



PNRR × Italian Design

ECS / ROME TECHNOPOLE

SPOKE 2 / TRASFERIMENTO TECNOLOGICO NUOVA IMPRENDITORIALITÀ, INCUBAZIONE E ACCELERAZIONE D'IMPRESA

PB 4 / DEVELOPMENT, INNOVATION AND CERTIFICATION OF MEDICAL AND NON-MEDICAL DEVICES FOR HEALTH

SUB PROJECT / PHYGITAL TWINS TECHNOLOGIES FOR INNOVATIVE SURGICAL TRAINING AND PLANNING

Come sfruttare
le potenzialità
dell'interazione fisico/digitale
per ridurre l'impatto
economico e migliorare
la qualità dell'esperienza
degli operatori nelle fasi
di training e planning
chirurgico?

DURATA

01/01/23 - 28/02/26

RESPONSABILE SCIENTIFICO

Loredana Di Lucchio (CEAR-08/D)

Sapienza Università di Roma

RICERCATORI COINVOLTI

Angela Giambattista, Teodora Ivkov (CEAR-08/D), Cinzia Daraio,
Simone Di Leo (IEGE-01/A), Riccardo Patriarca, Francesco
Costantino (09/IIND-05), Massimo Ralli (MEDS-18/A), Marilena
Vendittelli, Alessandro De Luca, Emanuele De Santis
(09/IINF-04), Stefano Leonardi (09/IINF-05)

Sapienza Università di Roma

Tema

L'ambito della ricerca è quello dell'interazione multidisciplinare tra dimensione fisica e digitale dell'esperienza nel settore del Health-care e dei Medical Devices.

In particolare, la ricerca, partendo dall'approccio del Digital Twins, si evolve verso la dimensione Phygital includendo un terzo "gemello" che è rappresentato dal phantom fisico che, replicando il gemello biologico (corpo umano), amplifica le potenziali di apprendimento, programmazione, sperimentazione e validazione della procedura chirurgica.

L'obiettivo strategico del progetto è sviluppare un sistema che da una parte evolve il training and planning chirurgico verso una dimensione "aumentata" dell'esperienza dall'altra riduce l'impatto economico di queste procedure, soprattutto a livello di strutture sanitarie pubbliche (ospedali pubblici e/o universitari) sfruttando per la dimensione fisica processi di fabbricazione digitale e computazionale e per la dimensione digitale software dedicati e dispositivi aptici open-source.

Il contributo specifico del Design, oltre allo sviluppo della componente fisica, è il controllo sulla usabilità dell'intero sistema e in particolare della UI della componente digitale. Gli altri contributi disciplinari, altrettanto strategici sono nel campo della robotica e della informatica, della ingegneria dei processi di produzione e dell'ingegneria gestionale per un corretto sfruttamento del sistema nell'organizzazione dei reparti ospedalieri.

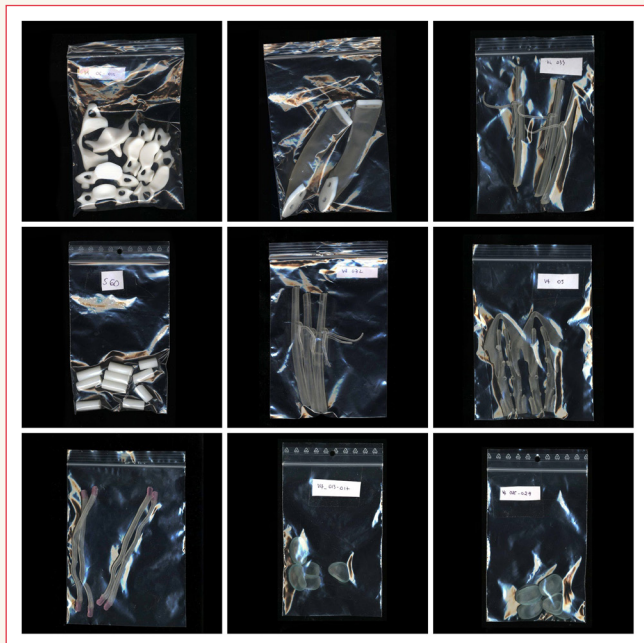
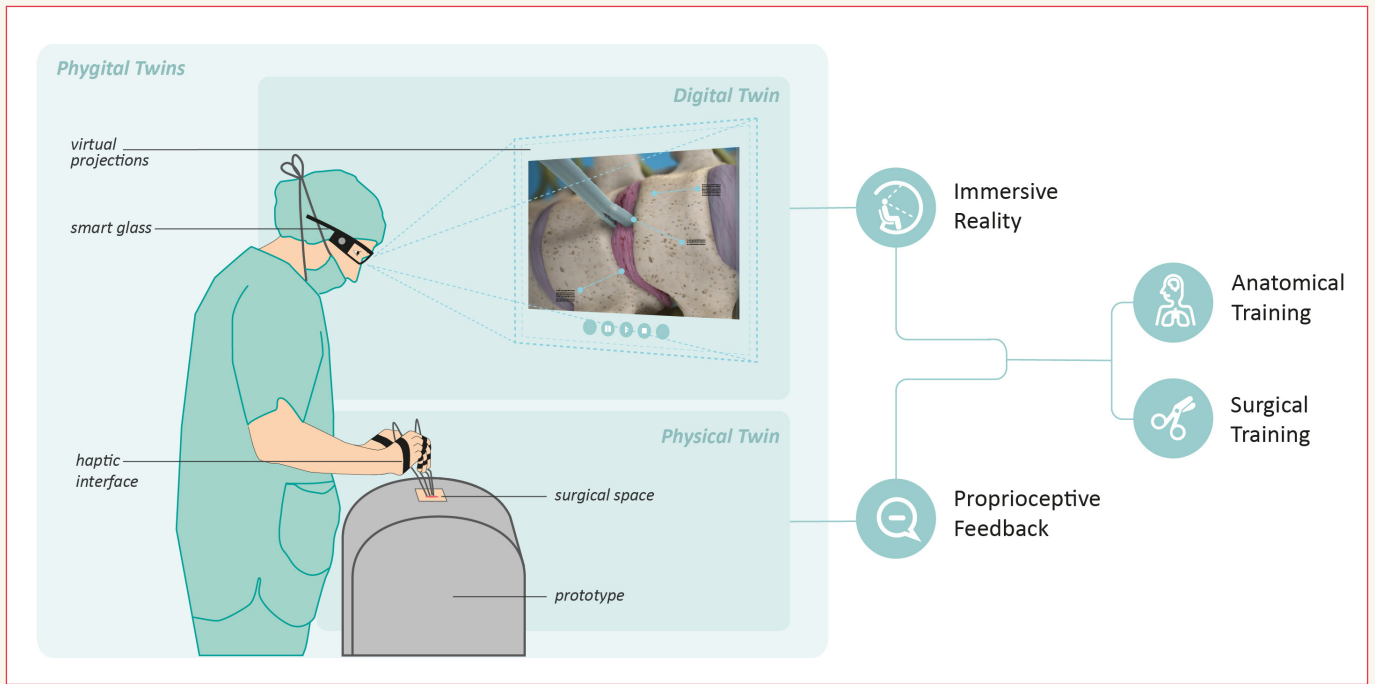
Concept

Il progetto di ricerca ha un carattere sperimentale e prevede come risultato atteso la messa a punto del sistema Phygital con un incremento di TRL da 2 a 6 (Tecnologia dimostrata in ambiente (industrialmente) rilevante). Tra i risultati già conseguiti, sono stati analizzati i requisiti degli utenti e definiti i product requirements, sviluppati protocolli per l'acquisizione di immagini diagnostiche, e costruita una libreria di materiali per la simulazione tissutale. È stato sviluppato il prototipo pilota del phantom fisico, partendo dalla parametrizzazione del modello digitale per consentirne l'adattamento a diverse configurazioni anatomiche.

Durante il processo, sono stati effettuati numerosi test di stampa attraverso processi di Additive Manufacturing (sia diretta che indiretta) per perfezionarne la resa in termini di simulazione tissutale. Attualmente, sono in corso le attività di validazione tecnica del prototipo, con l'obiettivo di avviare a breve la fase di testing dell'usabilità, che consentirà di raccogliere feedback utili per eventuali ottimizzazioni del dispositivo.

Parallelamente, il phantom digitale è stato sviluppato come gemello virtuale del prototipo fisico, in grado di riprodurre in tempo reale la deformazione dei tessuti in un ambiente di simulazione avanzato. La sua validazione è attualmente in corso e sarà condotta utilizzando un set-up sperimentale composto da un simulatore robotico, un visore VR e un guanto aptico. Nell'ambito della valorizzazione dei risultati, è stata completata la preparazione della domanda di brevetto internazionale e avviati i processi per la costituzione di un Open Lab di ricerca rivolto allo sviluppo di sistemi Phygital per il training e planning medico-chirurgico, con la prospettiva di promuovere collaborazioni internazionali e avviare attività di trasferimento tecnologico.





↑ Sistema Phygital Twins per il training e il planning chirurgico.

Sistema integrato che combina un phantom fisico con il suo gemello digitale in un ambiente di simulazione immersiva. Grazie a smart glasses, interfacce aptiche e feedback in tempo reale, la piattaforma offre un'esperienza avanzata per il miglioramento delle competenze anatomiche e chirurgiche.

← Componenti anatomiche realizzate con processi computazionali e tecniche di Additive Manufacturing.

Gli elementi sono stati progettati per replicare strutture anatomiche con proprietà meccaniche e tattili realistiche grazie all'uso di materiali a diversi shore.



← Realizzazione e Assemblaggio dello Strato Dermale del Prototipo Pilota.

Utilizzando tecniche di collaggio con resine stratificate colorate, la membrana dermale è stata integrata alla struttura portante del prototipo pilota. Questo strato può essere facilmente rimosso e reinstallato, permettendo la sua sostituzione dopo i diversi interventi.



← Struttura modulare del Prototipo Pilota.

La struttura è stata progettata per garantire massima flessibilità e adattabilità, consentendo l'assemblaggio e le operazioni di manutenzione e aggiornamento delle singole parti in base alle necessità specifiche.