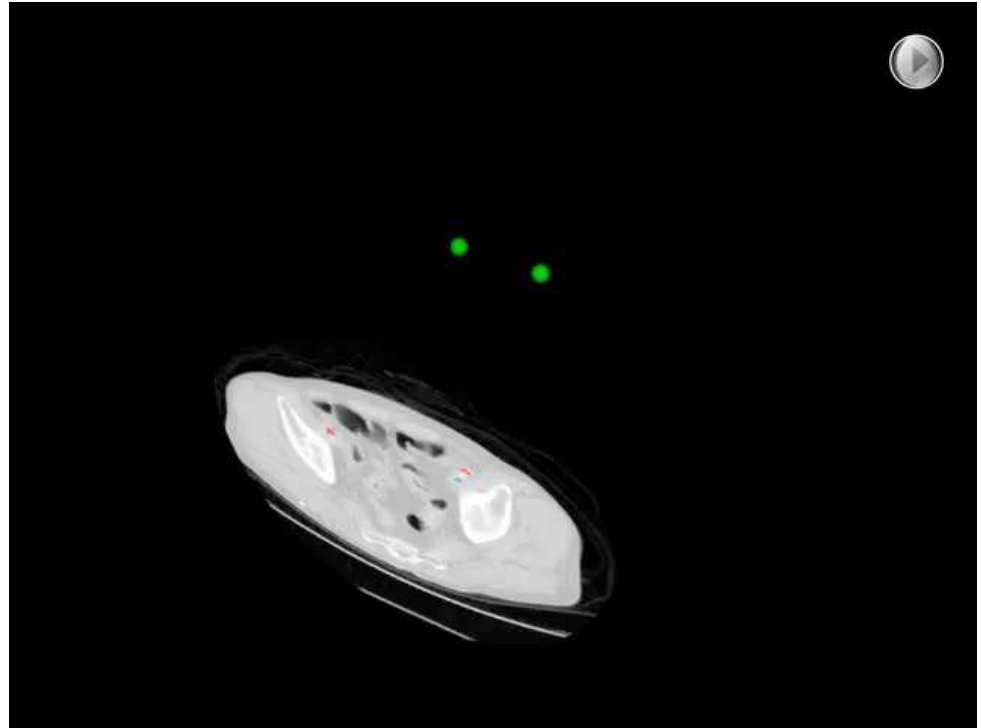
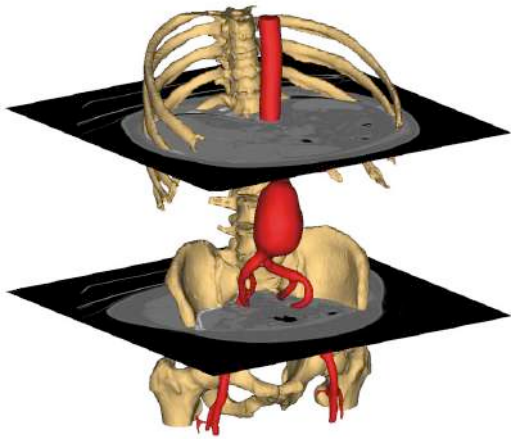


Realizzazione di un Ambiente Virtuale

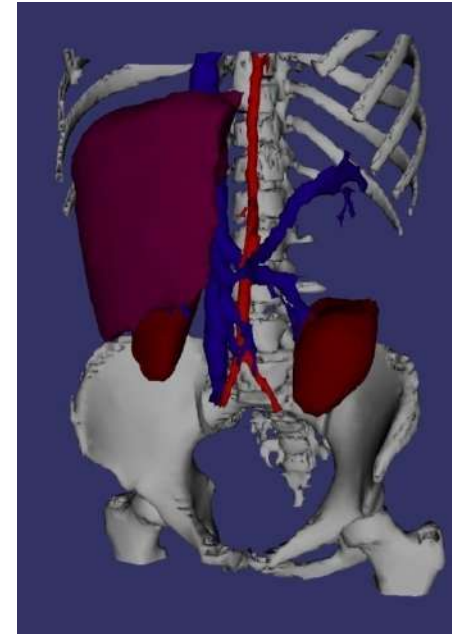
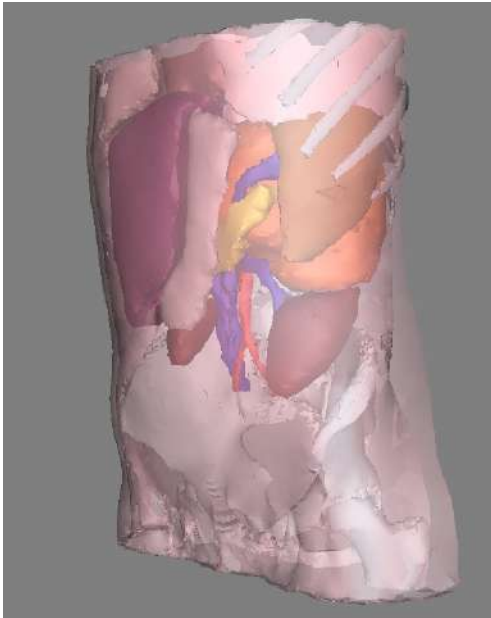
algoritmi di segmentazione e classificazione permettono di ottenere informazioni circa la dimensione e la forma degli organi



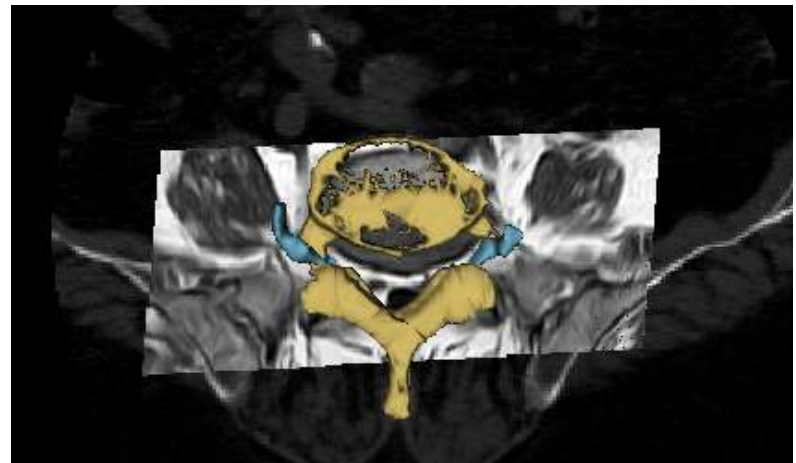
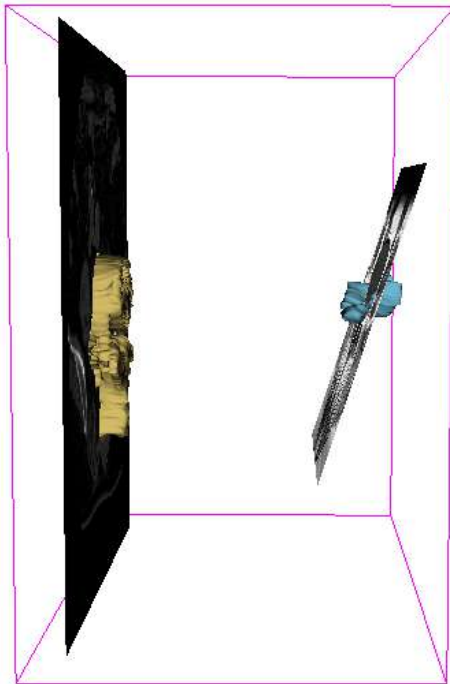
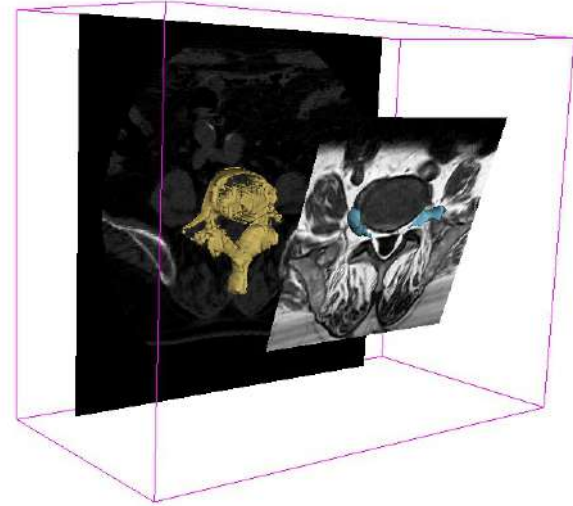
Realizzazione di un Ambiente Virtuale



Realizzazione di un Ambiente Virtuale

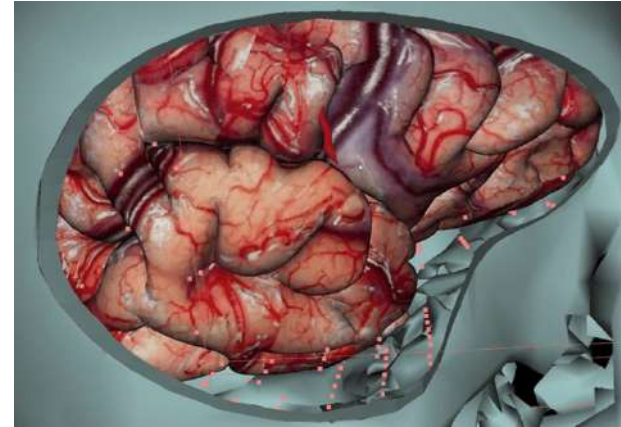


Data Fusion



Realtà Virtuale in Medicina

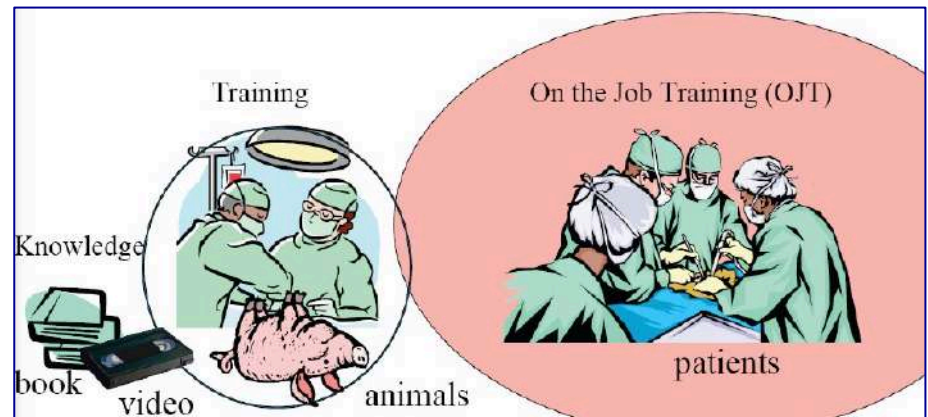
- diagnosi
- pianificazione pre-operatoria
- Computer-Aided Surgery (CAS)
- addestramento (training)



Training Chirurgico

Il risultato di una procedura chirurgica è strettamente legato alle capacità del chirurgo che, per raggiungere e rimanere ad un alto livello di competenze, necessita di nuove e alternative procedure per la formazione e l'addestramento

- animali
- cadaveri
- pazienti reali



*Le metodiche di apprendimento tradizionali
hanno difficoltà a far fronte alle sfide della
medicina moderna*

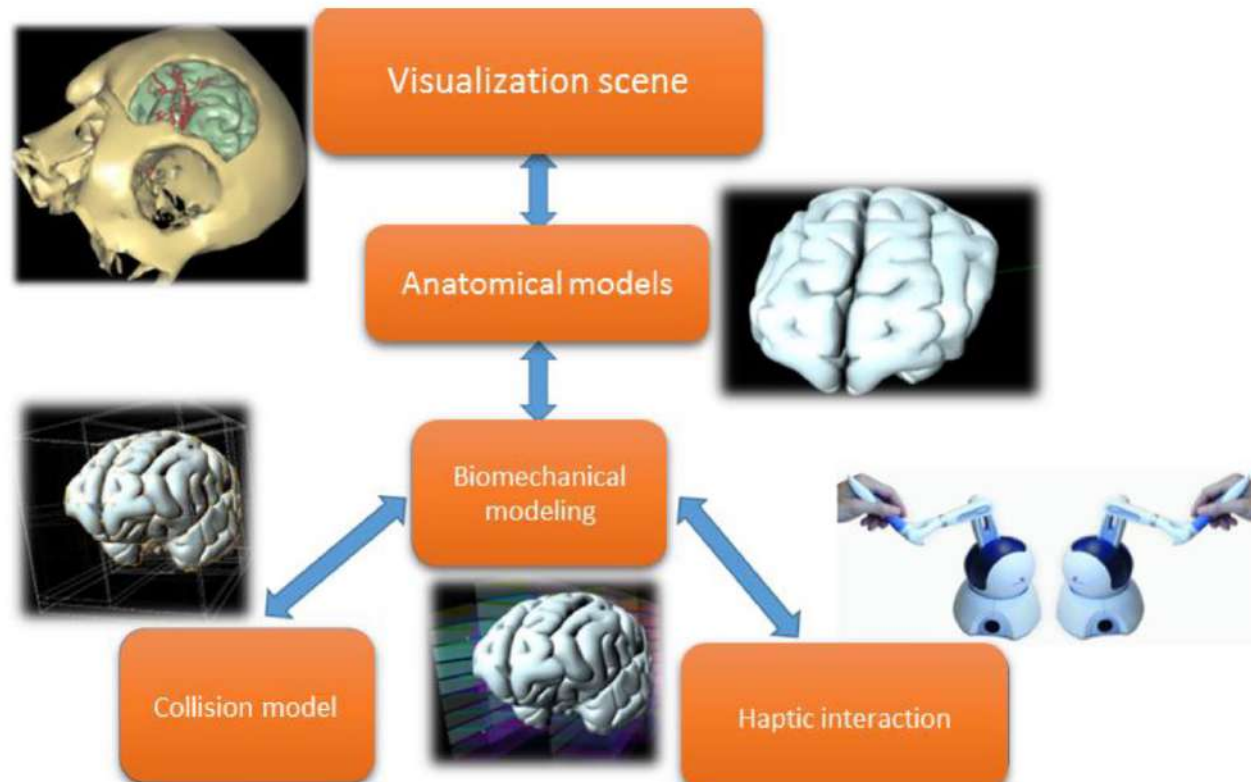
Vantaggi dei Simulatori Virtuali

- i simulatori permettono una formazione adeguata senza alcun rischio per i pazienti
- molte procedure chirurgiche devono essere praticate più volte per essere apprese
- le nuove procedure chirurgiche possono essere praticate in modo sicuro

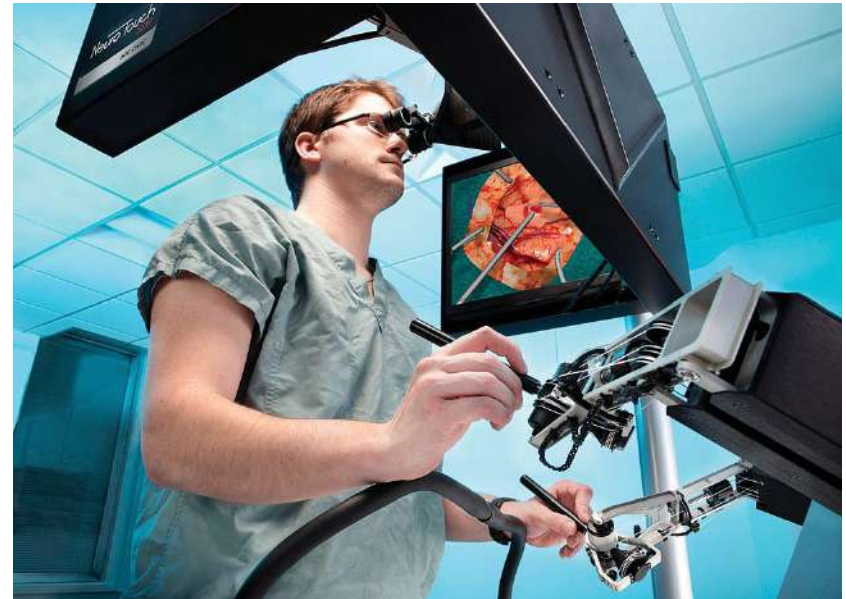


- aumentare la sicurezza per il paziente
- migliorare le competenze chirurgiche
- pianificare la strategia operativa

Simulatori Virtuali per il Training Chirurgico



Simulatori Virtuali per il Training Chirurgico



La Realtà Virtuale nella Terapia del Dolore

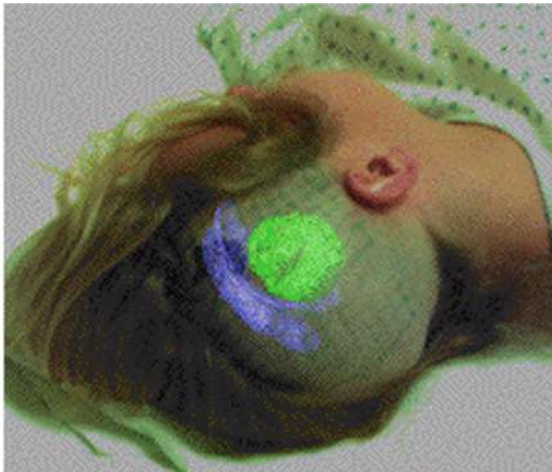
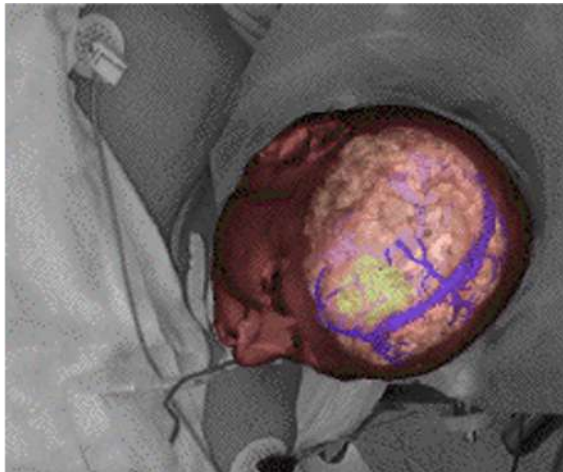


RICORDATI sei in un ambiente virtuale

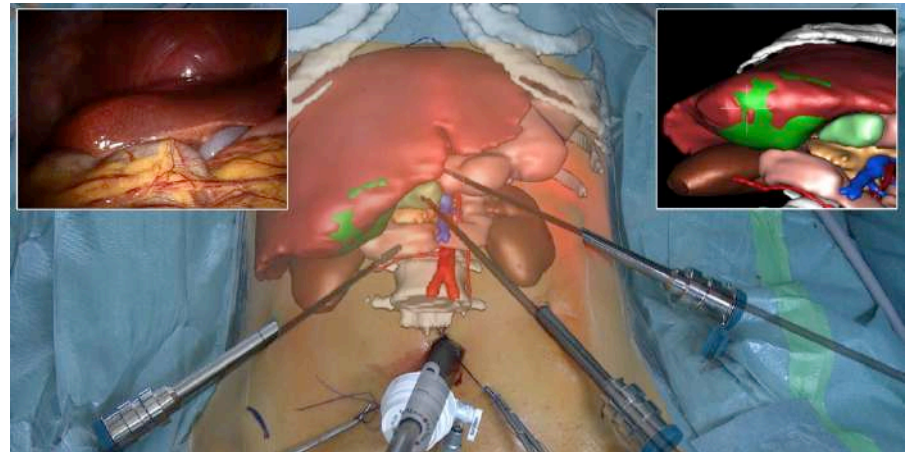
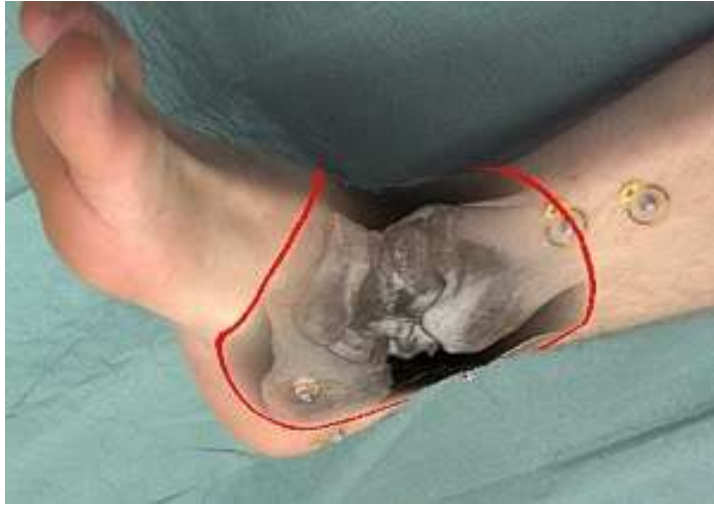


Realtà Aumentata in Chirurgia

- la realtà aumentata fonde virtuale e reale nell'ambiente reale
- l'idea di base è fornire una sorta di "visione a raggi X" al chirurgo
- durante l'operazione si utilizzano immagini mediche ad alta precisione sovrapposte al campo chirurgico



Realtà Aumentata in Chirurgia

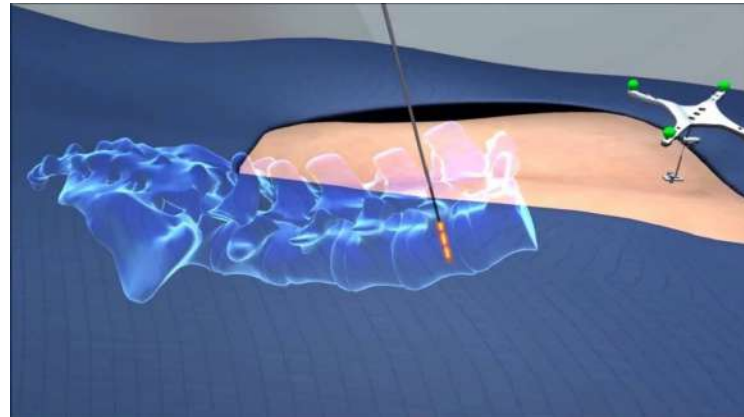
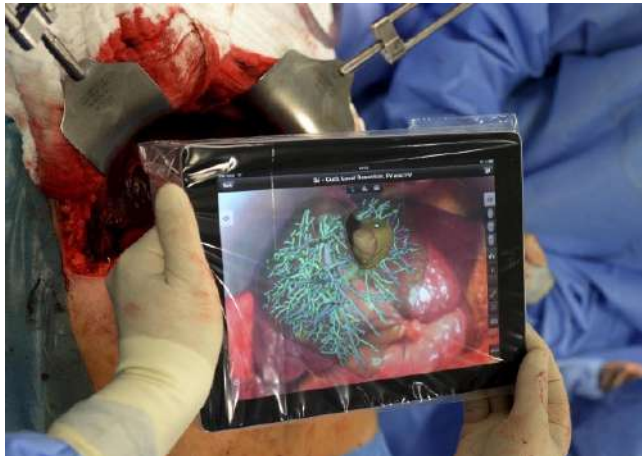


Realtà Aumentata in Chirurgia

La realtà aumentata in chirurgia si basa su due processi principali:

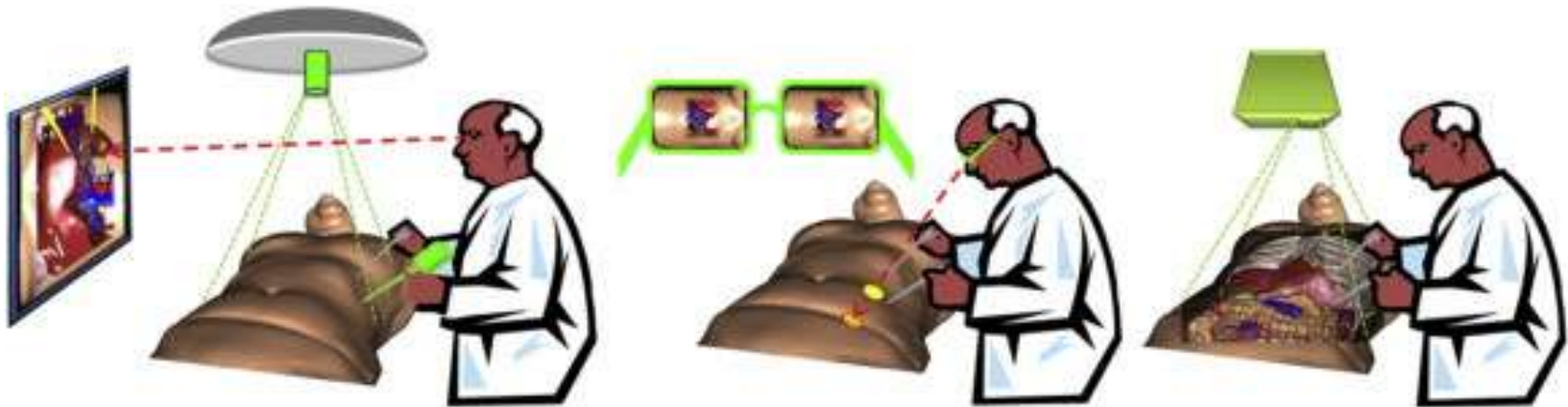
- visualizzazione 3D delle strutture anatomiche o patologiche
- registrazione sul paziente reale

Diversi sistemi sono stati sviluppati dimostrando il beneficio dell'AR in oncologia chirurgica



Visualizzazione AR in Chirurgia

- video-based display
- see-through display
- projection-based device

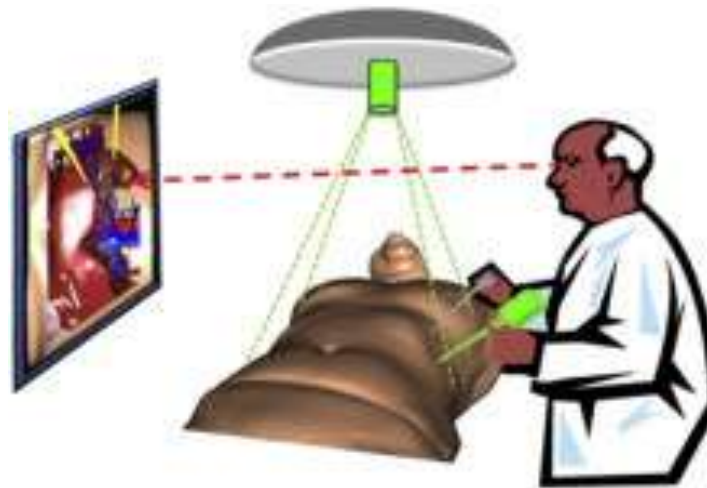


Nicolau et al. - Surgical Oncology 20 (2011)

Visualizzazione AR in Chirurgia

video-based display

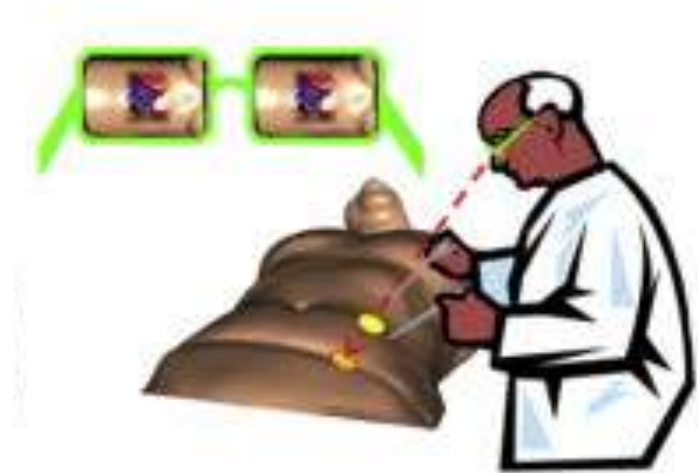
- le informazioni sono sovrapposte al flusso video della videocamera
- in chirurgia laparoscopica le informazioni sono sovrapposte direttamente all'immagine endoscopica



Visualizzazione AR in Chirurgia

see-through display

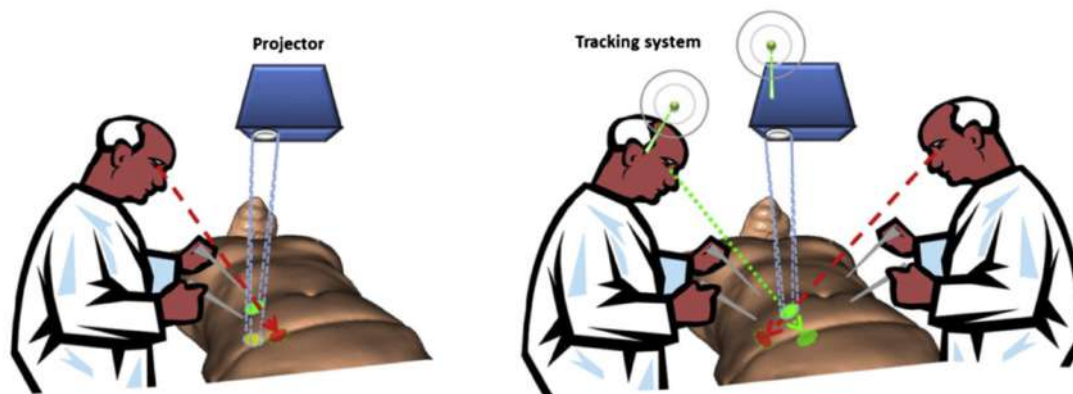
- le informazioni sono sovrapposte alla vista diretta dell'utente
- il chirurgo può vedere direttamente il paziente attraverso le lenti semitrasparenti del dispositivo
- il principale inconveniente è la difficoltà di fornire una accurata sovrapposizione



Visualizzazione AR in Chirurgia

projection-based device

- proiezione diretta sulla pelle del paziente mediante videoproiettore
- il risultato è impressionante in quanto si ha la sensazione di una reale trasparenza del paziente
- è la tecnica meno precisa e si ha un errore significativo di percezione per le strutture profonde
- è necessario tracciare la testa del chirurgo
- solo un chirurgo può trarre beneficio dalle informazioni aumentate

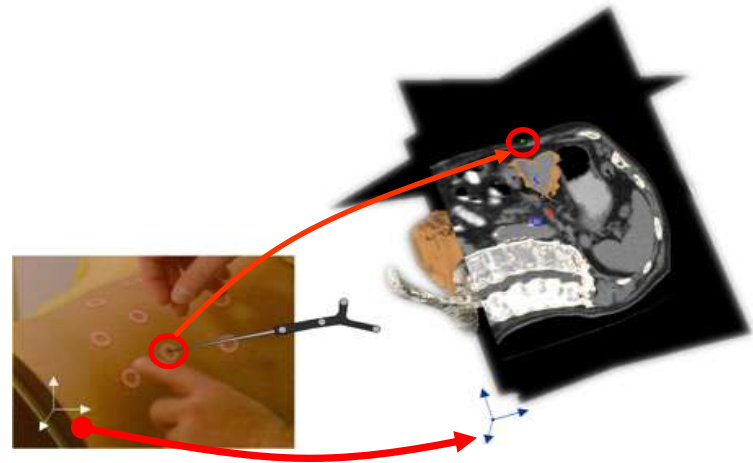


Registrazione

Per avere una perfetta corrispondenza tra organi virtuali e reali è necessario effettuare un'accurata fase di registrazione che permette la corretta sovrapposizione del modello 3D virtuale degli organi sul paziente reale

La fase di registrazione viene effettuata all'inizio della procedura chirurgica ed è basata su punti fiduciali (marker)

Un tracker ottico consente anche il tracciamento degli strumenti durante la chirurgia



Realtà Aumentata in Chirurgia

Benefici

- l'applicazione della tecnologia AR in sala operatoria potrebbe aiutare a migliorare l'accuratezza nelle procedure ricostruttive
- mentre la tecnologia non può sostituire l'abilità e l'esperienza del team chirurgico, potrebbe potenzialmente aiutare a ridurre il tempo trascorso dal paziente sotto anestetico e il margine di errore

Limiti

- errori durante le fasi di modellazione degli organi
- errori durante le fasi di registrazione
- i movimenti degli organi dovuti alla respirazione del paziente
- I movimenti degli organi molli e l'interazione tra strumenti e organi

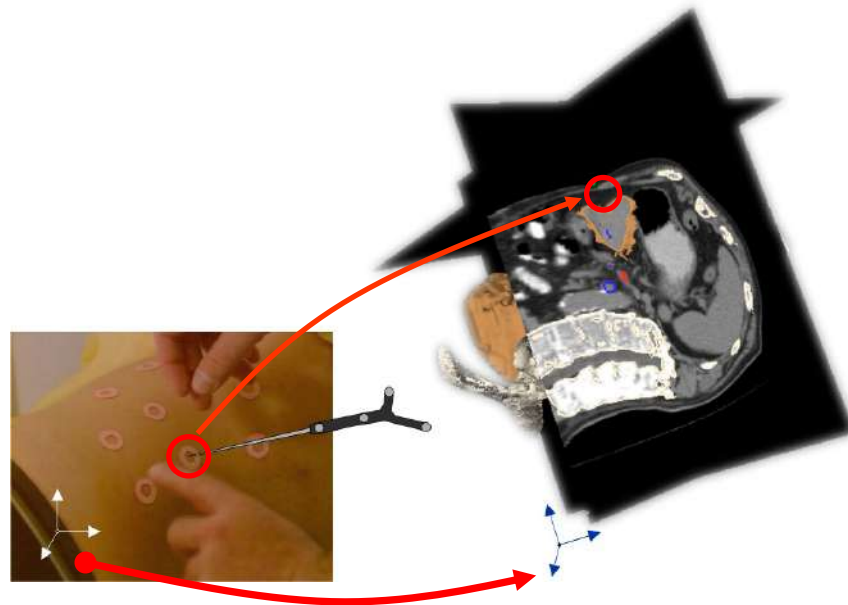
Realtà Aumentata in Chirurgia

In order to have a perfect correspondence between virtual and real organs it is necessary to carry out an accurate registration phase that provides as result the overlapping of the virtual 3D model of the organs on the real patient

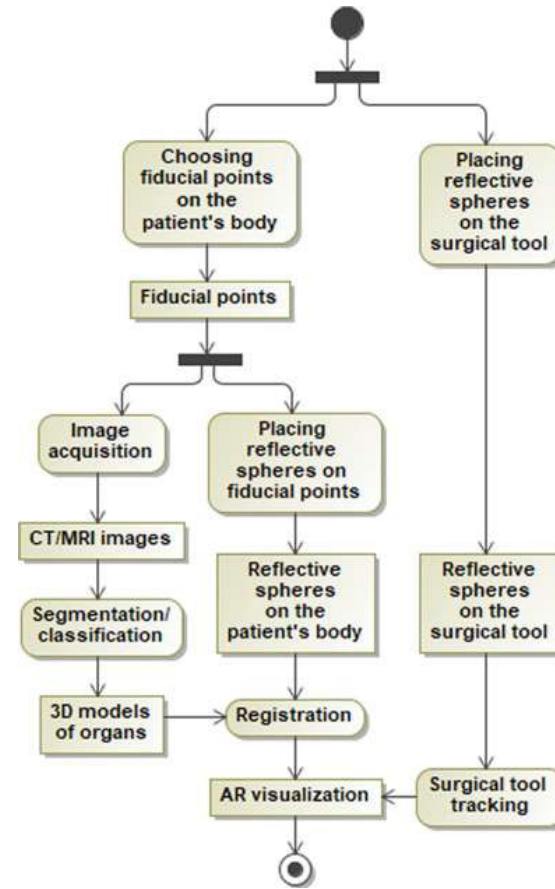
Preoperative registration using skin markers (fiducials) and an optical tracker correlating the presurgical image data sets allows intraoperative orientation of tracking devices in the surgical site

The registration algorithm is based on **fiducial points**

The registration phase is carried out just once at the beginning of the surgical procedure



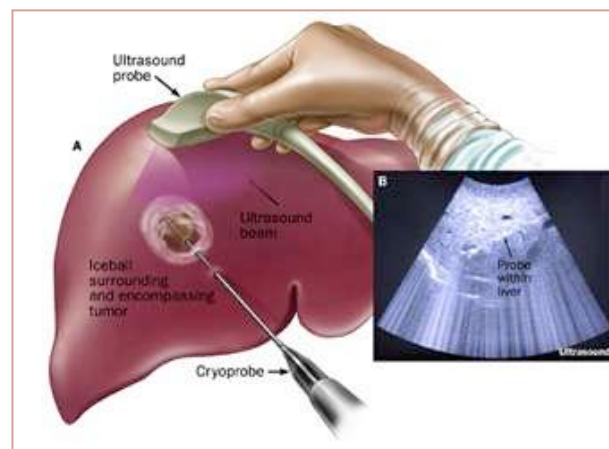
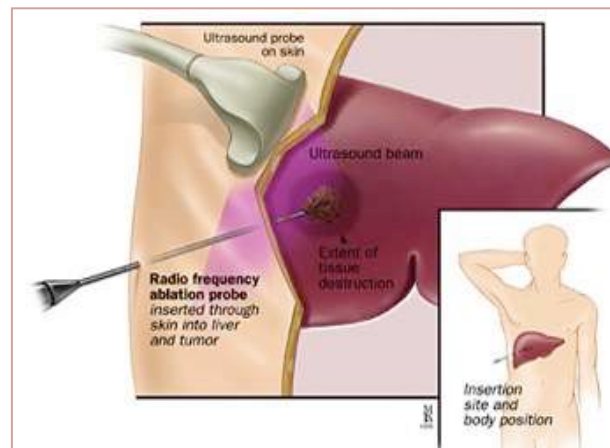
Realtà Aumentata in Chirurgia



AR in RF ablation of the liver tumour

The Liver Radiofrequency Ablation (RFA) consists in the placement of a needle inside the liver parenchyma to reach the centre of the tumour

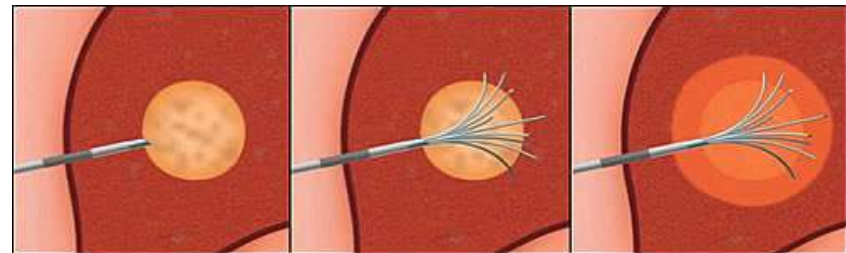
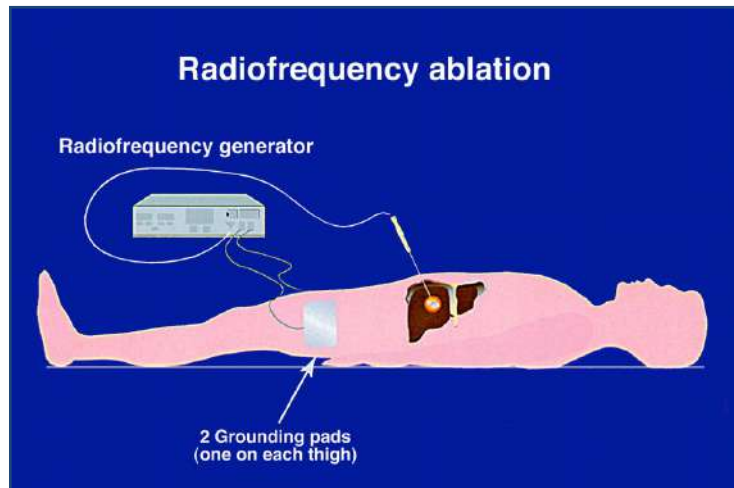
When the lesion is reached, an array of electrodes is extracted from the tip of the needle and a RF current is injected in the tumour tissue in order to cause the tumour cell necrosis for hyperthermia



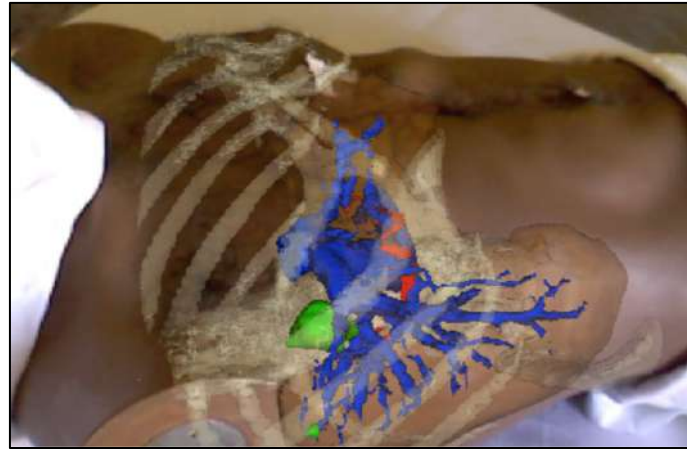
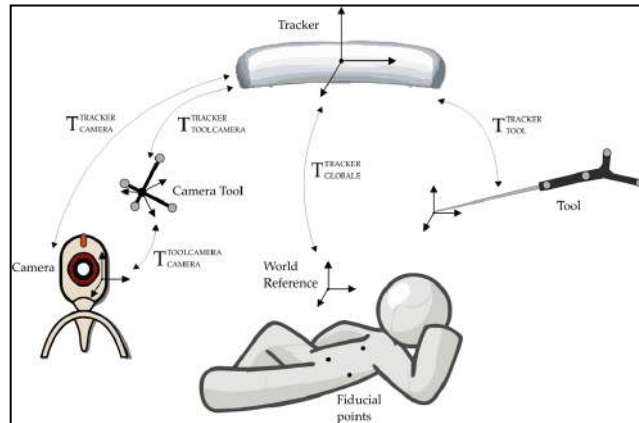
AR in RF ablation of the liver tumour

With the superimposition of the virtual models of the patient's anatomy (liver, cancer, etc) exactly where are the real ones, it is possible to make the needle placement less difficult

In this way the surgery patient's risks and the surgery time should be reduced



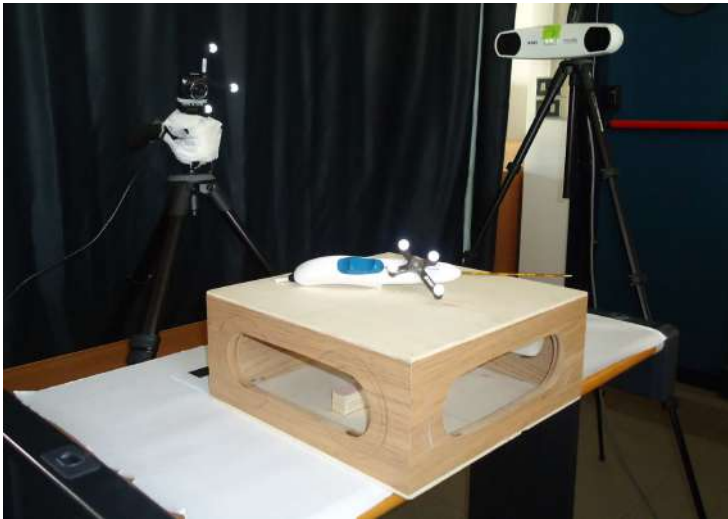
AR in RF ablation of the liver tumour



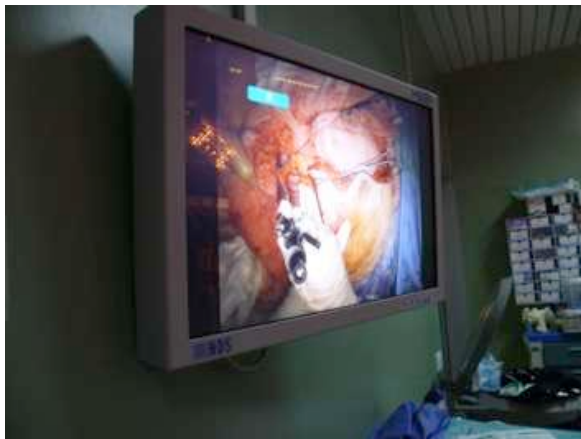
AR in RF ablation of the liver tumour

The aim of the tests carried out were:

- visualization and tracking of the surgical tool
- correct visualization of 3D models and CT images
- measurement of accuracy of the tracking



AR in RF ablation of the liver tumour



AR in RF ablation of the liver tumour

Working with Augmented Reality is like driving the car with GPS navigator!



Application in orthopaedic surgery

Evaluation of tracking performance of inertial sensors and optical markers applied on a hip bone model



Bluetooth
Bluetooth® Low Energy



A VR application for pre-operative planning will also suggest the positioning of sensors

An AR application will provide visual cues and acoustic feedback in real-time and will exploit inertial sensors for an accurate registration of 3D models with organs

AVR
Lab

Microsoft Hololens



Microsoft Hololens



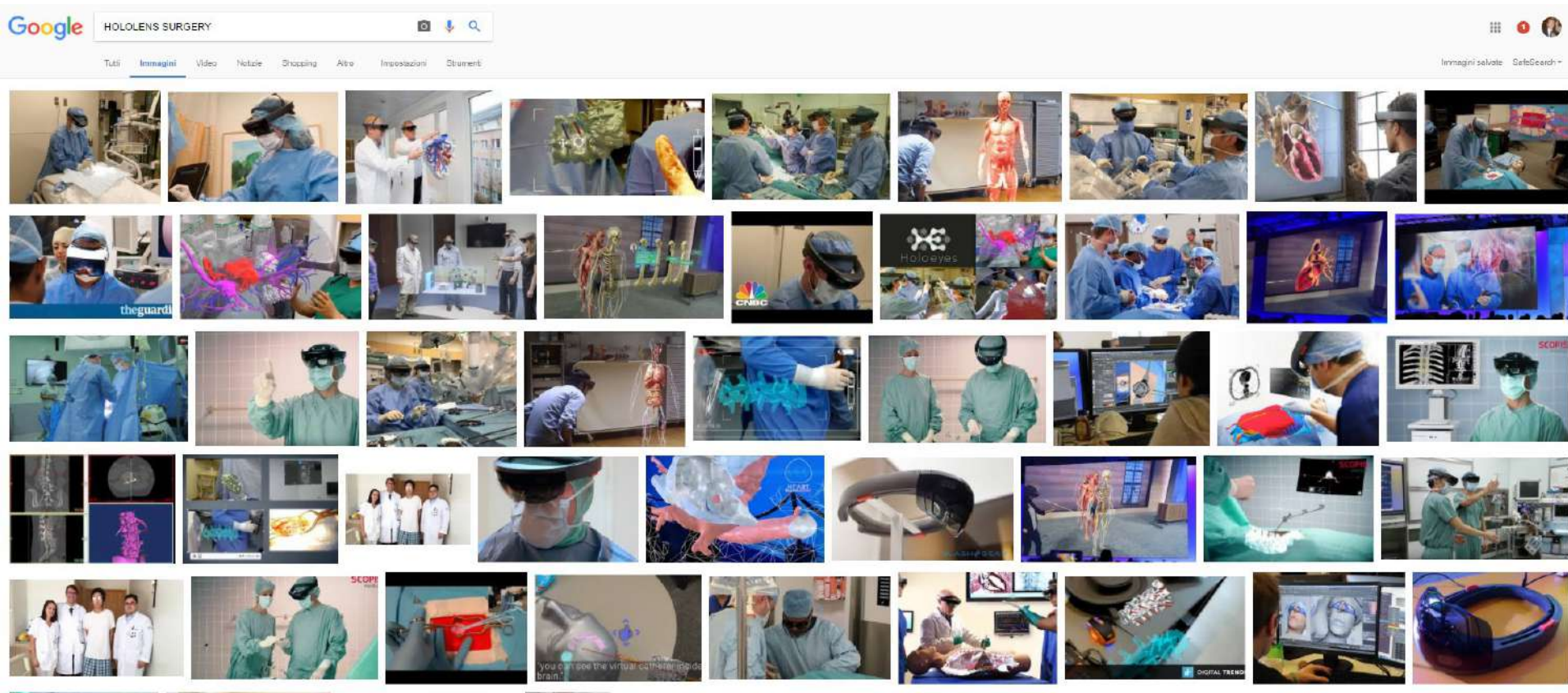
Microsoft Hololens



Realtà Aumentata per la Formazione in Medicina



Realtà Aumentata in Chirurgia



Realtà Aumentata in Chirurgia

Pratt et al. *European Radiology Experimental* (2018) 2:2
DOI 10.1186/s41747-017-0033-2

European Radiology
Experimental

TECHNICAL NOTE

Open Access



Through the HoloLens™ looking glass:
augmented reality for extremity
reconstruction surgery using 3D vascular
models with perforating vessels

Philip Pratt¹, Matthew Ives², Graham Lawton², Jonathan Simmons², Nasko Radev³, Liana Spyropoulou⁴
and Dimitri Amiras^{5*} 

In una serie di procedure chirurgiche condotte da un team dell'Imperial College di Londra al St Mary's Hospital è stato dimostrato per la prima volta come i chirurghi possono utilizzare l'HoloLens mentre operano su pazienti sottoposti a chirurgia ricostruttiva degli arti inferiori

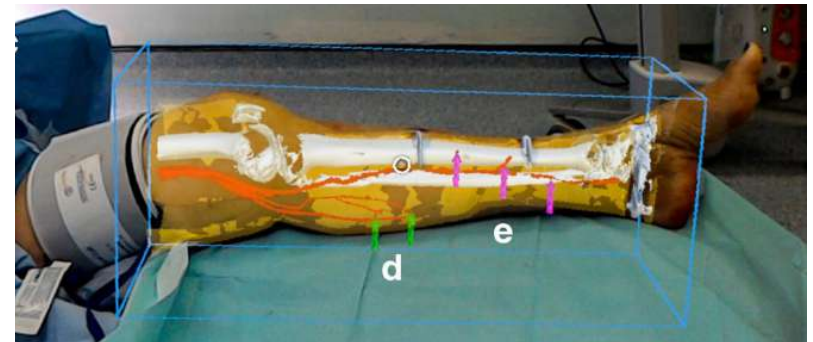
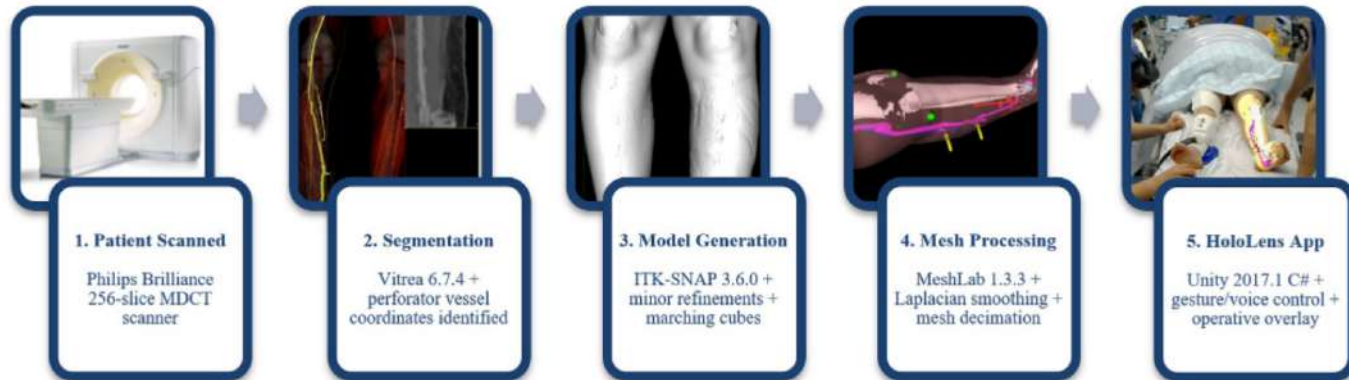
Realtà Aumentata in Chirurgia

L'approccio standard per questa chirurgia ricostruttiva è l'uso di uno scanner portatile che utilizza gli ultrasuoni per identificare i vasi sanguigni sottocutanei

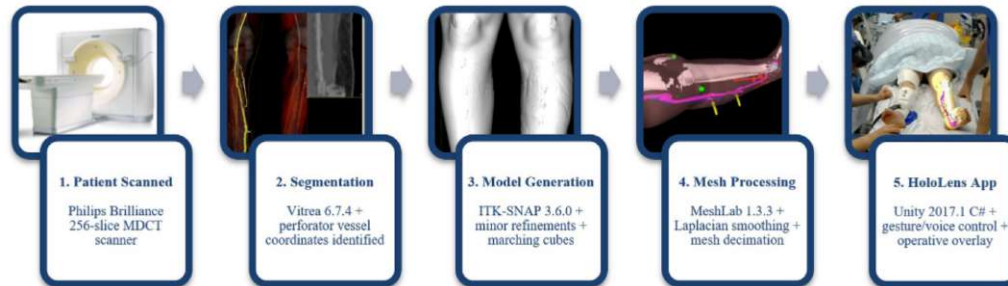
La realtà aumentata offre un nuovo modo per trovare in modo accurato e rapido i vasi sanguigni grazie alla sovrapposizione dell'imaging preoperatorio sul paziente durante l'operazione

"Now, using the HoloLens, we can identify where the blood vessels are in 3D space and use virtual 3D arrows to guide the surgeon. Currently, data preparation is a time consuming process, but in the future much of this could be automated, with the consultant radiologist checking the accuracy of the model against the original scan. "

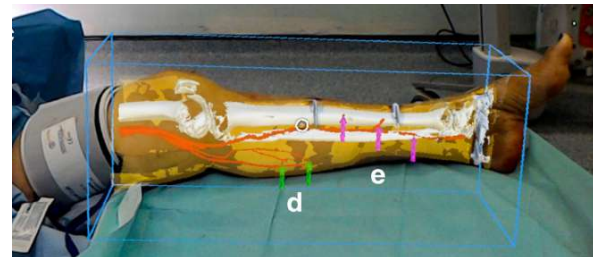
Realtà Aumentata in Chirurgia



Minimally Invasive Surgery and AR



An Imperial College London team working at St Mary's Hospital



arrows highlight position of:

(d) medial sural

(e) posterior tibial perforators

Optical see-through AR display

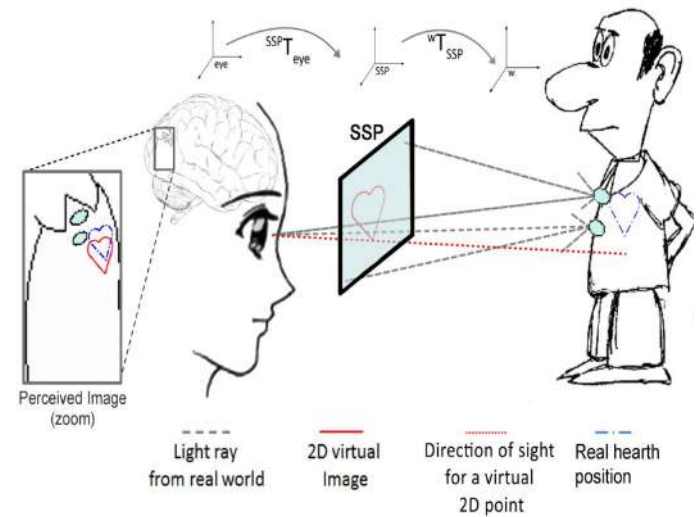
S. Condino, M. Carbone, R. Piazza, M. Ferrari, V. Ferrari

Perceptual Limits of Optical See-Through Visors for Augmented Reality Guidance of Manual Tasks

IEEE Transactions on Biomedical Engineering 2019



5mm at 50 cm



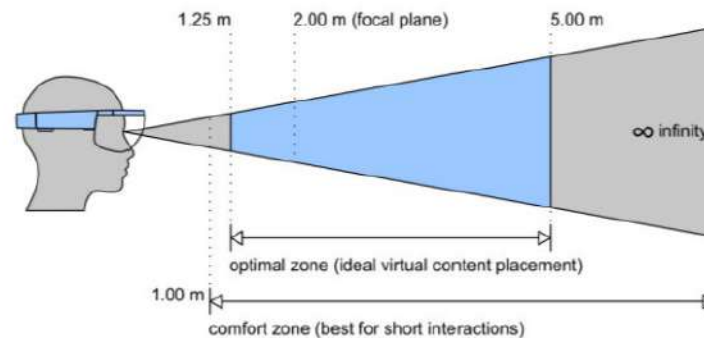
Hololens in surgery

Hololens is designed to place the virtual image at a distance of about 2 m

If you need to focus on a closer field (the patient is 50 cm from your eyes), the virtual image visualization is not accurate

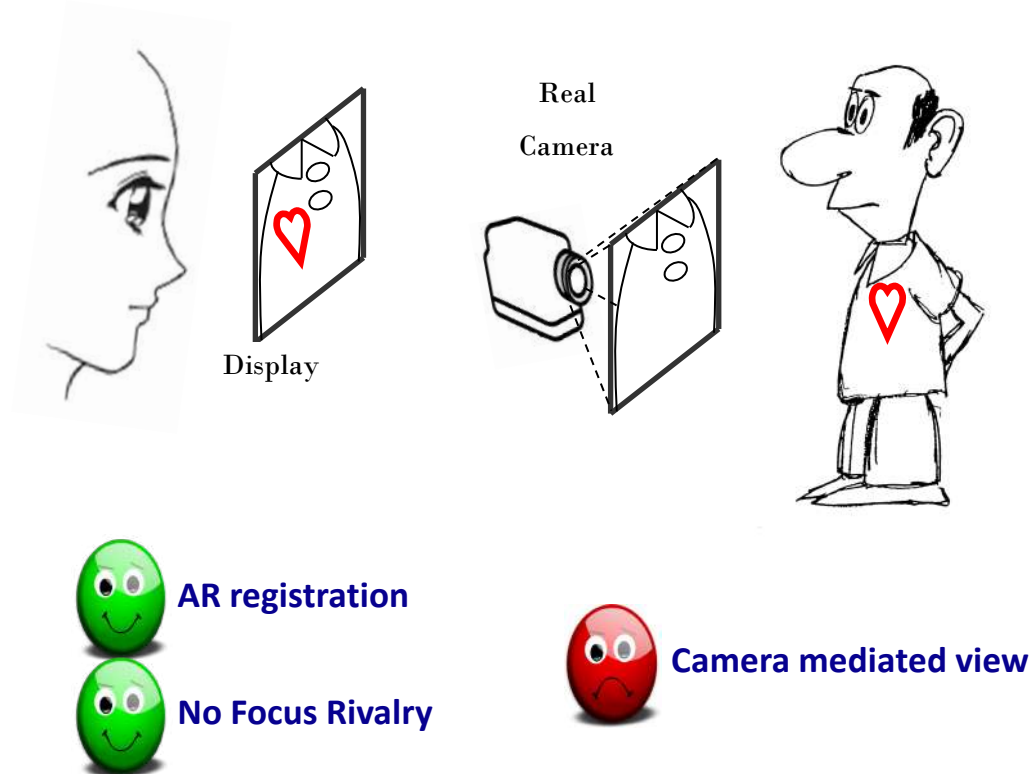


Microsoft guidelines for HoloLens

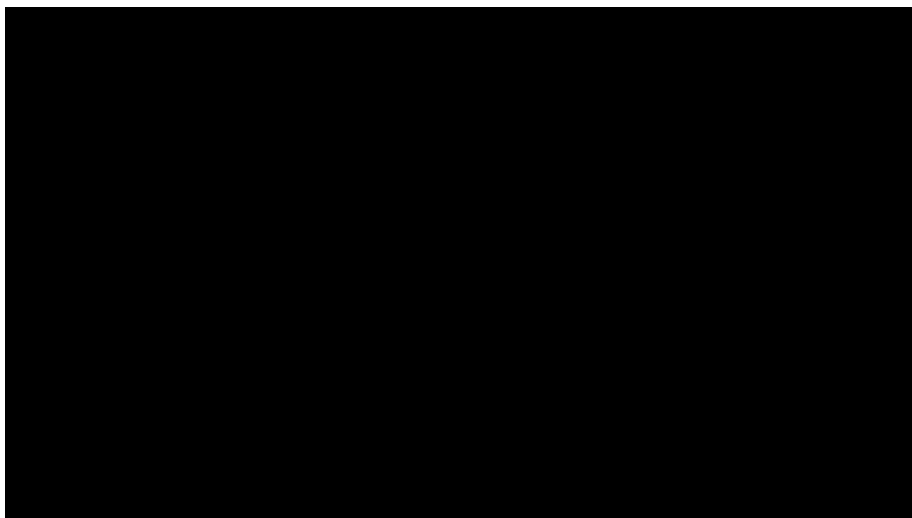


<https://docs.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/hologram-stability>

Video see-through AR display



Vostars in surgery

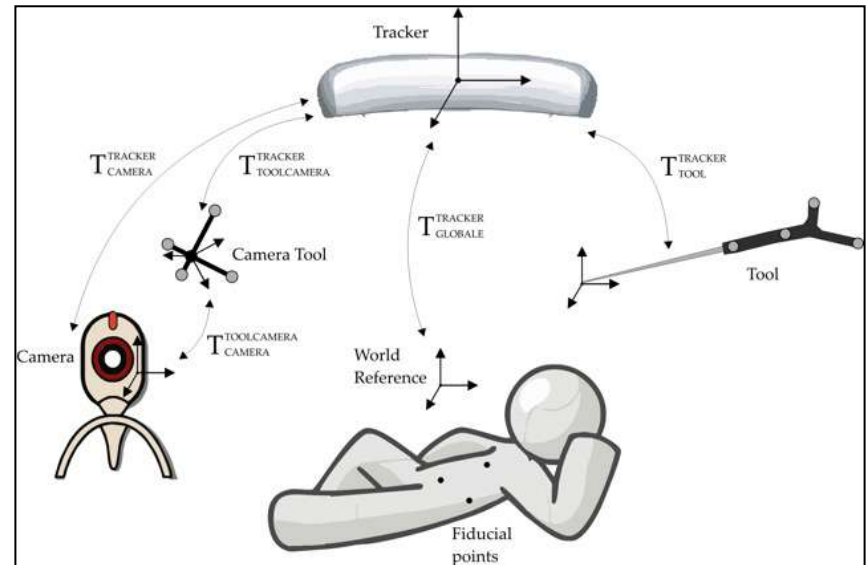
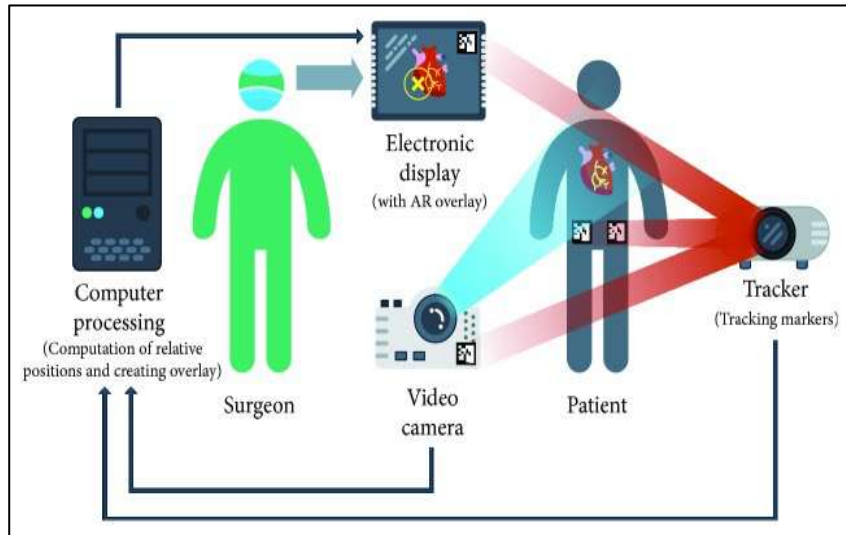


Vostars Project
www.vostars.eu

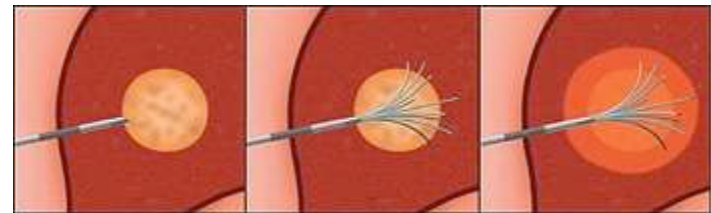
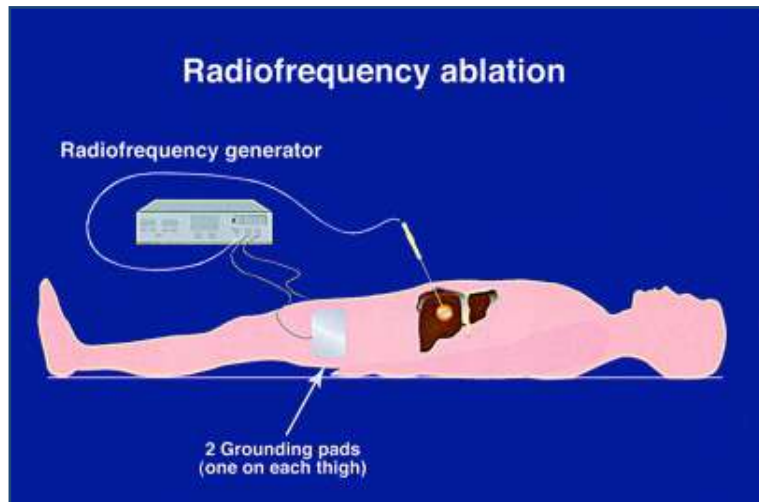
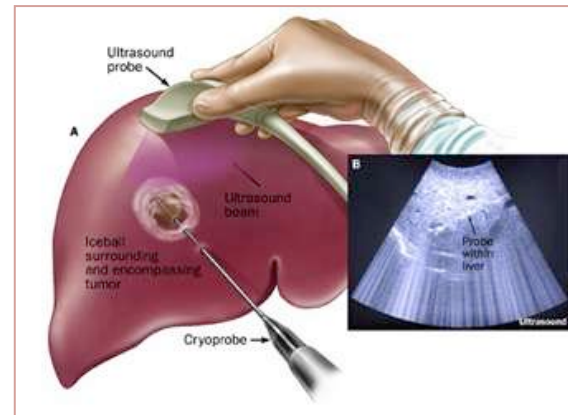
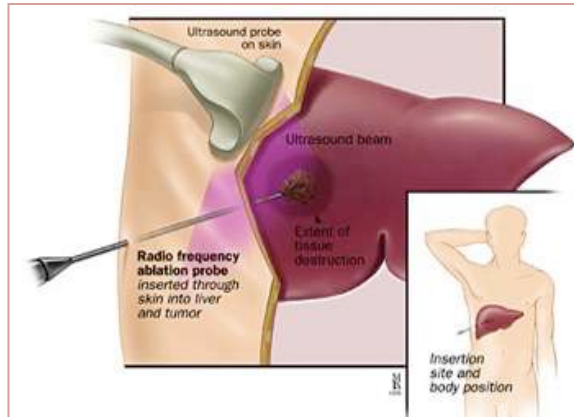
Visualizzazione Aumentata e Controllo Touchless



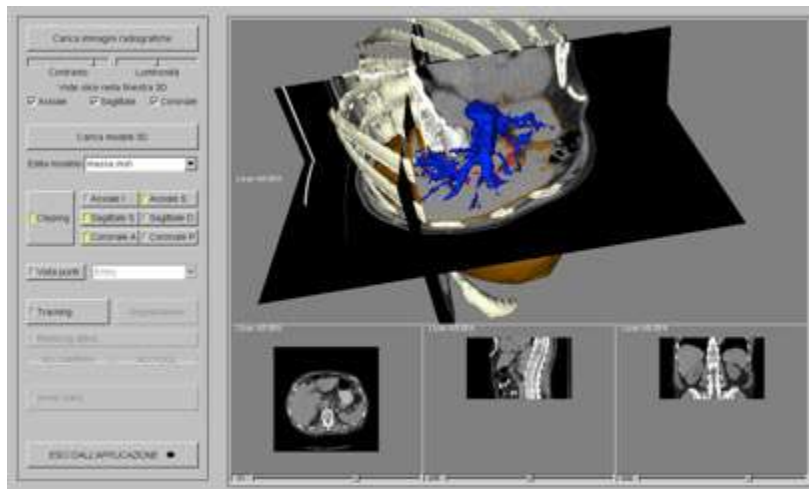
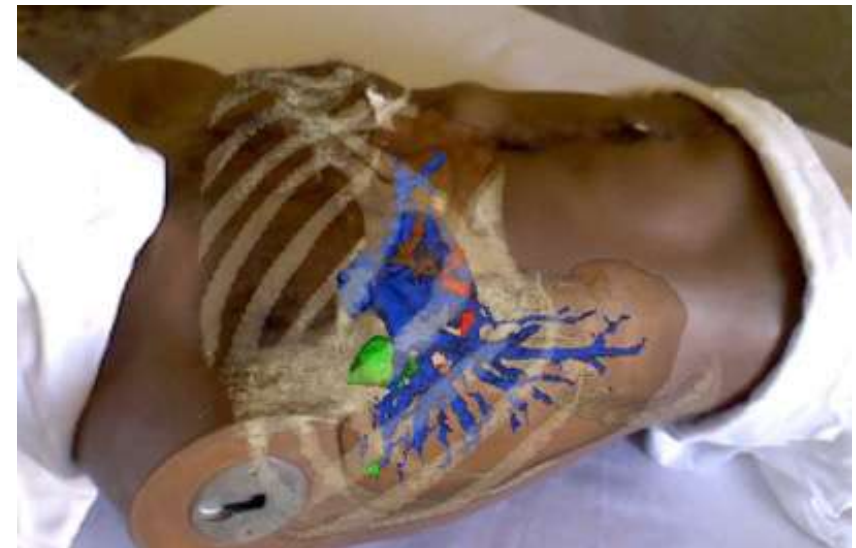
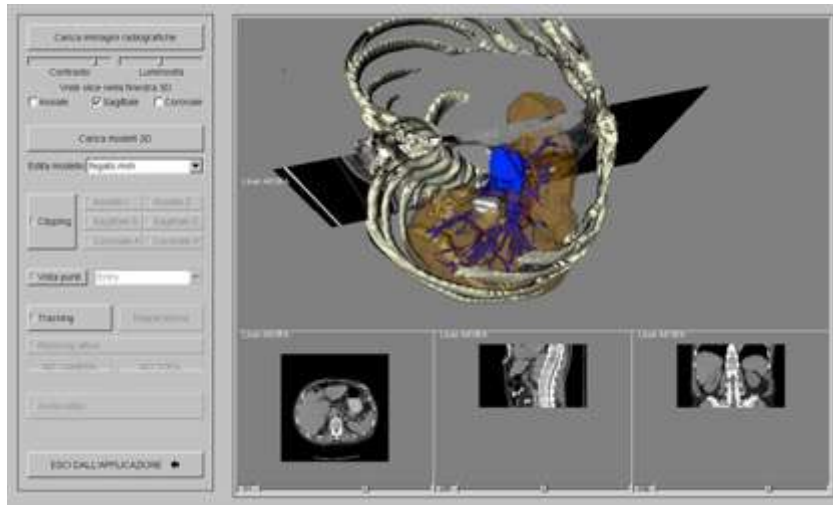
Realtà Aumentata in Chirurgia



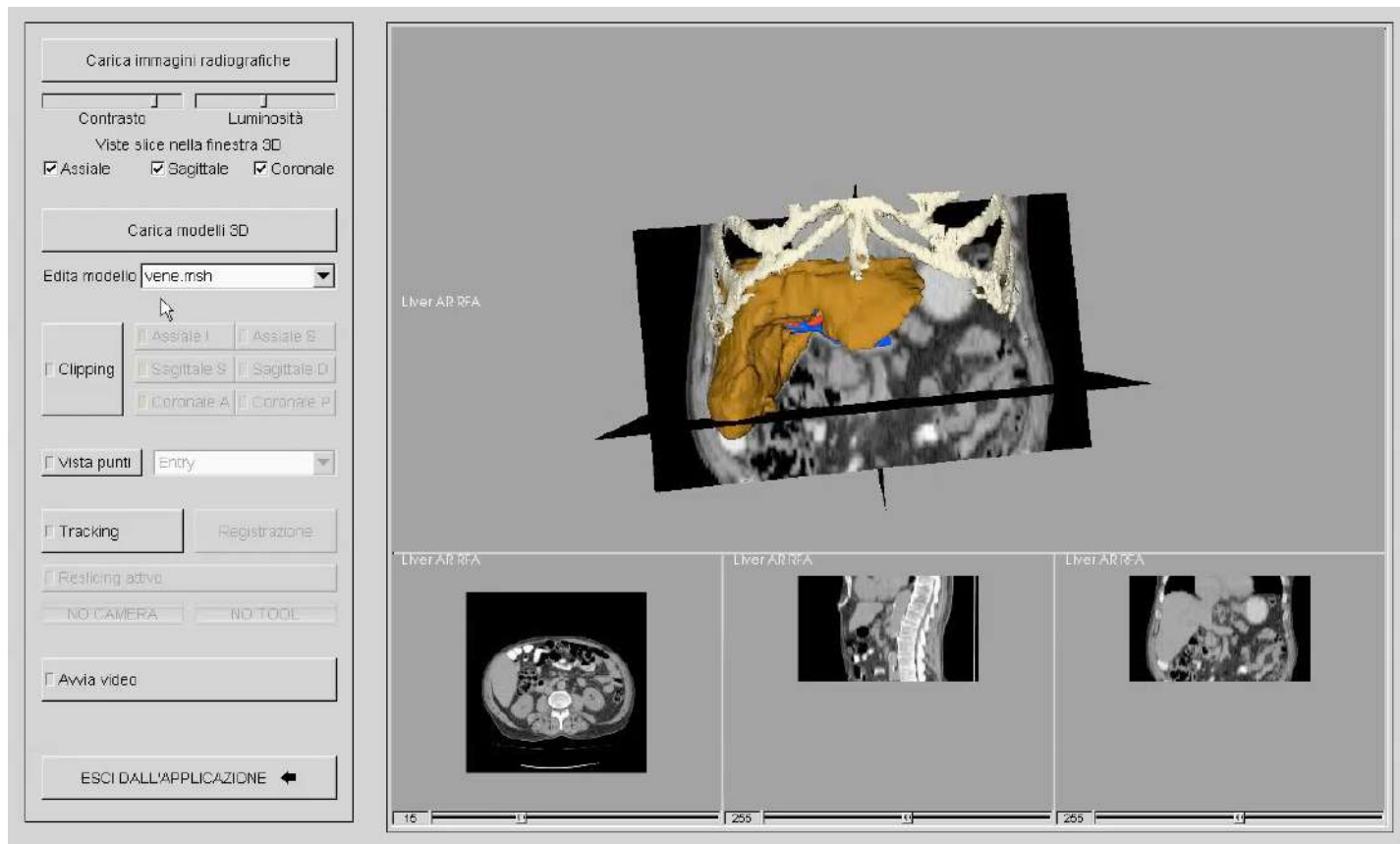
AR nell'Ablazione con RF dei Tumori Epatici



AR nell'Ablazione con RF dei Tumori Epatici



AR nell'Ablazione con RF dei Tumori Epatici



AR nell'Ablazione con RF dei Tumori Epatici

Lo scopo dei test effettuati in laboratorio è stato:

- corretta visualizzazione e tracciamento dello strumento chirurgico
- corretta visualizzazione di modelli 3D e delle immagini CT
- misurazione della precisione del sistema



AR nell'Ablazione con RF dei Tumori Epatici



AR nella RFA dei Tumori al Fegato

Operare con la realtà aumentata
è come guidare l'automobile con
il navigatore GPS!



Visualizzazione Aumentata e Controllo Touchless

- l'interazione si basa sui movimenti delle mani
- l'utente può decidere quando iniziare e terminare una sessione di interazione
- al di fuori di una sessione di interazione l'interfaccia ignora tutti i gesti dell'utente
- la modalità principale dell'interazione gestuale ricorda l'uso comune del mouse



Visualizzazione Aumentata e Controllo Touchless



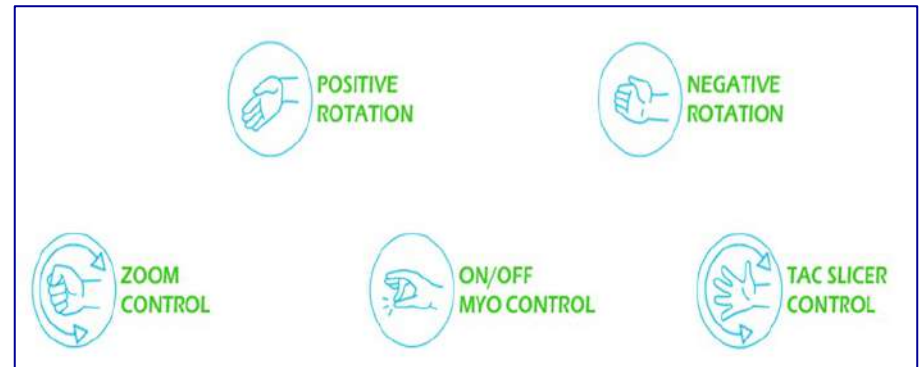
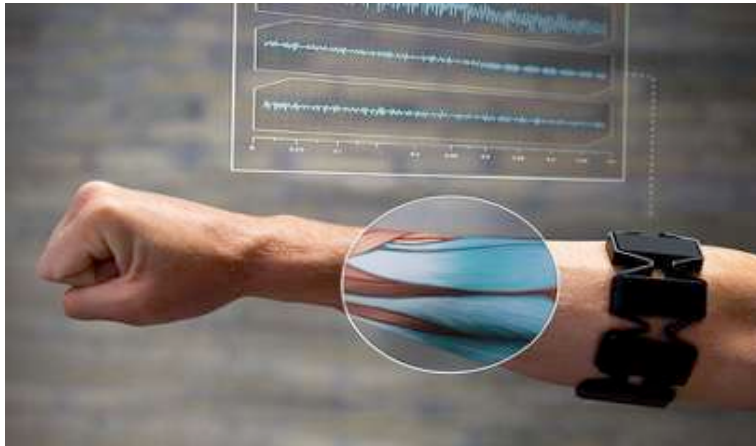
- 1) Oculus tracker
- 2) reference display of the model
- 3) Myo armband
- 4) Oculus Rift with the OVRVision Pro stereo camera

Visualizzazione Aumentata e Controllo Touchless

Myo - Wearable Gesture Control

Il Myo Armband utilizza sensori elettromiografici che, a contatto con la pelle, sono in grado di leggere l'attività elettrica dell'avambraccio e di tradurla in comandi

I gesti delle mani sono rilevati dai sensori EMG contenenti un giroscopio, un accelerometro e un magnetometro



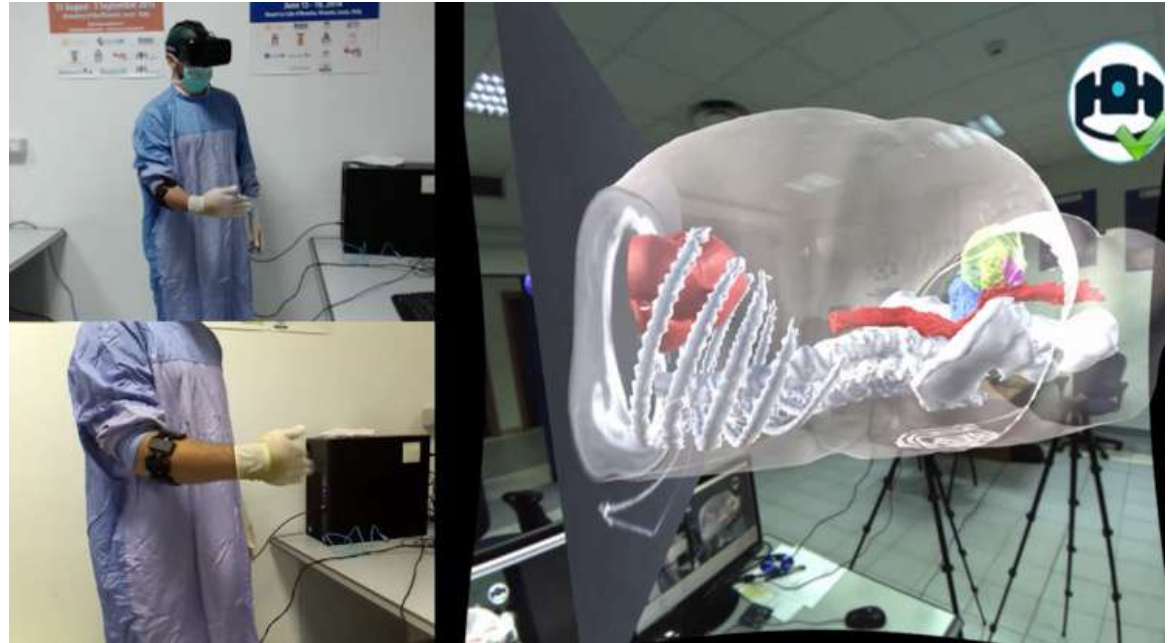
Visualizzazione Aumentata e Controllo Touchless



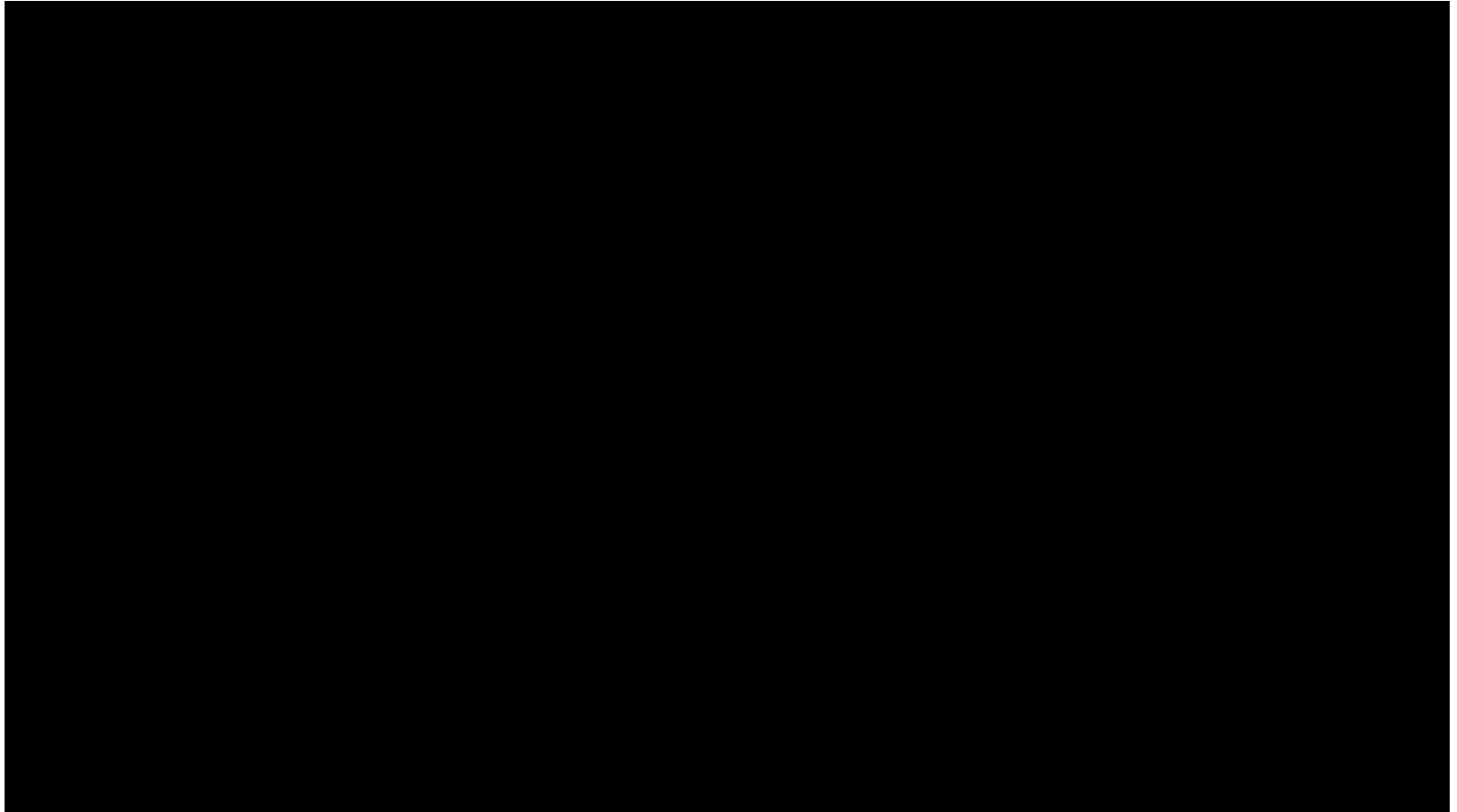
Oculus Rift
+
OVRVision Pro Camera



Myo Armband



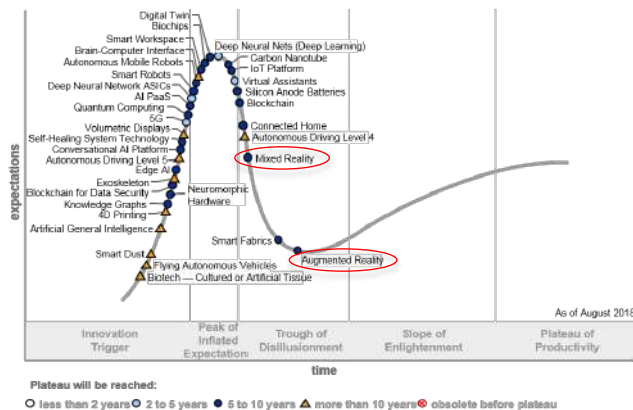
Visualizzazione Aumentata e Controllo Touchless



Hype Cycle for emerging technologies

Hype Cycle Emerging Technologies, 2018

Hype Cycle for Emerging Technologies, 2018



Hype Cycle Emerging Technologies, 2020

Hype Cycle for Emerging Technologies, 2020

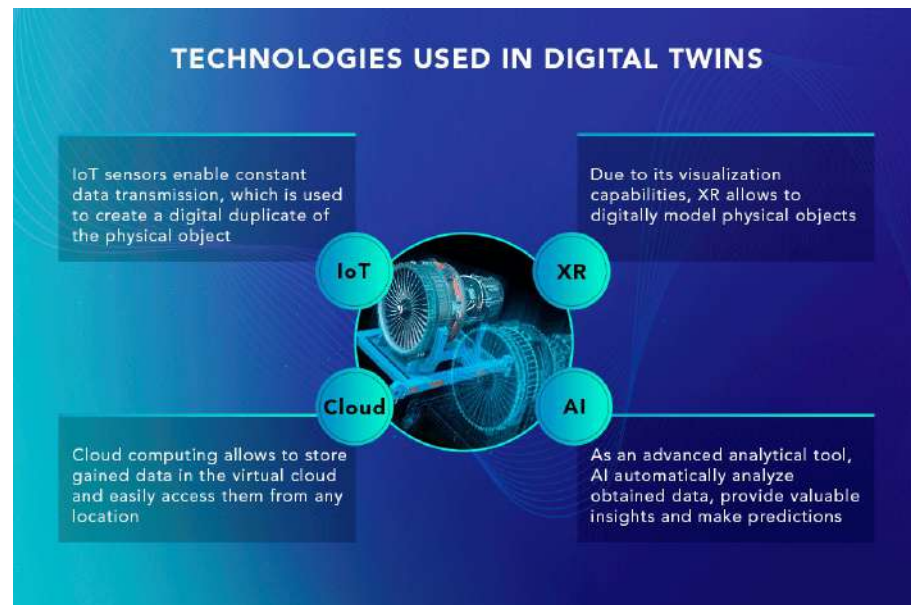


Digital Twin — Technology is becoming increasingly integrated with people to create new opportunities for digital representations. Digital twins of humans provide models of individuals that can represent people in both the physical and digital space

Digital twin

*A Digital Twin simply refers to a virtual replica of a physical product.
This replica is updated as regularly as possible or in real-time.*

Digital Twins are designed to be as close to their originals as possible, regarding their properties and behaviours, and use real-time data from sensors to constantly update themselves to reflect any changes of their real-world twin

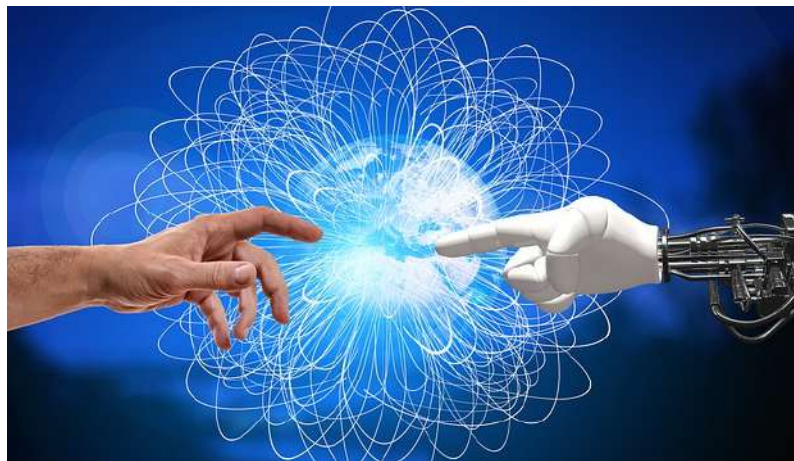


Digital twin

A real-time digital representation of a physical item is achieved due to the constant data transmission, which allows the virtual object to exist simultaneously with the physical one

Today, applications of Digital Twin are widely used across many industries and is also expected to play an increasingly important role in the future of complicated businesses, such as medical services

This technology can show real-time changes taking place in our body's organs, bones, muscles and other systems to help identify, analyse and predict illnesses or abnormalities so we can receive effective treatment as early as possible



Digital twin in healthcare

Digital Twin technology in healthcare aims to improve pre-operative planning, reduce medical risks, and generate more accurate therapy for patients; the goal of this trend is to deliver *data-driven personalized medicine*

Simulations can then be run to find out how different people would react to different treatments

This will augment the advances of the *precision medicine*



Digital twin in healthcare

Digital Twins have not yet developed sufficiently to analyse the human body in its entirety, but progressions have been made

An example comes from software company Dassault who released “**Living Heart**”, which is the first realistic virtual model of a human organ accounting for blood flow, mechanics and electricity

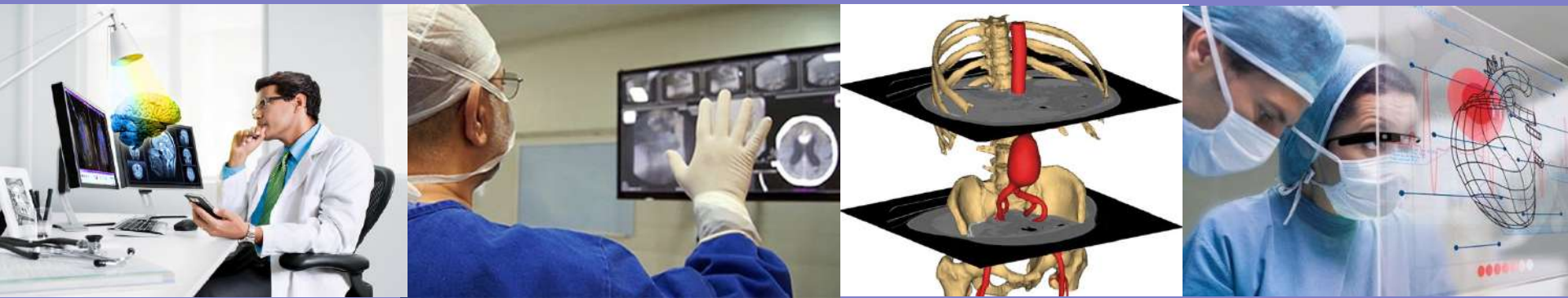




Dipartimento di Ingegneria dell'Innovazione
Università del Salento



Augmented and
Virtual Reality Laboratory



Lucio Tommaso De Paolis

Augmented and Virtual Reality Laboratory (AVR Lab)

www.avr.unisalento.it

lucio.depaolis@unisalento.it