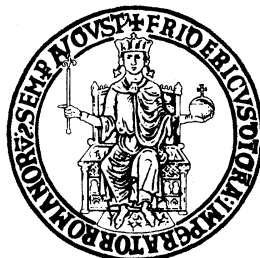


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI
“FEDERICO II”



DIPARTIMENTO DI SANITA' PUBBLICA

Programma Operativo Nazionale Ricerca e Innovazione 2014-2020
(CCI 2014IT16M2OP005), Fondo Sociale Europeo, Azione I.1
“Dottorati Innovativi con caratterizzazione Industriale”

Coordinatore: Prof. G. Troncone

TESI DI DOTTORATO

XXXIII CICLO

**Sviluppo di un ecosistema tecnologico basato sulla realtà
virtuale (VHA: Virtual Human Atlas) per la didattica
applicata e la formazione di alto profilo in ambito medico**

TUTOR

Prof. Attilio Di Spiezio Sardo

DOTTORANDO

Dott.ssa Ursula Catena



UNIONE EUROPEA
Fondo Sociale Europeo



INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	3
2.	ATTIVITA' DI RICERCA, METODOLOGIA E CONTENUTI.....	10
	2.1 ATTIVITA' SVOLTA PRESSO L'IMPRESA.....	14
	2.2 ATTIVITA' SVOLTA ALL'ESTERO.....	16
	2.3 ATTIVITA' FORMATIVA SVOLTA PRESSO L'UNIVERSITA'.....	17
3.	IL PROGETTO.....	19
	3.1 VHA I Ex PROTOTYPE: A FOCUS ON FEMALE ANATOMY.....	19
	3.2 VHA I Ln PROTOTYPE.....	23
4	PROSPETTIVE FUTURE.....	27
5	BIBLIOGRAFIA.....	28

1. INTRODUZIONE

E' opinione consolidata che l'informatizzazione in sanità si rende necessaria al fine di garantire un'attività didattica e di ricerca moderne (Sattar et al. 2019), al passo con quelle innovazioni tecniche e tecnologiche che sono o dovrebbero essere disponibili nelle strutture universitarie italiane. L'esperienza universitaria mondiale ha dimostrato che oggi l'insegnamento ed il training in medicina possono essere realizzati anche attraverso software e supporti multimediali avanzati che permettono la condivisione di lezioni corredate da immagini e video (Moro C. et al. 2017). Grazie all'ausilio delle moderne tecniche informatiche si è reso oggi possibile lo sviluppo e la diffusione di sistemi di simulazione e di training chirurgico (Oestergaard et.al. 2012). L'obiettivo del training simulato è quello di aiutare il tirocinante, ma non solo, ad acquisire quella manualità necessaria per sperimentare alcune procedure chirurgiche prima di testarle sul paziente. Tutto ciò costituisce un notevole vantaggio per quanto concerne la sicurezza del paziente, la gestione delle sale operatorie e del training stesso.

Il termine **Realtà Virtuale (VR)** fu introdotto nel 1989 da Jaron Lanier: un ossimoro che accosta l'esistenza oggettiva "reale" ad una "virtuale" non realmente esistente.

Attraverso la manipolazione di tre variabili (spazio, tempo e interazione) e la disponibilità di un'interfaccia grafica, è possibile creare una dimensione connotata da un forte senso di realtà, per cui il soggetto crede di trovarsi in quel mondo e di potervi interagire. Questa semplice descrizione riassume già le due principali caratteristiche dell'ambiente virtuale:

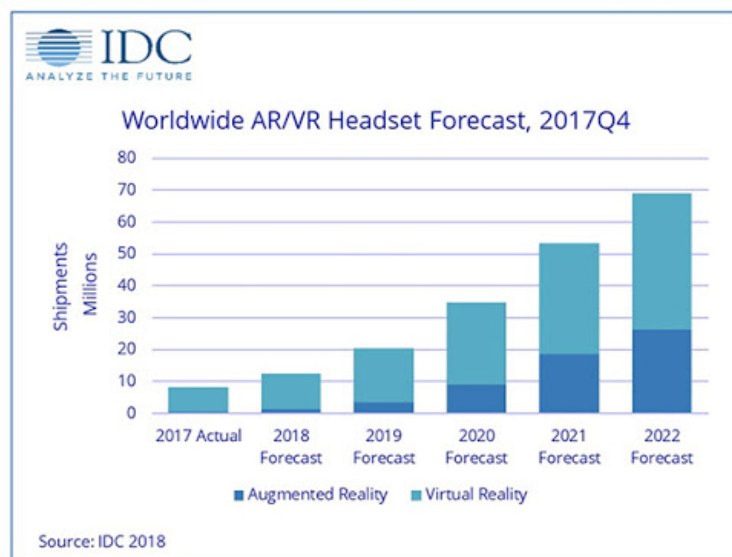
1. La percezione di essere davvero in quel mondo. Tale sensazione è amplificata dall'utilizzo di strumentazioni apposite: un software in grado di riprodurre ambienti 3D, un visore per la realtà virtuale, sistemi audio integrati che offrono il supporto al surround;
2. La possibilità di interagire con movimenti di corpo, testa e arti aumentando la sensazione di potersi impadronire di quella dimensione. L'utilizzo di devices quali cyber-gloves, arti virtuali, joypad, ecc., permettono all'utente di toccare, spostare, manipolare o apportare modifiche agli oggetti virtuali come fossero reali.

In particolare, a seconda del grado di immersione e coinvolgimento, si distinguono tre tipi di VR:

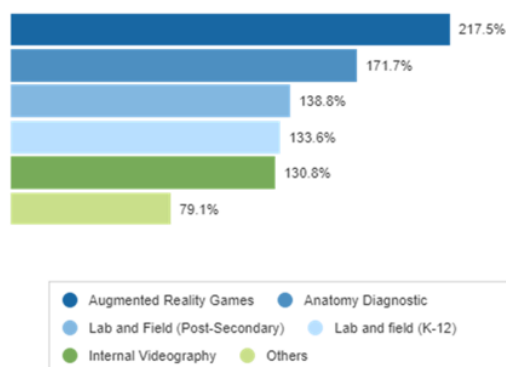
1. **Realtà Virtuale Immersiva (RVI)**. È accompagnata da una forte sensazione di immersione nello spazio esplorabile visivamente grazie alla possibilità di interagire con gli oggetti raffigurati virtualmente.

2. **Realtà Virtuale Non Immersiva (desktop RV).** Non suscita una sensazione di coinvolgimento poiché l'ambiente creato non viene percepito come reale.
3. **Augmented Reality (AR).** Permette di sovrapporre le immagini generate dal computer a quelle reali aumentandone il contenuto informativo.

All'inizio degli anni '90 si pensava che la VR si sarebbe sviluppata rapidamente e che sarebbe divenuta presto un mezzo di insegnamento preponderante, ma nei 10 anni a seguire scomparve quasi completamente, per poi tornare in auge in questi ultimi anni: secondo le stime della società di ricerca IDC (International Data Corporation), la spesa mondiale per realtà aumentata e realtà virtuale (AR/VR) potrebbe raggiungere i 160 miliardi di dollari nel 2023, con un rialzo consistente rispetto ai 16,8 miliardi di dollari stimati come spesa nel 2019 (IDC Spending Guide 2020).



Il tasso di crescita annuo composto quinquennale (CAGR) per la spesa in realtà aumentata e realtà virtuale sarà del 78,3%. Tra i casi d'uso che vedranno la crescita della spesa più rapida nel periodo di previsione, secondo IDC, ci saranno la realtà aumentata per l'istruzione di laboratorio e sul campo, la realtà aumentata per la manutenzione delle infrastrutture pubbliche e la realtà aumentata per la diagnostica anatomica (IDC Spending Guide 2020).



Source: IDC Worldwide Semiannual Augmented and Virtual Reality Spending Guide 2018H2

Il fatturato generato dalla vendita dei visori nel 2016, ha generato 2,3 miliardi di dollari con 9,6 milioni di dispositivi nel mondo. Una cifra destinata a crescere oltre il 180% l'anno portando a un totale stimato di 64,8 milioni di dispositivi nel 2020 (IDC Spending Guide 2020).

Sulla realtà virtuale non scommettono solo i player ludici e dell'intrattenimento, ma anche il mondo scientifico che sta perseguendo la strada dell'innovazione digitale nello sviluppo di nuovi prodotti e servizi.

In generale, i campi di applicazione della VR in ambito medico sono principalmente:

- la riabilitazione motoria e cognitiva (Kellmeyer 2018);
- la terapia di disturbi psichiatrici e/o la gestione del dolore intra- o post-operatorio (In Chan et al. 2020);
- l'apprendimento in un contesto di simulazione (Guetterman et al. 2019).

In questi contesti, la costruzione di un mondo virtuale in cui il soggetto può avere il controllo si rivela particolarmente efficace.

La cosiddetta "cyberterapia" nasce dall'esigenza di trovare soluzioni d'avanguardia in ambito riabilitativo-psicologico che comportano ulteriori vantaggi rispetto alle tecniche tradizionali di riabilitazione, tra cui:

- svolgere l'esercizio riabilitativo in un setting che riproduce le caratteristiche degli ambienti di vita;
- stimolare la multisensorialità del paziente;

- adattare la difficoltà degli esercizi in modo dinamico rispetto alle abilità acquisite;
- monitorare in maniera sistematica gli indicatori di performance.

Questo nuovo modo di servirsi della tecnologia è stato adottato in alcuni disturbi cognitivi, in alcuni disturbi motori conseguenti a ictus e Parkinson o in caso di disturbi psicologici come ansia, fobie, stress (Kellmeyer 2018).

La VR potrebbe essere inoltre utilizzata per la riduzione del dolore intra- o post-operatorio e per la riduzione dell'utilizzo di farmaci anestetici durante alcune procedure di chirurgia minore (isteroscopia, cistoscopia, endoscopia digestiva) (In Chan et al. 2020).

A tal proposito, un'altra interessante applicazione della realtà virtuale riguarda l'ambito farmaceutico per fini terapeutici, ovvero la terapia del dolore. In molti esperimenti, i pazienti hanno trovato beneficio nell'immersione in ambienti virtuali durante trattamenti molto invasivi e dolorosi. Ad esempio, presso il Centro Medico Cedars-Sinai (Los Angeles), 60 persone sono state immerse nel gioco *Bear Blast* nel quale, attraverso lievi movimenti della testa, dovevano colpire con delle palline gli orsi che comparivano. Questo studio ha dimostrato che la VR può avere degli effetti analoghi agli antidolorifici oppiacei portando a una riduzione media del 24% del dolore percepito; questo dato è paragonabile a quanto si può ottenere in caso di dolore acuto con la somministrazione di analgesici oppiacei (Delshad S.D. et al. 2018). Un risultato che, se confermato da ulteriori studi, potrebbe portare appunto alla riduzione dell'utilizzo di oppioidi nella fase pre- e post-operatoria.

Le potenzialità della VR possono essere utilizzate con successo anche e soprattutto nella formazione e nel training in medicina e chirurgia (Molina M.M. et al. 2019). Basti pensare al possibile utilizzo della VR prima di un intervento chirurgico al fine di programmare tutti i possibili dettagli dell'intervento prima della sua esecuzione (Bing E.G. et al. 2019) (Parham et al. 2019). Altra applicazione "futuristica" è quella che si ottiene posizionando una telecamera 3D per la VR in sala operatoria o sul chirurgo che sta operando consentendo ad altre persone di assistere in maniera immersiva all'intervento stesso. Tali applicazioni permettono alle persone di partecipare attivamente alla creazione e allo sviluppo della propria conoscenza, legando l'apprendimento al "fare" in prima persona.

Una menzione a parte va ai sistemi di realtà aumentata (AR) che hanno l'obiettivo di aggiungere elementi interattivi generati da computer nell'esperienza sensoriale dell'utente. Consentono un'esperienza immersiva ed interattiva, alterando la percezione con elementi che possono essere

virtualmente toccati, visti, ascoltati. In estrema sintesi potremmo definire la AR come un processo che integra informazioni digitali alla realtà.

In ambito militare l'uso di questi sistemi ha trovato un ampio utilizzo nella formazione del personale ed ha visto in questo settore un'importante leadership tecnologica.



I sistemi di AR sono utilizzati, ad esempio, per arricchire la visione dei piloti militari con informazioni di contesto utili a massimizzare l'efficacia delle azioni di volo.

Da segnalare che molte forze militari hanno investito, negli ultimi anni, proprio nelle applicazioni di sistemi a realtà aumentata nel settore sanitario per la formazione del proprio personale medico (Mabry R.L. et al. 2014). Questa formazione virtuale "sul campo" è risultata molto efficace, in considerazione dell'impossibilità di fare formazione diretta con la tipologia di ferite e lesioni che potrebbero verificarsi in una zona di guerra. La società americana Sandia ha sviluppato, in collaborazione con la DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency), un sistema di VR per addestrare i propri operatori sanitari nel primo intervento sul campo di battaglia (Shawver D.M. et al. 1998) . In tal modo, gli operatori avevano la possibilità di:

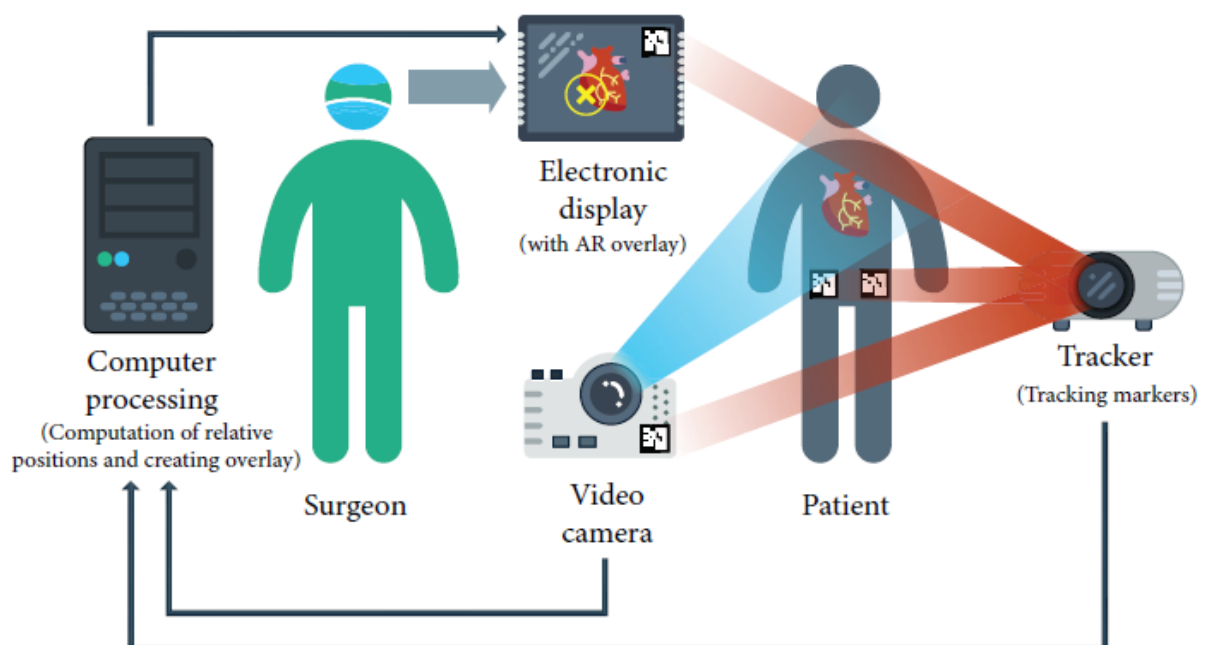
- interagire con i pazienti e con i diversi strumenti richiesti e avere una esperienza in real-time dei risultati delle proprie azioni: se l'intervento non andava a buon fine, il paziente virtuale simulava il dolore o il pianto;
- calarsi nella situazione ambientale di guerra: il rumore delle bombe e delle granate, le urla dei feriti ecc., producevano in loro una risposta emotiva simile a quella che avrebbero provato su un vero campo di battaglia.

In questo caso, la VR permette non solo di imparare una tecnica, ma anche di sperimentare emozioni e imparare a controllarle, così che l'operatore possa intervenire con successo e gestire la tensione esacerbata dalla situazione.

Ovvio infine l'interesse comune dei sistemi sanitari ad utilizzare in modo strutturato sistemi di questo tipo per la formazione degli specialisti all'utilizzo di tecnologie complesse. L'ambito di collaborazione in questo ambito può includere, a titolo di esempio:

1. La costruzione e la validazione di programmi specifici per la formazione medica basati su AR;
2. Lo sviluppo di sistemi di visualizzazione di AR per l'esecuzione di procedure cliniche complesse. La figura sottostante rappresenta lo scenario base in cui i dati raccolti in real-time combinati con sistemi di data visualization (AR) possano essere utilizzati durante un intervento chirurgico (Vavra P. et al. 2017).

Augmented reality in ambito chirurgico. Scenario base.



Uno dei progetti italiani maggiormente focalizzati sull'impiego della realtà aumentata in sanità è il VOSTARS (Video and Optical See Through Augmented Reality Surgical Systems) (<https://www.vostars.eu/>), che ambisce a sviluppare:

- Software per la generazione di modelli 3D paziente specifici;
- Sistemi di navigazione chirurgica per i trattamenti mini-invasivi;
- AR per guidare interventi chirurgici e per la formazione dei chirurghi;
- Sistemi di simulazione.

Esistono dunque diverse applicazioni della VR in campo medico:

- nel contesto riabilitativo e di trattamento sia a livello fisico-organico che cognitivo-psicologico, sul **paziente** (Kellmeyer P. 2018);
- in ambito educativo e di training, per formare il **personale sanitario** prima di intervenire sul paziente (Oestergaard J. et al. 2012).

Attualmente, i diversi simulatori utilizzabili per il training possono essere classificati in fisici e virtuali. I simulatori fisici sono sistemi che utilizzano strumenti chirurgici reali e la strumentazione video utilizzata in sala operatoria (Campo R. et al. 2016). Sono, invece, simulatori virtuali, quei sistemi computer-based che prevedono l'utilizzo di software di VR capaci di riprodurre procedure chirurgiche, andando a ricostruire con elevata accuratezza l'interno dell'addome del paziente (Mettler L.L. et al. 2009). Tramite i suddetti simulatori è quindi possibile operare in ambienti perfettamente riprodotti dal punto di vista anatomico, effettuando la simulazione dei diversi interventi chirurgici (Munro M.G. 2012) (Crochet P. et al. 2017). Il percorso formativo e di ricerca proposto tramite il nostro progetto, contribuisce a colmare il vuoto di ricerca e tecnologico attualmente ancora presente tra l'apprendimento di tipo tradizionale e il passaggio alla matrice esperienziale mediante un approccio completamente nuovo, immersivo e simulativo (Fagotti A. et al. 2013). Tale tema rientra nel contesto "Salute", una delle 12 aree di specializzazione regionali individuate dalla SNSI (par 5.3.10): "Il perimetro dell'area Salute fa riferimento all'applicazione di tecnologie chiave abilitanti in ambiti differenziati: settore farmaceutico, biotecnologico, biomedicale, servizi sanitari, etc., a loro volta articolati in una molteplicità di sotto settori." Il tema rientra inoltre nelle traiettorie tecnologiche di sviluppo a priorità nazionale individuate dalla SNSI: a) "E-health, diagnostica avanzata, medical devices e mini invasività" (par 5.5.3); b) "Sistemi produttivi evolutivi e adattativi per la produzione personalizzata" (par 5.5.4). L'area Salute presenta connessioni molteplici con altri ambiti, tra cui tecnologie innovative e biotecnologie.

2. ATTIVITA' DI RICERCA, METODOLOGIA E CONTENUTI

L'obiettivo del nostro progetto ha perseguito la realizzazione di un ecosistema tecnologico al servizio della scienza, della didattica applicata e della formazione di alto profilo in ambito medico. Elemento centrale dell'esperienza offerta da **VHA (Virtual Human Atlas)** è la possibilità per l'utente di accedere ad una struttura virtualizzata multilivello che consenta agli studenti, al personale medico, ai docenti e a tutto il comparto tecnico sanitario di esplorare, interagire e verificare con dei test centralizzati le proprie conoscenze specifiche sull'anatomia umana, sul suo funzionamento e sulle sue patologie. Tutto ciò è reso possibile mediante l'utilizzo di postazioni per la VR di nuova generazione, adeguatamente equipaggiate con Visori (OCULUS Quest 2) ed eventuali gadget interattivi, mediante i quali è possibile agire entro uno spazio tridimensionale progettato in computer grafica e bilanciato sulla natura dell'esperienza richiesta.

OCULUS Quest 2



Mediante software standard di mercato dedicati alla modellazione e animazione tridimensionale, sono stati ricreati le strutture principali e i sottosistemi del corpo umano. È stato poi sviluppato nel dettaglio l'Apparato Riproduttivo Femminile (**FRS**, *Female Reproductive System*).

L'architettura primaria del progetto è costituita pertanto da tre livelli:

1. **EXPLORE**: consente l'esplorazione profonda della complessità anatomica dell'apparato, mediante uno schema ad albero, mediante il quale ci si può muovere dal livello superiore all'elemento singolo di cui esso stesso fa parte.

2. **LEARN**: è un'integrazione significativa e consistente di contenuti scientifici tematici. Interagendo fisicamente con gli oggetti virtuali è possibile accedere a descrizioni dettagliate e scientificamente allineate agli standard formativi universitari (schede testuali, infografiche, contributi audio, filmati, files PPT). A questi elementi principali potranno essere inoltre affiancate delle vere e proprie Learning Units tenute da docenti e specialisti. Potranno essere aggiunte sezioni di test dedicate agli studenti, strutturate sulle controparti tridimensionali degli organi, mediante i quali poter verificare il grado di apprendimento dei singoli capitoli formativi.

3. **RESOLVE**: rappresenta il livello più complesso e successivo alla sezione Learn ed è quello maggiormente avanzato come grado di interazione; metterà infatti l'utente in condizione di affrontare problemi di natura medica, come disfunzioni o patologie, mediante l'utilizzo di un rack di strumenti virtuali a sua disposizione. L'obiettivo è la risoluzione dei task, in una scala di successo legata a molteplici variabili, rispetto delle procedure, scelte ed azioni volte a consolidare l'atteggiamento strategico e il range decisionale del futuro medico entro condizioni ospedaliere simulate. Questi moduli, accuratamente ricostruiti prendendo i riferimenti da una casistica medica reale e suddivisi in gruppi, permetteranno la redazione di un punteggio basato sul numero di scelte corrette e di strumenti usati correttamente nei passaggi risolutivi dello scenario virtuale attivo.

Nel primo anno, abbiamo sviluppato un comparto referenziale consistente e solido da cui abbiamo creato i fondamenti strutturali per procedere, in parallelo, alla realizzazione degli assets digitali da inserire nel segmento Explore. Abbiamo selezionato e sviluppato le fonti destinate al segmento Learn, confluite quindi negli assets multimediali, grafici e testuali a supporto dei livelli esplorativi/didattici dell'interfaccia virtuale.

Facendo seguito a quanto strutturato in forma di ricerca e sviluppo nel primo anno, durante il 2019 sono stati affrontati ulteriori aspetti sia tecnici che realizzativi, consolidando in via avanzata il modulo EXPLORE/LEARN, la cui early demo è stata rilasciata il 24 Gennaio 2019.

La demo di VHA/EXPLORE, equipaggiata con una serie di schede afferenti alla sezione LEARN, è stata testata e risulta funzionante, e in occasione di diversi corsi tenutisi presso l'European Academy of Gynaecological Surgery (Leuven Belgium) ed in occasione del 28 Congresso Annuale dell'ESGE (European Society of Gynaecological Endoscopy), tenutosi a Thessaloniki (6-9 Ottobre 2019), è stata sottoposta a test di fruizione, sottoponendola a fasce di pubblico specializzate, ottenendo una buona accoglienza, in particolare per il metodo innovativo di esplorazione delle componenti anatomiche e del loro trattamento visivo/grafico. Sono stati raccolti feedback e inviati al

development per ulteriore approfondimento. Testing supplementari del modulo Explore con fasce di pubblico specializzate, sono stati proposti anche durante il "Specialized German Diploma in Basic & Advanced Laparoscopic Surgery. MIC Level I-III Minimal Invasive Surgery, Winter Batch" tenutosi a Oldenburg (Germania), presso il Pius Hospital Training Center, dal 29.11.19 al 06.12.19, e durante il congresso "EndoDubai" tenutosi a Dubai (EAU), dal 27.02.20 al 29.02.20.

Durante l'anno 2020 la demo è stata sottoposta a revisione tecnica per l'aggiornamento di alcune librerie: in particolare l'utilizzo di alcuni shader è stato considerato obsoleto in riferimento ai nuovi modelli di illuminazione e resa, pertanto abbiamo ricompilato parte di essi in una versione più aggiornata e flessibile. L'avvento di tecnologie specifiche quali shader models estremamente leggeri nell'ambito computazionale ma correlati ad una resa visiva finalizzata ed efficace, ha reso possibile una finestra di ottimizzazione su tutte le componenti collegate.

Sono stati inoltre ottimizzati numerosi componenti di scripting e object reaction in modo da poter raggiungere una maggiore risposta e una superiore fluidità nelle varie sezioni di animazione e feature highlight. A fronte di questo intervento, è stato inserito un ulteriore upgrade delle interfacce, allo scopo di rendere la performance migliore, adeguando alcuni element UI (User Interface) e HUD (Head Up Display) ad una migliore leggibilità e nitidezza, operando con script dedicati all'implementazione in real time della risoluzione, raggiungendo ottimi risultati mediante il supercampionamento dinamico di tutti gli elementi nel campo visivo dell'utente.

Purtroppo, la mancanza di fondi sufficienti per sostenere, rialimentare e affrontare la creazione dei moduli successivi, in particolare RESOLVE – la cui complessità e profondità necessitano di un approccio sistemico molto più focalizzato e la disponibilità di assets di produzione più ricercati e specifici, ha prodotto uno slow-down dei processi realizzativi, tuttavia non frenando il progetto nelle sue componenti di accomodamento delle risorse accademiche, teoriche e procedurali in ambito medico.

In parallelo, sono stati ricercati ulteriori environment di sviluppo, allo scopo di rendere in futuro la piattaforma disponibile su altri devices, in concomitanza della maturazione sul mercato di nuovi visori appartenenti alla generazione più avanzata del segmento virtuale (OCULUS Quest 2). Sempre nello stesso ambiente, sono stati individuati altri ambiti di pubblicazione dei contenuti VHA, ipotizzando un futuro sdoppiamento della piattaforma attuale in un contesto Augmented /Mixed Reality ancora più evoluto, facendo dei test con l'ausilio di marker spaziali.

Ulteriore tempo è stato dedicato allo studio dei competitors, quali per esempio ImmersiveTouch, Medical Realites, Virtual Surgery Intelligence, OssoVR, Echopixel, SentAR, individuando alcune features interessanti per un prossimo aggiornamento e sviluppo.

Allo stato attuale la demo EXPLORE/LEARN è disponibile e continua a ricevere leggeri upgrade tecnici e integrazione dei contenuti.

2.1. ATTIVITA' SVOLTA PRESSO L'IMPRESA

- ***Attività di ricerca svolta presso l'impresa***

L'attività di ricerca svolta presso l'impresa è stata propedeutica alla fase A1 di ogni segmento produttivo, e incentrata sulla redazione, validazione e ottimizzazione di tutte le componenti richieste all'inizio di ogni fase. A seconda dei contenuti digitali creati/aggiornati, sono stata presente in sede nei momenti di redazione delle fonti accademiche, e durante il percorso realizzativo, nella verifica dell'aderenza tra assets digitali e fonti accademiche. In questo periodo ho acquisito le informazioni dedicate riguardo alle singole fasi del progetto, costruendo intorno alle fonti il necessario modus operandi per la traduzione corretta in asset digitali di strutture, funzioni e moduli, via via conseguendo le necessarie consapevolezze nell'ambito dell'operatività virtuale entro spazi immersivi in computer grafica. Ho inoltre coordinato i contenuti informativi da destinare ai moduli Learn.

- ***Denominazione dell'impresa presso cui ho svolto l'attività relativa al tema di ricerca***

Blurdesign di Bruno De Leva

- ***Settore e attività di ricerca dell'impresa***

Blurdesign nasce nel 2007 grazie all'impegno e alla straordinaria creatività di Bruno De Leva, un professionista attivo nel settore della comunicazione, del marketing, della grafica ma soprattutto del motion design. Nasce così, una video agency che cura tutti gli aspetti relativi alla comunicazione video, un ramo del marketing ancora poco diffuso in Italia, ma con delle enormi potenzialità. In termini di business la Blurdesign si configura quindi come punto di riferimento per la comunicazione multimediale a Napoli e in Campania, avvalendosi su tutto il territorio nazionale di qualificati professionisti operanti nell'ambito della comunicazione per la realizzazione di progetti, che vanno dall'ideazione della brand identity alla produzione di video multimediali. Blurdesign vanta una notevole esperienza nella produzione di prodotti multimediali realizzati per conto di Università e aziende come "Johnson&Johnson", "Storz", "Schering-Plough" e "Baxter", noti brand operanti nel settore medico e farmaceutico. Blurdesign ha curato inoltre alcune visual identity di diversi programmi tv per conto di società come "Sky", "Mediaset" e "Telecom", ha lavorato a numerosi progetti multimediali per brand come "Allianz", "Nintendo", "Fracomina", "Dooa", "CafèNoir", "Boston Consulting Group" e "Aspen Institute Italia".

- ***Sede legale dell'impresa (Città, Provincia, indirizzo)***

Via Cesare Fera 11 - 80124 Napoli

- ***Sede operativa principale (e se pertinente unità organizzativa) presso cui è svolta l'attività di ricerca del dottorando***

Via F. Crispi 116 - 80122 Napoli

- ***Nome, cognome e riferimenti del tutor aziendale***

Bruno De Leva (www.blurdesign.it)

- ***Contributo dell'impresa all'attività di ricerca***

Le principali competenze che Blur Design ha messo a disposizione della ricerca in oggetto sono principalmente legate agli ambiti di produzione convergenti nel progetto e facenti parte della sua complessità tecnologica. Mediante l'ausilio di workstation proprietarie e dispositivi di realtà virtuale configurati ad-hoc per la realizzazione dei tre segmenti di **Virtual Human Atlas**, per ogni area di produzione sono stati realizzati contributi digitali provenienti da aree tecniche diversificate e interconnesse, pertanto facenti parte del know-how settoriale tipico delle infrastrutture digitali dello stesso segmento.

- ***Durata di permanenza in impresa del dottorando titolare della borsa aggiuntiva PON***

Il periodo di permanenza presso l'impresa è stato di 6 mesi (01-31 agosto 2018; 01.01.2019 al 28.02.2019; 01.07.2020 al 30.09.2020).

2.2. ATTIVITA' SVOLTA ALL'ESTERO

- ***Attività di ricerca svolta all'estero***

L'attività di ricerca svolta presso l'European Academy of Gynaecological Surgery si è concentrata sul miglioramento e ampliamento del sistema VHA. L'European Academy of Gynaecological Surgery ha una forte esperienza nel training in endoscopia ginecologica, permettendo a giovani medici in formazione di acquisire le più fini tecniche chirurgiche in dry lab, prima di accedere alla sala operatoria, al fine di garantire ai pazienti una chirurgia sicura e di qualità. La notevole esperienza dell'European Academy of Gynaecological Surgery nello sviluppare percorsi educazionali di training e relative fasi di valutazione, è stata utilizzata per testare e validare, attraverso strategie di controllo avanzate, il sistema VHA.

- ***Denominazione del soggetto ospitante all'estero***

The European Academy of Gynaecological Surgery <http://www.europeanacademy.org>

- ***Sede legale del soggetto ospitante all'estero***

The European Academy of Gynaecological Surgery, Diestevest 43/0001, 3000 Leuven. Belgium

- ***Sede operativa principale presso cui è stata svolta l'attività di ricerca all'estero***

The European Academy of Gynaecological Surgery, Diestevest 43/0001, 3000 Leuven. Belgium

- ***Nome, cognome, ruolo e contatti del tutor del soggetto ospitante***

Prof. Rudi Campo (rudicampo@lifeexpertcentre.be), coordinator of the foreign patients within LIFE, director of The European Academy of Gynaecological Surgery, consultant at ZOL Genk, past president of the ESGE

- ***Durata della permanenza all'estero***

Il periodo di permanenza presso “ The European Academy of Gynaecological Surgery “è stato di 6 mesi (01.09.2019 al 29.02.2020)

2.3. ATTIVITA' FORMATIVA SVOLTA PRESSO L'UNIVERSITA'

- ***Modalità di svolgimento e contenuti delle attività integrative di formazione, rilevanti per il percorso individuato***

Le attività integrative di formazione rilevanti per il presente progetto, sono state:

- Discussione periodica della letteratura scientifica pertinente alle basi teoriche e metodologiche relative allo sviluppo di nuove tecnologie nel campo del training in medicina.
- Partecipazione a progetti dipartimentali e/o extra universitari inerenti lo sviluppo della Realtà Virtuale in ambito formativo medico.
- Partecipazione a seminari ed attività intra e interdipartimentali basate sull'utilizzo di dispositivi di Realtà Virtuale orientati all'esplorazione o interazione con scenari simulati in CGI (Computer Generated Imagery).

- ***Elementi di co-progettazione o intervento diretto da parte dell'impresa***

A conclusione del percorso realizzativo delle singole unità, l'impresa si è resa disponibile a corrispondere una o più serie di sessioni tutoriali volte alla familiarizzazione con l'ambiente virtuale. Ogni nuovo modulo inserito nelle aree Explore e Learn, e ogni nuovo scenario che sarà presente nell'area Resolve, saranno opportunamente sottoposti al target di riferimento accademico, sia con l'obiettivo di esporre approfonditamente il funzionamento dell'esperienza virtuale correlata, che allo scopo di indagare ulteriori misure di upgrade derivanti dal feedback degli utenti. La valorizzazione dell'ecosistema VHA infatti è a precisa matrice evolutiva, in quanto esposta ad un utilizzo avanzato e consapevole del personale scientifico e pertanto trova nel rapporto continuato con esso i successivi gradi di miglioramento e integrazione, in un contesto simbiotico dove la tecnologia è al servizio della scienza e la virtualità ne espande il grado di interiorizzazione intellettuale e tecnica.

- ***Grado di rispondenza della proposta rispetto alla domanda di alta formazione per garantire le adeguate competenze richieste dal tessuto produttivo.***

Il presente progetto di dottorato nasce da una serie di necessità tecniche che attualmente persistono nel settore della formazione e del training in medicina. L'utilizzo della realtà virtuale andrà a colmare il vuoto attualmente presente tra l'apprendimento di tipo tradizionale e il passaggio alla matrice esperienziale mediante un approccio completamente nuovo, immersivo e simulativo. Inoltre, le competenze scientifiche, accademiche e industriali, acquisite alla fine di questo percorso mi hanno fornito un bagaglio culturale adatto al trasferimento tecnologico richiesto dal tessuto

industriale nel settore della realtà virtuale. In particolare, la realtà industriale della realtà virtuale, può usufruire di investimenti considerevoli nel settore della ricerca e sviluppo, grazie alle possibilità offerte dalla **VHA**.

3. IL PROGETTO

3.1 VHA | Ex PROTOTYPE: A FOCUS ON FEMALE ANATOMY



Lo sviluppo di questo modello virtuale tridimensionale prevede un approccio di esplorazione per “livelli”, secondo 4 punti chiave:

- Organi
- Funzioni e strutture
- Tessuto e istologia
- Vascolarizzazione

Questo modello si traduce in 4 livelli di esplorazione (**BSFV model**):

- **Body**
- **Systemic**
- **Functional**
- **Vascular**

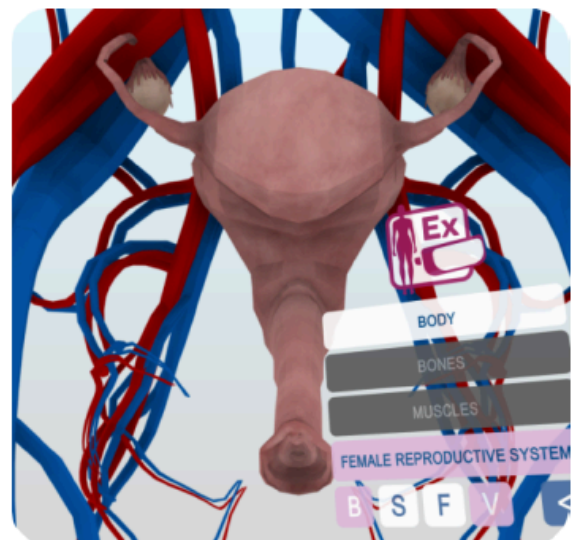
Interagendo virtualmente con gli oggetti del Core Scenario, è possibile accedere ai contenuti virtuali: caselle di testo, infografiche, contributi audio, video educazionali, files PPT.



Ex | Navigation - Level 1, Body



Ex | Navigation - Level 2, Systemic



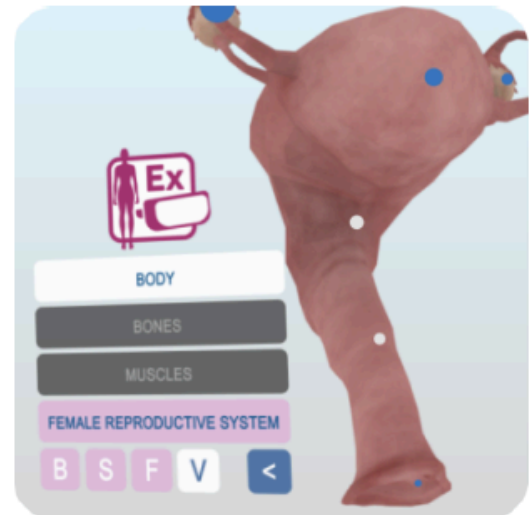
Attivando il tasto F (Functions), si attiva la modalità “Functional View” che “accende” degli spots reattivi (spots blu nella figura successiva) che contengono le informazioni relative ad

organi/sistemi/elementi. L'utente può scegliere tra i contenuti presenti (testo, foto, video) che permettono di scendere più nel dettaglio del livello selezionato.

VHA | Explore



Ex I Navigation - Level 3, Functions



VHA | Explore



Ex I Navigation - Level 4, Vascular



Attivando il “Contents Explorer” per ogni livello, l'utente è inviato ad aprire e ad interagire con i box informazioni, la libreria foto e la libreria video. Questa interfaccia per l'utente è disegnata per “collezionare” attivamente i contenuti provenienti dalla sezione Learn, ed è linkata all'uso della

“Functional View”. Nell’immagine successiva, è mostrato il “Contents Explorer” associato allo Spot attivo “Cervix”.

VHA | Explore



Ex | Navigation – Interactive Contents



3.2. VHA | Ln PROTOTYPE



La mancanza di fondi sufficienti per sostenere, rialimentare e affrontare la creazione dei moduli successivi, in particolare RESOLVE – la cui complessità e profondità necessitano di un approccio sistemico molto più focalizzato e la disponibilità di assets di produzione più ricercati e specifici, ha prodotto uno slow-down dei processi realizzativi, tuttavia non frenando il progetto nelle sue componenti di accomodamento delle risorse accademiche, teoriche e procedurali in ambito medico. In parallelo, infatti abbiamo ricercato ulteriori environment di sviluppo, allo scopo di rendere la piattaforma disponibile su altri devices, in concomitanza della maturazione sul mercato di nuovi visori appartenenti alla generazione più avanzata del segmento virtuale (OCULUS Quest 2).

Pertanto, nell'ambito del modulo LEARN, da marzo 2020, ci siamo innestati in una piattaforma virtuale di sale operatorie immersive specificamente progettate per l'esecuzione di procedure di isteroscopia office ed ecografia 3D. Tale piattaforma permetterà di interagire con oggetti nello spazio, integrando la componente didattica di EXPLORE e permettendo di seguire procedure specifiche in un setting adeguato. Da luglio 2020, abbiamo lavorato, nell'ambito dei moduli LEARN ed EXPLORE, al montaggio dei contenuti multimediali (video endoscopici ed ecografici) da inserire all'interno della piattaforma virtuale di sale operatorie immersive.

L'idea nasce dalla collaborazione tra l'Università di Napoli Federico II e l'European Academy of Gynecological Surgery di Leuven (Belgio).

Nel 2016 nasceva infatti il programma GESEA (Gynaecological Endoscopic Surgical Education and Assessment) per assicurare la massima sicurezza del paziente che si sottopone a chirurgia endoscopica (Tanos V. et al. 2016). Questo programma si basa sull'idea che i chirurghi dovrebbero possedere conoscenze teoriche misurabili e competenze pratiche, prima di sottoporre il paziente a qualsiasi procedura (Neis F. et al. 2016) (Schreuder H.W.R. et al. 2009).

Tale programma fu appunto elaborato dalla European Society for Gynaecological Endoscopy (ESGE) in collaborazione con la European Academy of Gynaecological Surgery (+he Academy), e ed è stato approvato da numerose società scientifiche europee e nord-americane (ESHRE, EBCOG, ENTOG, AAGL, ACOG) (Campo R. et al. 2016).

Il metodo si basa su diversi esercizi su pelvi-trainer:

- LASTT (LAParoscopic Skills Training and Testing method), consistente in tre esercizi per valutare le competenze psicomotorie nella navigazione con telecamera laparoscopica, nella coordinazione mano-occhio e nella coordinazione bimanuale;
- HYSTT (HYsteroscopic Skills Training and Testing method), consistente in due esercizi per valutare le competenze psicomotorie nella navigazione con telecamera isteroscopica e nella coordinazione isteroscopica bimanuale;
- SUTT (SUture Trainig and Testing method), per valutare le fini competenze psicomotorie relative alle tecniche di sutura ed annodamento laparoscopico.

Sulla base di questo metodo (Ferreira H. et al. 2018), l'ESGE in collaborazione con +he Academy ha stabilito un programma di certificazione delle competenze endoscopiche programmato in 2 livelli:

- Bachelor in Endoscopy (GESEA Level 1 Diploma)
- MIGS (Minimally Invasive Gynecological Surgeon) Diploma

Tali programmi sono diventati obbligatori per gli specializzandi di molti paesi europei prima del loro accesso in sala operatoria (Bustos B. et al. 2020).

Gli esami di certificazione GESEA possono essere svolti solo in centri accreditati. In Italia sono stati accreditati 3 centri per l'accreditamento in endoscopia ginecologica secondo il programma GESEA: il centro di Roma diretto dal Prof. Scambia, il centro di Napoli diretto dal Prof Di Spiezio ed il centro di Torino diretto dalla Prof. Benedetto, in cui sono disponibili i modelli HYSTT, SUTT e LASTT.

L'Università di Napoli Federico II è centro accreditato per il programma GESEA da maggio 2017 e da quel momento il link con l'European Academy of Gynecological Surgery, diretto dal Prof. Rudi Campo è diventato sempre più forte. Dal 2017 al 2020 sono stati infatti organizzati molti corsi e congressi, nazionali ed internazionali, per specializzandi e specialisti in ginecologia, al fine di implementare le conoscenze di base in endoscopia ginecologica (Savran M.M. et al. 2019).

Pertanto, durante la mia permanenza a Leuven, abbiamo deciso di implementare la piattaforma virtuale fulcro del mio progetto di ricerca, per metterla al servizio dei più giovani e sperimentare una nuova piattaforma di training virtuale in sala operatoria.

Grazie al supporto di diverse aziende quali:

- Operamed
- Trumpf
- Videomed
- Storz
- Samsung

abbiamo ricreato un ambiente di sala operatoria virtuale nel quale il discente possa visualizzare procedure integrate di isteroscopia ed ecografia 3D proprio come avviene nei più moderni centri di isteroscopia digitale.



In questa piattaforma virtuale sarà possibile visualizzare diversi tipi di interventi chirurgici innovativi, quali il trattamento isteroscopico di malformazioni uterine sotto guida ecografica 3D ed il trattamento conservativo del carcinoma endometriale in pazienti in età fertile che vogliono preservare la loro capacità riproduttiva.

In futuro, tale piattaforma virtuale potrà poi essere utilizzata per qualsiasi altra branca chirurgica, al fine di preparare in modo adeguato i giovani chirurghi al loro accesso in sala operatoria, passando da una sala operatoria “virtuale” ad una sala operatoria “reale” seguendo un programma standardizzato di formazione.

4. PROSPETTIVE FUTURE

Il Prototipo VHA I Ex è pronto e fruibile per l'apparato riproduttivo femminile. Nostro end point futuro è l'implementazione di questo prototipo in altre branche, chirurgiche e mediche, in modo tale da rendere fruibile la formazione virtuale agli studenti di medicina. Tala piattaforma dovrà essere prima di tutto implementata con altri organi e apparati e dovranno essere poi implementate le Learning Units per singola branca, al fine di rendere fruibile la piattaforma anche a specializzandi di diverse scuole di specializzazione e a differenti specialisti.

Il Prototipo VHA I Ln è disponibile per la fruizione virtuale di contenuti riguardanti procedure innovative di isteroscopia ed ecografia 3D, ma presenta grandissimi margini di crescita per essere usata durante congressi, corsi e masterclass in ogni branca chirurgica. Soprattutto in questo particolare momento storico di pandemia Covid-19, il learning ed il training si stanno sempre più spostando verso un approccio online, a distanza: l'e-learning è il futuro e l'approccio virtuale all'insegnamento di procedure chirurgiche semplici e complesse va implementato e reso fruibile. Il nostro progetto di ricerca è la base da cui partire per implementare questo nuovo concept di e-learning a livello nazionale ed internazionale.

5. BIBLIOGRAFIA

1. Bing E.G., Parham G.P., Cuevas A., Fisher B., Skinner J., Mwanahamuntu M., Sullivan R. Using low-cost virtual reality simulation to build surgical capacity for cervical cancer treatment. *J Glob Oncol* (2019). 5: 1-7.
2. Bustos B., Aviles R., Paracchini S., Pereira B., Botchorishvili R., Rabishong B. Evaluation of the laparoscopic component of GESEA Programme in two different groups: obstetrics and gynaecology residents versus participants in the annual GESEA diploma course in Clermont Ferrand, France. *FVV* (2020). 12 (2): 75-81.
3. Campo R., Wattiez A., Tanos V., Di Spiezio Sardo A., Grimbizis G., Wallwiener D., Brucker S., Puga M., Molinas R., O'Donovan P., Deprest J., Van Belle Y., Lissens A., Herrmann A., Tahir M., Benedetto C., Siebert I., Rabischong B., De Wilde R.L. Gynaecological endoscopic surgical education and assessment. A diploma programme in gynaecological endoscopic surgery. *Gynecol Surg* (2016). 13: 133-137.
4. Crochet P., Aggarwal R., Knight S., Berdah S., Boubli L., Agostini A. Development of an evidence-based training program for laparoscopic hysterectomy on a virtual reality simulator. *Surg Endosc* (2017). 31 (6): 2474-2482.
5. Delshad S.D., Almario C.V., Fuller G., Luong D., Spiegel B.M.R. Economic analysis of implementing virtual reality therapy for pain among hospitalized patients. *NPJ Digit Med* (2018). 1: 22.
6. Fagotti A., Petrillo M., Rossitto C., Scambia G. Standardized training programmes for advanced laparoscopic gynaecological surgery. *Curr Opin Obstet Gynecol* (2013). 25 (4): 327-331.
7. Ferreira H., Van Belle Y., Rabishong B., Grimbizis G., Di Spiezio Sardo A., Campo R. Simulation and training of gynaecological skills. *FVV* (2018). 10 (1): 21-27.
8. Guetterman T.C., Sakakibara R., Baireddy S., Kron F.W., Scerbo M.W., Cleary J.F., Fetters M.D. Medical students' experiences and outcomes using a virtual human simulation to improve communication skills: mixed methods study. *J Med Internet Res* (2019). 21 (11): e15459
9. In Chan J.J., Yeam C.T., Kee H.M., Tan C.W., Sultana R., Heng Sia A.T., Sng B.L. The use of pre-operative virtual reality to reduce anxiety in women undergoing gynaecological surgeries: a prospective cohort study. *BMC Anesthesiol* (2020). 20 (1): 261.
10. International Data Corporation (IDC). Worldwide Spending on Augmented and Virtual Reality Forecast to deliver strong growth through 2024, according a new IDC Spending Guide (2020) www.idc.com
11. Kellmeyer P. Neurophilosophical and ethical aspects of virtual reality therapy in neurology and psychiatry. *Camb Q Healthc Ethics* (2018). 27 (4): 610-627.
12. Mabry R.L., De Lorenzo R. American College of Surgeons. Military surgeons develop framework to sustain surgical skills in a changing military and medical environment. *Military Medicine* (2014). 179 (5): 477-482.
13. Mettler L.L., Dewan P. Virtual reality simulators in gynaecological endoscopy: a surging new wave. *JLS* (2009). 13 (3): 279-286.
14. Molina M.M., Le T.H., Delaney H., Weir L.F. Development of in-situ simulation lab for training gynecology residents in basic laparoscopic and hysteroscopic operative skills. *Cureus* (2019). 11 (4): e4385.
15. Moro C., Stromberga Z., Raikos A., Stirling A. The effectiveness of virtual reality in health sciences and medical anatomy. *Anat Sci Educ* (2017). 10 (6): 549-559.

16. Munro M.G. Surgical simulation: where have we come from? Where are we now? Where are we going? *J Minim Invasive Gynecol* (2012). 19 (3): 272-283.
17. Neis F., Brucker S., Henes M., Taran F.A., Hoffmann S., Wallwiener M., Schonfisch B., Ziegler N., Larbig A., De Wilde R.L. Evaluation of the HystSim – virtual reality trainer: an essential additional tool to train hysteroscopic skills outside the operation theatre. *Surg Endosc* (2016). 30 (11): 4954-4961.
18. Oestergaard J., Bjerrum F., Managaard M., Winkel P., Larsen C.R., Ringsted C., Gluud C., Grantcharov T., Ottesen B., Soerensen J.L. Instructor feedback versus no instructor feedback on performance in a laparoscopic virtual reality simulator: a randomized educational trial. *BMC Med Educ* (2012). 12:7.
19. Parham G., Bing E.G., Cuevas A., Fisher B., Skinner J., Mwanahamuntu M., Sullivan R. Creating a low-cost virtual reality surgical simulation to increase surgical oncology capacity and capability. *Ecancermedalscience* (2019). 13: 910.
20. Sattar M.U., Palaniappan S., Lokman A., Hassan A., Shah N., Riaz Z. Effects of virtual reality on medical students' learning motivation and competency. *Pak J Med Sci* (2019). 35 (3): 852-857.
21. Savran M.M., Nielsen A.B., Poulsen B.B., Thorsen P.B., Konge L. Using virtual-reality simulation to ensure basic competence in hysteroscopy. *Surg Endosc* (2019). 33 (7): 2162-2168.
22. Schreuder H.W.R., Van Dongen K.W., Roelevend S.J., Schijven M.P., Broeders I.A.M.J. Face and construct validity of virtual reality simulation of laparoscopic gynecologic surgery. *Am J Obstet Gynecol* (2009). 200 (5): 540.e1-8.
23. Shawver D.M., Sobel A.L., Stansfield S.A. Biosimmer: a virtual reality simulator for training first responders in a BW scenario. United States: N.p., 1998. Web.
24. Tanos V., Socolov R., Demetriou P., Kyprianou M., Watrelot A., Van Belle Y., Campo R. Implementation of minimal invasive gynaecological surgery certification will challenge gynaecologists with new legal and ethical issues. *FVV* (2016). 8 (2): 111-118.
25. Vavra P., Roman J., Zonca P., Inhat P., Nemec M., Kumar J., Habib N., El Gendi A. Recent development of augmented reality in surgery: a review. *J Healthc Eng* (2017). 2017: 4574172.