



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA
"TOR VERGATA"**

FACOLTA' DI MEDICINA E CHIRURGIA

DOTTORATO DI RICERCA
IN

ROBOTICA ED INNOVAZIONI INFORMATICHE
APPLICATE ALLE
SCIENZE CHIRURGICHE

XXII CICLO

**I Simulatori in Realtà Virtuale:
un ausilio nella formazione
chirurgica**

Maria Grazia Esposito

A.A. 2009/2010

Docente Guida/Tutor: Prof. Nicola di Lorenzo
Coordinatore: Prof. Achille Lucio Gaspari

Sommario:

Introduzione	3
Problematiche nell'ambito della formazione chirurgica	5
Problematiche inerenti la Realtà Virtuale	13
Premesse tecniche	
1.Efficacia dei modelli virtuali	
2.Problemi dei modelli virtuali	
3.Modelli di apprendimento	
Un simulatore in Realtà Virtuale per la pianificazione e la guida al training chirurgico	27
La Realtà Virtuale	32
Il nostro studio	44
1.Obiettivo dello studio	
2.Materiali	46
2.1 LapMentor (Simbionix, Israele)	47
3.Metodi	53
4.Risultati	58
Discussione	65
Conclusione	68
Bibliografia	70

Introduzione:

Il termine "*Chirurgia*" (greco: Cheirurgia, da chir cheiros, mano e irgon, opera), mano che opera racchiude in sé il significato della disciplina. L'evoluzione della *Chirurgia* nel XX secolo con la sua massima espressione nella chirurgia laparoscopica ha reso necessario modificare le tecniche di insegnamento e di apprendimento.

L'insegnamento della tecnica chirurgica intesa come pratica al tavolo operatorio "su vivente" assume, quindi, un aspetto necessariamente diverso in risposta alle nuove tecniche e tecnologie.

L'interazione del Chirurgo con il campo operatorio attraverso un video, non permette, se non in mani esperte, la possibilità di correggere il risultato, se l'azione è stata sbagliata.

L'apprendimento ed i supporti per l'insegnamento della tecnica chirurgica non possono essere limitati alla sola osservazione delle azioni al tavolo operatorio. L'abilità tecnica cresce effettivamente con la ripetibilità dell'azione pratica, che assume un aspetto fondamentale nel training di un chirurgo in

formazione. La ripetibilità dell'atto chirurgico in chirurgia laparoscopica, più che nella chirurgia open, non può essere praticata solo al tavolo operatorio. La possibilità di errore tecnico, soprattutto nel primo periodo della learning curve relativa a qualsiasi atto chirurgico è inversamente proporzionale alla pratica svolta; non va quindi sottovalutata e non dovrebbe avvenire al tavolo operatorio durante un intervento chirurgico di routine. Le tecniche e le tecnologie fortemente innovative introdotte in questi ultimi anni in chirurgia miniinvasiva hanno creato un bisogno formativo indispensabile per tutte le categorie, dagli specializzandi agli esperti. La formazione, l'addestramento e l'accurata valutazione delle capacità acquisite rappresentano quindi la sfida più importante del prossimo futuro per le Facoltà di Medicina, per le Società Scientifiche, per tutti gli ambienti accademici e clinici.

Problematiche nell'ambito della formazione chirurgica

La patologia iatrogena rappresenta la settima più comune causa di morte nei paesi occidentali (100 pazienti al giorno negli USA), con un notevole dispendio di risorse (richieste per danni nel Regno Unito: 4 miliardi di euro/anno). I casi chirurgici rappresentano circa il 50 % del totale, e le nuove procedure che si affacciano nella pratica giornaliera richiedono spesso un lungo training. La curva di apprendimento, per interventi complessi, è molto rilevante (ad es., in chirurgia dell'obesità si ritiene che il by-pass gastrico richieda circa 100 procedure).

La formazione in chirurgia, un settore dove la tradizione ha sempre giocato un ruolo principale, si trova ora di fronte a tecnologie emergenti di cui bisogna apprenderne l'uso per una migliore performance e quindi per aumentare la Safety per il paziente.

Sono necessarie nuove modalità di apprendimento, con una massiccia introduzione dell'elettronica e dell'informatica di cui non si può non tenere conto nella riformulazione del curriculum

formativo e nell' ECM chirurgica. All'apprendimento si affianca infatti, con uguale importanza, l'opportunità di valutare con metodi oggettivi anche il mantenimento delle capacità chirurgiche: non è lontano il tempo in cui, per mantenere l'abilitazione, anche nei paesi Europei, come già negli Stati Uniti, ci si dovrà sottoporre a verifiche periodiche, e ciò potrà avvenire più facilmente ed oggettivamente con l'uso della simulazione e di un curriculum multimodale prestabilito da esperti.

Tutte le procedure chirurgiche richiedono abilità, ma in particolare le tecniche miniinvasive richiedono un ampio spettro di capacità (tecnica, motoria, cognitiva, rapidità, giudizio chirurgico, lavoro in sintonia con il team, etc.). Ne consegue che il training intensivo e specifico è indispensabile.

Fare esperienza direttamente al tavolo operatorio è rischioso e non etico. La pratica chirurgica su animali e cadaveri può ancora avvenire, in centri specializzati, ma questa modalità incontra sempre maggiori ostacoli di carattere organizzativo, etico e finanziario nelle nazioni più avanzate. Risulta, quindi, evidente la necessità di nuovi strumenti, che rappresentino con

l'opportuna accuratezza l'anatomia umana, e che simulando le sensazioni tattili e visive consentano l'effettuazione virtuale, e la ripetizione fino a risultati soddisfacenti, degli interventi da apprendere. In pratica, si tratterà di trasformare il detto "see one, do one, teach one" in "see one, practice many, and do one."

Le scuole specialistiche di chirurgia e le Società Scientifiche Chirurgiche sentono negli ultimi anni la responsabilità della formazione chirurgica.

Il ridotto numero di pazienti che possono essere sottoposti al training per la didattica unitamente all'elevato numero di iscritti al Corso di Laurea in Medicina e Chirurgia, e alle Scuole di Specializzazione in Chirurgia, comporta una inevitabile carenza nell'offerta formativa universitaria, con conseguente acquisizione di minori abilità nell'effettuare la chirurgia mininvasiva. L'attuazione di programmi per il miglioramento del training in chirurgia endoscopica potrebbe contribuire ad incrementare l'abilità degli operatori, consentendo una possibile riduzione nell'incidenza degli errori chirurgici, ottimizzare i

tempi di esecuzione di pratica chirurgica, almeno relativamente alla quota dovuta all'inesperienza pratica del medico o della chirurgia. L'utilizzo di nuove tecnologie come la Realtà Virtuale e la teledidattica potrebbero migliorare il percorso formativo offerto con la didattica universitaria tradizionale.

Le metodiche tradizionali di apprendimento continuano a rappresentare il nucleo fondamentale delle conoscenze chirurgiche ed endoscopiche. Tuttavia, i cambiamenti nella domanda clinica e l'introduzione di nuove tecniche e materiali richiedono l'introduzione di nuove metodiche didattiche mirate all'acquisizione, da parte dei discenti, di specifiche abilità tecniche in ambito chirurgico.

Da circa un ventennio, in letteratura scientifica esistono diversi tentativi di migliorare le abilità pratiche del personale medico utilizzando le potenzialità della realtà virtuale. L'adozione di ambienti virtuali e l'esercitazione del personale in un ambiente ripetibile e controllato, consentendo ad un tempo di limitare gli eventuali rischi di danni biologici cui i pazienti sono esposti durante le fasi di formazione del personale, riproduce in ambiente controllato quadri clinici relativi a patologie rare e/o di

difficile intervento, in maniera da addestrare il personale in condizioni "virtualmente" critiche. Le applicazioni di tale tecnologia alla branca medica si avvalgono essenzialmente dell'esperienza effettuata in ambito militare, atomico, aeronautico ed aerospaziale, condotta presso diversi centri di ricerca a partire dai primi anni sessanta, ad esempio i sistemi di teleoperazione a distanza per maneggiare materiali radioattivi, i sistemi di visualizzazione e simulazione virtuale per il controllo di robot nello spazio o i simulatori di volo. L'impiego di tali tecnologie può in genere essere ricondotto a due tipologie: sistemi di assistenza che lavorano in cooperazione con il personale a crescenti livelli di autonomia, ovvero sistemi di formazione (prevalentemente simulatori) che consentono di riprodurre in contesti sicuri esperienze e sensazioni tipiche degli scenari operativi in cui bisogna intervenire. Anche nel campo della simulazione medica lo scenario risulta simile, richiedendo la contemporanea applicazione di processi decisionali complessi, azioni tempestive ed esperienza pratica. In ambito di cooperazione, i primi sistemi di assistenza in ambiente virtuale all'intervento chirurgico sono stati sviluppati nella seconda metà

degli anni '90. Si va da ambienti di visualizzazione per la pianificazione degli interventi (soprattutto in ortopedia) a sistemi robotizzati in grado di intervenire in artroscopia/laparoscopia/endoscopia e di ridurre le complicazioni cliniche tramite tecniche di "Minimal Invasive Surgery" (MIS). In ambito di formazione, i sistemi esistenti sono generalmente personalizzati secondo la specializzazione clinica degli interventi: ortopedia, cardiologia, endoscopia digestiva, urologia, ginecologia ed ostetricia. Il vantaggio di esercitarsi in situazioni infrequenti e rischiose, oltre a ridurre il rischio clinico, aiuta a contenere le sempre più frequenti implicazioni medico-legali.

Nonostante la ricerca e l'applicazione in campo medico di nuove tecnologie con l'ausilio della realtà virtuale si siano fatte strada, l'impiego di queste tecnologie nel settore della formazione di personale medico chirurgico non è ancora sviluppato.

Alcuni simulatori sono tuttora basati su modelli fisici (ad es., training box, strutture anatomiche in polimeri), e risultano

efficaci nell'apprendimento di tecniche di base. Essi sono poco costosi, e quindi alla portata di molti. L'incremento delle prestazioni dei computers consente oggi di realizzare dei simulatori integralmente immersi nella realtà virtuale (VR); in altri ancora, cosiddetti "ibridi", le due componenti si integrano. I modelli fisici possono efficacemente simulare la consistenza tissutale, ma i simulatori virtuali, soprattutto abbinati a tecnologia robotica, hanno potenzialità immensamente maggiori di sviluppo e di riproduzione di manovre complesse. Alcuni recenti studi hanno dimostrato la loro efficacia nel migliorare la performance chirurgica, acquisendo quindi un ruolo importante nell'ottimizzazione dei risultati chirurgici.

I problemi di fronte ai quali si pone la Commissione della Consensus Conference per la definizione del Simulatore Ideale sono:

- Interaction with Virtual model
- Touch
- Force
- Complex anatomy
- Organs variability

I Simulatori in Realtà Virtuale: un ausilio nella formazione chirurgica

- Several conditions of pathology and development of that for surgical therapy
- Movement variability
- Tickness organs and tissues
- External forces

I simulatori attualmente in commercio sfruttano la sensibilità dell'interazione occhio mano e bimanuale in ambiente tridimensionale . I sistemi aptici del simulatore in Realtà virtuale sviluppati a tutt'oggi consentono di toccare oggetti virtuali avendo la reale sensazione del tatto. Utilizzano un software che simula funzioni biomeccaniche e fisiologiche con una discreta variabilità anatomica. Il discente ed il tutor possono decidere di sfruttare le DEMO inserite nella memoria dei simulatori più evoluti, vedi LapMentor® , Symbionix.

Problematiche inerenti la Realtà Virtuale

Premesse tecniche

1. EFFICACIA DEI MODELLI VIRTUALI

Parlando di realtà virtuale per l'apprendimento, esistono 3 modalità principali:

1. Casi clinici virtuali
2. Modelli anatomici tridimensionali
3. Modelli virtuali interattivi

Le prime due non sono strettamente pertinenti a questa illustrazione, mentre la terza, integrata in un simulatore, rappresenta lo strumento per giungere ad una formazione più efficace.

I recenti avanzamenti dell'elettronica consentono oggi di affermare che tutto può essere ricostruito in 3D, se precedentemente sottoposto a diagnostica per immagini e successiva elaborazione delle acquisizioni ottenute. Esistono

già, infatti, dei modelli molto realistici, specie per ossa, encefalo ed organi solidi. Il passo successivo è rappresentato dall'interazione con i modelli descritti, in ambiente di VR, esercitando su di loro forze e trazioni.

Le tecniche di robotica e realtà virtuale applicate all'apprendimento chirurgico, con modalità simili a quella dei simulatori aeronautici, consentono al chirurgo in formazione di interagire con un corpo umano virtuale, apprendendo l'anatomia chirurgica e molteplici procedure diagnostiche e terapeutiche.

Il simulatore in Realtà Virtuale tridimensionale può consentire di:

- effettuare lunghi periodi di training anche in assenza del tutor;
- avere a disposizione un largo spettro di procedure simulate per esercitarsi;
- ripetere la procedura, esercitandosi in diversi passaggi, nel caso sia necessario acquisire una maggiore scioltezza e comunque al fine di ridurre la curva di apprendimento;

I Simulatori in Realtà Virtuale: un ausilio nella formazione chirurgica

- utilizzare un modello flessibile, che rappresenti le variazioni anatomiche di singoli pazienti;
- valutare, attraverso protocolli predefiniti, il grado di apprendimento e le capacità acquisite;
- ottenere angoli di visuale, attraverso le rotazioni degli organi, non ottenibili in un campo chirurgico tradizionale;
- collegare in rete più simulatori, rendendo disponibili in unica piattaforma informatica contenente database, atlanti 3D, presentazioni multimediali e procedure dal vivo;

In ultimo, ma non per ultimo,

- stimolare i discenti con un approccio pedagogico innovativo, che può maggiormente motivare chirurghi giovani e meno giovani ad aumentare le loro capacità tecniche ed a sperimentare nuovi interventi.

Al fine di raggiungere questi obiettivi vengono coinvolte molteplici aree di ricerca che riguardano disegno, sviluppo e validazione di nuovi hardware e software, in particolare:

I Simulatori in Realtà Virtuale: un ausilio nella formazione chirurgica

- interfacce sensoriali (visuali, acustiche, tattili), per rendere l'immersione virtuale compatibile con i sensi dell'utilizzatore, senza alterazioni ma con incremento delle sue capacità cognitive;
- trasmissione, accesso e strategie di comunicazione, con utilizzo di banda larga ed ultralarga;
- strategie di gestione per la sincronizzazione, l'integrazione e la sintesi di informazioni eterogenee provenienti da fonti multiple.

Si affiancano a questi lo studio dei fattori umani e la costruzione di nuovi ed innovativi modelli interattivi, per migliorare l'ergonomia degli strumenti virtuali, anche al fine di un loro utilizzo clinico.

2. PROBLEMI DEI MODELLI VIRTUALI

I problemi tecnici correlati allo sviluppo di quanto finora descritto sono molteplici e non semplici: i più complessi sono la riproduzione delle caratteristiche meccaniche dei vari tessuti biologici, l'adattamento di tecniche tradizionali all'ambiente virtuale, l'integrazione real-time dei sistemi di imaging con modelli virtuali tridimensionali e l'interazione con i modelli matematici che riproducono le proprietà tissutali.

Le difficoltà nel creare una simulazione perfetta sono legate a:

- 1) la complessità delle strutture anatomiche;
- 2) la variabilità della struttura dei singoli organi da paziente a paziente;
- 3) le innumerevoli condizioni fisiopatologiche presenti nella pratica chirurgica.

La variabilità dei movimenti e la consistenza degli organi e tessuti, correlata agli effetti del flusso sanguigno, alle pulsazioni cardiache ed alle contrazioni riflesse causano ulteriori difficoltà

nel generare una simulazione accurata del corpo umano. Quando i tessuti vengono poi sottoposti a forze esterne (presa, trazione, taglio etc.) provocati dagli strumenti chirurgici, è necessario calcolare che i tessuti elastici reagiscono in modo differente rispetto, ad esempio ai tessuti fibrosi. L'uso di modelli computazionali matematici diviene quindi indispensabile per ottenere un effetto realistico, ma risulta tuttora il punto debole di questa tecnologia. I migliori modelli rappresentano infatti le strutture solide e relativamente rigide, come le ossa, mentre per i parenchimi e gli organi cavi le problematiche sono tuttora maggiori e la riproduzione realistica ancora imperfetta.

R. Satava ha descritto i cinque punti per una perfetta simulazione: fedeltà, caratteristiche e reazioni degli organi simulati, interattività, sensazione tattile. Siamo ancora lontani da ciò, ma la ricerca in tal senso sarà aiutata nel prossimo futuro dall'aumento della capacità computazionale, che potrà produrre modelli "real time" più complessi. Un ruolo fondamentale verrà giocato dai sistemi robotici, che potranno

consentire simulazioni e planning chirurgici infiniti grazie alla memorizzazione degli interventi e delle simulazioni effettuate.

3. MODELLI DI APPRENDIMENTO

Il modello di Rasmussen ha dimostrato che sono necessari diversi simulatori per sviluppare i diversi livelli di capacità chirurgica.

Gallagher ha descritto un ipotetico modello di attenzione in corso di chirurgia miniinvasiva (MIS). Esso dimostra che tentare di imparare contemporaneamente procedure e tecniche varie e complesse è al di sopra delle capacità di chi apprende, poiché troppe variabili non consentono un apprendimento razionale: sarebbe come sottoporsi alla prima lezione di guida in un traffico caotico, o ad alta velocità in autostrada.

Così come la prima lezione di guida avviene in un parcheggio deserto, le procedure chirurgiche vanno apprese per gradi, senza il paziente, esercitando le capacità di base: esse sono la coordinazione oculo-motoria, l'effettuazione delle suture, l'uso degli strumenti laparoscopici attraverso i trocar. Per queste procedure basilari hanno quindi ben dimostrato la propria utilità

i simulatori a basso costo, basati su modelli fisici senza uso di elettronica.

Quando si passa ad apprendere manovre complesse, ed interventi completi, il simulatore deve essere in grado di proporre complicanze e scenari inattesi, per stimolare le reazioni e le capacità chirurgiche del discente.

Le manovre complesse, infatti, non sono unicamente, come potrebbe apparire, la sommatoria di più semplici passaggi uniti in un unico, ma comprendono anche l'abilità di coordinarle ed integrarle tra loro. Ne consegue la necessità di costruire un percorso di apprendimento fatto di passaggi successivi, ma anche finalizzato a sviluppare tali facoltà complesse. Per creare questo percorso, estremamente difficile sul piano concettuale, è necessario utilizzare strumenti unusuali per il chirurgo docente.

In primis, è necessaria una definizione univoca dell'attività e dei passaggi, strumenti di misura, capacità di individuare gli esercizi veramente utili a raggiungere gli obiettivi finali.

Tassonomia e metrica sono quindi vocaboli che dovranno entrare nel curriculum di coloro che preparano e prepareranno il percorso formativo dei chirurghi del futuro : Virtual Reality

Turing Test, Objective Structured Clinical Exam (OSCE), Objective Structured Assessment of Technical Skills (OSATS), McGill Inanimate System for Training and Evaluation of Laparoscopic Skills (MISTELS), Minimally Invasive Surgical Training – Virtual Reality (MIST-VR) sono alcune delle modalità di valutazione sviluppate negli ultimi anni e basate sui parametri descritti.

La realtà virtuale nella simulazione in chirurgia, similmente a quanto avviene per i simulatori di volo in aeronautica, può permettere al giovane chirurgo in formazione di interagire con un corpo umano immaginario imparando sia l'anatomia chirurgica che ad eseguire specifiche procedure diagnostiche e/o terapeutiche. In questo mondo virtuale di immagini tridimensionali create da un computer, il chirurgo, indossando cuffie stereoscopiche, elmetti con display di fronte a ciascun occhio e guanti al posto di joystick, può esplorare l'anatomia tridimensionale dei vari organi come se effettivamente esistessero. Il livello di realismo è attualmente quello della grafica per disegni animati supportata nei nuovi modelli dall'impiego di nuovi data set ottenuti da scansioni TC e RM che

consentono una riproduzione realistica e sovrapponibile al naturale. L'esecuzione di queste procedure, basate su di un sistema di simulazione, risulta estremamente efficace in ambito addestrativo consentendo:

- 1) Un tempo di apprendimento più breve
- 2) Una continua verifica degli errori
- 3) Una ripetizione dei gesti
- 4) Una esatta valutazione del grado di affidabilità raggiunto.

Le problematiche di una simulazione perfetta sono legate alla complessità dell'ambiente anatomico reale ed alla variabilità della disposizione individuale degli organi interni e delle molteplici situazioni fisiologiche e patologiche che si incontrano nella pratica clinica. Inoltre problemi come, ad esempio, i movimenti e le vibrazioni cui sono soggetti gli organi e i tessuti umani per effetto della pressione sanguigna e delle pulsazioni cardiache, di spasmi e di contrazioni riflesse pongono dei grossi limiti per la simulazione fedele del corpo umano. Esiste, infine, la difficoltà di rendere la risposta di tessuti differenti alle sollecitazioni esterne (taglio, presa, spinta o retrazione, pressione) dovute all'azione degli strumenti utilizzati.

L'apprendimento su animali, benchè essenziale per ridurre i rischi per i pazienti, è costoso, e non può duplicare soddisfacentemente l'anatomia umana. Tra gli aspetti più vantaggiosi dell'apprendimento mediante simulatori, si citano

- la possibilità di effettuare lunghe fasi di apprendimento senza la continua presenza di un insegnante,
- la possibilità di variare moltissimo la gamma delle operazioni da apprendere,
- la ripetibilità delle operazioni, che consente di riprovare un movimento, nelle stesse identiche condizioni, se il tentativo precedente non è andato a buon fine,
- la possibilità di valutare attraverso metriche ben definite le capacità sviluppate dal discente.

Tra le sfide tecniche importanti connesse con lo sviluppo di simulatori ci sono la modellazione del comportamento meccanico dei tessuti biologici e l'adattamento di tecniche già consolidate per la creazione di ambienti di realtà virtuale al campo medico. La multimedialità e l'interattività sono due tecnologie che possono completare, in campo didattico, l'apprendimento teorico. La prima consente l'integrazione di

testo, immagini e suono, al fine di aumentare la quantità e la qualità delle informazioni comunicate all'allievo nel corso di una singola lezione. La seconda permette la partecipazione attiva da parte dello studente con una variabilità di percorsi a seconda delle modalità seguite per una procedura. Il vantaggio dell'interattività è la simulazione di varie procedure (per es. diagnostiche, terapeutiche) con la possibilità di valutare i relativi risultati e individuare il percorso ottimale per raggiungerli. Con queste metodiche si ha una maggiore integrazione, in campo medico, tra le due componenti fondamentali per l'apprendimento: la teoria e la pratica. Lo sviluppo e la diffusione di simulatori maggiormente riproducenti la realtà permette ai futuri utenti la riduzione della curva di apprendimento della metodica, con riduzione dei costi biologici ed economici; oggi, per acquisire esperienza in nuove metodiche e tecniche chirurgiche, è necessario recarsi in centri specializzati, spesso al di fuori del territorio nazionale, con dispendio di risorse economiche e di tempo. Sarà dedicata una particolare attenzione alla necessità di fornire ai sistemisti informatici gli elementi tali da permettere loro la

programmazione di software che tengano conto della variabilità anatomica e fisiopatologia dell'organismo umano sano e malato. Grande limite degli attuali programmi consiste nel non prevedere le variabili anatomiche rare, non consentendo al chirurgo la simulazione di difficoltà presenti in vivo; inoltre gli attuali sistemi non prevedono le modificazioni fisiopatologiche che si possono sviluppare durante gli interventi; in particolare la reazione dei tessuti circostanti e le modificazioni cardiocircolatorie, respiratorie e metaboliche devono essere ben presenti e valutate nello sviluppare sistemi maggiormente sovrapponibili alla realtà. Il ricorso a simulatori ed a sistemi di trasmissione permettono un training continuo, con tutoraggio ad opera del computer o di esperti a distanza e contemporaneamente per più utenti. Sostanziale obiettivo diviene quindi la realizzazione di sistemi di simulazione chirurgica, comparabili a quelli oggi utilizzati in ambito aerospaziale. Nonostante l'ormai consolidata prassi di ricerca ed applicazione in campo medico di nuove tecnologie di realtà virtuale, l'impiego di queste tecnologie nel settore della

I Simulatori in Realtà Virtuale:un ausilio nella formazione chirurgica

formazione di personale medico chirurgico non è ancora sviluppato.

Un simulatore in Realtà Virtuale per la pianificazione e la guida al training chirurgico

Negli ultimi anni si è avuta la crescita della simulazione chirurgica per rispondere alle nuove Tecniche Chirurgiche alle aspettative degli specializzandi in chirurgia e dei giovani chirurghi. Tradizionalmente, la carriera chirurgica inizia quando i giovani chirurghi sono ammessi a partecipare più attivamente agli interventi chirurgici. Questo modello tradizionale di formazione in risposta al nuovo modello di Chirurgia non è più sufficientemente efficiente ed efficace, ed è potenzialmente pericoloso per i pazienti.

Con l'introduzione della Chirurgia Mininvasiva c'è stata la necessità di sviluppare modelli di formazione per apprendere e provare per più tempo al di fuori della sala operatoria. La risposta a tale richiesta è stata la creazione dei simulatori chirurgici. Al momento molti di questi sono disponibili in commercio. Ognuna di questi ha un proprio design, una struttura ed un programma di formazione. L'evoluzione è rappresentata dalla realtà virtuale, che mima l'azione e risponde alle diverse competenze e diversi gradi di formazione,

quindi non solo specifiche competenze di base, ma anche competenze avanzate.

Chmarra et Al. e Dankelman J attraverso uno studio randomizzato su l'utilizzo dei diversi simulatori chirurgici in VR attualmente sul mercato del trainer confermano la validità del trainer chirurgico nella formazione del giovane chirurgo e nella formazione continua di quelli già specialisti.

Satava RM (Surg Endosc. 1993 May-Jun; 7 (3) :203-5) ha preceduto questi studi, dando prospettive nuove e importanti per una formazione di base in chirurgia. Reznick sostiene che l'insegnamento e la verifica delle competenze tecniche sono state la componente meno sistematica o standardizzata in chirurgia nei metodi di formazione. I metodi di training sono stati classificati a seconda del comportamento del chirurgo, utilizzando il modello Rasmussen del comportamento umano. La formazione dovrebbe essere adattato al livello di comportamento: fondata sulle competenze e sulle regole base della conoscenza. Tali livelli possono essere utilizzati per la progettazione e la struttura di un programma di formazione. La progettazione di un simulatore dovrebbe giustificare il "look

and feel", e nello stesso tempo un simulatore unico dovrebbe essere considerato come "tre sistemi diversi":

1. Trainer: Il simulatore presenta una serie di condizioni diverse per l'interazione con competenze diverse.

2. Pratica ambientale: l'acquisizione di abilità richiede pratica e feedback. E 'possibile ripetere più volte la stessa azione al di là del punto di corretta esecuzione fino a quando l'operazione può essere eseguita automaticamente con poca o nessuna attenzione.

3. Valutazione: attraverso testing. Il simulatore utilizza diversi tipi di interfaccia, pertanto, è opportuno valutare le abilità in funzione di queste (mouse, percorsi, forze ...). In una revisione sistematica su simulazione chirurgica LM Sutherland et al (Annals of Surgery 2006) hanno incentrato il loro studio sull'uso del simulatore in VR per la formazione e la valutazione dei chirurghi. La convalida è che la formazione con l'utilizzo della simulazione mostra un influsso positivo sui risultati del paziente.

Diversi hardware e diverse configurazioni del software sono presentati in letteratura sotto il titolo di ambienti virtuali di

apprendimento (VLE's), che vanno dalle applicazioni di software interattivi, banchi da lavoro aptici, simulatori laparoscopici e manichini elettronici, ad approcci con telechirurgia.

Ciò che questi approcci hanno in comune è che l'attenzione è fondamentalmente rivolta a renderli quanto più vicini alla realtà, soprattutto, nei settori del feedback tattile e degli effetti visivi. Molti VLE si stanno avvicinando ad uno stato di maturità e quindi sono utilizzati come strumenti di formazione e di valutazione nei programmi chirurgici. Il lavoro sta iniziando a valutare l'efficacia, l'ergonomia e l'usabilità di questi ambienti, che è assolutamente necessario, dato che molte questioni fondamentali relative al trasferimento di competenze e / o conoscenze apprese in un VLE per la pratica chirurgica sono in gran parte senza risposta. Una caratteristica importante di hardware e software che vengono utilizzati per costruire queste VLE, è che esse assicurino l'attuazione del più avanzati paradigmi di apprendimento rispetto alla instructional approach dimostrati dalla maggior parte di essi. I costi della formazione chirurgica possono essere alti, passando da circa 5.000 dollari USA per la maggior parte dei

simulatori laparoscopici fino a 200.000 dollari USA per simulatori altamente sofisticati. Diversi studi sono stati fatti per il confronto tra simulazione Computer versus NO Training, formazione standard, Simulazione Video, Preparatore Atletico e più tipi di simulazione al computer. Da questi studi si evidenzia che la computer-simulation potrebbe dare risultati migliori rispetto ad altri sistemi di formazione, ma al momento nessuno ha confrontato i diversi modelli per lungo tempo, su una competenza specifica, e con lo stesso campione. Dall'altro lato dalla letteratura è evidente che lo studio di comparazione dei costi necessita di essere fatto.

La Realtà Virtuale (VR):

Realtà virtuale (in [inglese](#) *virtual reality*, abbreviato *VR*) è il termine utilizzato per indicare una [realtà simulata](#).

La realtà virtuale, per sua stessa definizione, simula la realtà effettiva. In pratica però, per problemi tecnologici (tra cui la limitata capacità di calcolo degli attuali sistemi informatici) non è ancora stato raggiunto un livello di realismo così elevato da rendere indistinguibile l'ambiente simulato da quello reale. La quasi totalità di questi ambienti virtuali rimangono prevalentemente esperienze visive e sonore.

Negli anni cinquanta, Morton Heilig scriveva di un "cinema esperienza" (*Experience Theater*) che poteva coinvolgere tutti i sensi in maniera realistica, immergendo lo spettatore nell'azione che si svolgeva sullo schermo. Costruì un prototipo della sua visione, chiamato Sensorama, nel 1962, insieme a cinque film che questo apparecchio proiettava e che coinvolgevano molti sensi (vista, udito, olfatto, tatto). Costruito prima dei computer digitali, il Sensorama era un dispositivo meccanico che funziona ancora oggi.



Nel 1968 Ivan Sutherland, con l'aiuto del suo studente Bob Sproull, creò quello che è considerato il primo sistema di realtà virtuale con visore. Era primitivo sia in termini di interfaccia utente sia di realismo, il visore da indossare era così pesante da dover essere appeso al soffitto e la grafica era costituita da semplici stanze in wireframe. L'aspetto di quel dispositivo ne ispirò il nome, *La Spada di Damocle*.



Il termine *virtual reality* fu coniato da [Jaron Lanier](#) nel [1989](#), uno dei pionieri in questo campo che ha fondato la compagnia [VPL Research](#) (*Virtual Programming Languages*, linguaggi di programmazione virtuale).

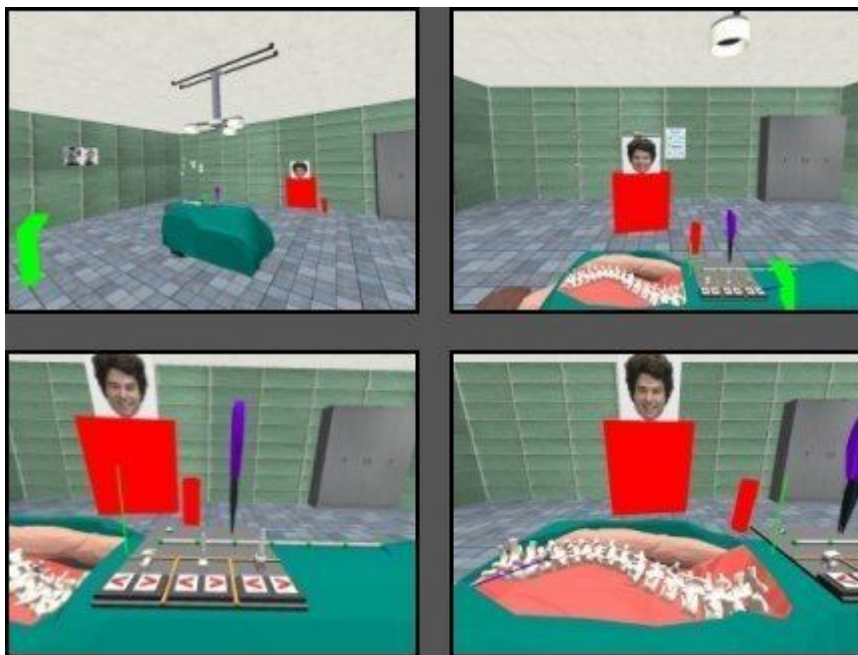
La realtà virtuale non è semplicemente la rappresentazione tridimensionale di un organo o struttura in tre dimensioni nello spazio ma essa implica almeno tre concetti fondamentali:

- 1) Immersione
- 2) Navigazione
- 3) Interazione

Immersione

L'utilizzatore del sistema deve avere l'impressione di essere parte della realtà virtuale che gli viene rappresentata. La sensazione di immersione può essere **mentale** nel senso che l'operatore immerge se stesso nell'immagine attraverso il pensiero. Questo è quello che succede tipicamente quando guardiamo una immagine tridimensionale sullo schermo.





L'immersione può essere anche **fisica** nel senso che attraverso strumenti sofisticati di rappresentazione dell'immagine tipo occhiali stereoscopici associati a cuffie stereofoniche (stereoscopic head mounted displays) e guanti a ritorno di forza (datagloves) l'utilizzatore ha la sensazione di avere attraversato lo schermo ed essere parte della realtà virtuale ricevendo allo stesso tempo stimoli ulteriori acustici e tattili. e guanti a ritorno di forza (datagloves) l'utilizzatore ha la sensazione di avere attraversato lo schermo ed essere parte della realtà virtuale ricevendo allo stesso tempo stimoli ulteriori acustici e tattili.



Head mounted display



Digital Data Gloves

Navigazione

La navigazione è la capacità di muoversi all'interno delle immagini virtuali ricostruite in tre dimensioni esplorando organi e strutture da diversi angoli di visione o dall'interno senza alcuna restrizione. Questa caratteristica dà la possibilità di studiare in gran dettaglio e facilmente i rapporti e le distanze

ad esempio tra strutture vascolari e lesioni tumorali con importanti implicazioni sul piano terapeutico e della tattica chirurgica.



Colonscopia Virtuale

Interazione

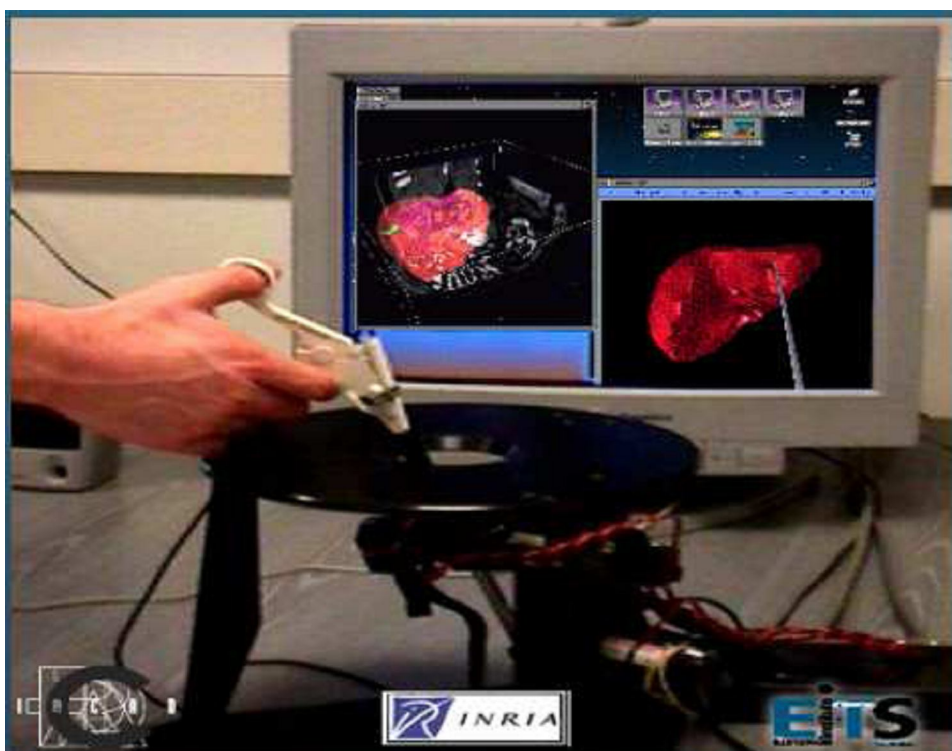
Implica la capacità di interagire con la realtà virtuale in tempo reale potendo manipolare e trasformare le immagini come se fossero reali. Questo rappresenta uno degli aspetti più

I Simulatori in Realtà Virtuale: un ausilio nella formazione chirurgica

complessi dell'intero sistema e richiede un'enorme capacità di calcolo da parte dei computer ed algoritmi sofisticatissimi in grado di prevedere le infinite possibilità d'interazione dell'utilizzatore con il sistema. Interazione virtuale con guanti digitali.



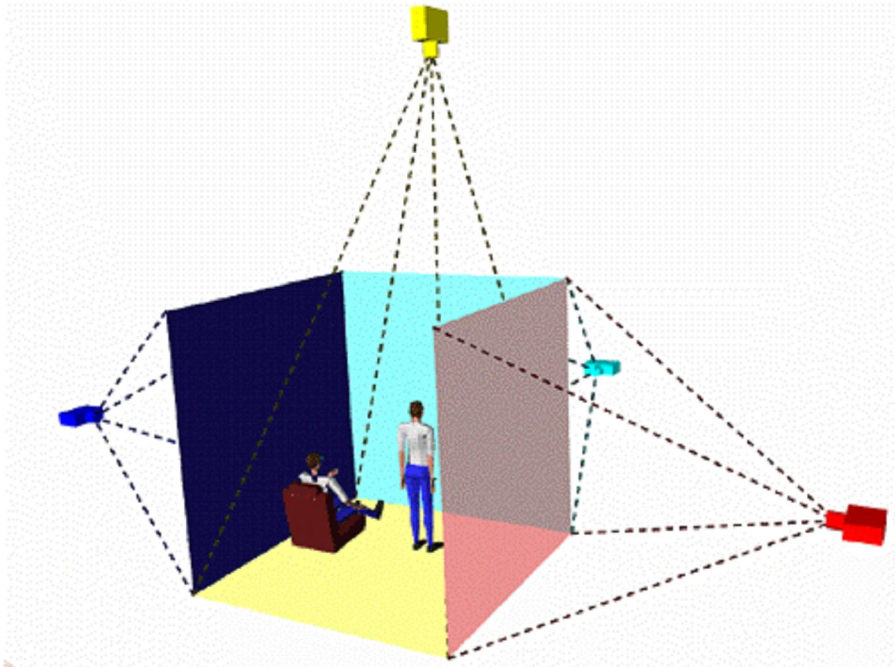
Interazione virtuale con guanti digitali



Interazione virtuale con sistemi a ritorno di forza

Ad oggi i sistemi di realtà virtuale più complessi dal punto di vista della rappresentazione sono rappresentati dai *C.A.V.E.* (Cave Automatic Virtual Environment). Questi sistemi forniscono l'impressione agli utilizzatori di essere completamente immersi in un ambiente tridimensionale interamente creato dal computer e proiettato tutt'intorno in scala reale. L'esperienza è resa estremamente realistica dal fatto che è possibile in questo ambiente muoversi, guardare intorno senza alcuna restrizione grazie ad un sistema di posizionamento dell'utilizzatore che ne registra in ogni momento la posizione e l'orientazione in modo

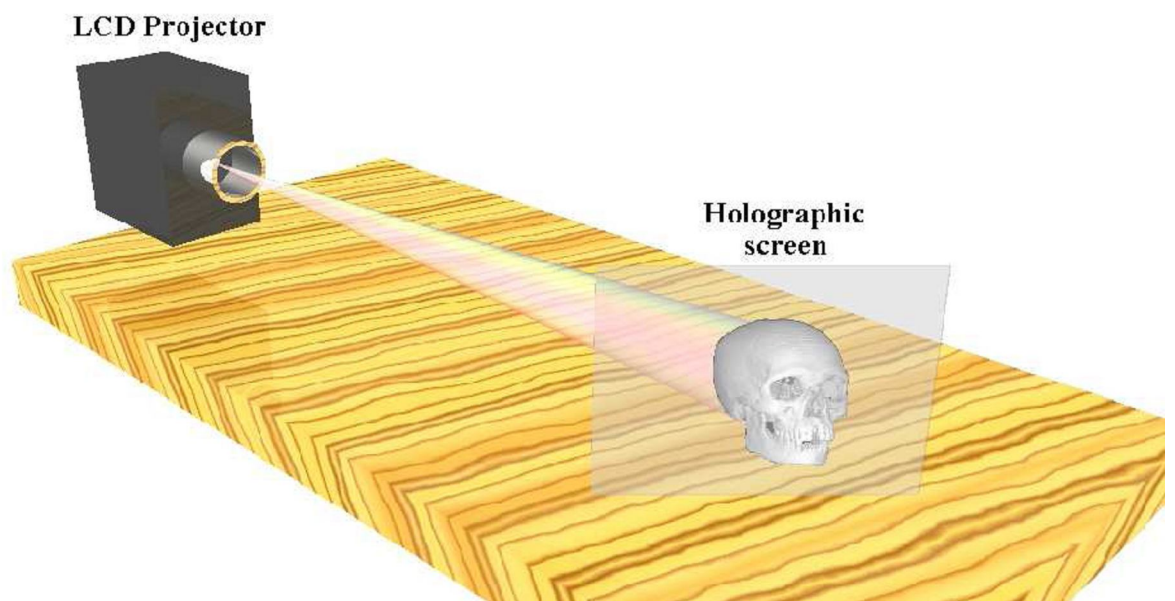
da proiettare la parte di realtà virtuale appropriata. In questi ambienti virtuali l'utilizzatore può interagire allo stesso tempo con tutti gli oggetti virtuali che sono presenti all'interno dell'ambiente virtuale ricostruito. Il realismo è accentuato dalla presenza di suoni, sensazioni tattili, odori e quant'altro serve ad aumentare gli stimoli dell'utilizzatore.



Schema funzionamento di un sistema per creare ambienti in Realtà Virtuale

Altri sistemi sofisticati di realtà virtuale sono rappresentati dagli ologrammi.

In questo caso degli speciali proiettori ricreano nello spazio una immagine realmente tridimensionale in scala reale che è possibile analizzare da diversi angoli di visione e con la quale è possibile interagire.



**Sistema di realtà virtuale Olografico
La realtà virtuale aumentata
(Virtual Augmented reality)**

La realtà aumentata è un'applicazione avanzata della realtà virtuale. Essa consiste nella sovrapposizione delle immagini tridimensionali costruite a partire dalle immagini scannografiche su strutture o immagini reali in modo da

consentire la visualizzazione delle strutture interne come per trasparenza. In parole più semplici sarebbe come avere una visione a raggi X. Al fine di ottenere una vera sensazione di trasparenza delle strutture l'intero processo deve avvenire in tempo reale e senza alcuna limitazione di esplorazione per l'operatore.

Il processo attraverso il quale le immagini reali e virtuali vengono sovrimposti si chiama tecnicamente registrazione e rappresenta l'aspetto più delicato dell'intero sistema al fine di garantire la massima precisione. La fusione delle informazioni può essere realizzata secondo due approcci differenti:

Sistemi centrati sull'utilizzatore

Consiste nell'aggiungere nel campo di visione dell'operatore l'immagine virtuale al fine di creare una trasparenza

Sistemi centrati sull'immagine

In questo caso su di uno schermo vengono visualizzati sui reperi fisici dell'immagine del paziente le immagini relative alla ricostruzione virtuale delle strutture di interesse per l'operatore.

IL Nostro Studio:

1. Obiettivo dello studio

Negli ultimi anni la necessità di formazione in campo laparoscopico ha spinto verso la creazione di simulatori chirurgici di diversa fattura e diversa complessità. Al momento molti di questi sono disponibili in commercio. Ognuna di questi ha il proprio design, struttura e programma di formazione. L'evoluzione è rappresentata dall'utilizzo della Realtà Virtuale, che mima l'azione reale e lavora sulle diverse competenze acquisite durante i corsi di formazione e l'esperienza chirurgica al campo operatorio. Il ruolo della formazione "sicura ed efficiente" è necessario nel corso di una specializzazione in chirurgia e durante la formazione continua. La simulazione in realtà virtuale è in grado di offrire un numero infinito di scenari chirurgici. I simulatori chirurgici in realtà virtuale di ultima generazione sono forniti di percorsi di formazione graduale che guidano lo specializzando nell'acquisizione di manualità "fine" nei singoli tasks fino alla

procedura completa "full task" di un intervento chirurgico, ad esempio una colecistectomia. In questo studio abbiamo voluto testare la validità di un'acquisizione graduale di tecnica manuale "step by step" rispetto all'esercizio diretto solo su una procedura completa mediante l'ausilio di un simulatore in Virtual Reality, il LapMentor® (Simbionix, Israele). Specializzandi in Chirurgia Generale privi di esperienza precedente in laparoscopia hanno ottenuto risultati migliori sulla procedura completa della colecistectomia laparoscopica procedendo durante il corso step by step rispetto a coloro che hanno eseguito la procedura completa "full task" direttamente. Il nostro studio conferma che una buona esperienza e la conoscenza delle capacità tecniche di base nel campo della formazione laparoscopica migliorano le prestazioni nella procedura completa.

2.Materiali:

Abbiamo introdotto il Lap Mentor ® (Simbionix, Israele) a 32 Specializzandi in Chirurgia durante un corso di formazione di sei giorni presso il Dipartimento di Chirurgia dell'Università di Tor Vergata.

2.1 Lap Mentor (Simbionix, Israele)

Il LAP Mentor ®, multi-disciplinary LAP simulatore di chirurgia, consente una simulazione mano simultanea della pratica chirurgica ad un tirocinante singolo o un gruppo. Il sistema offre opportunità di formazione per i giovani chirurghi e per gli esperti, dal perfezionamento di competenze di base laparoscopiche alla completa esecuzione delle procedure chirurgiche laparoscopiche. Il simulatore Lap Mentor di seconda generazione, LAP Mentor II Simulator, presenta un avanzato design ergonomico, può essere portatile ed è di semplice utilizzo. L'interfaccia aptica è dotata di un avanzato sistema ergonomico. Le maniglie degli strumenti laparoscopici sono completamente estraibili per facilitare la modifica da strumento da "presa" in strumento da "sutura". Inoltre, il miglioramento dell'interfaccia aptica sul nuovo LAP Mentor II offre un migliore feedback tattile, con incremento qualitativo delle prestazioni e dell'affidabilità.

Il Lap Mentor è dotato di una telecamera in Realtà virtuale e due strumenti di lavoro calibrati. Lo scenario intraddominale è tradotto su un computer con schermo tridimensionale. (Fig.1)



Fig.1

La telecamera è di 0 ° e 30 °, ben posizionata e sicura al centro fra gli strumenti. Gli strumenti in ordine di destra e di sinistra

possono essere selezionati dallo schermo, così come, i pedali a destra e a sinistra sono utilizzati per la cauterizzazione diretta agli strumenti omolaterali. Il software è fornito di 2 Moduli. Il Modulo 1 è basato su 9 compiti di competenze laparoscopiche di base. L'attività didattica laparoscopica di base per tutti i settori della chirurgia laparoscopica è disposta in un contesto non anatomico. Con questo modulo lo specializzando migliora la fiducia e la interazione con la tecnica laparoscopica, in un ambiente rilassato al di fuori della sala operatoria. Questo modulo migliora l'orientamento, la coordinazione occhio e mano attraverso la manipolazione di modelli virtuali 3D utilizzando strumenti virtuali laparoscopici, con 9 compiti.

I compiti diversi sono rappresentati da:

Task 1 manipolazione Camera 0 °;

Task 2: manipolazione con camera 30 °;

Task 3: coordinazione occhio-mano;

Task 4: applicazione di Clip ;

Task 5: ritagliare e afferrare;

Task 6: manovre di coordinamento fra le due mani;

Task 7: taglio;

Task 8: elettrocauterio;

Task 9: traslocazione di oggetti.

Il Modulo 2 è un modulo di procedure complete "full task".

In tale modulo il discente sceglie di praticare la colecistectomia completa. In questo modulo il trainer ha a disposizione diversi "clinic cases" con possibilità di varianza anatomica nelle procedure di colecistectomia. La biblioteca di pazienti virtuale si basa su anatomie realistiche create da CT / immagini ed MRI di pazienti reali. Ogni caso clinico comprende una storia completa, con immagini e risultati dei test di laboratorio. Utilizzando LapMentor motore di anatomia casuale, lo stesso caso del paziente apparirà con varie modifiche del dotto cistico e della posizione delle arterie, come nella vita reale.

I Tirocinanti eseguiranno la procedura completa acquisendo l'esperienza per affrontare in sicurezza le strutture anatomiche e le complicazioni chirurgiche.

Entrambi i moduli sono supportati da un tutor realistico che consiglia di rimanere in allarme o istruzioni per muoversi rapidamente per gli eventi. Tutti i film per singolo tirocinante sono registrati come dati nel tempo, misura, lunghezza, al fine

di semplificare i risultati e confrontarli. Il confronto dei risultati può essere utile al docente per confrontare i discenti e per valutare l'evoluzione dell'apprendimento.

Feature		Simbionix LAP Mentor
Company – Vast experience in medical simulation Complete spectrum of simulation solutions		v
Modules	Basic tasks	v
	Suturing – Basic	v
	Suturing – Advance	v
	Lap Chole – procedural tasks	v
	Lap Chole- Full procedure training	v
	Gynecology – procedural tasks	
	Gynecology – Full procedure training	Q2 07
	Ventral Hernia (!)	v

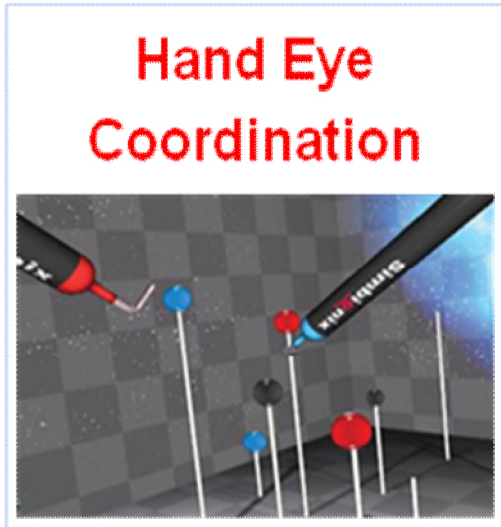
I Simulatori in Realtà Virtuale: un ausilio nella formazione chirurgica

	Gastric bypass (!)	v
	Colorectal procedures	Q3 07
Performance Assessment Basic economy of movement parameters		v
Performance Assessment of Full procedures		v
System Design	Portable, integrated system	v
Options:	Haptic (sensation) enabled	v
	Non haptic, desktop system	v
Cost		Flexible
Validation Studies		v

Metodi:

Ogni Specializzando è stato valutato da un osservatore anziano durante l'esecuzione di esercizi con il Lap Mentor®, Symbionix (Israele). Per la valutazione delle prestazioni in competenza tecnica abbiamo confrontato le misure in lunghezza totale ed ideale di utilizzo degli strumenti nella mano dx e nella mano sinistra durante task 3 e task 6 del Modulo Base (Basic Skill), e il Modulo completo (full task) per la colecistectomia con LapMentor Tutor.

Il task 3 sviluppa la coordinazione occhio-mano. Con telecamera fissa 0° il discente deve toccare le palline colorate in blu ed in rosso appena si illuminano con la punta degli strumenti dello stesso colore. Il task 3 sfrutta la velocità di coordinazione, tanto è vero che se il discente non compie in tempo utile l'azione, lo skill proseguirà nell'azione successiva senza aspettare il completamento dell'atto precedente.



Task3: coordinazione occhio mano

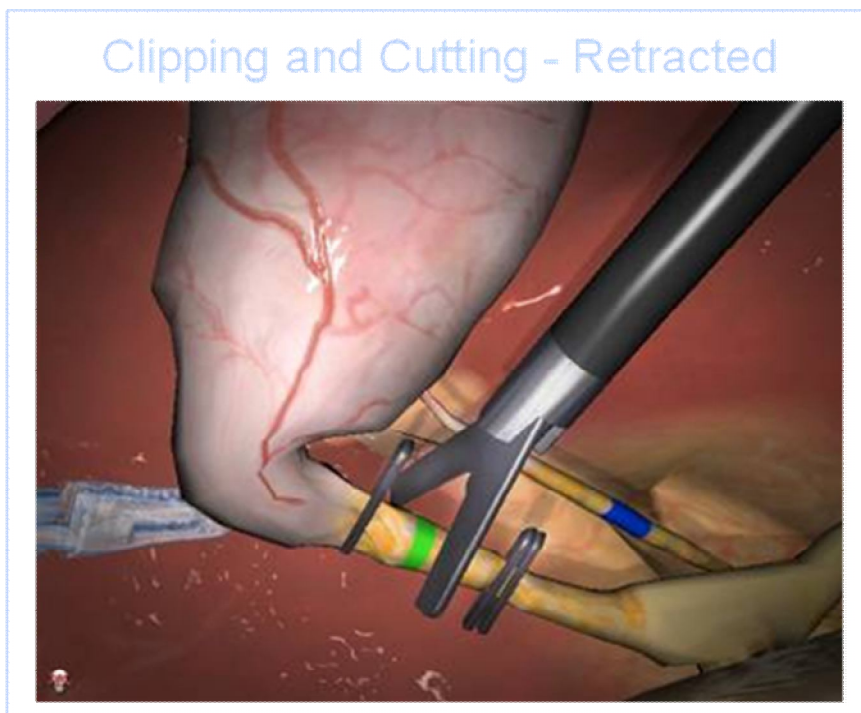
Il task 6 sviluppa le manovre bimanuali. Tenendo in posizione fissa uno dei due strumenti abbassando la gelatina in cui è immersa la pallina, il discente deve con l'altro strumento prendere la stessa. L'indicazione della correttezza della manovra eseguita è data dalla modifica del colore della pallina che da rossa diventa verde.



Task6: coordinazione bimanuale

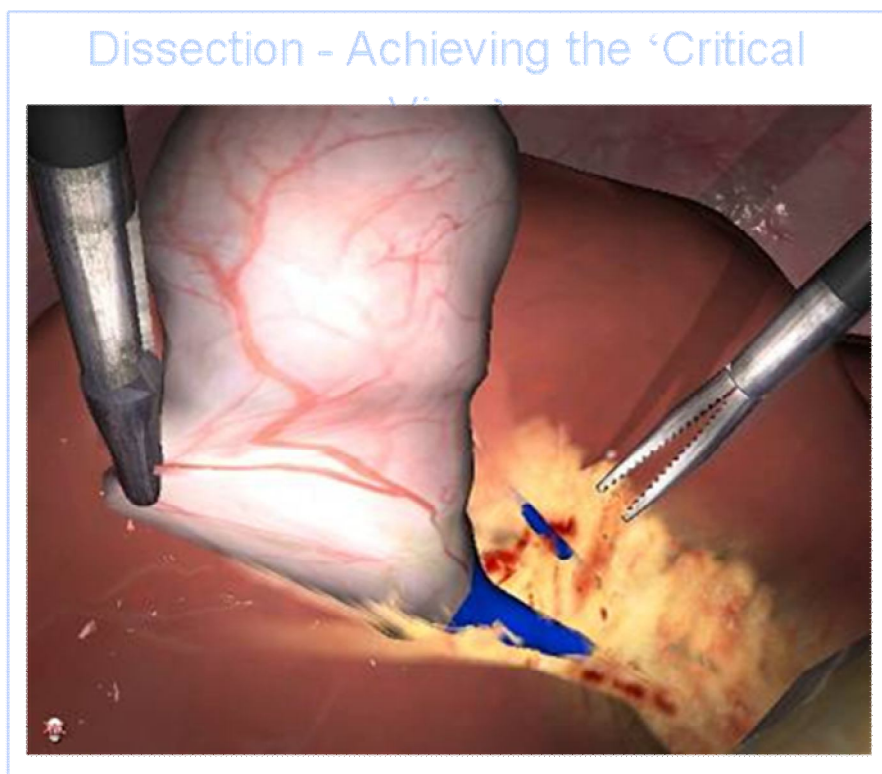
Entrambi i tasks sono indicatori della corretta posizione degli strumenti nel campo operatorio (si devono "sempre vedere" "sotto vista", e devono essere sempre al centro dell'immagine).

Gli specializzandi divisi in due gruppi randomizzati "A" e "B", sedici per ciascun gruppo, sono stati addestrati separatamente. Al Gruppo "A" è stata somministrata la DEMO prima di praticare il singolo task. Il Gruppo "B" ha praticato l'esercizio del Modulo 2 Full Lap Chole (colecistectomia completa) senza aver eseguito i Tasks del Modulo 1.



Modulo 2:

Lap Chole-full task




Lo studio si è svolto in 2 giornate. La prima giornata è stata dedicata al gruppo "A" nell'esercizio dei task 3 e 6, la seconda giornata articolata in due parti ha visto l'osservazione dello svolgimento del Modulo 2 da parte del gruppo "A" e del gruppo "B" separatamente. E' stata assegnata una password personalizzata per ogni Specializzando. Gli esercizi sono stati registrati.

La valutazione dell'esercizio somministrato è stata fatta sulla misurazione della lunghezza delle traiettorie totali ed ideali praticate da ciascuno strumento durante l'esecuzione dei singoli

I Simulatori in Realtà Virtuale: un ausilio nella formazione chirurgica

tasks. I risultati ottenuti per gruppi sono stati confrontati.



All	2 Jul 12 3:02 PM	3 Jul 12 6:05 PM	4 Jul 12 6:09 PM
Total Time	00:46	00:34	00:50
Safe clipping (%)	80	90	100
Total path length of Left Instrument (cm)	81.9	49.5	12.2
Total Path Length of Right Instrument (cm)	88.1	46.5	--
No. of Movements of Left Instrument	--	1	2
No. of Movements of Right Instrument	--	3	--
Average Speed of Movement of Left Instrument (cm/sec)	2.7	15.5	9.6
Average Speed of Movement of Right Instrument (cm/sec)	2.4	17.0	--
Efficiency of Sub-Movements of Left Instrument (%)	73.3	--	--
Efficiency of Sub-Movements of Right Instrument (%)	74.9	--	--
Min Length in mm between the clips (cm)	3	4	2

Risultati:

La valutazione dei risultati si è ottenuta dal confronto di:

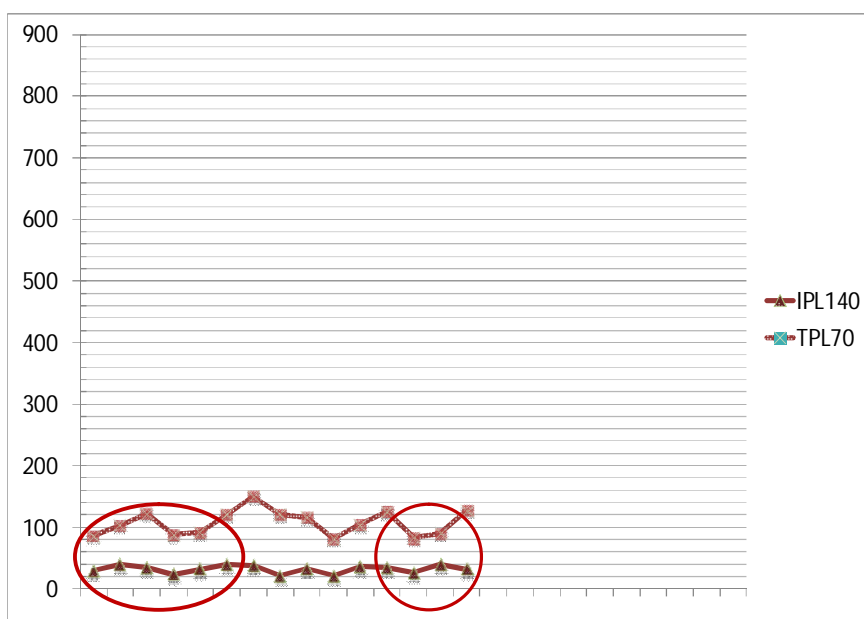
1. misurazioni di lunghezza percorsa dagli strumenti durante l'esecuzione dei task 3 e 6 del Modulo 1 Base, dal Gruppo "A" per mano destra TPL71 e sinistra TPL70, con le misurazioni di lunghezza ideale IPL141 e IPL140.
2. Misurazioni di lunghezza totale percorsa, TPL, dal Gruppo "A" e dal Gruppo "B" durante l'esecuzione del Modulo 2 Full Task Lap Chole.
3. Misurazione del tempo "timing" utilizzato dai singoli gruppi per l'esecuzione del Modulo 2 Full Task Lap Chole

1. GRUPPO "A"

E' stata misurata la Total Path Length di mano destra TPL71 e di mano sinistra TPL70 nell'esecuzione Modulo 1 Base del task 3 e task 6. Tali lunghezze sono state confrontate all'Ideal Path Length di mano destra IPL141 e di mano sinistra IPL140. Nei soggetti del Gruppo "A" per singolo task come possiamo vedere

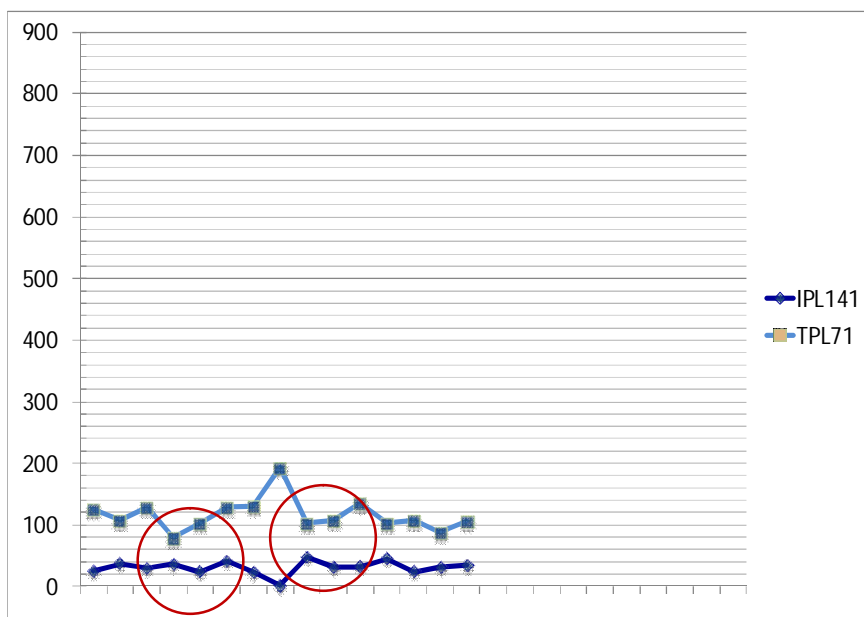
dai grafici lineari, il TPL e IPL sia per la mano destra che per la sinistra si avvicinano in pochi casi ma non si sovrappongono mai.

MODULO 1 Base -TASK 3

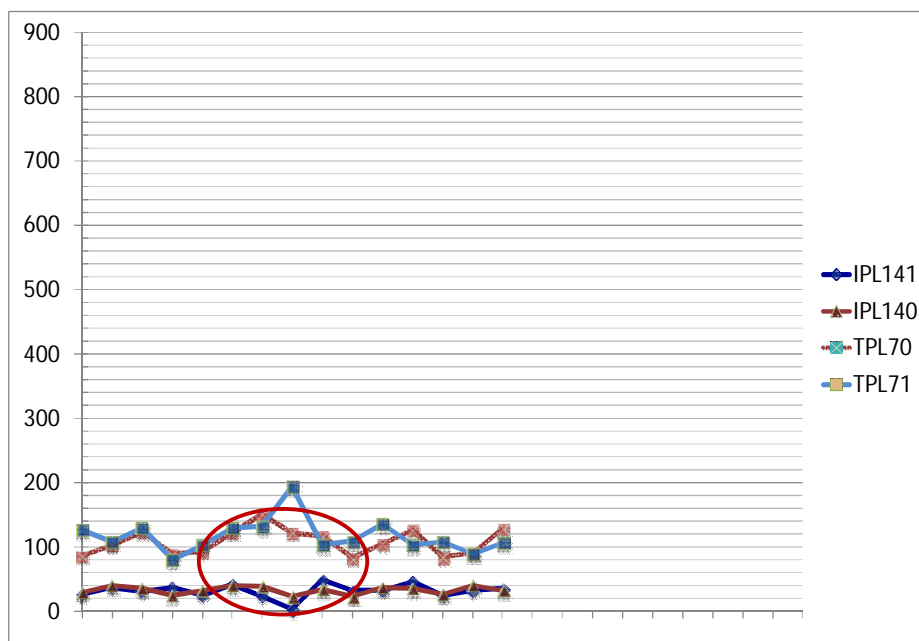


task3: path length ideale IPL 140 e totale per la mano sinistra TPL 70

I Simulatori in Realtà Virtuale: un ausilio nella formazione chirurgica

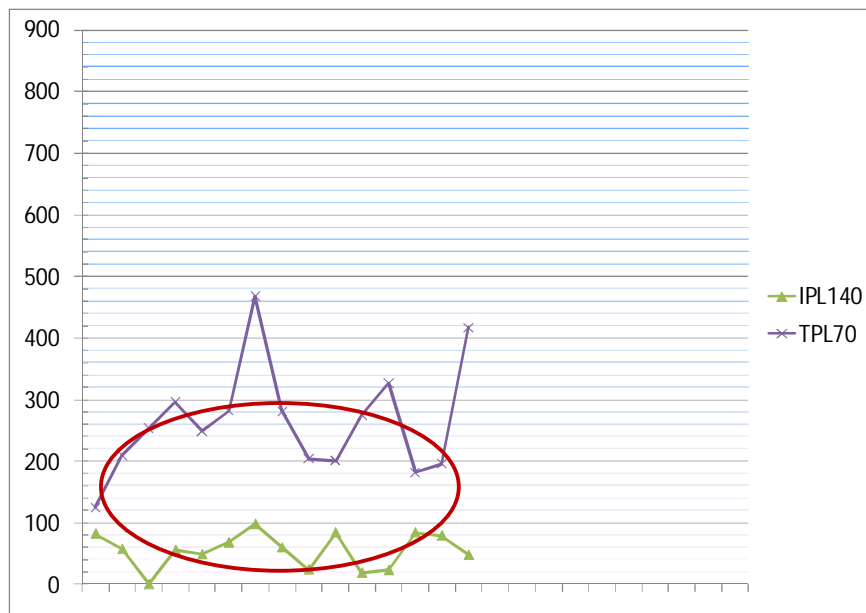


task 3: path length ideale IPL 141 e totale per la mano destra TPL 71

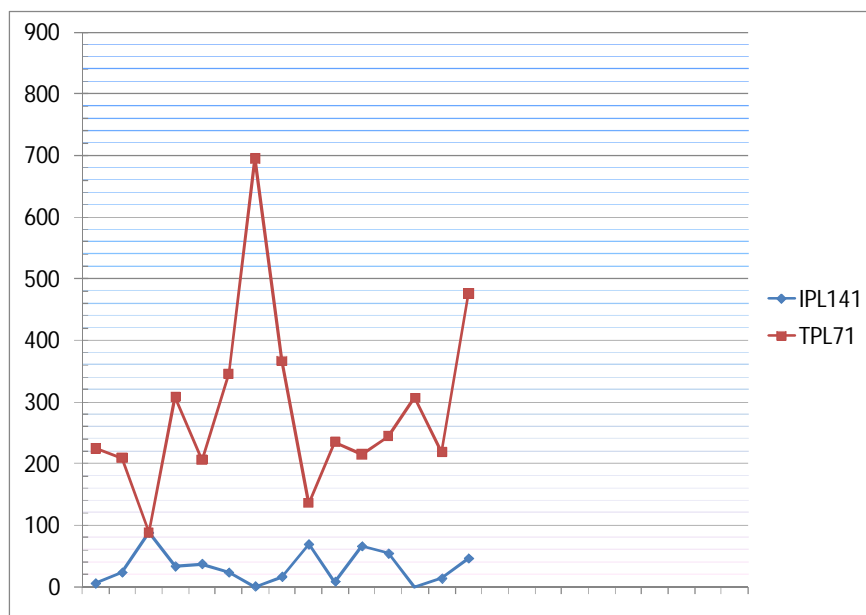


task 3: path length ideale e totale per la mano destra e sinistra

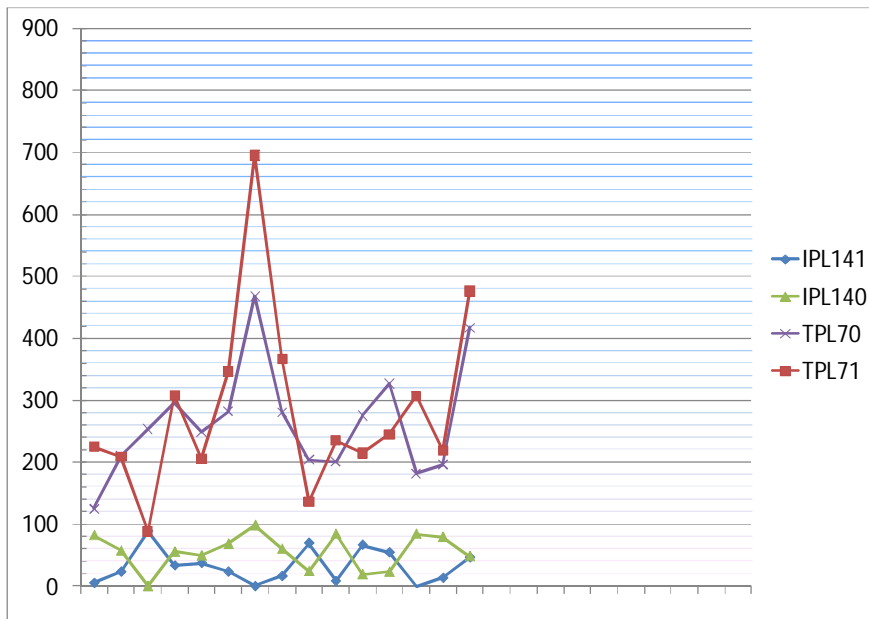
Modulo 1 Base - Task 6



Task6: path lenght ideale IPL 140 e totale per la mano sinistra TPL70



Task6: path lenght ideale IPL 141 e totale per la mano destra TPL71



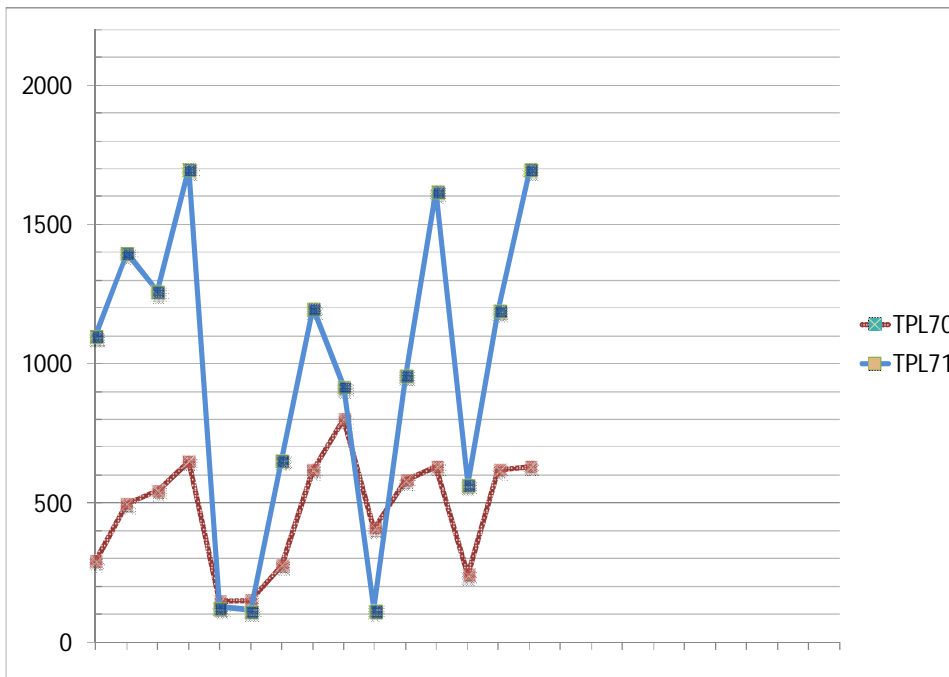
task 6: path length ideale e totale per la mano destra e sinistra

2. GRUPPO "A" e GRUPPO "B"

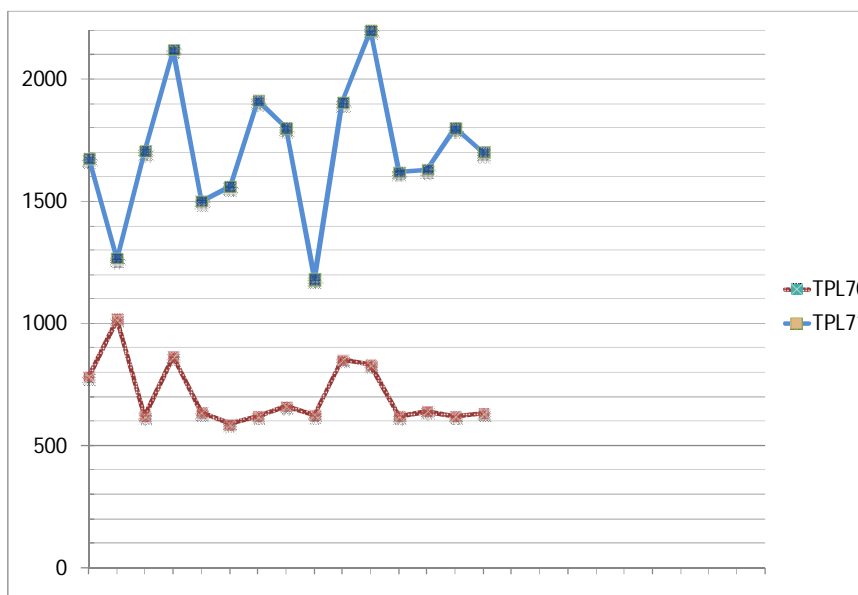
Modulo 2 Full Task Lap Chole – Confronto Path length

La misurazione e il confronto del TPL per mano destra e mano sinistra nei singoli gruppi durante l'esecuzione del Modulo 2 Full task - Lap Chole, ha dimostrato che la TPL70 e la TPL 71 sono significativamente più alte per il Gruppo "B". La TPL 70 nel Gruppo "B" si mantiene sempre a valori tra 500 e 1000 nel Gruppo "A" sempre su valori uguali o minori di 500. La TPL 71 nel Gruppo "A" allo stesso modo è significativamente inferiore a quella del Gruppo B.

Modulo 2 Full Task - Lap Chole



Gruppo A Modulo 2 Full task -Lap Chole

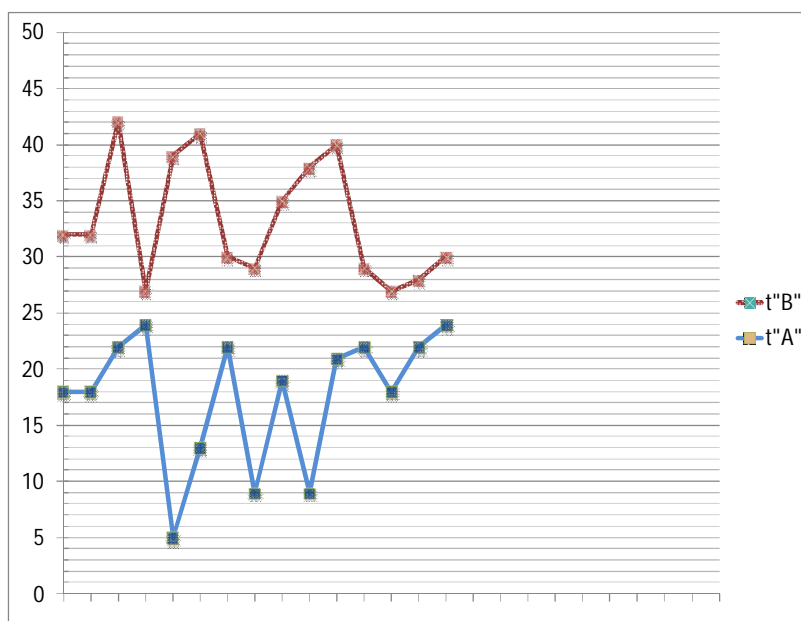


Gruppo B Modulo 2 Full task- Lap Chole

3. GRUPPO "A" e GRUPPO "B"

Modulo 2 Full Task Lap Chole- Confronto timing

Il "timing" misurato in minuti di tempo impiegati da ciascun discente ad eseguire la procedura Modulo 2 Full Task Lap Chole è stato indicato sempre in grafico lineare e si è confrontato il "timing" del Gruppo "A" e quello del Gruppo "B". Si evidenzia un tempo impiegato sensibilmente inferiore per il Gruppo "A" rispetto al Gruppo "B". Il Gruppo "A" ha realizzato un tempo medio di 17.46 min ed il Gruppo B ha realizzato un tempo medio di 33 min.



Timing Full Task gruppo A e gruppo B

Discussione:

Lo sviluppo della chirurgia è strettamente correlato ad importanti cambiamenti nei sistemi di formazione dello Specializzando. E' necessario un approfondimento dei fattori determinanti la formazione la qualità nella cura dei pazienti a breve e a lungo termine. Diversi studi sono stati utilizzati per sviluppare un metodo per valutare l'abilità tecnica del chirurgo in formazione e le sue capacità di logica rispetto all'esperienza maturata. Kopta et Al hanno utilizzato un metodo di misurazione ad alta affidabilità con lista di controllo per valutare le capacità operative gli Specializzandi in Ortopedia. Più tardi, Schueneman ha sviluppato una scala di rating che differenzia gli Specializzandi junior da quelli Senior. Winckle et Al hanno dimostrato con una buona inter-rater l'affidabilità e la validità di funzionamento-checklist specifiche e dettagliate con una scala di valutazione globale riguardante le abilità degli Specializzandi in sala operatoria. Il contesto della ricerca potrebbe non essere valido in sala operatoria, dove ci sono variazioni nel funzionamento, le stesse regole diverse potrebbero dare modelli valutativi differenti. La soluzione potrebbe essere

trovata in modelli virtuali. La valutazione delle competenze utilizzando il modello virtuale può avere svariati vantaggi. Le competenze specifiche possono essere presentate in un modo standard per gli Specializzandi. I risultati possono essere utilizzati per le decisioni di promozione e di valutazione del programma. Questo modello virtuale può essere un supporto al tutor in un programma di formazione specifica. L'Autore ha osservato l'esecuzione standardizzata di competenze tecniche su LapMentor® (Simbionix, Israele). L'utilizzo sistematico del simulatore Simbionix secondo a regola "step" by "step" configura l'apprendimento graduale che si può ottenere in tempi notevolmente lunghi direttamente in sala operatoria. Il confronto dei due Gruppi sottoposti agli esercizi ha dimostrato che:

1. l'esecuzione dell'esercizio completo preceduta dall'esecuzione dell'esercizio base migliora in termini di tempo rispetto a chi esegue direttamente la procedura del Modulo 2 Full task- Lap Chole.
2. L'esecuzione di esercizi sistematici del Modulo Base Task 3 e Task 6 migliora la Total Path Length nell'esecuzione della

procedura del Modulo 2 Full task – Lap Chole. La Total Path Length che misura la lunghezza eseguita dallo strumento laparoscopico durante il movimento nell'esecuzione dell'esercizio è indicativa di quanto tempo lo strumento rimane "sotto vista" e "sempre al centro" dello schermo. Da questo, si evince, la necessità di eseguire i task base prima di eseguire la procedura completa, per migliorare la qualità del training e ridurre i rischi della procedura.

La validazione dell'utilizzo dei simulatori in Realtà Virtuale nello sviluppo delle competenze operative segna una svolta nella formazione chirurgica convenzionale. La formazione chirurgica attuale utilizza il modello di apprendistato, formalizzato come programma durante la Specializzazione. L'occasione di "provare" le proprie capacità tecniche è correlata con la possibilità di incontrare gli aspetti tecnici della chirurgia direttamente sul paziente in sala operatoria. I Simulatori in Realtà Virtuale moltiplicano queste possibilità. Gli studenti possono esercitarsi secondo i propri tempi. Le sessioni di pratica possono essere conservate per la successiva revisione da parte del docente.

Conclusioni:

Le differenti procedure mini-invasive hanno differenti "learning curve". La learning curve per ciascun intervento è direttamente correlata all'esperienza pratica del chirurgo. Il sistema di apprendimento suggerito da Gallagher prevede la necessità di "apprendimento per gradi" al fine di destinare la giusta attenzione ad ogni singola azione. La pratica chirurgica va appresa per gradi. Un intervento chirurgico con tecniche avanzate va preceduto dall'apprendimento del funzionamento della strumentazione, dalla interazione graduale con quest'ultima. La coordinazione occhio mano avverrà a mano a mano che aumenta la "CONFIDENZA"; aumenterà gradualmente la sensibilità tattile. Le procedure basilari quindi devono precedere l'esecuzione di una procedura laparoscopica completa. L'utilizzo del training in Realtà Virtuale per le procedure base migliora non solo le performances che si possono ottenere eseguendo le procedure complete, in quanto la coordinazione oculo-motoria e bimanuale è migliore, ma

riduce il rischio di patologia iatrogena ed aumenta la "Safety" del trattamento.

La formazione con l'ausilio della simulazione in Realtà Virtuale come dimostrato da studi randomizzati riportati in Review Cochrane 2009 da Gurusamy, Aggarwal et AL. riesce ad ottenere, eseguita, "step by step" risultati ottimali nelle procedure complete. Va in tal modo ad allargare e a migliorare la formazione chirurgica tradizionale che per raggiungere gli stessi risultati ha bisogno di tempi molto più lunghi. Il training a parere dell'Autore va svolto per la maggioranza del tempo, soprattutto per gli skills base, sotto la supervisione del docente che grazie al sistema di quantificazione dei dati potrà modificare il training formativo personalizzandolo, all'occorrenza, per migliorare la qualità della risposta. La ripetibilità dell'atto chirurgico aumenta la compliance del chirurgo rispetto all'azione svolta, migliora la performance, crea nuove soluzioni nelle differenti condizioni anatomopatologiche; ne consegue, quindi, una riduzione dell'errore.

BIBLIOGRAFIA:

1. D. Terzopoulos, J. Platt, A. Barr, K. Fleischer, "Elastically deformable models", ACM SIGGRAPH Computer Graphics, 1987.
2. S. Cotin, H. Delingette and N. Ayache, "Real Time Volumetric Deformable Models for Surgery Simulation", VBC, pp. 535-540, 1996
3. S. Gibson, et. al., "Volumetric Object Modeling for Surgical Simulation", MERL - A Mitsubishi Electric Research Laboratory, Technical Report TR97-02 Nov. 5, 1997
4. Maintz, J., Meijering, E., Viergever, M., 1998. General multimodal elastic registration based on mutual information. In: Kenneth M. Hanson (Ed.), Medical Imaging 1998: Image Processing. Proc. SPIE, vol. 3338, 1998, pp. 144–154.
5. G. Glombitza et al, "Virtual Planning of Liver Resections: Image Processing, Visualization and Volumetric Evaluation," Int. Journal of Medical Informatics, Vol. 53, pp. 225-237, 1999.
6. M. Capek, R. Wegenkittl, A. Jaschke, R. Bale, "Multimodal Medical Volume Registration based on Spherical Markers," Proc. Int. Conf. In Central Europe on Computer Graphics, Visualization, and Computer Vision, Pilsen, Czech, 2001.
7. D. Selle, B. Preim, H.O. Peitgen, "Analysis of Vasculature for Liver Surgical Planning," IEEE Transactions on Medical Imaging, Vol. 21, No. 11, pp. 1344-1357, 2002.
8. Selle D, Preim P, Schenk A, Peitgen HO. Analysis of Vasculature for Liver Surgery Planning. IEEE Transactions on Medical Imaging, 21(11):1344–57, 2002.
9. Pluim, J.P.W., Maintz, J.A., Viergever, M.A., 2003. Mutual-information based registration of medical images: a survey. IEEE Trans. Med. Imaging 22, 986–1004.
10. O.C. Eidheim et al, "Segmentation of Liver Vessels as Seen in MR and CT Images," Int. Congress Series, Vol. 1268, pp. 201-206, 2004.
11. S. Ranjan et al, "Segmentation of Liver Tumors using the Insight Segmentation and Registration Toolkit," Int. Congress Series, Vol. 1268, pp. 1316, 2004.
12. M. Cvancarova, F. Albrechtsen, K. Brabrand, E. Samset, "Segmentation of Ultrasound Images of Liver Tumors applying Snake Algorithms and GVF," Int. Congress Series, Vol. 1281, pp. 218-223, 2005.
13. G.P. Penney et al, "Registration of freehand 3D Ultrasound and Magnetic Resonance Liver Images," Medical Image Analysis, Vol. 8, No. 1, pp. 81-91, 2004.
14. T. Rohlfing, C.R. Maurer Jr, W.G. O'Dell, J. Zhong, "Modeling Liver Motion and Deformation During the Respiratory Cycle Using Intensity-based Nonrigid Registration of Gated MR Images," Medical Physics, Vol. 31, No. 3, pp. 427-432, 2004.
15. T. Lange, S. Eulenstein, M. Hunerbein, H. Lamecker, P.M. Schlag, "Augmenting Intraoperative 3D Ultrasound with Preoperative Models for Navigation in Liver Surgery", Proc. Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention (MICCAI), pp. 534-541, France, 2004.
16. C. Kirbas, F. Quek: A review of vessel extraction techniques and algorithms, ACM Computing Surveys, 2004
17. Meinzer HP, Schemmer P, Schöbinger M, Nolden M, Heimann T, Yalcin B, Richter GM, Kraus T, Büchler MW, Thorn M. Computer-based Surgery Planning for Living

- Liver Donation. 20th ISPRS Congress, Istanbul 2004, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXV, Part B, pp.291-295, 2004.
18. Lange, T. et al. Augmenting intraoperative 3d ultrasound with preoperative models for navigation in liver surgery. In Proceedings of the International Conference Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention (MICCAI 2004), 2004.
 19. P. Mangiameli, D. West, R. Rampal, "Model Selection for Medical Diagnosis Decision Support Systems," Decision Support Systems, Vol. 36, pp. 247-259, 2004.
 20. J.M. Blackall, G.P. Penney, A.P. King, D.J. Hawkes, "Alignment of Sparse Freehand 3-D Ultrasound With Preoperative Images of the Liver Using Models of Respiratory Motion and Deformation," IEEE Trans. on Medical Imaging, Vol. 21, No. 11, pp. 1405-1416, 2005.
 21. P. Bao, J. Warmath, R. Galloway Jr, A. Herline, "Ultrasound-to-Computer-Tomography Registration for Image-Guided Laparoscopic Liver Surgery," Surgical Endoscopy, Vol. 19, No. 3, pp. 424-429, 2005.
 22. W.L. Lee, Y.Chang Chen, Y. Cheng Chen, K.S. Hsieh, "Unsupervised Segmentation of Ultrasonic Liver Images by Multiresolution Fractal Feature OPTIMISE," Information Sciences, Vol. 175, pp. 177-199, 2005.
 23. M.A.J. Chaplain, G. Lolas, "Mathematical Modelling of Cancer Cell Invasion of Tissue: The Role of the Urokinase Plasminogen Activation System", Mathematical Models and Methods in Applied Sciences, Vol. 15, No.11, pp. 1685 – 1734, 2005.
 24. J. Gao, A. Kosaka, A. Kak, "A Deformable Model for Automatic CT Liver Extraction," Academic Radiology, Vol. 12, pp. 1178-1189, 2005.
 25. K.S. Seo et al, "Automatic Liver Segmentation of Contrast Enhanced CT Images Based on Histogram Processing," Lecture Notes in Computer Science, Vol. 3610, pp. 1027-1030, 2005.
 26. F. Carter., M.Shijven, Aggarwal R. et AL. "Consensus Guidelines for Validation Virtual reality Surgical Simulators" Surgical Endoscopy 2005
 27. F. Liu et al, "Liver Segmentation for CT Images Using GVF Snake," Medical Physics, Vol. 32, No. 12, pp. 3699-3706, 2005.
 28. A.R. Tate et al, "Development of a Decision Support System for Diagnosis and Grading of Brain Tumours Using in vivo Magnetic Resonance Single Voxel Spectra," NMR in Biomedicine, Vol. 19, pp. 411-434, 2006.
 29. Evans, T. Lambrou, A. Linney, A.T. Pokropek, "Automatic 3D Segmentation of the Liver from Computerised Tomography Images, a Discrete Deformable Model Approach," Proc. IEEE Int. Conf. On Control, Automation, Robotics and Vision, 2006.
 30. R. Susomboon, D.S. Raicu, J.D. Furst, D.S. Channin, "A Probabilistic Approach for Automatic Liver Segmentation", Scientific Assembly and Annual Meeting of Radiology Society of North America (RSNA), Chicago, IL, USA, 2006.
 31. Medical Imaging 2006: PACS and Imaging Informatics, SPIE Proceedings, Steven C. Horii, Osman M. Ratib, Editors, vol. 6145, 2006
 32. Siemens Goes 3D with New Stereo Medical Imaging Display, Press Release, 2006
 33. S.J. Lim, Y.Y. Jeong, Y.S. Ho, "Automatic Liver Segmentation for Volume Measurement in CT images," Journal of Visual Communication and Image Representation, Vol. 17, pp. 860-875, 2006.

34. X. Zhou et al, "Constructing a Probabilistic Model for Automated Liver Region Segmentation Using Non-contrast X-Ray Torso CT images," *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 4191, pp. 856-863, 2006.
35. T. Heimann, I. Wolf, H.P. Meinzer, "Active Shape Models for a Fully Automated 3D Segmentation of the Liver-an Evaluation on Clinical Data," *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 4191, pp. 41-48, 2006.
36. M.A.J. Chaplain, G. Lolas, "Mathematical Modelling of Cancer Invasion of Tissue: Dynamic Heterogeneity", *Networks and Heterogeneous Media*, Vol. 1, No. 3, pp. 399 – 439, 2006.
37. M.A.J. Chaplain, S.R. McDougall, A.R.A. Anderson, "Mathematical modelling of tumor-induced angiogenesis", *Annu. Rev. Biomed. Eng.* Vol. 8, pp. 233-257, 2006.
38. C. Florin, N. Paragios, G. Funka-Lea, J. Williams, "Liver Segmentation Using Sparse 3D Prior Models with Optimal Data Support," *Information Processing in Medical Imaging (IPMI'07)*, in press.
39. K. Polat, S. Gunes, "A Hybrid Approach to Medical Decision Support Systems: Combining Feature Selection, Fuzzy Weighted Pre-Processing and AIRS," *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, Article in Press, Available Online, 2007.
40. M. Pham, "A Comparison of Texture Models for Automatic Liver Segmentation," *Proc. SPIE Medical Imaging*, Vol. 6512, San Diego, CA, USA, 2007.
41. W. Wein, A. Khamene, D. Clevert, O. Kutter, N. Navab, "Simulation and Fully Automatic Multimodal Registration of Medical Ultrasound", *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 4791, pp. 136-143, 2007.
42. J. Lee et al, "Efficient Liver Segmentation Using a Level-Set Method with Optimal Detection of the Initial Liver Boundary from Level-Set Speed Images," *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, Vol. 88, pp. 26-38, 2007.
43. H. Pohjonen, P. Ross, J. G. Blickman, R. Kamman, "Pervasive Access to Images and Data—The Use of Computing Grids and Mobile/Wireless Devices Across Healthcare Enterprises", *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, vol. 11(1), 81-86, 2007
44. G. Irving, C. Schroeder, R. and Fedkiw, "Volume Conserving Finite Element Simulation of Deformable Models", *SIGGRAPH 2007, ACM TOG 26*, 13.1-13.6, 2007.
45. E. Sifakis, T. Shinar, G. Irving R. Fedkiw, "Hybrid Simulation of Deformable Solids", *ACM SIGGRAPH/Eurographics Symposium on Computer Animation (SCA)*, pp. 81-90, 2007.
46. Yaoping Hu, Richard A. Malthaner, "The feasibility of three-dimensional displays of the thorax for preoperative planning in the surgical treatment of lung cancer", *Eur J Cardiothorac Surg* 2007; 31:506-511
47. Fischer L, Hoffmann K, Neumann JO, Schöbinger M, Grenacher L, Radeleff B, Friess H, Meinzer HP, Büchler MW, Schmidt J, Schemmer P. The Impact of Virtual Operation Planning on Liver Surgery. *Imaging Decisions* 2007; 1, 39-44.
48. C. T. Metz, M. Schaap, T. van Walsum, A. G. van der Giessen, A.C. Weustink, N.R. Mollet, G. Krestin and W. J. Niessen: 3D Segmentation in the Clinic: A Grand Challenge II – Coronary Artery Tracking, *The Insight Journal*, 2008 Olesch, J. et al. Matching CT and ultrasound data of the liver by landmark constrained image

- registration. In Proceedings of the SPIE Medical Imaging Conference (SPIE 2009), 2009.
49. Marcus, D.S., Olsen T., Ramaratnam M., and Buckner, R.L. The Extensible Neuroimaging Archive Toolkit (XNAT): An informatics platform for managing, exploring, and sharing neuroimaging data. *Neuroinformatics* 5(1): 11-34.
 50. Lamecker H, Lange T, Seebaß M, Eulenstein S, Westerhoff M, Hege HC. Automatic Segmentation of the Liver for the Preoperative Planning of Resections. *Proc. Medicine Meets Virtual Reality*, Vol. 94 of Studies in Health Technologies and Informatics, p. 171—4.
 51. Y. Zhuanga, et al. Combining data mining and case-based reasoning for intelligent decision support for pathology ordering by general practitioners. *European Journal of Operational Research*, Volume 195, Issue 3, 16 June 2009, Pages 662-675
 52. De Angelis R, Barillari P, Indinnimeo M, Ramacciato G, Valabrega S, D'Angelo F, N. Di Lorenzo, Gozzo P. "Role of preoperative biliary decompression in prolonged obstructive neoplastic jaundice" *G Chir.* 114-5. Italian. No abstract available. Feb;9(2):1988
 53. Bornstein, R., Werman, M. & Peleg, S. "Recovery of Surfaces from their Derivatives", *IAPR, the Hague Holland, September 1992*.
 54. Agathos A., T. Theoharis & A. Boehm, "Efficient Integer Algorithms for the Generation of Conic Sections", *Computers & Graphics*, 22(5), 1998, pp. 621-628.
 55. Papaioannou G., T. Theoharis & A. Boehm, "A Texture Controller", *The Visual Computer*, 14(10), 1998, pp. 488-496.
 56. Karabassi E.A., G. Papaioannou & T. Theoharis, "Intersection Test for Collision Detection in Particle Systems", *ACM Journal of Graphics Tools*, 4(1), 1999, pp. 25-37.
 57. Karabassi E.A., Papaioannou G. & T. Theoharis, "A Fast Depth-Buffer-Based Voxelization Algorithm", *ACM Journal of Graphics Tools*, 4(4), 1999, pp. 5-10.
 58. Kalousis A. & T. Theoharis, "NOEMON: Design, Implementation and Performance of an Intelligent Assistant for Classifier Selection", *Intelligent Data Analysis*, 3(5), 1999, pp. 319-337.
 59. Lamadé W, Glombitza G, Demiris AM, Cardenas C, Meinzer HP, Richter G, Lehnert Th, Herfarth CH. Virtuelle Operationsplanung in der Leberchirurgie. *Chirurg* 70 (1999) 239-245
 60. P.W. de Bruin, F.M. Vos, A.M. Vossepoel, F.H. Post, S.B. de Blok, A.W.J.M. Aarden, "Supporting Hysteroscopic Surgery by 3D Imaging, Modelling and Visualization", *Proc. Advanced School for Computing and Imaging (ASCI)*, pp. 45-61, Delft, 1999.
 61. M.Aillerie, F.Abdi, M.D.Fontana, N.Theofanous, E.Abarkan, "Accurate measurements of the electro-optic coefficients and birefringence changes using an external modulation signal" *Rev. Sci.Instrum.* vol71, No.4, April 2000
 62. M.Aillerie, N. Theofanous, , M.D.Fontana, "Measurement of the electro-optic coefficients: description and comparison of the experimental techniques", *Appl.Phys.* B70, 317-334, 2000
 63. G.Coscarella, S.Manfroni, F.Lirosi, A.Scozzarro, A.Garavello, N. Di Lorenzo, A.Arturi, F.De Lisa, D.Antonellis. "Treatment Of Choledochal Cyst After Laparoscopic Cholecystectomy" *DIGESTIVE AND LIVER DISEASE-* 32(2) suppl.- A159 nov.2000

64. Hatzitheodorou M., A. Karabassi, G. Papaioannou, A. Boehm & T. Theoharis, "Stereo Matching Using Optic Flow", *Journal of Real-Time Imaging*, 6(4), 2000, pp. 251-266.
65. S.Karkanis, G.D. Magoulas and N.Theofanous, "Image recognition and neuronal networks: intelligent systems for the improvement of imaging information" *Min Invas Ther & Allied Technol* 2000: 9(3/4) 225-230.
66. G. Székely, Ch. Brechbühler, R. Hutter, A. Rhomberg, N. Ironmonger, P. Schmid (2000). *Modelling of Soft Tissue Deformation for Laparoscopic Surgery Simulation*. *Medical Image Analysis*, 4, pp. 57-66.
67. Den Boer K.T., Wit de L.T., Davids P.H.P., Dankelman J., Gouma D.J. Analysis of the quality and efficiency of learning laparoscopic skills. *Surgical Endoscopy - Ultrasound and Interventional techniques* 15: 497-503, 2001. Papaioannou G., E.A. Karabassi & T. Theoharis, "Virtual Archaeologist: Assembling the Past", *IEEE Computer Graphics & Applications*, 21(2), 2001, pp. 53-59.
68. Meinzer HP, Thorn M, Vetter M, Hassenpflug P, Hastenteufel M, Wolf I. "Medical Imaging: examples of clinical applications". *ISPRS Journal of Photogrammetry, Remote Sensing*, 2002, Vol. 56, 311-325.
69. Monserrat, C., Meier, U., Alcaniz, M., Chinesta, F and Juan, M.C. (2001), *A new approach for the real-time simulation of tissue deformations in surgery simulation*. *Comp Meth Prog in Biomedicine*, Vol. 64, pp. 77-85.
70. Katsaloulis P., T. Theoharis & A. Provata, "Statistical Distributions of Oligonucleotide Combinations : Applications in Human Chromosomes 21 and 22 ", *Physica-A: Statistical Mechanics and its Applications*, v. 316(1-4), December 2002, pp. 380-396.
71. N. Di Lorenzo, G. Coscarella, F. Lirosi, A.L. Gaspari "Port-Site Closure: A New Problem, An Old Device" *Journal of the Society of Laparoendoscopic Surgeons*, - (6)-181-3. 2002
72. Gaspari A.L., N. Di Lorenzo "State-Of-The-Art Of Robotics In General Surgery" *Business Briefing Publication - Global Health Care*, official publication of the WMA Pag. 1, 2002
73. J. Gross and G. Buess (2002). *VR models for surgical training with realistic biophysical properties*. *International Congress Series*, Volume 1230, Pages 1044-1051.
74. Papaioannou G., E.A. Karabassi & T. Theoharis, "Reconstruction of Three-Dimensional Objects through Matching of their Parts" , *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (TPAMI)*, 24(1), January 2002, pp. 114-124.
75. Braun V, Azevedo RBR, Gumbel M, Agapow PM, Leroi AM, Meinzer HP. "ALES: cell lineage analysis and mapping of developmental events". *Bioinformatics*. 2003;19(7):851-858.
76. Chaplain M.A.J., Ganesh M., Graham I.G., and Lolas G., "Mathematical Modelling of Solid Tumour Growth: Applications of Pre-pattern Formation". In: *Morphogenesis in Biological Systems*, T. Sekimura, S. Noji, N. Ueno and P.K. Maini, Springer Verlag Tokyo, 2003

77. N. Di Lorenzo, G. Coscarella. "Il paziente virtuale come nuova modalità di apprendimento" Monografia "Tecnologia e sicurezza in sala operatoria". SIC pag. 60-63- 2003
78. D.E. Maroulis, D.K. Iakovidis, S.A. Karkanis, D.A. Karras, "COLD: A Versatile System for Detection of Colorectal Lesions in Endoscopic Images," Computer Methods and Programs in Biomedicine, Elsevier Science, Vol. 70, pp. 151-166, 2003.
79. Drakopoulos V., N. Mimikou & T. Theoharis, "An Overview of Parallel Visualization Methods for Mandelbrot and Julia Sets", Computers & Graphics, 27, 2003, pp. 635-646.
80. I Kontaxakis, M. Sangriotis, D Martakos, "Directional Analysis of Image Textures for Feature Extraction and Segmentation", 3rd International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis, Rome, September 2003.
81. Karabassi E.A., G. Papaioannou, C. Fretzagias & T. Theoharis, "Exploiting Multiresolution Models to Accelerate Ray Tracing", Computers & Graphics, 27, 2003, pp. 91-98.
82. Platis N. & T. Theoharis, "Progressive Hulls for Intersection Applications", Computer Graphics Forum, 22(2), 2003, pp. 107-116.
83. Dankelman J, Wentink M, Stassen HG, Human reliability and training in minimally invasive surgery Minimally Invasive Therapy and Allied Technologies, 12 (3-4): 129- 135, 2003
84. S.A. Karkanis, D.K. Iakovidis, D.E. Maroulis, D.A. Karras, M.D. Tzivras, "Computer Aided Tumor Detection in Endoscopic Video using Color Wavelet Features," IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, Vol. 7, pp.141-152, 2003.
85. Picinbono G., Delingette H and Ayache N. (2003). Non-linear anisotropic elasticity for real-time surgery simulation. Graphical Models, 65, 305-321.
86. N. Di Lorenzo, Achille L. Gaspari "ROBOTICS IN DER ALLGEMEINCHIRURGIE- STATE OF THE ART 2003" MIC - Minimale Invasive Chirurgie – p. gg 227-31 - 12december 2003
87. N. Di Lorenzo, A. Gaspari "Virtual Patient: A New Option For Surgical Education" Business Briefing Publication - Global Health Care, official publication of the WMA – 2003
88. Boettger T, Wolf I, Mottl-Link S, Hastenteufel M, De Simone R, Meinzer HP. "Semi-Automatic 3D-Segmentation of Live-3D Echocardiographic Images". Proc. IEEE Computers in Cardiology, Chicago, USA (2004) 73-76.
89. D.K. Iakovidis, D.E. Maroulis, S.A. Karkanis, P. Papageorgas, M. Tzivras, "Texture Multichannel Measurements for Cancer Precursors' Identification using Support OPTIMISE Machines," Measurement, Elsevier Science, Vol. 36, pp. 297-313, 2004.
90. Heijnsdijk EAM, Padeloup A, van der Pijl AJ, Dankelman J, Gouma D.J. The influence of force feedback and visual feedback in grasping tissue laparoscopically. Surgical Endoscopy, 18: 980-985, 2004

91. J. Ellinas, M. Sangriotis "Stereo Image Compression Using Wavelet Coefficients Morphology". *Image and Vision Computing Journal*, 2004, Vol 22, No 4, pp 281-290, April 2004.
92. Platis N. & T. Theoharis, "Fast Ray-Tetrahedron Intersection Using Pluecker Coordinates", *ACM Journal of Graphics Tools*, 8(4), 2004, pp. 37-48.
93. Dankelman J, Wentink M, Grimbergen CA, Stassen HG, and Reekers J. Does virtual reality training make sense in interventional radiology? Training skill-, rule- and knowledge-based behavior. *CardioVascular and Interventional Radiology* 27: 417- 421, 2004
94. Heijnsdijk EAM, Padeloup A, Dankelman J and Gouma DJ. The optimal mechanical efficiency of laparoscopic forceps. *Surgical Endoscopy*, 18 1766-1770, 2004,
95. De S., Kim J., Lim Y-J, Srinivasan M.A (2005), The point collocation-based method of finite spheres (PCMFS) for real-time surgery simulation. *Computers and Structures*, 83, 1515-1525.
96. J-M Schwartz, M. Denninger, D. Rancourt, C. Moisan and D. Laurendeau (2005). Modelling liver tissue properties using a non-linear visco-elastic model for surgery simulation. *Medical Image Analysis*, 9, 103-112.
97. Meier U., Lopez C., Monserrat C, Juan M.CD and Alcaniz M. (2005). Real-time deformable models for surgery simulation: a survey. *Computer methods and programs in biomedicine*, Volume 77, Issue 3, pp. 183-197.
98. Wolf I, Vetter M, Wegner I, Bottger T, Nolden M, Schobinger M, Hastenteufel M, Kunert T, Meinzer HP "The Medical Imaging Interaction Toolkit". *Med Image Anal.* 2005 Dec; 9(6):594-604.
99. Chaplain M.A.J. and Lolas G "Mathematical Modelling of Cancer Cell Invasion of Tissue: The Role of the Urokinase Plasminogen Activation System", *Mathematical Models and Methods in Applied Sciences*, 15 (11), 1685 - 1734. . (2005),
100. Dankelman J., M.K. Chmarra, E.G.G. Verdaasdonk, L.P.S. Stassen, C.A. Grimbergen. Fundamental aspects of learning minimally invasive surgical skills - Review. *Minimally Invasive Therapy and Allied Technologies*, 14 (4/5): 247-256, 2005
101. Dankelman J., Di Lorenzo N., Surgical Training and simulation - Guest Editorial. *Minimally Invasive Therapy and Allied Technologies*. 14(4/5): 211-213, 2005
102. Heimann T, Wolf I, Williams T, Meinzer HP. "3D Active Shape Models Using Gradient Descent Optimization of Description Length In Christensen GE, ". Sonka M (eds). *IPMI 2005, LNCS 3565*. Berlin: Springer (2005) 566-577.
103. I.N. Flounas, D.K. Iakovidis, D.E. Maroulis, "Cascading SVMs as Tool for Medical Diagnosis using Multi-class Gene Expression Data," *International Journal of Artificial Intelligence Tools*, World Scientific, Vol. 15, No. 3, pp. 335-352, 2005.
104. N. Di Lorenzo, Jenny Dankelman "Surgical Training And Simulation" *Global Surgery – Future Directions – pag. 12-13 - 2005*
105. Azevedo BR, Lohaus R, Braun V, Gumbel M, Umamaheshwar M, Agapow PM, Houthoofd W, Platzer U, Borgonie G, Meinzer HP, Leroi AM. "The simplicity of metazoan cell lineages". *Nature* 433, 152 - 156 (13 January 2005)
106. Dankelman J, N. Di Lorenzo. "Surgical Training And Simulation". *Minim Invasive Ther Allied Technol.*; 14(4):211-3. 2005

107. N. Di Lorenzo, Coscarella G, Lirosi F, Pietrantuono M, Susanna F, Gaspari A. "Trocars and hernias: a simple, cheap remedy" *Chir Ital.* Jan-Feb;57(1):87-90. Italian. 2005
108. N. Di Lorenzo, Coscarella G, Faraci L, Konopacki D, Pietrantuono M, Gaspari AL. "Robotic systems and surgical education" *JSLs.* Jan-Mar;9(1):3-12 - 2005
109. Friedman A. and Lolas G. (2005), "Analysis of a Mathematical Model of Tumor Lymphangiogenesis", *Mathematical Models and Methods in Applied Sciences*, 15 (1), 95-107.
110. J.N. Ellinas, M.S. Sangriotis, "Stereo video coding based on quad-tree decomposition of B-P frames by motion and disparity interpolation" *Vision, Image and Signal Processing, IEE Proceedings*, Volume 152(5), Oct. 2005 pp: 639 - 647
111. Katsaloulis P., T. Theoharis & A. Provata, 'Statistical Algorithms for Long DNA Sequences: Oligonucleotide Distributions and Homogeneity Maps', *Scientific Programming*, 13(3), 2005, pp. 177-188.
112. Lolas G., "Mathematical Modelling of Proteolysis and Cancer Cell Invasion of Tissue", In: *Lectures in Mathematical Biosciences: Volume III Tutorials in Mathematical Biosciences III: Cell Cycle, Proliferation, and Cancer*, editor A. Friedman, Springer Verlag, 2005
113. Stephanou, A., McDougall, S.R., Anderson, A.R.A. and Chaplain, M.A.J. (2005) "Mathematical Modelling of Flow in 2D and 3D Vascular Networks: Applications to Anti-angiogenic and Chemotherapeutic Drug Strategies" *Math. Comput. Modell.* 41, 1137-1156
114. Glombitza G, Lamade W, Demiris AM, Göpfert MR, Mayer A, Bahner ML, Meinzer HP, Richter G, Lehner Th, Herfarth C. Virtual planning of liver resections: image processing, visualization and volumetric evaluation. *Int. Journal of Medical Informatics* 53 (2-3) pp. 225.
115. Chaplain, M.A.J., McDougall, S.R., Anderson, A.R.A. (2006) "Mathematical modelling of tumor-induced angiogenesis" *Annu. Rev. Biomed. Eng.* 8, 233-257.
116. Chaplain M.A.J. and G. Lolas (2006), "Mathematical Modelling of Cancer Invasion of Tissue: Dynamic Heterogeneity", *Networks and Heterogeneous Media*, 1 (3), 399 – 439
117. Chmarra MK, Bakker NH, Grimbergen CA, Dankelman J. TrEndo, a device for tracking minimally invasive surgical instruments in training setups. *Sensors and Actuators A*, 126: 328-334, 2006
118. D.E. Maroulis, I.N. Flaounas, D.K. Iakovidis, S.A. Karkanis, "Microarray-MD: a System for Exploratory Analysis of Microarray Gene Expression Data," *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, Elsevier Science, Vol. 83, No. 2, pp. 157-167, 2006.
119. D.K. Iakovidis, D.E. Maroulis, S.A. Karkanis, "An Intelligent System for Automatic Detection of Gastrointestinal Adenomas in Video Endoscopy," *Computers in Biology and Medicine*, Elsevier Science, Vol. 36, No. 10, pp. 1084-1103, 2006.
120. Heimann T, Wolf I, Meinzer HP. In Reinhardt JM, Pluim JP "Optimal Landmark Distributions for Statistical Shape Model Construction" . (Eds). *Proc. SPIE Medical Imaging 2006: Image Processing* Vol. 6144, 518-528, 2006.

121. Katsaloulis P., T. Theoharis, P. Simos, A. Papanicolaou, D. Francis, and I. Kakadiaris, 'Visualization and co-Registration of Multiple MEG Activation Records over a 3D Talairach Model Brain', *Computer Graphics and CAD/CAM*, 1(4), pp. 122-128, 2006.
122. Katsaloulis P., T. Theoharis, W.M. Zheng, B.L. Hao, A. Bountis, Y. Almirantis and A. Provata, 'Long-range correlations of RNA polymerase II promoter sequences across organisms', *Physica-A*, v. 366, 2006, pp. 308-322.
123. Passalis G., T. Theoharis and I.A. Kakadiaris, 'PTK: A Novel Depth Buffer-Based Shape Descriptor for Three-Dimensional Object Retrieval', *The Visual Computer*, 23(1), December 2006, pp. 5-14.
124. P. Papageorgas, D. Maroulis, G. Anagnostopoulos, H. Albrecht, B. Wagner, D. Iakovidis, N. Theofanous, "A High-Performance Imaging and Control System for a Micromirror-Based Laser-Scanning Endoscope Device," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, Vol. 55, No 5, pp. 1725-1733, 2006.
125. M.A. Savelonas, D.E. Maroulis, S.A. Karkanis, "Segmentation of Medical Images with Regional Inhomogeneities," *Proc. IAPR International Conference on Pattern Recognition (ICPR)*, Vol. 3, pp. 976-979, Hong-Kong, China, 2006.
126. Enderling, H., Anderson, A.R.A., Chaplain, M.A.J., Munro, A.J., Vaidya, J. (2006) "Mathematical modelling of radiotherapy strategies for early breast cancer treatment" *J. theor. Biol.* 241, 158-171
127. McDougall, S., Anderson, A.R.A., Chaplain, M.A.J. (2006) "Mathematical Modelling of Dynamic Adaptive Tumour-Induced Angiogenesis: Clinical Implications and Therapeutic Targeting Strategies" *J. theor. Biol.* 241, 564-589.
128. M.S. Neofytou, M.S. Pattichis, C.S. Pattichis, V. Tanos, E.C. Kyriacou, D.D. Koutsouris, "Texture-Based Classification of Hysteroscopy Images of the Endometrium", *Proc. Int. Conf. Engineering in Medicine and Biology (EMBS)*, pp. 3005-3008, 2006.
129. P. Papageorgas, D. Maroulis, G. Anagnostopoulos, H. Albrecht, B. Wagner, D. Iakovidis, N. Theofanous, "A High-Performance Imaging and Control System for a Micromirror-Based Laser-Scanning Endoscope Device," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, Vol. 55, No 5, pp. 1725-1733, 2006.
130. N.Sgouros, S.Athineos, M.Sangriotis, P.Papageorgas, N.Theofanous, "Accurate lattice extraction in integral images," *OSA Optics Express*, vol. 14(22), pp. 10403-10409, 2006, <http://www.opticsinfobase.org/abstract.cfm?URI=oe-14-22-10403>
131. Manousopoulos P., V. Drakopoulos and T. Theoharis, "Curve fitting by fractal interpolation", *Transactions on Computational Science (Springer-Verlag)*, to appear.
132. Theoharis T., G. Passalis, G. Toderici, I. A. Kakadiaris, "Unified 3D Face and Ear Recognition using Wavelets on Geometry Images", *Pattern Recognition, Special Issue: Multimodal Biometrics*, to appear.
133. S. Athineos, N.Sgouros, P.Papageorgas, D.Maroulis, M.Sangriotis, N.Theofanous, "Photorealistic Integral Photography using a Ray Traced Model of the Capturing Optics", *IS&T/SPIE Journal of Electronic Imaging*, vol. 15(04), no. 043007, 2006.

134. J.N. Ellinas, M.S. Sangriotis, "Morphological wavelet-based stereo image coders", *Journal of Visual Communication and Image Representation*, vol. 17(4) pp. 686-700, 2006
135. H.L. Saadon, N. Theofanous, and M. Aillerie, « Wavelength dependence of electronic and ionic contributions ϵ_r and ϵ_i in LiTaO₃ crystal", *J.Phys.D: Appl.Phys.*39,2509(2006)
136. H.L. Saadon, N.Theofanous, M.Allierie, M.D. Fontana " Thermo-Optic Effects in electro- optic crystals used in an intensity-modulation system.- Application in LiTaO₃". *Appl. Phys.*B83,609- 617, 2006.
1. P.G. Papageorgas, D. Maroulis, G. Anagnostopoulos, H. Albrecht, B. Wagner, D. Iakovidis, N.G. Theofanous "A High-performance Imaging and Control system for a Micromirror-based Laser-scanning Endoscope Device". *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement* on October 2006.
137. H. Albrecht, P.Papageorgas, D. Maroulis, N. Theofanous, S.Karkanis, B.Wagner, M. Schurr, C.Depeursinge, A.Menciassi, " Structure and Characterization of an enhanced laser-scanning endoscope based on microelectromechanical mirrors", This article has been accepted for publication in the *Journal of Electronic Imaging (SPIE)*, June 2006.
138. J. N. Ellinas and M. S. Sangriotis, "Stereo Image Coder Based on the MRF Model for Disparity Compensation," *EURASIP Journal on Applied Signal Processing*, vol. 2006, Article ID 73950, 13 pages, 2006. doi:10.1155/ASP/2006/73950.
139. Shilon, O., "Simulating Bending Behaviour of Suturing Thread and Needle", *MMVR 15 Proceedings*, IOS Press (2006), p515-518
140. Verdaasdonk EGG, Stassen LPS, Monteny LJ, Dankelman J. Validation of a new basic virtual reality simulator for training of basic endoscopic skills - The Simendo. *Surgical Endoscopy* 20: 511-518, 2006
141. Wang, P. Becker, A.A.; Jones, I.A.; Glover, A.T.; Benford, S.D.; Greenhalgh, C.M.; Vloeberghs, M (2006). A virtual reality surgery simulation of cutting and retraction in neurosurgery with force-
142. Blom EM, Verdaasdonk EGG, Stassen LPS, Stassen HG, Wieringa PA, Dankelman J. Analysis of verbal communication during teaching in the operating room and the potentials for surgical training. *Surgical Endoscopy* 21:1560-1566, 2007
143. Chaplain M.A.J., Gerisch A and G. Lolas (2007) , "A mathematical and computational analysis of a model of cancer cell invasion of tissue ", (submitted for publication)
144. D.K. Iakovidis, D.E. Maroulis, D.G. Bariamis, "FPGA Architecture for Fast Parallel Computation of Co-occurrence Matrices," Accepted for Publication, Special Issue on FPGA-based Reconfigurable Computing, *Journal of Microprocessors and Microsystems*, Elsevier Science, Vol. 31, No. 2, pp. 160-165, 2007.
145. D.E. Maroulis, M.A. Savelonas, D.K. Iakovidis, S.A. Karkanis, N. Dimitropoulos, "Variable Background Active Contour Model for Computer-Aided Delineation of Nodules in Thyroid Ultrasound Images," *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, Vol. 11, No. 5, pp. 537-543, 2007.
146. R.M. Satava – A.L. Gaspari – N. Di Lorenzo "Emerging Technologies In Surgery" -Springer-Verlag 2007

147. Satava – A. L. Gaspari - N. Di Lorenzo "What Does An 'Ideal' Vr System Device For Surgical Simulation Need: Is There A 'Holy Grail' In Simulation System Land?" Emerging technologies in surgery Editors Springer-Verlag 2007
148. Dankelman J, Grimbergen CA, Stassen HG. New technologies supporting surgical interventions and training of surgical skills. A look at projects in Europe supporting Minimally Invasive Techniques. IEEE Engineering in Med and Biol. Magazine 26(3): 47-52, 2007.
149. Rossi P., Danza F.M., Stolfi VM, N. Di Lorenzo, Coscarella G., Manzelli A., Arturi A., De Lisa F., Prisco L., Bock E., Gaspari A.L. "Radiofrequency Interstitial Thermal Ablation Of Metastatic Liver Tumours" SMIT-Berlino Pag1039 – 2001
150. A. L. Gaspari, N. Di Lorenzo "Formazione Ed Educazione Continua In Chirurgia Laparoscopica – Chirurgia Virtuale" Tecniche di chirurgia laparoscopica. A cura di N. Basso e F. Basile - Elsevier, 2007
151. D.K. Iakovidis, M.A. Savelonas, S.A. Karkanis, D.E. Maroulis, "A Genetically Optimized Level Set Approach to Segmentation of Thyroid Ultrasound Images," Applied Intelligence, Springer, Vol. 27, No. 3, pp. 193-203, 2007.
152. D. Chaikalis, N. Sgouros, D. Maroulis, P. Papageorgas, "Hardware Implementation of a Disparity Estimation scheme for Real-Time Compression in 3D Imaging Applications," Accepted in Journal of Visual Communication and Image Representation, Elsevier Science, 2007.
153. Dobbelsteen JJ van den, Schooleman A, Dankelman J. Friction dynamics of trocars. Surgical Endoscopy 21: 1338-1343, 2007
154. Chmarra MK, Grimbergen CA, Dankelman J. Systems for tracking minimally invasive surgical instruments. MITAT: 16(6): 328-340, 2007
155. Chmarra MK, Kolkman W, Jansen FW, Grimbergen CA, Dankelman J. The influence of experience and camera holding on laparoscopic instrument movements measured with the TrEndo tracking system. Surgical Endoscopy 21: 2069-2075, 2007
156. D.K. Iakovidis, D.E. Maroulis, D.G. Bariamis, "FPGA Architecture for Fast Parallel Computation of Co-occurrence Matrices," Accepted for Publication, Special Issue on FPGA-based Reconfigurable Computing, Journal of Microprocessors and Microsystems, Elsevier Science, Vol. 31, No. 2, pp. 160-165, 2007.
157. D.E. Maroulis, M.A. Savelonas, D.K. Iakovidis, S.A. Karkanis, N. Dimitropoulos, "Variable Background Active Contour Model for Computer-Aided Delineation of Nodules in Thyroid Ultrasound Images," IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, Vol. 11, No. 5, pp. 537-543, 2007.
158. M. Harders, G. Szekely, "Using Statistical Shape Analysis for the Determination of Uterine Deformation States During Hydrometra", Lecture Notes in Computer Science, Vol. 4792, pp. 858-865, 2007.
159. D.K. Iakovidis, M.A. Savelonas, S.A. Karkanis, D.E. Maroulis, "A Genetically Optimized Level Set Approach to Segmentation of Thyroid Ultrasound Images," Applied Intelligence, Springer, Vol. 27, No. 3, pp. 193-203, 2007.
160. D. Chaikalis, N. Sgouros, D. Maroulis, P. Papageorgas, "Hardware Implementation of a Disparity Estimation scheme for Real-Time Compression in

- 3D Imaging Applications," Accepted in Journal of Visual Communication and Image Representation, Elsevier Science, 2007.
161. N. Di Lorenzo, Camperchioli I, Gaspari AL. "Radius Surgical System And Conventional Laparoscopic Instruments In Abdominal Surgery: Application, Learning Curve And Ergonomy". Surg Oncol. 2007 Dec;16 Suppl 1:S69-72. Epub Nov 26. 2007
 162. Passalis G., I.A. Kakadiaris and T. Theoharis, 'Intra-class retrieval of non-rigid 3D objects: Application to Face Recognition', IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (TPAMI), 29(2), February 2007, pp. 218-229.
 163. Kakadiaris I.A., G. Passalis, G. Toderici, N. Murtuza, Y. Lu, N. Karampatziakis, and T. Theoharis, '3D face recognition in the presence of facial expressions: An annotated deformable model approach', IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (TPAMI), 29(4), April 2007, pp. 640-649.
 164. Passalis G., G. Toderici, T. Theoharis, and I.A. Kakadiaris. "General voxelization algorithm with scalable GPU implementation", Journal of Graphics Tools, 12(1), 2007, pp. 61-71.
 165. Papadakis P., I. Pratikakis, S. Perantonis and T. Theoharis, "Efficient 3D Shape Matching and Retrieval using a Concrete Radialized Spherical Projection Representation", Pattern Recognition, 40(9), September 2007, pp. 2437-2452.
 166. Passalis G., N. Sgouros, S. Athineos and T. Theoharis, "Enhanced Reconstruction of Three-Dimensional Shape and Texture from Integral Photography Images", Applied Optics (Optical Society of America), 46, 5311-5320 (2007).
 167. Pepper M. and Lolas G., "The lymphatic vascular system in lymphangiogenesis, invasion and metastasis. A mathematical approach", In: Selected Topics in Cancer Modelling, editors N. Bellomo, M. Chaplain and E. De Angelis, Birkhauser, 2007 (to appear)
 168. Shilon, O. and B.Weiss "Universal minimal topological dynamical systems", Israel Journal of Mathematics, vol.160 (2007), p119-142
 169. Verdaasdonk E.G.G., Stassen L.P.S., Schijven M.P., Dankelman J. Construct validity and assessment of the learning curve for the SIMENDO endoscopic simulator. Surgical Endoscopy 21(8): 1406-1412, 2007
 170. Verdaasdonk EGG, Stassen LPS, van Wijk R, Dankelman J. The influence of different training schedules on learning psychomotor-skills for endoscopic surgery. Surgical Endoscopy: 21: 214-219, 2007
 171. Chmarra MK, Dankelman J, van den Dobbelsteen JJ, Jansen FW. Force feedback and basic laparoscopic skills. Surgical Endoscopy 22(10):2140-2148. 2008
 172. Dankelman J, Surgical Simulator Design and Development. World Journal of Surgery. Articles on trainer design. 32: 149-155, 2008
 173. Westebring-vander Putten EP, Goossens RHM, Sakimowicz JJ, Dankelman J. Haptics in Minimally Invasive Surgery - a review. MITAT:17:3-16, 2008
 174. General articles on training minimally invasive surgery Verdaasdonk EGG, Dankelman J, Lange JF, Stassen LPS. Endoscopy and other Interventional Techniques. 22(12): 2609-2615. 2008

175. Chmarra MK, Jansen FW, Grimbergen CA, Dankelman J. Retracting and seeking movements during laparoscopic goal-oriented movements. Is the shortest path length optimal? *Surgical Endoscopy*: 22(4):943-949,2008
176. Verdaasdonk EGG, Dankelman J, Lange J, Stassen LPS. Transfer validity of laparoscopic knot-tying training on a VR simulator to a realistic environment: a randomized controlled trial. *Surgical Endoscopy and Other Interventional Techniques*: 22(7):1636-1642, 2008
177. Villard, P.-F., Jacob, M., Gould, G., Bello, F.: Haptic Simulation of the Liver with Respiratory Motion. In *MMVR17*, IOS Press, p 401-406, Long Beach (USA), January 2009.
178. Lewandowski W, Procedure Rehearsal and Simulation - Innovative Tools and Techniques for Improving Medical Practice, *US Cardiology*, 2009;2:93-96
179. M. Neofytou, A. Loizou, V. Tanos, M.S. Pattichis, C.S. Pattichis, "Classification and Data Mining for Hysteroscopy Imaging in Gynaecology", *Proc. Eur. Conf. International Federation for Medical and Biological Engineering*, pp. 918-922, 2009
180. K.S. Gurusamy, R. Aggarwal, L. Palanivelu, B. R. Davidson- Virtual Reality training for surgical trainees in laparoscopic surgery- *The Cochrane collaboration Review*,2009