

**ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITA' DI BOLOGNA**

---

**MASTER UNIVERSITARIO DI II LIVELLO  
MINIMALLY INVASIVE AND ROBOTIC PEDIATRIC  
SURGERY**

LA SIMULAZIONE NEL TRAINING  
IN CHIRURGIA MININVASIVA PEDIATRICA:  
STATO DELL'ARTE, PROBLEMI APERTI E IL "MODELLO BOLOGNA"

**Relatore**  
Chiar.mo Prof. Mario Lima

**Candidato**  
Dott. Giovanni Parente

Matricola: 0900075684

ANNO ACCADEMICO: 2021-2022



*Al Prof. Lima,  
Fulgido esempio di indefessa ricerca dell'innovazione  
Mecenate ed ispirazione per solerti giovani*

*In memoria del Dott. Ruggeri,  
Supporto, motivazione e incoraggiamento  
Modello di professione e di vita*



# Sommario

<b>1. Introduzione .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Simulazione chirurgica .....</b>	<b>1</b>
1.1.1. Storia della simulazione nella formazione medica .....	1
1.1.2. Stampa 3D e le sue applicazioni .....	2
<b>1.2. L'apprendimento in chirurgia .....</b>	<b>6</b>
1.2.1. Modello Dreyfus dell'apprendimento.....	6
1.2.2. Stadi dell'apprendimento motorio .....	9
<b>1.3. Obiettivi dello studio.....</b>	<b>12</b>
<b>2. Materiali e Metodi.....</b>	<b>12</b>
<b>3. Risultati e Discussione .....</b>	<b>12</b>
3.1. Stato dell'arte .....	13
3.2. Il "modello Bologna".....	18
3.3. Criticità e problemi aperti .....	20
<b>4. Conclusioni .....</b>	<b>20</b>
<b>5. Bibliografia.....</b>	<b>21</b>



# 1. Introduzione

## 1.1. Simulazione chirurgica

### 1.1.1. *Storia della simulazione nella formazione medica*

La pratica della simulazione chirurgica risale a molti secoli fa, in cui ci si avvaleva di modelli costituiti dai più vari materiali, come argilla e legno, così come di animali vivi e cadaveri.

Ambroise Paré, ad esempio, considerato uno dei padri della chirurgia, era noto per sperimentare nuove tecniche chirurgiche su cadaveri imbalsamati.

Grazie alla pratica su modelli sia vivi che inanimati, i chirurghi nel corso della storia sono stati in grado di coniare nuove tecniche e praticare operazioni chirurgiche senza compromettere la sicurezza del paziente.

Il primo grande avanzamento nell'ambito della simulazione medica avvenne negli anni '80, in cui vennero introdotti manichini computerizzati come parte integrante della formazione in anesthesiologia. I primi manichini a essere messi in commercio con successo sono stati i CASE (*Comprehensive Anesthesia Simulation Environment*), sviluppati per mettere alla prova le competenze dei medici in formazione nell'ambito dell'anestesia e della terapia intensiva. Questi manichini si avvalgono di software in grado di creare parametri vitali artificiali e capaci di rispondere agli interventi messi in atto dagli studenti.

Successivamente, negli anni '90 vi fu l'introduzione della realtà virtuale (VR), ovvero sistemi computerizzati che permettevano la pratica di

procedure chirurgiche in un ambiente virtuale. A differenza di modelli utilizzati precedentemente per la simulazione chirurgica, le simulazioni VR sono sicure, etiche e ripetibili, e si sono rivelate un metodo di training con risultati documentati nel miglioramento della performance in sala operatoria.

Nel corso del tempo, a partire dal primo modello a computer si sono sviluppati modelli sempre più avanzati e versatili. Al giorno d'oggi i simulatori VR riescono a combinare immagini computerizzate estremamente realistiche con strumenti chirurgici effettivamente utilizzati in sala operatoria, generando simulazioni ibride che emulano le procedure chirurgiche con grande fedeltà.

Più recentemente ancora sono stati creati programmi di simulazione per l'utilizzo di sistemi robotici come il da Vinci. Un esempio è il RoSS (Robotic Surgical Simulator), un apparecchio che insegna ai giovani chirurghi le abilità necessarie a svolgere chirurgia robotica.

Inoltre, con l'avanzamento della tecnologia della stampa 3D (introdotta nel campo medico nel 1994) negli ultimi anni si sta diffondendo sempre di più la simulazione chirurgica svolta su modelli creati con questa tecnica.

### *1.1.2. Stampa 3D e le sue applicazioni*

La stampa 3D è una tecnica di produzione additiva, sviluppata e brevettata da Charles Hull nel 1986. Da questo momento in poi l'industria della stampa 3D ha iniziato a crescere esponenzialmente e, secondo Forbes, entro il 2024 rappresenterà un mercato da 35 miliardi di dollari. Questa tecnica è stata quasi immediatamente integrata in campo biomedico, con le prime



applicazioni adottate in odontoiatria e chirurgia maxillo-facciale, pubblicate nel 1994.

I principali campi della medicina in cui la stampa 3D è adottata e soggetto di ampia ricerca sono l'odontoiatria, la medicina rigenerativa, l'ingegneria tissutale, la produzione di farmaci, la creazione di protesi e la produzione di modelli anatomici per l'insegnamento didattico e il planning preoperatorio. Grazie al rapido miglioramento della tecnologia e l'aumentata disponibilità di stampanti 3D a basso costo, al giorno d'oggi è possibile stampare materiali biocompatibili implementati in ambito medico: ad esempio metalli biocompatibili come le leghe di cromo cobalto vengono solitamente utilizzati per produrre impianti dentali, mentre le guide chirurgiche possono essere prodotte in una vasta gamma di materiali polimerici.

Un altro campo in cui la stampa 3D rappresenta un pilastro è la bioingegneria: grazie alla tecnica di produzione additiva è possibile produrre supporti per tessuti (scaffold) in breve tempo, i quali sono attualmente implementati nella scienza dei trapianti, nella ricerca sui tessuti e sulle loro patologie e negli stadi preclinici dello sviluppo di farmaci.

Lo sviluppo di questi scaffold è un processo complesso: la sua struttura deve permettere l'adesione, la proliferazione e la migrazione delle cellule affinché queste producano matrice extracellulare e- in alcuni casi- si differenzino in uno specifico fenotipo. Per raggiungere questi risultati lo scaffold non deve solo essere biocompatibile, ma anche biologicamente attivo, dotato delle giuste proprietà meccaniche e con porosità che permetta la diffusione di nutrienti e altre molecole. La mancanza di una qualsiasi di queste caratteristiche determinerebbe il fallimento della cultura cellulare, e anche

qualora la cultura crescesse con successo, lo scaffold deve essere totalmente o almeno parzialmente biodegradabile per consentire un'adeguata proliferazione del tessuto appena formato.

Per assicurare la presenza di queste proprietà chiave, i materiali stampati devono sottoporsi a una post-elaborazione che incrementi significativamente le loro proprietà biologiche. Tuttavia, negli ultimi anni gli ingegneri biomedici stanno progettando nuove tecniche di biostampa capaci di produrre scaffold che presentino già le proprietà per essere popolati da cellule o per essere stampati già insieme a queste, usando materiali molto sofisticati che contengano già sospensioni cellulari.

Nel 2015, è stata approvata dalla FDA il primo farmaco realizzato tramite stampa 3D: Spritam® (Levetiracetam), caratterizzato da un tempo di solubilizzazione minore rispetto al corrispondente tradizionale. Il vantaggio della produzione di farmaci tramite tecnica di stampa 3D risiede nella possibilità di creare lotti più piccoli con caratteristiche specifiche (dosaggio, tempo d'azione, dimensioni).

Ad oggi la stampa 3D ha avuto numerose applicazioni anche in campo medico, generando osso, cartilagine, pelle, valvole aortiche, alberi vascolari, e addirittura reni. Recentemente alcuni ricercatori dell'università di Tel Aviv sono stati in grado di produrre un cuore umano in miniatura a partire da cellule miocardiche, non ancora funzionante ma anatomicamente completo. Molti team di ricerca hanno stampato con successo cellule cardiache, così come osteoblasti, cellule pluripotenti, endoteliali, fibroblastiche, e cellule di osteosarcoma [47]. La tecnologia di stampa è già stata utilizzata in campo medico per generare uno strato bidimensionale per trattamenti superficiali

come la rigenerazione cutanea [48]. Un'altra applicazione interessante della biostampa è la possibilità di produrre modelli di tessuto umano al fine di studiare meccanismi patologici e nuovi approcci terapeutici in vitro, diminuendo la necessità di svolgere esperimenti su animali.

In campo chirurgico invece la tecnologia della stampa 3D è molto ricercata per la possibilità che offre di produrre apparecchi medici personalizzati a partire dall'imaging del paziente. Ad esempio, sia protesi ortopediche che guide chirurgiche sono state recentemente prodotte grazie a questa tecnica, portando con sé un notevole miglioramento in termini di tempo, velocità e precisione.

Un'altra importante applicazione di questa tecnologia è quella della pianificazione preoperatoria: sebbene questa sia una pratica già implementata a partire dagli anni '90, al giorno d'oggi grazie agli avanzamenti tecnologici e alla maggiore disponibilità di stampanti 3D, questa pratica è diventata molto popolare. A causa di evidenti ragioni anatomiche, l'utilizzo della stampa 3D per la pianificazione preoperatoria si è affermata principalmente nei campi dell'ortopedia, della chirurgia maxillo-facciale e della chirurgia cardiotoracica; tuttavia sono stati riportati buoni risultati anche nei campi della neurochirurgia e nella chirurgia epatobiliare. Per riassumere, in campo medico la stampa 3D trova applicazione in quattro principali categorie:

Come uno strumento diagnostico: il principale vantaggio di questa tecnica è quello di trasformare l'imaging bidimensionale di un paziente in un modello 3D tattile, che può essere apprezzato nello spazio reale, manipolato e addirittura deformato.

Nella pianificazione preoperatoria: in alcune condizioni particolarmente complesse, un modello anatomico paziente-specifico può aiutare notevolmente il chirurgo a migliorare la comprensione del campo su cui andrà ad operare. Questi modelli facilitano la pianificazione dell'approccio chirurgico, migliorandone il risultato e riducendo i rischi derivanti dall'imprevedibilità e complessità anatomica di alcune patologie.

Nella produzione di apparecchi personalizzati: questi possono essere prodotti utilizzando i modelli 3D come sagome, oppure possono essere direttamente stampati da una stampante 3D, grazie ai progressi degli ultimi anni delle tecniche di produzione additiva.

Infine, i modelli 3D rappresentano uno strumento di insegnamento didattico di grande utilità. Grazie alle sue peculiari proprietà un modello 3D può trasmettere delle informazioni quasi sovrapponibili a quelle date da un modello reale, eliminandone tuttavia gli svantaggi come la rarità, il rischio biologico e la deteriorabilità.

## **1.2. L'apprendimento in chirurgia**

### *1.2.1. Modello Dreyfus dell'apprendimento*

L'acquisizione di competenze è un processo complesso che mette in gioco una pluralità di fattori di carattere cognitivo, emotivo e relazionale. Il modello di Dreyfus aiuta a comprendere la struttura di tale processo ed i vari gradi in cui si sviluppa l'apprendimento. Secondo questo modello (sviluppato dai fratelli Stuart e Hubert Dreyfus – docenti presso l'Università della California) l'apprendimento si articola in cinque stadi:

#### **a) Novizio**

In questo stadio la persona si concentra sull'acquisizione delle conoscenze di base. È interessato ad acquisire la "cassetta degli attrezzi" per poterla utilizzare nel quotidiano. Pertanto, cerca di individuare regole e prassi replicabili senza dover applicare alcuna forma di giudizio discrezionale e non verificato.

### **b) Apprendista**

In questo stadio la persona ha già acquisito una conoscenza di base ed è impegnato nell'applicarla. Attribuisce pari importanza ad ogni aspetto del lavoro in quanto teme di commettere errori di cui non è ancora in grado di valutare le conseguenze. Di conseguenza non procede in modo spedito in quanto deve gestire un elevato numero di variabili. Comincia ad essere consapevole delle varie opzioni ma non è ancora in grado di individuare l'opzione migliore per una determinata situazione.

### **c) Competente**

In questo stadio del modello di Dreyfus la persona ha già sviluppato una serie di esperienze ed è in grado di individuare le azioni da svolgere per raggiungere un determinato obiettivo. È quindi in grado all'occorrenza di pianificarle e di ripeterle sotto forma di routine. Riesce a svolgere più attività in parallelo avendo chiara la visione complessiva e le interdipendenze tra i vari compiti.

### **d) Qualificato**

La persona ha raggiunto un profilo di competenze riconoscibili e che è in grado di replicare con successo nelle varie occasioni. È in grado di distinguere gli aspetti importanti e quelli trascurabili in relazione al lavoro da svolgere. Soprattutto è in grado di individuare le deviazioni rispetto alla

norma e valutarne le conseguenze. È quindi in grado di prendere rapidamente delle decisioni operative e per questo procede in modo spedito. Ciò si traduce in una metodologia di lavoro che, seppure non ancora formalizzata, aiuta la persona a muoversi con agilità all'interno del proprio ruolo.

### **e) Esperto**

A questo livello la persona ha una visione approfondita e complessiva delle varie problematiche ed è in grado di aggiungere modalità creative ed innovative per migliorare il modo di intervenire nelle varie situazioni. Utilizza un modello analitico nelle situazioni nuove o impreviste ed è in grado di insegnare quanto appreso in modo da trasferire le proprie competenze a persone ancora inesperte.

Il modello di Dreyfus può anche essere molto utile nell'individuazione delle persone più adatte a svolgere determinati compiti. Consente infatti di evitare di assegnare in modo non appropriato determinati compiti a persone che non hanno ancora raggiunto un certo livello di competenze. In quest'ottica diviene importante far affiancare le persone da chi ha raggiunto il livello di esperto in modo da facilitare e velocizzare il processo di apprendimento.

Le capacità messe in gioco nel processo di apprendimento secondo il modello di Dreyfus sono:

- memorizzazione;
- ricognizione e visione prospettica;

- decisione;
- consapevolezza e responsabilità (accountability).

### *1.2.2. Stadi dell'apprendimento motorio*

L'apprendimento motorio viene definito come un insieme di processi associati con l'esercizio o l'esperienza che determinano un cambiamento relativamente permanente nella prestazione o nelle potenzialità di comportamento. Poiché avviene all'interno della persona, allo stato attuale delle conoscenze non può essere osservato direttamente (anche se la ricerca in tale direzione sta evidenziando risultati importanti), ma viene inferito in base a cambiamenti nel comportamento manifesto, ovvero nella prestazione osservabile. Le abilità ed i movimenti si fanno precisi, sicuri e fluidi; il soggetto diviene gradualmente capace di conseguire obiettivi prestabiliti in maniera stabile, rapida e produttiva, con il minimo costo energetico o attentivo. La distinzione fra prestazione (comportamento osservabile in un dato momento, ancora temporaneo e influenzabile da fattori come fatica o motivazione) e apprendimento (cambiamento stabile nei processi sottostanti l'abilità) è molto importante. Le fasi dell'apprendimento motorio: tre tappe successive nel passaggio da un'esecuzione iniziale ad una prestazione esperta

#### **a) Stadio verbale-cognitivo o di sviluppo della coordinazione grezza**

Nella prima fase di apprendimento il principiante si trova a dover affrontare una serie di difficoltà imposte da un compito nuovo, soprattutto se complesso; il problema fondamentale è comprendere quali siano gli scopi

dell'azione e che cosa fare. Sono presenti errori frequenti, anche molto grossolani, che variano in modo ampio sia nella tipologia che nell'ampiezza; durante l'esecuzione, ancora incostante, compaiono spesso movimenti scorretti, poiché gli allievi sperimentano diverse strategie nel tentativo di eseguire l'azione che vogliono apprendere. Si rendono conto di non riuscire, ma non sanno come correggersi; il compito è compreso a grandi linee ed è svolto solo in condizioni molto favorevoli. I movimenti sono spesso rigidi e poco economici, il tempo di risposta è lento, l'esecuzione resta sempre uguale anche quando vi sono cambiamenti ambientali, la meccanica del gesto è molto imprecisa e le sensazioni derivanti dal movimento sono confuse. Per far fronte alle difficoltà, spesso i principianti utilizzano delle verbalizzazioni interne (si parlano) come una sorta di guida per svolgere l'azione, quasi per spiegare a sé stessi cosa fare. Queste verbalizzazioni sub vocali riguardano il controllo dell'azione, le procedure da utilizzare, le modalità di realizzazione ed i criteri di riuscita. A volte, le difficoltà possono portare a frustrazione, diminuzione dell'interesse e della motivazione. Il passaggio allo stadio successivo può anche richiedere poco tempo se l'apprendimento riguarda abilità relativamente semplici, soprattutto in chi ha già esperienza in abilità simili. La situazione è invece diversa per i giovani, che possono richiedere anche tempi lunghi se affrontano abilità complesse con un bagaglio di capacità ed abilità limitato. In genere, comunque, con una pratica efficace tutti possono raggiungerlo stadio successivo.

### **b) Stadio associativo o di sviluppo della coordinazione fine**

Nel secondo stadio di apprendimento il compito è compreso più a fondo,



l'azione è perfezionata e diventa più precisa, regolare e fluida, grazie anche ad un migliore intervento funzionale dell'analizzatore cinestesico. I costi energetici sono ridotti e la guida subvocale assume minore importanza. Diminuisce la frequenza degli errori, che sono anche meno gravi; l'esecuzione diviene corrispondente al modello tecnico ricercato e le sensazioni derivanti dal movimento sono più precise. I movimenti sono più rapidi ed alcune parti dell'azione vengono eseguite in modo automatico; i parametri del movimento cominciano ad adattarsi alle richieste ambientali. In condizioni favorevoli il compito è svolto facilmente, mentre in situazioni difficili o imprevedibili emergono ancora imperfezioni ed errori tipici dello stadio precedente, con tensione dei muscoli antagonisti. I cambiamenti di questo stadio sono più lenti e gradualmente della fase precedente, poiché è già una fase di perfezionamento tecnico. Il tempo di permanenza in questo stadio è molto variabile, e anche in questo caso in funzione della complessità del compito, delle caratteristiche individuali e della qualità dell'insegnamento.

### **c) Stadio autonomo o di sviluppo della disponibilità variabile**

Il terzo stadio è raggiunto dopo una grande quantità di pratica, e potenzialmente non è mai concluso. L'azione è accuratamente controllata, tutte le componenti dell'abilità sono ben integrate, il compito è svolto con sicurezza e minimo dispendio energetico; l'esecuzione è rapida, coordinata ed efficace anche in situazioni difficili, variate ed imprevedibili. Il gesto tecnico viene sempre effettuato in maniera appropriata e con pochi errori, le capacità di riconoscimento e correzione rapida degli errori sono elevate e le sensazioni derivanti dal

movimento sono molto accurate. Vi è la capacità di spostare l'attenzione su stimoli esterni, continuando ad eseguire correttamente l'azione tecnica. In questo stadio, tipico della prestazione sportiva di alto livello, i miglioramenti sono lenti ed di minore entità rispetto alle fasi precedenti, ma comunque possibili.

### **1.3. Obiettivi dello studio**

Obiettivo dello studio è presentare lo stato dell'arte sulla simulazione nel training in chirurgia pediatrica mediante analisi sistematica della letteratura, presentare un modello di centro di simulazione miniminvasiva pediatrica e focalizzare l'attenzione su alcune problematiche aperte del training in chirurgia.

## **2. Materiali e Metodi**

E' stata eseguita una revisione sistematica della letteratura su piattaforma PUBMED con i seguenti parametri: “((simulation[MeSH Terms]) AND (minimally invasive surgery[MeSH Terms])) AND (pediatric surgery[MeSH Terms])”.

Inoltre, veniva descritto il centro di simulazione di Bologna sulla base delle nozioni precedentemente riportate in introduzione sull'apprendimento.

## **3. Risultati e Discussione**

Sono stati esaminati 115 pubblicazioni scientifiche, di cui 76 sono state escluse perché non pertinenti la chirurgia pediatrica o non in lingua inglese. Pertanto, sono stati inclusi 36 lavori di seguito sintetizzati.

### **3.1. Stato dell'arte**

Ora più che mai, la tecnologia e il mondo virtuale devono diventare una parte essenziale dell'educazione medica e chirurgica. Non solo i progressi tecnologici procedono a un ritmo sempre crescente, ma lo sono anche le esigenze di apprendimento e le aspettative dei tirocinanti nati in questa epoca di esplosione tecnologica. Con l'implementazione di varie iniziative governative internazionali incentrate sull'orario di lavoro sicuro e la maggiore consapevolezza della sicurezza del paziente, l'apprendimento attraverso la frequenza in sala operatoria non è più il modello più efficiente o efficace di formazione chirurgica. Ciò è particolarmente vero nella chirurgia pediatrica, con il suo ampio ambito nosologico, la rarità di determinate condizioni e le preoccupazioni etiche e di sicurezza dell'operare bambini e adolescenti. Pertanto, è necessario lo sviluppo di nuovi metodi per la formazione efficace dei futuri chirurghi pediatrici. Le tradizionali forme consolidate di trasferimento delle conoscenze come libri di testo, articoli di riviste e persino lezioni potrebbero essere riportate in un'applicazione per smartphone per una maggiore accessibilità. Ciò consente ai tirocinanti di avere tale materiale sempre con sé durante discussione di casi e incontri con i singoli pazienti. I simulatori per la formazione laparoscopica possono combinare nuove tecnologie con la teoria educativa per offrire ai tirocinanti trainer portatili, convenienti ed efficaci disponibili tanto in ospedale quanto a casa propria.

Di seguito, dopo revisione della letteratura, esamineremo questi e altri progressi delle tecnologie emergenti, con particolare attenzione a come queste siano in grado di promuovere l'apprendimento individualizzato in

contesto chirurgico pediatrico.

Uno dei cambiamenti più monumentali degli ultimi due decenni è stato l'abbraccio del mondo medico agli smartphone. I siti Web di social media come Facebook e Twitter hanno consentito ai chirurghi nuovi modi per condividere rapidamente casi interessanti e articoli pertinenti.

Durante il tempo limitato che gli specializzandi hanno tra un paziente e l'altro, controllare rapidamente gli ultimi post di colleghi può aiutare a mantenere gli utenti al passo con le nuove conoscenze mediche.

I social media sono anche in grado di annullare le distanze, riunendo un numero enorme di persone più di quanto possano le società chirurgiche tradizionali. Ad esempio, il numero di follower della pagina Facebook del Journal of Pediatric Surgery (più di 15,000) è di un ordine di grandezza superiore a quello dell'American Pediatric Surgical Association (1200 membri), dell'European Pediatric Surgical Association (1200 membri), Surgeons' Association (670 membri), British Association of Pediatric Surgeons (800 membri) e Australian and New Zealand Association of Pediatric Surgeons (186 membri). Tuttavia, sono state sollevate alcune problematiche circa l'uso dei social media da parte di professionisti medici. Ciò si riferisce principalmente a questioni relative alla privacy, nonché al timore di distribuzione di informazioni di scarsa evidenza scientifica. Gli smartphone consentono inoltre di usufruire di contenuti anche al di fuori dell'ambito lavorativo attraverso l'uso di podcast, come Behind the Knife e Stay Current: Pediatric Surgery. Gli argomenti trattati possono spaziare dalle interviste con i leader chirurgici a ampi capitoli audio. Un podcast di 45 minuti durante il tragitto verso l'ospedale può aiutare a migliorare le

conoscenze mediche di un tirocinante in modo coinvolgente. Questo formato ha anche dimostrato di aumentare i punteggi dei test rispetto ai metodi tradizionali in uno studio randomizzato. Combinando le discussioni interattive dei social media con le informazioni contenute nei podcast e altri contenuti creativi, le app specifiche sono un altro vantaggio dell'adozione diffusa degli smartphone. L'app Stay Current: Pediatric Surgery è un esempio di piattaforma gratuita che ospita video tecnici, podcast, discussioni e linee guida, tutti disponibili a un pubblico internazionale. Il pubblico vasto e diversificato sviluppato da tali app può potenzialmente essere utilizzato per aiutare a identificare i nuovi articoli più rilevanti attraverso il crowdsourcing.

In modo simile agli smartphone, il panorama della tecnologia emergente ha visto un'evoluzione nelle tecnologie indossabili disponibili. Questi si riferiscono a dispositivi elettronici con capacità di rilevamento e calcolo che vengono indossati o attaccati al corpo.

In un breve periodo di tempo, questa tecnologia si è evoluta in forme vivavoce che hanno consentito la telecomunicazione e la registrazione video anche all'interno di un ambiente operatorio e con il minimo ostacolo all'attività dell'utente. HoloLens di Microsoft (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA) è un display montato sul capo (HMD) di realtà mista (MR), che consente all'utente di interagire con il proprio ambiente utilizzando ologrammi mentre coinvolge i propri sensi attraverso un'esperienza immersiva. L'utente indossa un copricapo in grado di analizzare il proprio ambiente 3D e un ologramma viene proiettato dal copricapo a un punto nello spazio. La realtà virtuale, aumentata e mista

sono concetti correlati ma con differenze significative. La realtà virtuale (VR) è la rappresentazione dell'ambiente reale su un dispositivo come un computer, un televisore o uno schermo mobile. Gli esempi includono una serie di trainer VR laparoscopici disponibili in commercio che offrono tutti una gamma di attività laparoscopiche, con o senza feedback tattile. La realtà aumentata (AR) è una combinazione degli ambienti reali e virtuali su un dispositivo con una videocamera integrata nella sua interfaccia. Gli esempi includono i Google Glass di Google ora fuori servizio (Google Inc, Mountain View, CA, USA), che sovrappone un'immagine sul vetro dell'utente e fonde i dati digitali con il mondo reale. In MR, tuttavia, gli utenti possono interagire rapidamente e più facilmente con gli oggetti digitali per migliorare la loro esperienza della realtà o migliorare l'efficienza con determinate attività. Una recente revisione sistematica sull'uso di dispositivi indossabili in chirurgia, sia in contesti clinici che di simulazione, ha discusso una serie di applicazioni cliniche tra cui comunicazione, istruzione, sicurezza ed efficienza e gestione delle informazioni. Le applicazioni didattiche della tecnologia indossabile sono state presentate in 25 articoli. Le capacità di registrazione del punto di vista e di streaming video sono state principalmente identificate come potenziali strumenti educativi per la formazione degli specializzandi. Gli autori sostengono che offre un modo per insegnare fini manovre ergonomiche spesso difficili da trasmettere. Inoltre, gli studi hanno anche esaminato l'uso della tecnologia video indossabile per la creazione di una libreria di formazione chirurgica nonché per il feedback formativo da parte di un partecipante alla simulazione. Uno studio che ha utilizzato i Google Glass in un programma di formazione

basato sulla simulazione ha dimostrato che la tecnologia non ha ostacolato il programma e che le registrazioni video sono state utilizzate per fornire il feedback. Yoshida et al. ha utilizzato un sistema di tracciamento delle dita basato sulla visione in cui i chirurghi sono stati in grado di indicare le aree di interesse su un video che è stato trasmesso in streaming dal vivo a specializzandi e studenti di medicina, consentendo ai chirurghi di mantenere la sterilità mentre comunicano e istruiscono i colleghi e insegnano agli studenti. I dispositivi indossabili hanno un significativo potenziale intraoperatorio per una serie di diverse specialità; tuttavia, sarà essenziale affrontare i limiti tecnologici delle tecnologie indossabili esistenti e integrare la tutela della privacy.

L'educazione medica basata sulla simulazione (SBME) è in continua crescita, sia a livello di formazione chirurgica universitaria che post-laurea. La chirurgia pediatrica trarrà vantaggio da modalità di formazione alternative e supplementari come l'SBME, in cui la competenza procedurale parziale può essere acquisita anche prima dell'esposizione del paziente. Esiste una solida base di evidenze riguardanti le varie modalità di simulazione e le loro applicazioni alla chirurgia pediatrica. Queste modalità includono tecniche come modelli di chirurgia aperta e part-task trainer (PTT) che promuovono l'acquisizione di competenze chirurgiche di base. Sebbene le PTT siano state utilizzate in molte forme, l'introduzione e la maggiore accessibilità di tecniche di produzione come la stampa 3D (3DP) ha visto una trasformazione significativa in questa modalità. I modelli 3DP del torace o dell'addome possono essere utilizzati per simulare un paziente con atresia esofagea o duodenale. Allo stesso modo, una 3DP di una cisti del coledoco

può essere utilizzata e praticata in un box trainer per identificare potenziali complicanze.

Obiettivo del prossimo futuro sarà essere in grado di praticare un'operazione basata sull'anatomia personalizzata di un individuo fornita da moderni scanner e software su un simulatore virtuale prima dell'operazione. I trainer da banco laparoscopici sono un'altra modalità di simulazione che ha visto progressi significativi con l'introduzione di nuove tecnologie. L'addestramento laparoscopico trarrà beneficio dall'ESBME in quanto richiede un set di abilità diverso rispetto all'approccio chirurgico aperto. Tradizionalmente, i trainer laparoscopici erano costosi e quindi spesso non facilmente accessibili.

### **3.2. Il “modello Bologna”**

Il centro di simulazione mininvasivo pediatrico dell'università di Bologna, sito all'interno del policlinico Sant'Orsola, può rappresentare un modello per i centri che si vogliono munire di uno spazio dedicato alla simulazione.

Tale centro, infatti, presenta vari vantaggi formativi e non solo.

In primis, è un centro sempre a disposizione degli specializzandi 24/7 permettendo loro di poter simulare in ogni momento lasciato libero dalla vita di reparto.





Inoltre, il centro presenta la strumentazione dalla più semplice alla più complessa sino al materiale "ex-vivo". Questa è una caratteristica fondamentale per poter coinvolgere qualunque professionista indipendentemente dal suo livello chirurgico favorendo, anzi, l'evoluzione dello specializzando novizio a livelli più elevati.



Non ultimo, i collegamenti con la sala operatoria e con il web permettono di poterlo utilizzare per lezioni, seminari, osservazione di interventi live in sala operatoria a Bologna come dal mondo.

### **3.3. Criticità e problemi aperti**

La simulazione, diventando ormai pratica quotidiana in molti centri, presenta tuttavia due problematiche importanti.

La prima riguarda l'accreditamento dei centri e la certificazione del curriculum.

Infatti, attualmente non esistono linee guida su come costruire un valido centro di simulazione né indicazioni di requisiti minimi. Non potendo così accreditare i centri, non è nemmeno possibile richiedere (o predisporre) da parte delle scuole di specialità un programma basato su un tot di tempo a settimana da passare ai simulatori.

Infine, tematica di estrema importanza è l'addestramento di chi insegna. Chi utilizza i simulatori non solo deve conoscerne bene le funzioni, ma deve al contempo conoscere bene ciò che si simula così come tecniche pedagogiche di insegnamento. Attualmente non esistono corsi in Italia volti a formare professionisti di questo genere.

## **4. Conclusioni**

La simulazione attualmente è tematica di frequente discussione e gli importanti avanzamenti tecnologici ne stanno determinando una grande espansione.

Il centro di simulazione di Bologna possiede i requisiti per essere

considerato d'esempio nella realtà italiana per la qualità e l'efficacia della simulazione offerta al professionista ad ogni livello.

Attualmente ancora molto è da fare per definire standard minimi di accreditamento dei centri e conseguentemente certificazione del training in specialità su simulatore. Inoltre, si discute ancora troppo poco della figura del "trainer" che merita attenzione e anch'esso formazione specifica.

## 5. Bibliografia

1. Smeds MR , Thrush CR , Mizell JS , Berry KS , Bentley FR . Mobile spaced education for surgery rotation improves national board of medical examiners scores. *J Surg Res* . 2016;201(1):99–104 .
2. Buckarma EH , Thiels CA , Gas BL , Cabrera D , Bingener-Casey J , Farley DR . Influence of social media on the dissemination of a traditional surgical research article. *J Surg Educ* . 2017;74(1):79–83 .
3. Whyte W, Hennessy C. Social media use within medical education: a systematic review to develop a pilot questionnaire on how social media can be best used at BSMS. *MedEdPublish [Internet]* . 2017. [cited 2019 Jul 2];6.
4. Slade Shantz JA, Veillette CJH. The application of wearable technology in surgery: ensuring the positive impact of the wearable revolution on surgical patients. *Front Surg [Internet]* . 2014.
5. Kolodzey L , Grantcharov PD , Rivas H , Schijven MP , Grantcharov TP . Wearable technology in the operating room: a systematic review. *BMJ Innov* . 2017;3(1):55–63 .

6. Pantelidis P, Chorti A, Papagiouvanni I, et al. Virtual and augmented re- ality in medical education. *Med Surg Educ - Past Present Future [Inter- net]* . 2017.
7. Warrian K , Ashenhurst M , Gooi A , Gooi P . A novel combination point-of-view (POV) action camera recording to capture the surgical field and in- strument ergonomics in oculoplastic surgery. *Ophthal Plast Reconstr Surg* . 2015;31(4):321–322 .
8. Beard HR , Marquez-Lara AJ , Hamid KS . Using wearable video tech- nology to build a point-of-view surgical education library. *JAMA Surg* . 2016;151(8):771–772 .
9. Wu T, DameffCJ, Tully JL. Integrating google glass into simulation- based train- ing: experiences and future directions. In 2014.
10. Yoshida S , Kihara K , Takeshita H , Fujii Y . Instructive head- mounted display sys- tem: pointing device using a vision-based finger tracking technique applied to surgical education. *Videosurgery Miniinvasive Tech* . 2014;9(3):449–452 .
11. Weller JM , Nestel D , Marshall SD , Brooks PM , Conn JJ . Simulation in clinical teaching and learning. *Med J Aust* . 2012;196(9):594 .
12. Evgeniou E , Loizou P . Simulation-based surgical education. *ANZ J Surg* . 2013;83(9):619–623 .
13. Mcgaghie WC , Issenberg SB , Cohen ER , Barsuk JH , Wayne DB . Does simula- tion-based medical education with deliberate practice yield better results than traditional clinical education? A meta-analytic comparative review of the evi- dence. *Acad Med* .

2011;86(6):706–711 .

14. Nataraja RM, Webb N, Lopez PJ. Simulation in paediatric urology and surgery, part 2: an overview of simulation modalities and their applications. *J Paediatr Urol [Internet]* . 2018. [cited 2018 Apr 3];
15. 26. Owen H . Early use of simulation in medical education: simulation in healthc. *J Soc Simul Healthc.* . 2012;7(2):102–116 .
16. 27. McMenamin PG , Quayle MR , McHenry CR , Adams JW . The production of anatomical teaching resources using three-dimensional (3D) printing technology. *Anat Sci Educ* . 2014;7(6):479–486 .
17. 28. Lim KHA , Loo ZY , Goldie SJ , Adams JW , McMenamin PG . Use of 3D printed models in medical education: a randomized control trial comparing 3D prints versus cadaveric materials for learning external cardiac anatomy. *Anat Sci Educ* . 2016;9(3):213–221 .
18. Lioufas P , Quayle M , Leong J , McMenamin P . 3D Printed models of cleft palate pathology for surgical education. *Plast Reconstr Surg - Glob Open [Internet]* . 2016;4(9) [cited 2019 Nov 18]Available from: [insights.ovid.com](https://insights.ovid.com) .
19. Loke Y-H, Harahsheh AS, Krieger A, Olivieri LJ. Usage of 3D models of tetralogy of Fallot for medical education: impact on learning congenital heart disease. *BMC Med Educ [Internet]* . 2017. [cited 2019 Nov 18];17.
20. Bennett D , McMenamin P , Pacilli M , Clarnette T , Nataraja RM . Novel application of additive manufacturing techniques for paediatric choledochal malformations. *J Paediatr Child Health* . 2018;54(7):807–809 .

21. Yiannakopoulou E , Nikiteas N , Perrea D , Tsigris C . Virtual reality simulators and training in laparoscopic surgery. *Int J Surg* . 2015;13:60–64 .
22. Ljuhar D, Alexander S, Martin S, Nataraja R. The laparoscopic inguinal and diaphragmatic defect (LIDD) model: a validation study of a novel box trainer model. *Surg Endosc [Internet]* . 2018. [cited 2018 May 22]; Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00464-018-6232-y> .
23. Wijewickrema S , Piroomchai P , Zhou Y , et al. Developing effective automated feedback in temporal bone surgery simulation. *Otolaryngol Neck Surg* . 2015;152(6):1082–1088 .
24. Friedman CP . The marvelous medical education machine or how medical education can be 'unstuck' in time. *Med Teach* . 2000;22(5):496–502 . Paolis LTD , Ricciardi F , Giuliani F . Development of a serious game for laparoscopic suture training. *Augmented and Virtual Reality [Internet]* . Cham: Springer; 2014:90–102 .
25. Gentry SV , Gauthier A , Ehrstrom BL , et al. Serious gaming and gamification education in health professions: systematic review. *J Med Internet Res* . 2019;21(3):e12994 .
26. Qin J , Chui YP , Pang WM , Choi KS , Heng PA . Learning blood management in orthopedic surgery through gameplay. *IEEE Comput Graph Appl* . 2010;30(2):45–57 .
27. Graafland M , Bemelman WA , Schijven MP . Game-based training improves the surgeon's situational awareness in the operation room: a randomized controlled trial. *Surg Endosc* .

- 2017;31(10):4093–4101 .
28. Nevin CR , Westfall AO , Rodriguez JM , et al. Gamification as a tool for enhancing graduate medical education. *Postgrad Med J* . 2014;90(1070):685–693 .
29. Level Ex: Home [Internet]. Level Ex. [cited 2019 Jul 6]. Available from: <https://www.level-ex.com/>
30. Philips gets into the interventional cardiology video game [Internet]. *Medical Design and Outsourcing* . 2019. [cited 2019 Dec 2]. Available from <https://www.medicaldesignandoutsourcing.com/philips-gets-into-the-interventional-cardiology-video-game/> .
31. Leshner AP , Shah SR . Telemedicine in the perioperative experience. *Semin Pediatr Surg* . 2018;27(2):102–106 .
32. Ponsky TA , Bobanga ID , Schwachter M , et al. Transcontinental telementoring with pediatric surgeons: proof of concept and technical considerations. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* . 2014;24(12):892–896
33. Bruns NE , Irtan S , Rothenberg SS , Bogen EM , Kotobi H , Ponsky TA . Trans-Atlantic telementoring with pediatric surgeons: technical considerations and lessons learned. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* . 2016;26(January(1)):75–78 .
34. Augestad KM , Han H , Paige J , et al. Educational implications for surgical tele-mentoring: a current review with recommendations for future practice, policy, and research. *Surg Endosc* . 2017;31(10):3836–3846 . Harting MT , Wheeler A , Ponsky T , et al.

- Telemedicine in pediatric surgery. *J Pediatr Surg* . 2019;54(3):587–594 .
35. Raposo VL . Telemedicine: the legal framework (or the lack of it) in Europe. *GMS Health Technol Assess* . 2016(12) Doc03 .
36. Mytton OT , Velazquez A , Banken R , et al. Introducing new technology safely. *BMJ Qual Saf* . 2010;19(Suppl 2):i9–14 .
37. McAfee A , Brynjolfsson E . *Machine, Platform, Crowd: Harnessing Our Digital Future* . New York: W.W.: Norton & Company; 2017:402 .
38. Rajalakshmi R , Subashini R , Anjana RM , Mohan V . Automated diabetic retinopathy detection in smartphone-based fundus photography using artificial intelligence. *Eye* . 2018;32(6):1138–1144 .
39. Kim DH , MacKinnon T . Artificial intelligence in fracture detection: transfer learning from deep convolutional neural networks. *Clin Radiol* . 2018;73(5):439–445 .
40. Esteva A , Kuprel B , Novoa RA , Ko J , et al. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature* . 2017;542:115 .
41. Nemati S , Holder A , Razmi F , Stanley MD , Clifford GD , Buchman TG . An interpretable machine learning model for accurate prediction of sepsis in the ICU. *Crit Care Med* . 2018;46(4):547–553 .
42. Chen C , White L , Kowalewski T , et al. Crowd-Sourced assessment of technical skills: a novel method to evaluate surgical performance. *J Surg Res* . 2014;187(1):65–71 .



43. Aghdasi N , Bly R , White LW , Hannaford B , Moe K , Lendvay TS . Crowd-sourced assessment of surgical skills in cricothyrotomy procedure. *J Surg Res* . 2015;196(2):302-306 .
44. Holst D , Kowalewski TM , White LW , et al. Crowd-Sourced assessment of technical skills: an adjunct to urology