



ISTUD Business School

**LA REALTÀ VIRTUALE COME SUPPORTO PER LO SVILUPPO DELLA
SOSTENIBILITA' E DELL'EFFICIENZA DEL SSN**

Programma Scienziati in Azienda - XVII edizione

Claudia Rita Ventura, Valentina Urbano, Ester Ferraro, Vito Cianciaruso

ABSTRACT

L'applicazione della "Realtà Virtuale" (RV) come strumento diagnostico e terapeutico offre nuove possibilità per la comprensione, la valutazione e la riabilitazione di numerosi disturbi psichiatrici, tra i quali, ad esempio, le fobie, il Disturbo da Stress Post Traumatico, i deficit dell'attenzione, la schizofrenia, etc.

Tra i nuovi media digitali, i sistemi di RV e gli ambienti tridimensionali sonori e interattivi, in generale, sono quelli che prevedono il maggiore livello di coinvolgimento e di partecipazione da parte del soggetto, il quale, inserito in un ambiente tridimensionale strutturato e complesso, acquisisce l'opportunità di interagire con oggetti e situazioni simulate come se fossero realmente presenti (Riva, 2004). Diversamente da quanto avviene per altri strumenti dell'informazione e della comunicazione, i processi di apprendimento mediati dalla RV presentano un carattere specificatamente pragmatico e simulativo, per cui la conoscenza del mondo è il risultato diretto dell'interazione con esso e dell'osservazione dei comportamenti altrui

In sintesi, la RV permette di riprodurre situazioni complesse della vita quotidiana in cui le reazioni psicopatologiche e le funzioni cognitive dei pazienti possono essere valutate in maniera più attendibile rispetto alle situazioni di laboratorio. Altresì, mediante la RV è possibile riprodurre situazioni ambientali e sociali in grado di stimolare il soggetto in maniera simile al corrispondente contesto reale, consentendo di poter modulare l'intensità e la durata dell'esperienza in funzione delle necessità del programma e delle esigenze del soggetto

SOMMARIO

INTRODUZIONE	5
<i>La Realtà Virtuale</i>	5
<i>Tecnologia</i>	6
<i>Strumenti di output</i>	8
<i>Strumenti di input</i>	10
<i>“Effetti collaterali” della Realtà Virtuale</i>	11
<i>La Realtà Aumentata</i>	12
<i>Cyber Therapy: una nuova frontiera per la medicina riabilitativa</i>	15
APPLICAZIONI TERAPEUTICHE	16
<i>Riabilitazione con realtà virtuale immersiva</i>	24
EHEALTH AND BIOMEDICAL APPLICATIONS	25
<i>Medical education</i>	26
<i>Biomedical simulation</i>	27
<i>Surgical Training</i>	27
<i>Telerehabilitation and remote data assess</i>	29
<i>Dispositivi periferici: VRRS Googles</i>	29
ANALISI PRELIMINARE DEI COSTI E DEI BENEFICI	30
<i>Possibili benefici dei soggetti interessati alla Teleriabilitazione</i>	31
<i>Riabilitazione delle funzioni motorie deficitarie</i>	32
<i>Training per l'utilizzo di ausili per la mobilità</i>	35
<i>Interventi per il miglioramento della qualità della vita della persona</i>	36
UN NUOVO APPROCCIO	37
<i>La Realtà Virtuale attraverso il Kinect</i>	37
APPLICAZIONI	38
POTENZIALITÀ	39
STRUMENTO DI RICERCA	39
<i>Compiti del SeeMe / panoramica giochi</i>	39
HOME REHABILITATION	40
TELEMEDICINA	43
<i>Equità di accesso all'assistenza sanitaria</i>	44
<i>Migliore qualità dell'assistenza garantendo la continuità delle cure</i>	44
<i>Migliore efficacia, efficienza, appropriatezza</i>	44
<i>Contenimento della spesa</i>	45
<i>Contributo all'economia</i>	46

DISCUSSIONE.....	47
LIMITI	51
CONCLUSIONI.....	57
BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA.....	59

INTRODUZIONE

La Realtà Virtuale

La Realtà Virtuale (RV o Virtual Reality, VR) nasce intorno alla metà degli anni '50 dalla volontà di “replicare” la realtà circostante, quanto più precisamente possibile, dal punto di vista grafico, uditivo, tattile ed olfattivo. La Realtà Virtuale induce, tramite un sistema più o meno “coinvolgente” o meglio, “immersivo”, a pensare di vivere una realtà alternativa, ingannando così i sensi dell'utente (Cantelmi et al., 2014).

Sul finire degli anni '80 Jaron Lanier, informatico statunitense nonché uno dei pionieri della “Realtà Virtuale”, adotta per la prima volta questa espressione per fare riferimento ad un insieme di dispositivi tecnologici costituiti da un computer capace di visualizzazione interattiva 3D, un display montato sulla testa dell'utente e dei guanti dotati di uno o più segnalatori di posizione. Questi riconoscono la posizione e l'orientamento dell'utente riportando le informazioni sul computer che aggiorna in tempo reale le immagini sul display (Riva, 2005).

In tempi più recenti, tuttavia, il concetto di Realtà Virtuale si è aperto a quella visione più “umana” e meno “tecnologica” che definisce la Realtà Virtuale come un insieme di tecnologie che consentono alle persone di interagire efficacemente con i database computerizzati 3D usando in tempo reale i sensi naturali e le loro capacità (Rubino et al., 2002). Focalizzandoci, infine, sulle Scienze comportamentali, è possibile descrivere la Realtà Virtuale come un'avanzata forma di interfaccia uomo-computer che permette agli utenti di interagire tra di loro e di immergersi in un ambiente totalmente generato dal computer (Schultheis e Rizzo, 2001).

Infatti la Realtà Virtuale è univocamente definita ed identificata come un'interfaccia informatica avanzata, ovvero un ambiente tridimensionale generato dal computer e con la quale ci si trova ad osservare un mondo totalmente fittizio, costituito interamente da oggetti generati da un elaboratore elettronico, e ad interagire con esso in tempo reale, attraverso molteplici canali sensoriali. L'utente, o gli utenti che ne usufruiscono, dialogano tra loro e con l'ambiente artificiale, come se si trovassero realmente al suo interno. Tale interazione avviene sia tramite interfacce tradizionali (come monitor, tastiere e mouse), sia attraverso dispositivi più sofisticati (come specifici caschi, visori e sensori di movimento), i quali consentono all'utente di raggiungere livelli di percezione e partecipazione nell'ambiente virtuale, sempre più coinvolgenti ed “immersivi”.

Presenza ed immersione rappresentano i due poli lungo i quali il senso di esperienza virtuale si esprime. Il primo termine rappresenta il livello di realismo psicologico che un soggetto sperimenta nell'interazione col mondo virtuale. Alcuni studi (Schubert et al., 1999) sostengono che meno si è consapevoli della mediazione del medium, più alto può essere considerato il livello di presenza, altri (Sheridan, 1992) che è l'elevata qualità grafica e la capacità di offrire all'utente sensazioni quanto più analoghe a quelle sperimentabili nel mondo reale, a determinare l'idea di essere dislocati in un ambiente diverso da quello fisico, e dunque a definire il concetto di presenza.

Il termine immersione fa dunque riferimento alla capacità di un ambiente virtuale di "assorbire" i sensi e di coinvolgere capacità percettive e risorse cognitive di un utente, determinando così una condizione di isolamento dal mondo reale.

Se ad esempio un utente toccasse l'interruttore di una luce elettrica, si aspetterebbe che l'interruttore scatti e di conseguenza la luce si accenda: l'immersione in questo caso non è determinata unicamente dalla percezione tattile del tasto, ma anche dall'attivazione di quei processi legati all'esplorazione di un ambiente, come, ad esempio, quando si passa da uno stato di "buio" ad uno di "luce".

La presenza, è strettamente correlata alla percezione di coerenza con l'ambiente virtuale circostante. Essa è frutto della congruenza tra le aspettative e le previsioni che un utente elabora, e quante di queste aspettative si realizzano nell'ambiente in cui egli si muove.

Se nell'esempio sopracitato non dovesse accendersi la luce, il senso di presenza che l'utente sperimenterebbe in quell'ambiente, sarebbe scarso.

Tecnologia

Dal punto di vista tecnico, un sistema di Realtà Virtuale è costituito da una serie di strumenti in grado di acquisire informazioni sulle azioni del soggetto (strumenti di input), che vengono integrate e aggiornate in tempo reale dal computer in modo da costruire un mondo tridimensionale dinamico, per essere restituite all'utente attraverso sofisticati strumenti di fruizione dell'informazione (strumenti di output) (La Barbera et al., 2010).

Un sistema VR si origina dall'unione di hardware e software che consentono ai tecnici di realizzare applicazioni VR. Al fine di dare l'illusione di un mondo virtuale, i sistemi hardware ricevono input

dall'utente e trasmettono output multisensoriali, mentre la componente software ha il compito di gestire l'hardware deputato alla creazione del sistema VR.

Più dettagliatamente, numerosi sono i dispositivi di cui si necessita per far uso di un sistema di Realtà Virtuale:

1. la costruzione di un database e di un software di modellazione virtuale dell'oggetto per la costruzione e il mantenimento di un dettagliato e realistico modello di mondo virtuale. In particolare, il software gestisce la geometria, la struttura, il comportamento intelligente, la modellazione della durezza, l'inerzia e la plasticità della superficie dell'oggetto incluso nel mondo virtuale;
2. gli strumenti di input che segnalano continuamente la posizione e i movimenti degli utenti;
3. il sistema di rendering grafico che genera, a 20-30 fotogrammi al secondo, l'ambiente virtuale;
4. gli strumenti di output (visivo, sonoro e tattile) che immergono l'utente nell'ambiente virtuale (Gorini et al., 2010).

In base agli strumenti di output utilizzati è possibile distinguere tre tipi di Realtà Virtuale:

- Realtà Virtuale immersiva: un sistema di Realtà Virtuale viene definito "immersivo" quando è in grado di creare un senso di assorbimento e isolamento sensoriale nell'ambiente tridimensionale generato dal computer tramite due tipi di dispositivi, quello di visualizzazione e diffusione sonora (head-mounted display) capace di isolare l'utente dall'ambiente esterno e di visualizzare in due o tre dimensioni gli ambienti generati dal computer e quello dei sensori di posizione (tracker) che rilevano i movimenti dell'utente e li trasmettono al computer, in modo che questo possa modificare l'immagine tridimensionale in base alla posizione e al punto di vista assunto dall'utente. Quindi le specifiche periferiche che vengono generalmente impiegate sono:

- visori e/o caschi stereoscopici (Head Mounted Display o HMD), che consentono di visualizzare ambienti 2D e 3D generati dal computer, e al contempo tendono ad isolare l'utente dall'ambiente esterno;

- guanti dotati di sensori di movimento (chiamati data gloves), attraverso i quali è possibile un'interazione manuale con lo spazio simulato;

- sensori di posizione (detti trackers), in grado di rilevare posizione e movimenti dell'utente affinché l'elaboratore possa adattare l'ambiente virtuale alla sua prospettiva.

Per ottenere poi, il massimo livello di realismo, esistono infine le caves (caverne): camere di proiezione le cui pareti sono costituite da tre, quattro o sei grandi schermi, su cui viene proiettato l'ambiente virtuale. L'ingresso in esse consente all'utente equipaggiato di trackers, un'interazione con lo spazio virtuale profondamente realistica.

- Realtà Virtuale semi-immersiva: essa è realizzata attraverso una piccola stanza dove le pareti, il pavimento e il soffitto vengono sostituiti da schermi retro-proiettati;
- Realtà Virtuale non immersiva: essa sostituisce il casco con un normale monitor o con un videoproiettore in modo che l'utente veda il mondo tridimensionale creato dal computer attraverso una sorta di finestra (Morgantini e Riva, 2006). In questo caso l'utente, riesce a mantenere un contatto con la realtà circostante sufficientemente elevato, e le risorse cognitive che impiega nell'interazione con la RV restano parziali.

Strumenti di output

Il principale canale di output è sicuramente quello visivo. Esistono due principali classi di sistemi di visualizzazione disponibili: gli head-mounted display e gli off-head display. Gli head-mounted display sono i sistemi di visualizzazione più frequentemente usati, e possono essere o a tubo catodico o costituiti da display retroilluminato a cristalli liquidi. Il vantaggio significativo degli head-mounted display è che si tratta di un meccanismo efficace nella visualizzazione del posizionamento del torso e del collo. Gli svantaggi sono il peso che può interferire con il movimento naturale dell'utente, la fatica associata a questo fattore e la probabilità di una maggiore sintomatologia di cinetosi. Inoltre, è difficile costruire head-mounted display che possiedano una buona risoluzione spaziale e che siano confortevoli ed economici.

Gli off-head display includono monitor desktop e tecnologie di proiezione come schermi panoramici, cave, e workbenches. I vantaggi principali sono un ampio campo di vista e la possibilità di dare a un piccolo gruppo un'esperienza condivisa di realtà virtuale. Gli svantaggi sono il costo, lo spazio per la proiezione e le limitazioni di contrasto e luminosità (Riva, 2006).

Un altro importante canale di output è quello uditivo, in quanto aumenta la consapevolezza dell'ambiente, stimola l'attenzione visiva, e trasmette una varietà di informazioni complesse senza

appesantire il sistema visivo. Gli strumenti generalmente utilizzati sono le cuffie o gli altoparlanti. Le cuffie consentono un controllo più preciso degli indizi spaziali presentati all'ascoltatore, in quanto è possibile favorire la localizzazione controllando separatamente il raggiungimento dei segnali alle orecchie; inoltre, si evitano suoni indiretti, come echi o riverberi. Tuttavia, le cuffie professionali sono generalmente più costose e poco pratiche se l'utente non deve indossare un dispositivo sulla testa.

Sebbene sia più difficile controllare le informazioni spaziali che raggiungono l'ascoltatore, gli altoparlanti presentano il pregio di essere poco costosi e di non interferire con l'utente; in più, è possibile migliorare l'accuratezza delle informazioni spaziali aumentando il numero di diffusori.

Per quanto riguarda gli output tattili, la possibilità di toccare, sentire, manipolare gli oggetti in un ambiente, oltre a vederli, fornisce un forte senso d'immersione. Le interfacce tattili sono dispositivi che consentono l'interazione manuale, attraverso cui l'utente produce azioni motorie manipolando gli oggetti e, a sua volta, riceve feedback sensoriali tattili e cinestetici dall'ambiente. Utilizzando le interfacce tattili, l'utente può non solo immettere input nell'ambiente virtuale, ma può anche ricevere informazioni da esso sotto forma di sensazioni. A differenza della visione e dell'udito che sono esclusivamente sistemi di output, il sistema tattile è bidirezionale. Joystick, mouse e trackballs sono strumenti relativamente semplici che possono fornire feedback tattili. I rumble packs sono semplici accessori che vibrano su comando del software, alcuni sopportano anche feedback di forza. Esistono, inoltre, sul mercato guanti ed esoscheletri che tracciano la struttura delle mani. Questi strumenti tattili avanzati di solito hanno due componenti: uno per il rilevamento tattile (cutaneo), ed un altro per il rilevamento cinestetico. Il rilevamento tattile permette la stimolazione della superficie esterna del corpo, mentre il rilevamento cinestetico si riferisce alla consapevolezza della posizione degli arti e della tensione muscolare durante il movimento. Le interfacce tattili sono di solito impiegate per attività che nel mondo reale richiedono l'utilizzo delle mani, come la manipolazione degli oggetti.

Infine, un ambito meno sviluppato è quello degli output olfattivi, anche se questi possono aumentare il senso di presenza e di immersione nell'ambiente virtuale. Le interfacce virtuali olfattive che producono gli odori sono di solito definite Virtual Olfactory Display (VOD). Il metodo più usato per l'archiviazione degli odori è quello di incapsulare micro gocce di liquido in una parete di gelatina stampata su una superficie piana, utilizzando tecniche serigrafiche. L'incapsulazione

offre la possibilità di misurare perfettamente la dose di odore, che si mantiene stabile a temperatura ambiente, ed evita fuoriuscite incontrollate (Riva, 2006).

Strumenti di input

Con lo sviluppo della Realtà Virtuale aumenta la gamma delle informazioni che è possibile immettere nel sistema. Morgantini e Riva (2006) osservano che gli strumenti tecnologici, progettati per registrare con ottimale precisione le modificazioni corporee dell'utente, possono essere racchiusi in tre categorie:

- tecnologia in grado di registrare il movimento traslatorio del corpo nello spazio;
- tecnologie che registrano i movimenti rotatori delle parti del corpo;
- strumenti in grado di registrare gli input degli arti periferici.

Uno strumento frequentemente usato, per i movimenti degli arti superiori e per la deambulazione, è il joystick. L'uso di questo strumento può apparire, in un primo momento, difficile e può richiedere un periodo di calibrazione fra l'utente e il sistema. In generale, dopo adeguate spiegazioni sul suo funzionamento e dopo un breve periodo di prova, gli utenti sono in grado di utilizzarlo in modo abbastanza automatico e naturale. Se l'utente deve interagire con degli oggetti, di cui ne può modificare la forma o la posizione, il joystick permette di selezionarli e di modificarli. Tuttavia, questa soluzione spesso non fornisce all'utilizzatore una sensazione di elevato coinvolgimento nell'azione, per questo sono stati inventati dei guanti virtuali (data gloves), che permettono la diretta manipolazione degli oggetti. Un data gloves è costituito da un insieme di sensori del movimento fine, in grado di registrare i movimenti flessori delle dita e di calibrarli con l'immagine virtuale dell'oggetto che l'utente sta prendendo.

Un altro importante sistema di dispositivi di input è quello dei sensori di posizione (trackers), che segnalano la posizione e l'orientamento dell'utente all'interno dell'ambiente virtuale. Possiamo distinguere i trackers in (Riva, 2006):

1. magnetici: i sensori sono piccoli e leggeri, quindi possono essere comodamente indossati, e, inoltre, funzionano anche se vi sono degli ostacoli tra il trasmettitore e il ricevitore. Lo svantaggio principale è quello delle distorsioni e degli errori nei risultati del monitoraggio, dovuti alla possibile formazione di campi magnetici.

2. acustici: non soffrono di distorsioni in presenza di campi magnetici, però non funzionano correttamente se esistono ostacoli tra ricevitore e trasmettitore; per di più, sono soggetti alle interferenze dei rumori ambientali.
3. inerziali: usano magnetometri, accelerometri e giroscopi per calcolare la variazione di posizione e l'orientamento.
4. ottici: si basano su algoritmi che estraggono la posizione dell'utente dalle immagini ottenute attraverso delle telecamere. Questi sensori hanno bassa latenza, frequenti aggiornamenti e sono utilizzabili anche in aree abbastanza grandi, ma hanno problemi di line-of-sight e le loro prestazioni sono influenzate negativamente dalla luce ambientale e dalle radiazioni infrarosse.
5. meccanici: i collegamenti meccanici possono essere o completamente indossati, o in parte attaccati al suolo. I vantaggi principali sono la bassa latenza e l'elevato livello di precisione, ma sono abbastanza ingombranti. Questi sensori, nella modalità immersiva, vengono collegati all'head-mounted display, in modo da rilevare i movimenti della testa ed adattare continuamente il punto di vista del soggetto. Viene così data l'impressione di esaminare l'ambiente virtuale muovendosi al suo interno (Morgantini e Riva, 2006).

“Effetti collaterali” della Realtà Virtuale

Una preoccupazione persistente per gli utenti della Realtà Virtuale è rappresentata dalla “Malattia da simulazione” definita cybersickness (Rizzo, 1997), cioè una forma di malessere che si esplica attraverso sintomi quali nausea, vomito, disorientamento, atassia, affaticamento oculare e vertigini. (Kennedy et al., 1994).

Una spiegazione ampiamente accettata è fornita dall'incongruenza tra gli input sensoriali: la retroazione vestibolare, ad esempio, può indicare un certo grado di movimento che, però, non è compensato dalla visione. Tuttavia, alcune potenziali fonti di cybersickness sono state eliminate con il progresso tecnologico. Questo disturbo non coincide con quello della chinetosi in cui l'utente è spesso fermo, ma ha la sensazione di muoversi attraverso le immagine visive in movimento. I sintomi relativi al cybersickness interessano diverse aree: visiva (visione doppia, offuscamento della vista, lacrimazione, irritazione con arrossamento degli occhi), uditiva (tinnito, udito ridotto), vestibolare (vertigini, vomito, sudorazione), nervosa centrale (mal di testa,

flashback, disorientamento, instabilità posturale) e muscolo-scheletrica (dolori al polso, mal di schiena) (La Viola, 2000).

Il verificarsi del Cybersickness varia in base a fattori quali il programma utilizzato, i driver tecnici, la lunghezza temporale dell'esposizione e il rapporto tra attività e movimenti passivi. Inoltre, i sintomi si manifestano più frequentemente a seguito della prima esperienza della persona nell'utilizzo di Realtà Virtuale (Rizzo, 1997).

Altri effetti chiamati Aftereffects possono includere sintomi quali disturbi locomotori, cambiamento nel controllo della postura, disturbi della percezione motoria, flashbacks, affaticamento, sonnolenza e generalmente una diminuzione dell'eccitazione (Rolland et al., 1995; DiZio e Lackner, 1992; Kennedy e Stanney, 1996).

La questione degli effetti collaterali è di particolare importanza se si considera l'utilizzo della realtà virtuale con pazienti neurologici, alcuni dei quali possono presentare danni nell'equilibrio e nell'orientamento. Inoltre, la realtà virtuale è controindicata per pazienti che soffrono di emicrania, cefalea, epilessia e disturbi vestibolari. È stato anche dimostrato che l'esposizione in ambienti virtuali provochi variazioni del battito cardiaco, aumentando notevolmente la pressione sistolica e diastolica ed il consumo di ossigeno. Ciò suggerisce grande cautela con pazienti ipertesi, o affetti da malattie cardiovascolari e circolatorie. Inoltre, dato che la RV può interferire con i normali processi psicologici, un'attenta osservazione è necessaria quando si usa tale espediente tecnologico con pazienti schizofrenici o con seri disturbi della personalità, poiché la confusione tra reale e virtuale potrebbe accentuare la loro patologia (Riva, 1997)

La Realtà Aumentata

Il concetto di Realtà Aumentata (o RA) è relativamente nuovo, e sebbene non esista una definizione univoca e chiara che ci permetta di descriverlo puntualmente, è erede diretto della Realtà Virtuale. La RA nasce all'inizio degli anni '90: si tratta di una tecnologia la cui peculiarità è quella di poter sfruttare qualsiasi superficie del nostro mondo, quello "reale", come una tela, al fine di offrire informazioni aggiuntive su di essa.

La RA aggiunge diversi livelli informativi di varia natura, a ciò che i nostri sensi già percepiscono, in poche parole opera attraverso un potenziamento percettivo: "è come acquisire la vista di un falco,

l'udito di un cervo e l'olfatto di un cane" [(AA.VV. (n.d.) Retrieved from <http://augmentedworld.it/cose-la-realta-aumentata/>)].

Questa tecnologia, è il frutto di strumenti informatici che permettono di aggiungere diversi livelli contenenti "dati aggiuntivi" alla realtà che si vive in un dato momento.

In altre parole, essa permette di sovrapporre alla nostra dimensione, fatta di cose fisiche, una serie di "altre" informazioni, sviluppate da un elaboratore elettronico.

Dei contenuti virtuali, vanno dunque ad "arricchire" con elementi nuovi, ciò che i sensi umani già percepiscono. La Realtà Aumentata è dunque un'interfaccia, basata su di una combinazione tra informazioni generate da un computer (immagini statiche e dinamiche, suoni, sensazioni tattili), unite all'ambiente reale in cui si trova l'utente.

Il concetto di RA segue l'onda dell'innovazione tecnologica: inizialmente consentiva di aggiungere alla realtà elementi visuali, ma nel tempo è arrivato ad integrare componenti uditive, tattili e spaziali.

Azuma (Azuma, 1997) definisce la RA come un sistema che permette all'utente di osservare il mondo reale arricchito da oggetti virtuali sovrainpressi o integrati con esso, e che possiede le tre seguenti caratteristiche:

- combina elementi reali e virtuali
- è interattivo in tempo reale
- è implementato in maniera tridimensionale.

Dunque, per offrire un'ulteriore definizione: la Realtà Aumentata è la rappresentazione di una realtà alterata, in cui, alla normale realtà percepita attraverso i sensi, vengono sovrapposte informazioni sensoriali artificiali.

Il fruitore delle applicazioni di Realtà Aumentata vedrà quindi sovrapporsi al mondo reale, oggetti virtuali tridimensionali, filmati, suoni e percepirà sensazioni tattili o addirittura olfattive, che sono state aggiunte grazie all'impiego di un computer.

Il primo prototipo di RA è stato sviluppato negli anni '60 dai collaboratori di Ivan Sutherland presso le università di Harvard e dello Utah. Negli anni '70 e negli anni '80, i principali studi sono stati

condotti presso il laboratorio Armstrong dell'US Air Force, il centro di ricerca della NASA Ames e l'Università della Carolina del Nord.

Il termine Augmented Reality (AR) venne coniato nel 1990 da Tom Caudell e David Minzell, ricercatori presso i laboratori della Boeing Company. I due – al lavoro su un prototipo che rimpiazzasse gli strumenti di bordo di un aereo – svilupparono un congegno indossabile dai piloti, in grado di visualizzare velocemente la rotta e tutte le informazioni correlate ai decolli e agli atterraggi. La realtà così visualizzata venne ribattezzata “Realtà Aumentata”, poiché le percezioni provenienti dal mondo reale vengono “aumentate” da altre, provenienti dal supporto informatico.

Benché dunque l'AR abbia mosso i primi passi nell'ambiente militare, i campi di applicazione in cui essa è attualmente impiegata sono numerosi: dalla medicina al marketing, dall'edilizia al turismo e alla meccanica.

Si parla di “manutenzione aumentata” quando dei tecnici, dotati di particolari visori collegati tra loro, ricevono mentre lavorano, informazioni su come intervenire nella sostituzione della componentistica di un motore.

Grazie alla RA, un operaio impegnato in un cantiere può osservare, direttamente sul campo, i compiti da svolgere, in sincronia con altre centinaia di colleghi.

Alcune automobili integrano sistemi di supporto a RA per la guida, ed essi sono in grado di individuare potenziali ostacoli e pericoli a distanza, e comunicarli tempestivamente al guidatore. Anche un chirurgo può visionare in tempo reale, mentre opera il paziente, le informazioni ed i risultati riguardanti esami strumentali precedentemente svolti. Un turista può, puntando un tablet o uno smartphone verso un monumento o un'opera d'arte, grazie a specifiche applicazioni come Layer, Geotravel, vedere comparire informazioni aggiuntive sui luoghi che sta visitando. Altre applicazioni invece, grazie all'impiego del sensore GPS, sono in grado di indicarci punti di interesse a noi prossimi, o la strada più breve ed il tempo necessario per raggiungerli.

Si tratta di possibilità estremamente differenziate, ma tutte, per funzionare adeguatamente, sfruttano le capacità offerte dalla Realtà Aumentata.

Cyber Therapy: una nuova frontiera per la medicina riabilitativa

La terapia con la Realtà Virtuale (RV) sembra essere un efficace strumento terapeutico per la riabilitazione di malattie neurodegenerative e malattie con disturbi psicologici, rappresentando uno strumento unico e insostituibile rispetto alle classiche tecniche di psicoterapia. Rappresenta un'innovativa modalità che permette ai pazienti di entrare in un ambiente virtuale generato dal computer in maniera naturale, inducendo il senso di presenza all'interno dell'esperienza virtuale. Permette infatti all'utente di percepirsi fisicamente presente all'interno di un mondo virtuale, in modo da interagire con esso, attraverso sensazioni, emozioni, e comportamenti tipici della vita quotidiana.

La sensazione di presenza è resa possibile grazie a specifici dispositivi tecnologici che sono in grado di processare le informazioni ricevute e permettono all'utente un ritorno visivo e sonoro in tempo reale. Il senso della presenza, o presenza virtuale, è il risultato del cambiamento del punto di vista percettivo, dato da diverse percezioni a seconda dei punti di riferimento che vengono presi in considerazione (Slater et al., 2006).

Questa caratteristica rappresenta un importante strumento per il cambiamento personale in quanto permette al soggetto che la utilizza di vivere un'esperienza specifica. Evidenze emerse da studi sulla RV, hanno suggerito come la presenza virtuale possa essere la chiave del successo che offre questo tipo di terapia (Riva et al., 2015; Baños et al., 2005; Riva et al., 2005).

La logica dietro il concetto di presenza appare chiara grazie a due importanti scoperte in cui percezione, cognizione e azione fanno parte dello stesso codice psico-motorio (Rizzolatti e Senigaglia 2006). Grazie alla RV, il senso di presenza non solo permette di creare nuove modalità di apprendimento senso-motorio, ma anche, ed è ampiamente dimostrato, alterare in maniera diretta e rapida i processi cognitivi legati alla corporeità.

L'idea di base è simulare all'interno del sistema cognitivo le possibili interazioni, nel momento in cui percepiamo un oggetto, con l'oggetto stesso (Intervista Dott. Riva). La percezione e la consapevolezza percettiva dipendono dunque dalle nostre capacità di azione e di pensiero e viceversa (Noe 2004). Il senso di presenza è dato dall'input di due gruppi di neuroni: bimodali e motori percettivi, presenti nella corteccia premotoria. Il primo gruppo di neuroni, chiamati anche neuroni canonici, si attiva quando il soggetto guarda un oggetto a cui potrebbe essere rivolta la propria azione. Il secondo gruppo, neuroni motori percettivi o specchio, si attiva sia quando il

soggetto compie un'azione sia quando osserva un altro individuo che compie l'azione stessa. Secondo questa visione la presenza è il processo implicito (inconsapevole) che consente di coordinare l'azione del soggetto. Questo spiega la capacità della RV di modificare il metabolismo cerebrale e la percezione corporea all'interno di terapie differenti. La RV rappresenta un medium comunicativo che permette l'acquisizione di conoscenze (intervista Dott. Riva).

La capacità di modificare il nostro modo di percepire le cose, permette alla RV di essere applicata in svariati ambiti clinici che variano dai disturbi di natura psichica (disturbi d'ansia, fobie, comportamenti ossessivo compulsivi, disturbi del comportamento alimentare), alla neuro-riabilitazione.

In tutti i casi l'ambiente simulato virtualmente permette di riprodurre situazioni problematiche sotto il controllo del terapeuta il quale può modificare l'ambiente riprodotto in base alla percezione del paziente (Riva, 2010). La terapia tramite RV permette di monitorare in tempo reale l'attività cerebrale mentre il soggetto è occupato ad interagire nel mondo virtuale e di identificare i parametri correlati alla risposta disfunzionale del soggetto (Bohil et al., 2011; Driscoll et al., 2005).

APPLICAZIONI TERAPEUTICHE

Le prime applicazioni della RV riguardano la cura delle fobie, esponendo i pazienti a simulazioni grafiche delle loro più grandi paure come ad esempio l'aracnofobia (Hodges et al. 1993), la claustrofobia (Garcia-Palacios et al., 2007), la paura di volare in aereo o la paura di parlare in pubblico (Harris et al., 2002; Riva, 2005; Wiederhold & Wiederhold, 2006).

Tutti questi sono disturbi dovuti a stati di apprensione che il soggetto prova quando vive determinate situazioni cercando di evitarle. La terapia con la RV aiuta a cambiare il modo in cui le persone si comportano interpretando le informazioni provenienti dall'ambiente circostante. A tal proposito abbiamo intervistato il Dott. Riva (Professore Ordinario di Psicologia Generale; coordinatore dei progetti di ricerca europei "VEPSY UPDATED - Virtual Environments in Clinical Psychology"; VREPAR "Virtual Reality Environments in Psycho-Neuro-Physiological Assessment and Rehabilitation" e VREPAR 2 Presidente dell'International Association of CyberPsychology, Training and Rehabilitation), il quale ci ha illustrato la logica dietro l'utilizzo della RV nei disturbi d'ansia. "[...] in RV il paziente, intenzionalmente, si confronta con gli stimoli temuti permettendo all'ansia di diminuire. Infatti evitare una situazione temuta rafforza una fobia mentre una continua e

graduale esposizione ad essa la riduce". Il principio terapeutico su cui si basa l'intervento è quello della Desensibilizzazione Sistemica (DS), definito come la progressiva esposizione allo stimolo fobico e prevenzione del comportamento compulsivo (Andrewset al., 2003). La DS ha l'obiettivo di associare (o condizionare) una risposta antagonista all'ansia, come per esempio il rilassamento muscolare o la respirazione profonda, in presenza degli stimoli ansiogeni, in modo da indebolire il legame tra la reazione d'ansia e gli stimoli ansiogeni stessi. Lo psicoterapeuta costruisce con il paziente una gerarchia degli stimoli critici che sono alla base del disturbo in esame, e pianifica un programma di desensibilizzazione, progettando una esposizione dapprima virtuale e conclusivamente reale.

Gli studi condotti con la RV hanno evidenziato come essa possa essere uno strumento versatile in cui è possibile sviluppare più ambienti che possono essere presentati all'utente in molte forme diverse (Ling et al., 2014; Gorini et al., 2008). Diversi studi hanno dimostrato che l'esposizione a molteplici contesti riduce la ricorrenza della paura in misura maggiore rispetto all'esposizione di un solo scenario (Shiban et al., 2013).

Il fattore variabilità, dato da diversi stimoli e i livelli di intensità e durata o l'esposizione ai molteplici contesti, sembrano avere un ruolo importante nel successo terapeutico dato con RV. Questi tipi di effetti non sono facili da ottenere nel mondo reale ma facilmente ottenibili con la RV (Riva et al; 2016).

In sintesi, come sottolineato da Pla-Sanjuanelo e colleghi (2015) "la capacità di sviluppare una grande quantità di stimoli controllati, realistici e, contemporaneamente, di monitorare le risposte generate dall'utente offre un notevole vantaggio rispetto alle cure tradizionali".

Numerosi studi hanno evidenziato come gli ambienti virtuali siano in grado sia di rievocare le stesse emozioni della situazione vissuta sia di apportare un maggior coinvolgimento del paziente in quanto il senso di presenza è correlato con la capacità di poter interagire con gli ambienti virtuali (Parsons & Rizzo, 2008;).

L'aracnofobia fu la prima fobia ad essere trattata con la RV (Hodges et al. 1993). Il trattamento prevedeva l'introduzione del temuto oggetto, rappresentato da una tarantola, alla persona fobica in modo graduale. Nelle successive sedute si è riscontrato che nei pazienti la paura diminuiva e diventava più facile affrontarla. I risultati ottenuti da studi successivi hanno rilevato che l'83% dei

pazienti ha presentato una significativa diminuzione della paura dei ragni dopo il trattamento con la RV (Hoffman 2007).

Studi pionieristici hanno validato l'utilizzo della RV nel trattamento di altri disturbi psichici. Kinger (2006) ad esempio ha strutturato un protocollo di RV basandosi su quattro possibili situazioni per il trattamento della fobia sociale. Anche in questo caso dagli studi sono stati riscontrati risultati positivi nell'80% circa dei casi, sia nel mantenimento di stati d'ansia a breve termine (Rothbaum, 2006) sia nel mantenimento di questi benefici a medio e lungo termine dopo il trattamento (Price, 2007).

Rothbaum e collaboratori (2006), utilizzando un protocollo basato sull'esposizione alle differenti fasi del volo per il trattamento della paura di volare, hanno ottenuto risultati incoraggianti sull'utilizzo della RV rilevando una riduzione di tempi e costi di intervento.

Oltre alla cura delle fobie, la RV trova applicazione anche nella cura di Disturbi Ossessivi Compulsivi (DOC), un disturbo d'ansia fortemente invalidante. I primi lavori a riguardo risalgono al 1998 (Clark et al.) dove già da allora si è potuto rilevare come l'esposizione vicaria a stimoli ansiogeni può essere di notevole importanza nella terapia comportamentale ed avere una maggiore validità terapeutica rispetto ai classici test neuropsicologici (Lack e Storck, 2008).

Visti i riscontri positivi ottenuti da questi lavori la RV è stata applicata per curare anche il Disturbo post-traumatico da stress (DPTS.) Questo trattamento nasce per curare il trauma dei superstiti sfuggiti agli attacchi terroristici dell'11 Settembre. Durante la terapia, al paziente venivano mostrati ambienti virtuali con aerei che volavano e si schiantavano sopra le torri, con esplosioni animati e con immagini di persone che saltavano dagli edifici in fiamme. Attraverso questi ambienti virtuali è stato possibile rilevare come questi stimoli possano aiutare i pazienti a recuperare i ricordi dell'evento e, con la guida di un terapeuta, diminuire il disagio nel ricordare quello che è successo (Difede et al., 2001). I risultati ottenuti da questi studi (Difede & Hoffman 2002) hanno portato ad inserire questo protocollo in forma modificata, in ospedali soprattutto per trattare DPTS dei soldati, dimostrando come gli ambienti virtuali possano operare in modo efficace nel prevenire tale disturbo (Wiederhold nel 2008).

Con la realtà virtuale è possibile alterare il punto di vista del soggetto, quindi permettere il passaggio da visione egocentrica (centrata su di sé) ad allocentrica (indipendente a sé). Il

meccanismo di scambio tra queste due visioni è critico per alcuni processi innestici quali la memoria (Intervista Riva).

Alla luce di quanto riportato sembra chiaro come il trattamento con RV possa trovare benefici anche nei pazienti con disturbo alimentare (Riva, Melis, 1997). Questi soggetti vedono un corpo che non è il loro, vedono una realtà virtuale del loro corpo che cancella i dati oggettivi. Secondo Riva una delle possibili ipotesi è che questo disturbo potrebbe essere dovuto a una disfunzione di neurotrasmettitori (ad esempio serotonina), che svolgono un ruolo chiave all'interno dei processi cognitivi. Quindi una ipotesi potrebbe essere legata all'immagine alterata che il soggetto ha memorizzato di sé dovuta alla mancanza di scambio tra la visione egocentrica percettiva e quella allocentrica. Anche se il corpo fisico cambia, non è più in grado di integrare queste informazioni intrinseche nella memoria (Riva 2015) .

Su questa logica di pensiero la RV può aiutare in questi soggetti a creare una visione allocentrica di sé, chiamata "out of body". Questa terapia conosciuta come terapia Cognitivo Esperenziale fu applicata inizialmente a pazienti affetti da anoressia. Con gli ambienti virtuali il paziente può confrontare due immagini del proprio corpo: quella reale e quella non reale, derivante da come il paziente si vede. Il paziente attraverso un ambiente virtuale, quale un ristorante, può essere sottoposto a tentazioni affiancato da tecniche di addestramento per prevenzione della risposta tutto questo può essere accompagnato da una distorsione e modificazione dell'immagine del proprio corpo. La RV aiuta il paziente ad avere la consapevolezza della distorsione percettiva e questo rappresenterebbe un elemento importante per poter correggere la percezione del corpo soprattutto nell'assunzione del cibo. I risultati ottenuti dai primi studi condotti su pazienti anoressici (Riva et al., 1999; Riva, et al. 2000) hanno permesso di applicare questo protocollo anche al trattamento di altri disturbi alimentari gravi (Riva, 2011).

Il problema del punto di vista, ovvero il punto di vista interno od esterno, che il paziente ha di se stesso, è un tema che caratterizza diverse patologie quali: la depressione. Come spiegato dal Dott. Riva, nella depressione il soggetto colpito non ha la compassione, dunque i soggetti malati non riescono a mettersi nei panni dell'altro non riuscendo ad usare un punto di vista diverso da quello egocentrico. Sulla base di questa tesi la RV, per le sue caratteristiche, sembra essere un metodo adeguato per la cura di questo tipo di patologie. Alcuni ricercatori (Osimo e Staler, nel 2015) infatti, utilizzando un protocollo basato sullo switch di personalità sono riusciti ad ottenere ottimi risultati in pazienti affetti da depressione. Durante la seduta i pazienti erano immersi in una stanza

virtuale in cui erano presenti una replica di se stessi e Sigmund Freud. Il soggetto poteva, a turno essere nel corpo dell'avatar che riproduceva se stesso o in quello di Freud. Il soggetto esponeva a Freud un problema psicologico, subito dopo avveniva una switch di personalità e il soggetto si ritrovava nel corpo di Freud rispondendo e dando dei consigli molto efficaci a se stesso. Il soggetto poi tornava dentro se stesso per ascoltare i suggerimenti di Freud. Alla fine di questo processo i pazienti miglioravano notevolmente (Osimo e Staler, nel 2015). Il Dott. Riva spiega che il principio che sta dietro questa procedura ha molti collegamenti con la meditazione buddista in cui si ha una concentrazione sul mantra o sul respiro con l'obiettivo di trasformare il meditatore da soggetto a oggetto di analisi. Attraverso la meditazione il soggetto si vede da fuori e in questo modo può vedere i suoi processi cognitivi come un osservatore, e questo meccanismo ha un impatto molto incisivo sui processi del benessere.

Recenti sviluppi nel campo delle neuroscienze, neurofisiologia e delle scienze computazionali hanno portato allo sviluppo di nuovi modelli per l'interpretazione dei meccanismi di funzionamento motorio. In questo contesto si è sviluppata la possibilità di utilizzare la RV anche in campo neuroriabilitativo. Diverse applicazioni cliniche e sperimentali hanno provato l'efficacia di queste tecnologie in pazienti con patologie neurologiche e motorie quali: ictus, morbo di Parkinson, disturbi della memoria. Diversi studi, suggeriscono infatti come essa possa essere impiegata per migliorare funzioni deficitarie o sull'esecuzione di attività motorie. Può essere un prezioso strumento per migliorare la qualità di vita del paziente oltre ad aumentare il coinvolgimento e la partecipazione della persona con disabilità (Garcia et al., 2011).

Gli studi in neuroscienze computazionali hanno dimostrato che il trattamento clinico con RV, permette un feedback specifico in termini di caratteristiche di movimento, capacità di effettuare grandi volumi di training, un miglioramento dell'apprendimento motorio rispetto alle cure tradizionali (Page et al. 2013).

L'ictus è una delle malattie che può essere trattata con la RV. E' associata a disabilità a lungo termine ed è comune nelle persone anziane, i pazienti presentano disturbi cognitivi, motori e sequele emotiva, disturbi che impattano sul livello di indipendenza e sulla qualità di vita (Donnan 2008). Nella maggior parte dei pazienti la lesione da ictus porta ad una compromissione di funzionalità motoria dell'arto superiore. Il trattamento con la RV in questi pazienti sembra avere benefici sia dal punto di vista della riabilitazione motoria, sia aumentando la motivazione del paziente. Inoltre la variabilità e adattabilità della terapia con RV porta ad un trattamento più

efficace e un migliore recupero del paziente (Gonzalez et al., 2015). È stato rilevato che movimenti ripetitivi guidati da sistemi robotici e diretti da realtà virtuale migliorano il controllo motorio in pazienti con lesioni agli arti superiori (Merians et al., 2006). Oltre a questo, vi sono studi clinici in merito allo sviluppo di sistemi di RV per fornire terapie riabilitative per il recupero motorio della mano (Jack et al., 2001) o per migliorare le prestazioni delle attività della vita quotidiana nei pazienti post-ictus (Laver et al, 2012; Turolla et al, 2013). Fluet e Deutsch (2013), hanno utilizzato protocolli di realtà virtuale per la riabilitazione senso motoria post-ictus rilevando la terapia con la RV più efficace rispetto ai trattamenti tradizionali. Sembra che la terapia con RV faciliti il processo della neuroplasticità creando un ambiente stimolante, favorevole allo sviluppo di una maggiore ed efficace connessione sinaptica. Questo è reso possibile attraverso la produzione ad alta intensità di movimenti ripetitivi e esercizi task-oriented attivi utilizzando i principi di apprendimento motorio (Yee Sien Ng 2013). Attraverso la RV possiamo programmare nel display un insegnante virtuale, che esegue più volte l'operazione. Il potente input visivo, del maestro che esegue il movimento, più e più volte, può fornire un enhancement attraverso il metodo di "imparare per imitazione", possibile grazie alla funzionalità dei neuroni specchio. Questa caratteristica di apprendimento per imitazione non è solo un modo importante per fornire una maggiore feedback visivo, ma anche un modo per sviluppare, attraverso la ripetizione, la formazione del corretto modello di attività cellulare nel sistema nervoso centrale, facilitando quei meccanismi di riorganizzazione neuronale (Padoa et al., 2002; Li et al., 2001). La RV offre la possibilità unica di avere un feedback in tempo reale del partecipante, correggendo eventuali errori e permettendo una focalizzazione mirata della terapia. Tutto ciò è reso possibile grazie all'incorporazione di vari sensori e dispositivi di retroazione quali i guanti virtuali e sensori elettromagnetici che possono rilevare leggeri movimenti in articolazioni delle dita, nonché sensori neurofisiologici, che possono rilevare segnali elettromiografici e elettroencefalografici fornendo capacità diagnostiche e sistemi di riabilitazioni molto elevati. Inoltre sembra che il fattore gioco (Sistem Gaming), ossia la sfida, possa migliorare la motivazione del paziente stesso. (Yee Sien Ng 2013). Lo scenario virtuale potrebbe essere il percorso di un movimento guidato del bicchiere su un ripiano. Il movimento corretto viene eseguito prima dal terapeuta, poi dal paziente che esegue il movimento aiutato da una traiettoria guidata che visualizza sullo sfondo della scena virtuale, per facilitare la percezione e regolazione del suo movimento (Turolla 2013). Il protocollo appena descritto è stato utilizzato da Turolla e collaboratori su 203 pazienti post-ictus e i risultati ottenuti hanno dimostrando ancora una volta, come la terapia con RV risulta più efficiente rispetto a quella tradizionale. Inoltre sembra che la

possibilità di poter modificare le caratteristiche dello scenario virtuale rende la riabilitazione più attraente e piacevole per il paziente stesso.

Attraverso l'ambiente virtuale, possono essere riprodotti ambienti di vita quotidiana e possono essere stimolati attraverso task specifici i processi cognitivi quali attenzione, concentrazione, oltre all'allenamento in presenza di tipiche situazioni quotidiane. Questo permette all'utente di trovarsi nelle tipiche situazioni ambientali della vita comune e rappresenta uno dei tanti vantaggi forniti dalla RV.

La RV trova un riscontro molto utile anche nella riabilitazione cognitiva. Rientrano in quest'area tutte quelle patologie in cui si ha disabilità di apprendimento, disfunzione esecutiva, disturbi di memoria quali: Parkinson (Muangpaisan 2011), Demenza (Jekel et al., 2015), Alzheimer (Slater et al. 2009) e altre patologie neurologiche. A tal proposito abbiamo intervistato la Dott.ssa Pedrolì, psicologa e ricercatrice dell'Auxologico che opera nella riabilitazione cognitiva di pazienti con disturbi di memoria spaziale e funzioni esecutive attraverso l'utilizzo dei Caves. Ci spiega come l'ambiente virtuale rappresentato da un supermercato virtuale o un appartamento possa rappresentare uno strumento riabilitativo utile per questo tipo di pazienti. Attraverso gli ambienti virtuali è possibile intervenire sulla capacità di stimolare la programmazione, la pianificazione, problem solving, e memorizzazione del lavoro, che sono tutte funzioni deficitarie in questo tipo di patologie.

Attraverso esercizi riabilitativi quali la pianificazione di un percorso di una spesa virtuale, guidato dai comandi verbali impartiti dal terapeuta, al paziente vengono stimolate capacità deficitarie. Man mano che si va avanti con la riabilitazione aumentano i livelli di difficoltà che diventano sempre più complessi e si introducono elementi di disturbo. Dopo ogni prova è possibile avere una serie di dati quali: tempo di esecuzione, pianificazione e le prestazioni eseguite in modo da eseguire un'analisi dettagliata .

Un altro ambiente attualmente utilizzato per la memoria spaziale, spiega la Dott.ssa Pedrolì, è la città virtuale in cui viene stimolata la capacità di orientamento e memorizzazione del lavoro, utilizzando due protocolli. Nella prima fase il paziente deve pianificare il percorso da eseguire per raggiungere un oggetto. Nella seconda fase viene stimolata la memorizzazione del lavoro, ossia il paziente si ritrova nel punto dove era presente l'oggetto e deve ripercorrere il percorso fatto. Il terapeuta può aiutare il paziente introducendo un percorso guidato che il paziente dovrà seguire

oppure può guidare il paziente attraverso l'utilizzo di punti di riferimento che vengono forniti dal paziente stesso.

Con la RV è possibile valutare se i pazienti siano in grado di formulare, memorizzare e controllare tutti gli obiettivi, al fine di rispondere efficacemente alle esigenze richieste.

La RV trova impiego anche nell'autismo, migliorando la qualità di vita dei bambini e delle loro famiglie, potenziando la loro capacità di eseguire funzioni di vita quotidiana; questo è stato un altro importante traguardo raggiunto con questo tipo di terapia (Newschaffer et al., 2007).

Diversi studi hanno rilevato che l'apprendimento virtuale fornisce un ambiente più sicuro per lo sviluppo di competenze associate alle funzioni della vita quotidiana per i bambini autistici. L'ambiente simulato permette al bambino di imparare abilità importanti, aumentando la probabilità di trasferirli nella loro vita di tutti i giorni (Wallace et al., 2010).

In questo contesto, numerosi studi hanno dimostrato i benefici della RV, dato da un aumento del processo di apprendimento del bambino autistico (Ehrlich e Miller, 2009; Goodwin, 2008).

In particolare, i bambini autistici imparano velocemente ad utilizzare il dispositivo e mostrano miglioramenti molto importanti nei compiti richiesti (per esempio, per identificare alcuni oggetti o camminare attraverso alcuni spazi specifici in scenari virtuali), (Parsons et al, 2004). A tal proposito sono stati utilizzati due diversi protocolli, utilizzando ambienti virtuali come strumento di abilitazione, per insegnare ai bambini come comportarsi in ambiti sociali e come interpretare alcune conversazioni sociali (Herrera et al, 2008 Mitchell et al., 2007).

Infine un altro importante applicativo vede la RV come strumento per migliorare la mobilità motoria in pazienti paralizzati con lesioni a livello spinale (Nicolelis et al., 2003). Recentemente Donati e collaboratori (2016) hanno utilizzato un protocollo grazie al quale i pazienti riacquistavano la capacità di camminare autonomamente grazie all'uso della RV nonostante presentassero lesioni midollari gravi (Donati et al., 2016).

Il protocollo utilizzato da Donati (2016) prevedeva un ambiente virtuale immersivo in cui il paziente utilizzava la sua attività cerebrale per controllare i movimenti del corpo dell'avatar attraverso un feedback visivo-tattile. Il tutto era accompagnato dall'uso di attuatori di arti robotici, un esoscheletro robotico e un sistema di andatura su un tapis roulant. Una volta che i pazienti imparavano a utilizzare i segnali cerebrali per controllare il passo attraverso la gamba robotica immaginavano i movimenti delle proprie gambe. Questo studio pubblicato recentemente su

Nature ha permesso di identificare come l'uso di RV porti miglioramenti somatici del controllo motorio a livello delle lesioni midollari.

Sembra che l'immaginazione motoria del paziente di camminare mediata attraverso la RV, porti un flusso continuo di feedback propriocettivi e tattili. Tutto questo favorisce una stimolazione della plasticità corticale e spinale portando un cambiamento e una modulazione dei circuiti neurologici attraverso connessioni motori e sensoriali nella zona intorno alla lesione.

Riabilitazione con realtà virtuale immersiva

Alla luce dei diversi ambiti clinici in cui può spaziare l'utilizzo della realtà virtuale, appare evidente che offre un approccio innovativo per supportare il recupero funzionale delle abilità nei pazienti affetti da disturbi cognitivi nelle fasi iniziali, disturbi motori quali ictus o malattia di Parkinson, disturbi psicologici come ansia, fobie o stress. Questa metodica infatti, come già accennato in precedenza, si è mostrata utile per promuovere l'esercizio delle funzioni compromesse al fine di gestire, superare, ridurre o compensare i deficit del paziente. In particolare per citare un esempio pratico, i programmi di riabilitazione con la Telepresenza Immersiva Virtuale (TIV), si basano sull'esecuzione di attività con livelli di difficoltà graduabili all'interno di un dispositivo immersivo (CAVE) che simula in modo estremamente realistico e interattivo situazioni e contesti di vita quotidiana.

*L'Istituto Auxologico Italiano, specializzato anche nella **ricerca sulla Realtà Virtuale Immersiva applicata alle terapie riabilitative** è la prima struttura ospedaliera al mondo a dotarsi di due stanze di tecnologia "Cave".* Come ha spiegato la Dottoressa Elisa Pedroli, Psicologa esperta in neuropsicologia presso il **Laboratorio di Tecnologia Applicata alle Neuroscienze** dell'Istituto Auxologico Italiano di Milano, questo approccio innovativo consente, infatti, di migliorare l'efficacia dei programmi di riabilitazione per alcune funzioni compromesse, al fine di gestire, superare o ridurre tali deficit e consentendo al paziente di beneficiare del supporto terapeutico negli ambienti in cui si sviluppano comunemente i disturbi. Praticamente, il Cave è costituito da tre pareti retrospettive in plexiglass e un pavimento di un materiale diverso rispetto a quello delle pareti.

Sui tre schermi, quello centrale chiamato Master, i due laterali chiamati Slave e sul pavimento vengono riprodotti ambienti virtuali generati dal computer e con i quali il paziente può interagire utilizzando un joystick come quello per l'X-Box il quale sembra essere facilmente utilizzabile. Il paziente indossa dei particolari occhiali simili a quelli utilizzati per la visione tridimensionale (3D) al

cinema o alla televisione e gli vengono inoltre applicati sensori di posizione che rilevano i suoi movimenti per trasmetterli al computer. Il Cave è provvisto di quattro camere Vicon ad infrarossi per il tracciamento del movimento, che riconoscono dei marker posizionati sia sugli occhiali, sia sul joystick. Inoltre, vi sono quattro casse per l'audio in modo da riproporre un ambiente più simile al reale. All'esterno del Cave vi sono due workstation, una per gli schermi centrali e una per gli schermi laterali dalle quali è possibile controllare e dare l'input tramite software e dall'altro visualizzare i movimenti del paziente immerso nella Realtà Virtuale. Il software utilizzato è chiamato Middle ed è deputato alla sincronizzazione di tutti gli input e dei quattro schermi senza il quale non sarebbe possibile fruire di un ambiente in 3D. Il sistema ad infrarossi Vicon viene utilizzato anche per l'analisi del cammino, in questo caso verranno posizionate le telecamere a seconda del setting che si vuole creare, al paziente precedentemente verranno inseriti dei marker in punti chiave che interessa valutare, così il paziente cammina e viene contemporaneamente fatta l'analisi. Tutti gli ambienti vengono creati in Unity che è un programma utilizzato per la creazioni di ambienti in 3D. è necessario che si allinino tutte e 4 gli schermi in modo che siano in asse con gli occhiali altrimenti il paziente vede male e questo potrebbe aumentare il senso di nausea (cybersickness) che è attualmente l'unico effetto collaterale riscontrato dal cave (http://www.auxologico.it/2016/06/nasce_l_era_della_cybertherapy_in_medicina/).

EHEALTH AND BIOMEDICAL APPLICATIONS

Come hanno recentemente osservato Satava e Jones [1], i vantaggi degli ambienti virtuali per l'assistenza sanitaria possono essere riassunti in una sola parola: rivoluzionari!

Attualmente, grazie ai rapidi progressi tecnologici, le modalità con cui le persone si relazionano, comunicano e vivono stanno cambiando.

Infatti tecnologie come Internet, le e-mail, e le video/teleconferenze stanno diventando metodi noti per la diagnosi, la terapia, l'istruzione e la formazione.

Tuttavia, il possibile impatto della realtà virtuale (VR) per l'assistenza sanitaria è addirittura superiore a quello offerto dalle nuove tecnologie di comunicazione [3]. Infatti, la VR è una tecnologia, ma al contempo rappresenta un'esperienza da vivere attraverso interfacce comunicative [4]. Ecco perché la ricerca nel campo della realtà virtuale è in costante e veloce movimento. La prima applicazione in ambito sanitario di VR risale ai primi anni '90, nata dalla

necessità del personale medico di visualizzare dati medici complessi, in particolare per e durante la pianificazione di un intervento chirurgico [5].

In realtà, le applicazioni di chirurgia connesse all'utilizzo della VR ricadono principalmente in tre classi: la formazione in chirurgia, la pianificazione chirurgica e l'utilizzo della realtà aumentata per sessioni di chirurgia "in aperto", endoscopia, e radiochirurgia.

Negli ultimi anni, la VR ha generato sia grande entusiasmo ma anche grande confusione.

Cercheremo a tal proposito di delineare, al meglio, lo stato attuale della ricerca e della tecnologia rilevanti per lo sviluppo di ambienti virtuali ed i loro diversi ambiti applicativi nel mondo biomedicale e della salute.

Medical education

L'insegnamento dell'anatomia è principalmente illustrativo, e l'applicazione della VR a tale scopo rappresenta un grande potenziale [38]. Attraverso la visualizzazione 3D di enormi volumi di informazioni e banche dati, i medici e gli studenti sono in grado di capire importanti principi fisiologici e di anatomia di base [39]. Per esempio, le esperienze virtuali possono essere utilizzate sia per fini didattici sia come strumenti educativi esperienziali, consentendo una comprensione più profonda delle interrelazioni tra le strutture anatomiche che non possono essere ottenute con qualsiasi altro mezzo, tra cui la dissezione su cadavere. Nell'agosto del 1991 sono state rese visibili dalla Scuola di Medicina dell'Università del Colorado le prime immagini anatomiche digitali di corpi umani maschili (1971 immagini anatomiche assiali) e femminili (5189 immagini) ottenute ad intervalli di 0,33 mm e di 1,0 mm che hanno consentito la creazione di libri di testo di anatomia in VR (41). Inoltre la US National Library of Medicine, in collaborazione con altre agenzie governative di ricerca, ha iniziato lo sviluppo di programmi di calcolo in grado di eseguire automaticamente molte delle funzioni base di gestione dei dati necessari per l'utilizzo dei dati visibili umani nelle applicazioni [42]; rendendo così questi dati disponibili gratuitamente su Internet permettendo la realizzazione di un numero enorme di ambienti virtuali didattici.

In aggiunta nel loro libro recentemente modificato, Westwood e colleghi [43] riportano più di dieci diverse applicazioni educative e di visualizzazione. In futuro ci si può aspettare lo sviluppo di diversi modelli dinamici di VR che illustrano come i vari organi e sistemi di movimento, durante gli

stati normali o patologici, rispondono alle varie forze applicate esternamente (ad esempio, il tocco di un bisturi).

Oltre alla formazione anatomica, la VR è stata utilizzata per l'insegnamento delle capacità di esecuzione di un ECG a 12 derivazioni [44]. In tutti questi casi, i simulatori di VR hanno permesso l'acquisizione di competenze tecniche necessarie per la procedura.

Biomedical simulation

Surgical Training

La realtà virtuale promette di cambiare il mondo della formazione e della pratica chirurgica. Proprio come i simulatori di volo hanno rivoluzionato la formazione dei piloti, i simulatori umani diventeranno “aule mediche” del futuro. I chirurghi saranno in grado di allenarsi su modelli umani simulati e perfezionare le loro tecniche senza nemmeno entrare in una sala operatoria. I recenti progressi nella tecnologia dei computer hanno messo queste idee entusiasmanti alla nostra portata.

La Realtà virtuale, collegata al campo della formazione medica, può insegnare abilità vitali per i chirurghi prima di effettuare un'operazione. La formazione chirurgica è essenziale per ottenere risultati ottimali per migliorare la qualità di vita dei pazienti garantendo ai chirurghi di eseguire procedure di routine e complesse. Le attività di istruzione e di formazione standard di un chirurgo sono dispendiose in termini di tempo e per questo motivo i professionisti sono costantemente alla ricerca di modelli alternativi di formazione, che potrebbero vedere l'impiego della realtà virtuale. Attraverso VR è possibile insegnare ai chirurghi, utilizzando un computer che genera un ambiente per migliorare in efficienza ed efficacia, tecniche per eseguire procedure di base, come ad esempio avviene nella chirurgia laparoscopica. La formazione chirurgica simulata (Surgical Simulation A Systematic Review Leanne M. Sutherland, PhD, Philippa F. Middleton, MPH, Adrian Anthony, MBBS, FRACS, Jeffrey Hamdorf, MBBS, PhD, FRACS, Patrick Cregan, MBBS, FRACS, David Scott, MD, MS, FRACS, and Guy J. Maddern, MBBS, MS, MD, PhD, FRACS) utilizza un software per addestrare i chirurghi attraverso esercitazioni che si basano su simulazioni video. La formazione chirurgica che ricorre a tali simulazioni, favorisce la crescita a livello di attitudini cognitive, tecniche e cliniche ed aiuta ad offrire la standardizzazione delle competenze, delle abilità e dei requisiti di istruzione e di formazione dei chirurghi. Nonostante ci siano prove che una formazione di questo tipo ridurrà in futuro l'utilizzo dei cadaveri per le esercitazioni dei chirurghi praticanti, e di altre metodologie di

formazione costose, non è stata ancora dimostrata la superiorità di queste tecniche rispetto alle pratiche tradizionali. Tra i vantaggi che si possono avere vi è la possibilità di migliorare i risultati per il paziente. In uno studio condotto su 16 chirurghi, l'uso della realtà virtuale durante l'addestramento ha diminuito gli errori durante operazioni chirurgiche alla cistifellea. Coloro i quali non erano stati addestrati con la simulazione hanno avuto la probabilità di danneggiare la cistifellea cinque volte superiore. L'uso di simulatori virtuale ha dunque mostrato che vi è un miglioramento complessivo per il paziente. L'uso di tali simulatori ha anche migliorato il tempo necessario per eseguire le procedure per coloro che sono stati addestrati con questa tecnologia. Da questo studio è emerso che tali chirurghi erano in grado di operare con una velocità del 29% maggiore rispetto a chi non aveva ricevuto tale formazione. "È semplicemente fantastico vedere ogni piccola apertura nel cranio attraverso cui passa ogni singolo nervo, afferma il Dr Neil Martin, presidente del Dipartimento di Neurochirurgia dell'Università della California di Los Angeles'. "Sull'immagine, posso vedere la carotide passare attraverso il margine del tumore. [...] Questo è un grande miglioramento."

Poiché i sistemi di realtà virtuale sono in rapido miglioramento e questa nuova tecnologia si sta muovendo velocemente nel campo della chirurgia, c'è bisogno di rivalutare il ruolo della VR in chirurgia dal punto di vista della formazione e della pianificazione. I sistemi e le possibilità, discussi di cui sopra, sono solo l'inizio di un'affascinante tecnologia del futuro e del suo uso potenziale in medicina. Il più grande ostacolo che si deve affrontare oggi è la progettazione di un modello migliorato del corpo umano da utilizzare con la VR. Una delle lezioni fondamentali da trarre è che, la realtà virtuale avrà il compito di migliorare la formazione, e non di sostituire la metodologia esistente.

Nonostante la sua centralità in campo medico, l'essere umano virtuale trova applicazione in settori come i trasporti per i crash test, i militari per la ricerca balistica sulle lesioni dei tessuti, e del commercio per gli studi di progettazione ergonomiche.

In definitiva l'accettazione di questi simulatori e formatori dipende fortemente dal realismo dei modelli virtuali su cui si basano. Questi modelli dovranno essere multi-dimensionali, specifici, e temporali, e dovranno prevedere con precisione i risultati della chirurgia ed il processo di guarigione.

Telerehabilitation and remote data assess

Dispositivi periferici: VRRS Googles

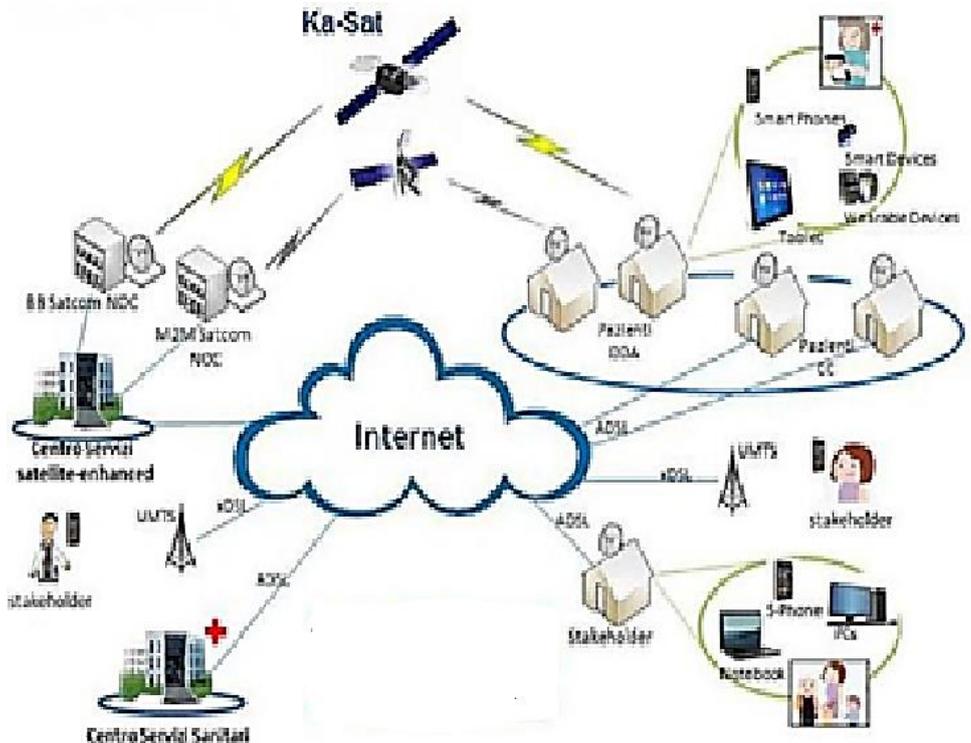
I VRRS GOOGLES rappresentano il sistema dedicato alla esplorazione spaziale in realtà virtuale immersiva. Il dispositivo, completamente integrato e sincronizzato con il sistema centrale VRRS EVO è realizzato per eseguire la riabilitazione rivolta alle problematiche cognitive, dell'equilibrio, motori e di terapia occupazionale. Tutti i compiti forniscono i molteplici bio-feedback in tempo reale al paziente e tutti gli esercizi sono supportati dal set di opzioni del sistema VRRS. Inoltre, le attività del paziente vengono automaticamente inserite nel sistema di reporting integrato sincronizzato

La piattaforma di Teleriabilitazione permetterà dunque alle Strutture Sanitarie, pubbliche e private, di fornire ad esempio, il servizio di riabilitazione direttamente a casa del cliente; A tale proposito, si è pensato inizialmente, di rivolgere questo nuovo servizio in favore dei pazienti affetti da patologie Neuro-motorie, cercando di garantire una costante verifica dei processi terapeutici, senza la necessaria presenza in loco del personale medico/riabilitativo, se non in casi assolutamente necessari.

Più specificamente, l'accesso ai Servizi di Teleriabilitazione sarebbe possibile da domicilio utilizzando sistemi di telecomunicazione satellitare e terrestri, attraverso dispositivi fissi o mobili (dispositivi intelligenti) che permetteranno:

1. Stabilire un punto di contatto con il proprio medico/figura professionale di riferimento, che saranno in grado di gestire a questo punto più pazienti contemporaneamente;
2. Pianificare la terapia di ogni paziente nei minimi dettagli;
3. Fornire informazioni aggiornate sui progressi della terapia (risultati previsti dal trattamento e azioni correttive) per mezzo di un telecomando di controllo in tempo reale;
4. Controllare lo svolgimento delle attività previste dalla terapia e allertare/avvisare il paziente, l'assistenza sanitaria e le persone più vicine al cliente qualora le previsioni di miglioramento non siano state prese in considerazione o non siano state raggiunte;
5. Eseguire misurazioni (periodiche e/o ad hoc) dei parametri vitali tramite sensori senza fili (wireless) e attraverso sensori indossabili quali il cardiofrequenzimetro per misurare gli indici di resistenza alle terapie;

6. Aggiornare la cartella clinica del paziente grazie alla possibilità di ricevere informazioni digitali;
7. Eseguire consulti medici e/o riabilitativi a distanza, potendo interfacciarsi con i colleghi.



Struttura di riferimento modello di Teleriabilitazione

ANALISI PRELIMINARE DEI COSTI E DEI BENEFICI

Molti pazienti con malattie neurologiche attualmente vengono trattati in regime ambulatoriale all'interno degli Ospedali e nei centri specializzati; considerando che la maggior parte dei pazienti presentano difficoltà relative al mobilitarsi sia con mezzi propri che con i servizi navetta offerti dalla struttura (spesso assenti), oppure presentano una rilevante distanza rispetto alla propria posizione geografica di domicilio, queste difficoltà impediscono loro di raggiungere il centro di riabilitazione dove poter ricevere il trattamento; allora da qui nasce la necessità di risorse umane e materiali per garantire il trattamento domiciliare, ma questo tende ad aumentare i costi della terapia e la difficoltà di erogare un trattamento continuo, con costi che spesso e volentieri si presentano insostenibili per il paziente. Con la Teleriabilitazione, o con la fornitura di servizi di riabilitazione mediante sistemi elettronici che utilizzano le tecnologie dell'informazione e della comunicazione, sarebbe possibile estendere la cura riabilitativa al di là del contesto ospedaliero,

all'interno di un ambiente familiare, contribuendo a mantenere inalterata l'efficacia dell'intervento ad un costo più sostenibile, abbandonando gli impedimenti sopra menzionati.

Paziente	<ul style="list-style-type: none"> • eliminazione dei disagi causati da un viaggio da casa al centro di riabilitazione e viceversa; • Controllo continuo della sicurezza da parte dei caregivers; • aumento della qualità della vita.
Caregivers	maggior efficienza nelle attività di assistenza del paziente.
Enti Pubblici del Servizio Salute	<ul style="list-style-type: none"> • riduzione dei costi; • maggior efficienza nelle attività di assistenza del paziente.
Enti Privati del Servizio Salute	<ul style="list-style-type: none"> • evitare problemi dovuti alla limitazione del personale; • maggior efficienza nelle attività di assistenza del paziente; • accesso a pazienti lontani dal centro di salute/riabilitazione.
Fornitori del Servizio di Teleriabilitazione	aumenta le opportunità di business.
Fornitori dei Sistemi Satellitari	possibilità di ampliare il proprio mercato.
Fornitori di rete terrestre	aumentare le opportunità di business.
Applicazione Manifatturiera	possibilità di ampliare il proprio mercato

Possibili benefici dei soggetti interessati alla Teleriabilitazione

La capacità di fornire un servizio di teleriabilitazione nel mondo terapeutico, eliminando le barriere geografiche che, per motivi logistici ed amministrativi, limitano il bacino di utenze in un territorio

ben definito, mettendo in moto un circolo virtuoso che sfocia in un contesto di dimensioni molto più grandi, offrendo la possibilità di curarsi e riabilitarsi senza alcun limite territoriale. Così, si può eseguire da casa la terapia e allo stesso tempo si possono ridurre i prezzi; nel futuro ci si aspetta un notevole incremento del numero di pazienti che beneficeranno del servizio proposto diminuendo l'afflusso al sistema di riabilitazione attuale, compresi coloro che non sono autorizzati a coprire i costi economici, parziali o totali, offerti dal Sistema Sanitario Nazionale.

Elenchiamo qui di seguito altre promettenti applicazioni della VR nella riabilitazione di persone, ad esempio, con disabilità motoria.

- Riabilitazione delle funzioni motorie deficitarie
- Training per l'utilizzo di ausili per la mobilità
- Interventi per il miglioramento della qualità della vita della persona

Riabilitazione delle funzioni motorie deficitarie

I sistemi di realtà virtuale possono essere utilizzati per il miglioramento delle performance motorie permettendo di lavorare sulla velocità e l'accuratezza dei movimenti, oltre che sull'inibizione dei movimenti involontari o sul miglioramento della postura e dell'equilibrio.

Numerosi interventi di natura sperimentale hanno riguardato le possibili applicazioni di un software, Gesture Xtreme, inizialmente progettato come prodotto per l'intrattenimento e per la didattica, soprattutto in ambito museale.



Software Gesture Xtreme

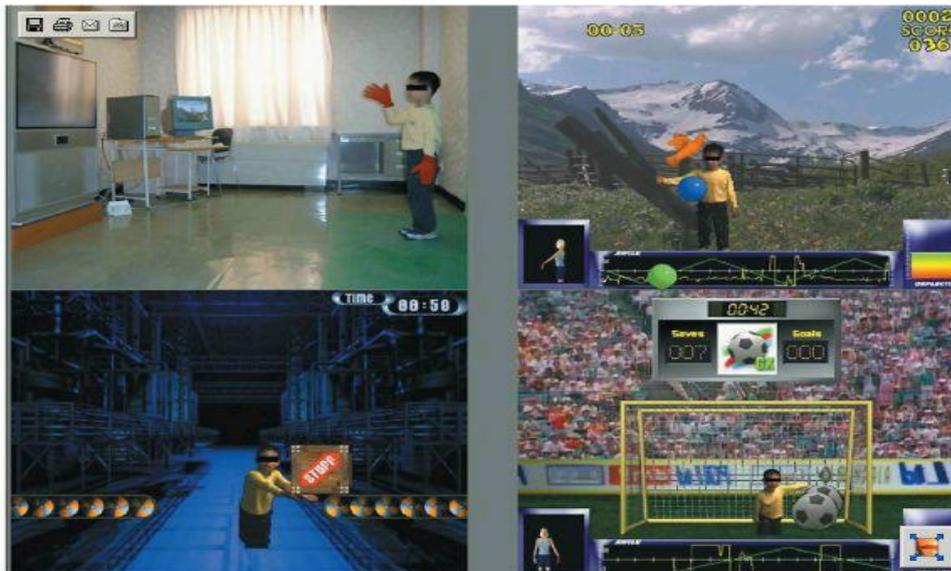
Il programma Gesture Xtreme è stato più volte applicato nel contesto riabilitativo per la sua semplicità ed economicità e per l'alto grado di realismo che crea. La persona, ripresa da telecamere, vede su di un monitor (o proiezione a muro) se stessa (e non un avatar) nell'atto di

interagire con gli ambienti virtuali proposti (fondali marini o spazi aerei, campi di calcio o di palla canestro ed altro). Questo programma utilizza come input i movimenti globali del corpo che possono essere decodificati ed opportunamente tradotti dal programma (un movimento grossolano del braccio può per esempio permettere di lanciare una palla in un canestro virtuale) senza richiedere l'uso di periferiche complesse come i caschetti con monitor incorporati.

Interessanti risultati sono stati ottenuti nel trattamento di disfunzioni motorie come le emiparesi, come ad esempio riporta uno studio di Sung You, pubblicato nel 2005 dall'università di Cambridge, su un bambino con emiparesi da esiti di PCI.

L'autore, utilizzando il programma Gesture Xtreme, dimostra come il trattamento porti a significativi progressi sul piano motorio, progressi testimoniati anche da tecniche di neuro immagine che evidenziano come la terapia basata sulla realtà virtuale porti ad una riorganizzazione della corteccia motoria.





Esperimenti condotti con il software GestureXtreme

Per quanto riguarda il recupero delle funzioni dell'equilibrio e degli aspetti posturali, menzioniamo il sistema CAREN (Computer Assisted Rehabilitation Environment), messo a punto in Olanda ed utilizzato oltre che per la riabilitazione anche per la diagnosi precoce dei disturbi dell'equilibrio e della postura.

Il sistema CAREN si avvale di una pedana mobile in grado di rilevare e registrare, attraverso un sistema ottico e magnetico, i movimenti del paziente fornendo un feedback visivo a tre dimensioni della performance.



Immagine del sistema Caran

Questo sistema, utilizzabile sia con pazienti che deambolano autonomamente che con quanti utilizzano ausili o siano protesizzati, permette di lavorare su strategie alternative di movimento e

di rafforzare le strategie funzionali già possedute, abbreviando sensibilmente i tempi necessari al completamento del percorso riabilitativo .

Training per l'utilizzo di ausili per la mobilità

La realtà virtuale, ampiamente utilizzata nelle simulazioni di guida e di volo, per scopi didattici o di intrattenimento, ha trovato un utile impiego nei programmi di addestramento all'uso degli ausili per la mobilità.

Citiamo a questo proposito Roll Simulator, un software messo a punto dalla fondazione A.S.P.H.I., con la collaborazione della regione Emilia Romagna nel 2001, all'interno di un progetto dedicato alle menomazioni plurime.

Il programma può essere utilizzato dagli operatori nelle fasi preliminari di addestramento all'uso delle carrozzine a trazione elettrica con utenti che presentino, oltre al deficit motorio, anche gravi disturbi della vista. Infatti sono presenti dispositivi sonori e luminosi aiutano anche gli ipovedenti a muoversi in un ambiente virtuale casalingo, composto da cucina, sala, camera da letto, bagno e giardino.



Immagine del software Roll Simulator

RollSimulator si presenta come un ambiente virtuale a tre dimensioni presente in tre diverse versioni grafiche (da quella fotografica -di maggiore realismo- fino a quella con contrasto elevato, indicata per chi presenti disturbi della vista più marcati), interamente navigabili dall'utente, che riproducono una casa formata da quattro ambienti e da un giardino.

L'utente, per mezzo delle frecce direzionali della tastiera, è chiamato a spostarsi attraverso le stanze, evitando gli ostacoli che vengono segnalati dal software attraverso dei feedback di tipo acustico.

Il programma oltre ad essere un valido strumento per addestrare in sicurezza all'uso della carrozzina, è anche in grado di stimolare memoria visiva e tutte le abilità visuo spaziali.

Interventi per il miglioramento della qualità della vita della persona

La realtà virtuale può essere una tecnologia in grado di promuovere non solo il miglioramento delle funzioni corporee e delle attività della persona con disabilità motoria, ma anche il suo grado di benessere e di partecipazione.

Molto spesso le persone con gravi disabilità motorie dedicano gran parte del proprio tempo ad attività di tipo passivo (come guardare la televisione) o allo svolgimento di attività terapeutiche di vario tipo.

Le attività ludiche e in generale tutte le attività del tempo libero possono in questi casi essere sporadiche e poco soddisfacenti. Per questo motivo, programmi che hanno già rivelato la loro utilità negli interventi riabilitativi sul movimento sono stati applicati anche come strumento per promuovere la qualità di vita globale dei pazienti.

Alcune ricerche si sono focalizzate sullo studio degli effetti dell'utilizzo della realtà virtuale su dimensioni come il tono dell'umore, l'autostima, il senso di padronanza e la motivazione a fare delle persone, in particolare bambini e giovani adulti con disabilità motoria.

Uno studio pubblicato dalla rivista Cyber Psychology (Weiss et al., 2003) ha osservato gli effetti dell'utilizzo di tre scenari ludici virtuali del già citato software Gesture Xtreme, su cinque ragazzi con esiti di paralisi cerebrale infantile (tutti con assenza di linguaggio e di deambulazione accompagnati da deficit cognitivi). Lo studio di Weiss ha rilevato, attraverso la somministrazione di questionari, un alto grado di soddisfazione e di coinvolgimento nelle attività proposte.

UN NUOVO APPROCCIO

La Realtà Virtuale attraverso il Kinect

Uno dei più recenti (a prezzi ragionevoli) approcci alla realtà virtuale è rappresentato da Microsoft Kinect. Kinect permette l'utilizzo di console o/e PC per monitorare movimenti della persona in tempo reale.

Kinect permette anche il riconoscimento gestuale (dei gesti) avanzato, il riconoscimento facciale, il riconoscimento vocale, ed è in grado di svolgere il monitoraggio fino a sei persone contemporaneamente, tra cui due giocatori attivi per l'analisi del movimento.

Si tratta di un approccio moderno alla riabilitazione, che è divertente per il paziente. Questa forma di sessione, dal punto di vista psicologico, porta molti aspetti positivi, che si traducono in effetti più forti - desiderati in termini di miglioramento del funzionamento delle persone che seguono la riabilitazione.



Le caratteristiche principali del sistema di SeeMe

SeeMe offre corsi di formazione attiva sotto forma di giochi e ciò rende i pazienti più motivati a partecipare al loro processo di riabilitazione. SeeMe crea un ciclo di feedback tra il paziente e il fisioterapista durante l'esecuzione degli esercizi di riabilitazione. In tempo reale il fisioterapista può monitorare le prestazioni del paziente e regolare i parametri dell'esercizio corrente "gamificato" per soddisfare le singole esigenze di recupero del paziente.

APPLICAZIONI

SeeMe utilizza una vasta gamma di compiti terapeutici per consentire la formazione in tutti i campi della riabilitazione:

1. MUSCOLOSCHELETRICO

- Gamma di movimento
- Forza
- Resistenza
- Fitness e allenamento cardiovascolare

2. EQUILIBRIO

- Tronco e controllo posturale
- risposte posturali anticipatorie
- Le reazioni adeguate agli stimoli e i distrattori collocati in posizioni pianificate o casuali

3. NEUROLOGICO

- qualità di movimento
- consapevolezza del movimento e la propriocezione

4. COGNITIVO

- Memoria
- Percezione
- Pianificazione e funzioni esecutive

ATTIVITÀ COINVOLGENTI

Tutti i compiti terapeutici inclusi in SeeMe offrono un sacco di parametri e di livelli. Avendo queste opzioni, i terapeuti sono in grado di preparare corsi di formazione che permettono ai pazienti di

sperimentare emozioni positive, mantenere la motivazione, diventare più auto-confidente e migliorare la compliance. Non vi è alcuna necessità di indossare, tenere o essere collegato a qualsiasi apparecchiatura e i pazienti possono quasi dimenticare che si tratti ancora di una vera riabilitazione!

POTENZIALITÀ

I biofeedback, consegnati dal sistema, consentono una visione dettagliata dell'esercizio formativo di riabilitazione e progressi a medio-lungo termine. Permette al terapeuta di raccogliere i risultati oggettivi del progresso del singolo trattamento. Il sistema è in grado di rilevare i movimenti di compensazione, i relativi angoli tra i vari arti, i tempi e la gamma di movimento e altro ancora.

STRUMENTO DI RICERCA

Il software SeeMe fornisce la documentazione pertinente sulla terapia. La storia della documentazione offre informazioni sui risultati conseguiti dal paziente con tutti i dettagli che descrivono le condizioni in cui il paziente stava esercitando la riabilitazione. La documentazione raccolta da SeeMe consente la valutazione obiettiva dei progressi della terapia e può essere utilizzata per sostenere il processo decisionale clinico.

Compiti del SeeMe / panoramica giochi

Il SeeMe contiene molti di compiti con diversi parametri e livelli:

- Gym
- Slide
- Cleaner
- Ball
- Sorter
- Raft
- Maze
- Oarsman
- Space
- React

- Warm up
- Walker

Per quali tipi di pazienti è indicato l'uso del SeeMe?

Lo scopo del SeeMe è quello di sostenere la terapia funzionale per i pazienti che hanno perso la capacità funzionale di una parte del corpo o che hanno limitate funzioni ad esempio cognitive causate da traumi cerebrali, neurogeni, spinali, disturbi muscolari o ossei legati. Tenendo conto delle controindicazioni e delle caratteristiche di ogni singolo paziente, il SeeMe può essere utilizzato in caso di:

5. Incidenti Cerebro vascolari
6. Sclerosi multipla
7. Paralisi cerebrale
8. La malattia di Parkinson e sindromi extrapiramidali
9. operazioni di Brain-tumorali
10. lesioni del midollo spinale
11. Trauma cranico
12. atrofia muscolare
13. debolezza muscolare a causa della mancanza di mobilità - Decondizionamento
14. Endoprotesi per anca, ginocchio, gomito e della spalla
15. Dopo fratture stabili di vertebra e / o delle estremità
16. amputazioni degli arti, con o senza protesi
17. Equilibrio e di equilibrio disturbati

HOME REHABILITATION

La riabilitazione non deve essere complicata o togliere alla persona un sacco di tempo. Di solito qualsiasi attività fisica influenzerà la persona in modo molto positivo soprattutto quando potrà trascorrere questo tempo divertendosi con la famiglia.

La riabilitazione a casa è possibile?

Sarebbe possibile ovviamente attraverso la lavorazione, la progettazione e lo sviluppo di prodotti orientati alla famiglia che preparano i piccoli per il futuro, e soluzioni tecnologiche come offerte

del domani. La credenza nei giochi user-friendly nasce dal fatto che questi sono accessibili e facili da usare per persone di qualsiasi età qualsiasi competenza.

Naturalmente il “giocare” in casa non sostituirà il processo di riabilitazione normale, dove il terapeuta è in grado di scoprire quali esercizi risulteranno migliori per il paziente, di regolare i parametri della formazione al training in modo ottimale e di monitorare i suoi progressi nel corso del tempo.

Tuttavia la formazione a casa risulterebbe essere un vantaggio aggiuntivo alla terapia standard.

Allora, quale sarebbe la migliore soluzione da proporre? La terapia inizia mentre il medico sta visitando il paziente. Il medico insegnerà al paziente come utilizzare il sistema, preparerà per lui corsi di formazione personalizzati e poi di giorno in giorno analizzerà i risultati per tener conto se le sedute di terapia siano stimolanti. Sarà necessario effettuare almeno diverse sessioni di terapia con il medico nelle vicinanze e che manterrà la regolazione di tutti i parametri per pianificare e realizzare la terapia su misura e appropriata per il paziente.

Le maggiori informazioni circa la terapia a casa le troviamo nel VAST REHAB.



Perché VAST.Rehab?

Vast.Rehab è un sistema di riabilitazione che utilizza la realtà virtuale pieno di funzionalità con la possibilità di lavorare per tutti, dalle piccole pratiche di fisioterapia ai più grandi ospedali in tutto il mondo. Vast.Rehab è facile da imparare e da usare, ed è perfetto per terapisti che cercano un modo conveniente per rendere i loro pazienti più motivati a partecipare al loro processo di riabilitazione.

Vast.Rehab traccia automaticamente i progressi del paziente, in modo tale da far spendere ai terapisti meno tempo per il lavoro di ufficio e avere così più tempo per trattare i loro pazienti. Con Vast.Rehab, i medici possono accedere a una vasta gamma di metriche di performance validi da più categorie.

Una volta che il paziente impara come utilizzare il sistema durante il training face to face con il suo medico, si potrà “portare a casa” la terapia. Tutti i dati sono sincronizzati con un server cloud based, in modo che il medico sa se i pazienti fanno gli esercizi come prescritto.

Vast.Rehab è classificato come dispositivo medico e ha ricevuto la certificazione CE in conformità con il sistema normativo delle direttive sui dispositivi medici dell'UE.

In conclusione possiamo presumere che la Teleriabilitazione potrebbe portare ad un significativo abbattimento dei costi dei trattamenti domiciliari da parte delle strutture eroganti e del SSN, consentendo inoltre al terapeuta, di poter gestire in modalità multi tasking più pazienti contemporaneamente, evitando dispersione di risorse ed energie, in quanto si eviterebbero spostamenti da una parte all'altra della città, e si consentirebbe di raggiungere qualsiasi persona ovunque essa si trovi nel minor tempo possibile.

Inoltre, tale metodica consentirebbe il raggiungimento di ogni paziente ovunque esso si trovi attraverso una connessione di tipo satellitare o terrestre; sarà cura della struttura erogante il Servizio di Teleriabilitazione fornire in comodato d'uso ai pazienti tutto il necessario per la sua attuazione, il quale sarà poi restituito al termine del trattamento Teleriabilitativo. Infine non bisogna sottovalutare la possibilità di abbattimento dei costi delle prestazioni riabilitative.

Cos'altro possiamo chiedere alla realtà virtuale?

L'ausilio nella telemedicina, ovvero fare riabilitazione comodamente a casa mentre ci divertiamo con un videogioco magari, come l'obiettivo che si è posto la Media Hospital di Milano mentre usa i dispositivi VR nei propri ambulatori.

TELEMEDICINA

Si è tentato di focalizzare l'attenzione sull'analisi degli aspetti costi/benefici che un servizio di Teleriabilitazione potrebbe portare all'Azienda erogatrice dello stesso, comparato a quelli già ampiamente conosciuti della terapia tradizionale, sia essa ambulatoriale che domiciliare; abbiamo cercato ancora di sottolineare la diversità dei servizi messi a confronto, e dunque non si è fatto mistero dell'ovvia diversità che un servizio di Teleriabilitazione mostrerebbe se confrontato con una terapia, che prevede la presenza fisica del terapeuta a domicilio del paziente. Pertanto, la formula di trattamento che vorremmo proporre nel nostro lavoro non riguarda la sostituzione delle terapie tradizionali, che garantiscono un rapporto diretto del paziente con il proprio riabilitatore, bensì la sua naturale prosecuzione a domicilio del cliente, il quale al termine del DRG (diagnosis-related group) previsto all'interno della struttura di riabilitazione dettata dalla propria Regione di appartenenza, avrà la possibilità comodamente da casa, attraverso un collegamento satellitare o terrestre, di lavorare con il terapeuta già sperimentato e scelto, per migliorare e/o mantenere le proprie abilità motorie e cognitive.

Tale innovazione porterebbe ad un significativo abbattimento dei costi dei trattamenti domiciliari da parte delle strutture eroganti e del SSN, consentendo inoltre al terapeuta, di poter gestire in modalità multi tasking più pazienti contemporaneamente, evitando dispersione di risorse ed energie, in quanto si eviterebbero spostamenti da una parte all'altra della città, e si consentirebbe di raggiungere qualsiasi persona ovunque essa si trovi nel minor tempo possibile. Sarà cura della struttura erogante il Servizio di Teleriabilitazione fornire in comodato d'uso ai pazienti tutto il kit necessario per la sua attuazione, il quale sarà poi restituito al termine del trattamento Teleriabilitativo.

L'innovazione tecnologica può contribuire a una riorganizzazione dell'assistenza sanitaria, in particolare sostenendo lo spostamento del fulcro dell'assistenza sanitaria dall'ospedale al territorio, attraverso modelli assistenziali innovativi incentrati sul cittadino e facilitando l'accesso alle prestazioni sul territorio nazionale.

Le modalità di erogazione delle prestazioni sanitarie e socio- sanitarie abilitate dalla telemedicina sono fondamentali in tal senso, contribuendo ad assicurare equità nell'accesso alle cure nei territori remoti, un supporto alla gestione delle cronicità, un canale di accesso all'alta

specializzazione, una migliore continuità della cura attraverso il confronto multidisciplinare e un fondamentale ausilio per i servizi di emergenza-urgenza.

Lo sviluppo di strumenti per la Telemedicina consente sia di trovare nuove risposte a problemi tradizionali della medicina, sia di creare nuove opportunità per il miglioramento del servizio sanitario tramite una maggiore collaborazione tra i vari professionisti sanitari coinvolti e i pazienti.

Di seguito si sintetizzano le principali motivazioni e benefici attesi che spingono allo sviluppo ed all'adozione di tecniche e strumenti di Telemedicina:

Equità di accesso all'assistenza sanitaria

L'equità dell'accesso e la disponibilità di un'assistenza sanitaria qualificata in aree remote possono essere grandemente aumentate dall'uso della Telemedicina. Si pensi al mare, alle piccole isole, alla montagna ma anche semplicemente ad aree rurali poco collegate alle città di riferimento. La Telemedicina inoltre può concorrere a migliorare l'assistenza sanitaria in carcere, che presenta disagi e costi aggiuntivi dovuti all'organizzazione dei trasferimenti, una difficoltosa gestione delle emergenze, lunghi tempi di attesa per gli accertamenti diagnostici/specialistici, ed una limitata attività di diagnosi preventiva.

Migliore qualità dell'assistenza garantendo la continuità delle cure

A questa motivazione è legata tutta la Telemedicina mirata a portare direttamente presso la casa del paziente il servizio del medico, senza che questo si allontani dal suo studio e senza che il paziente stesso sia costretto a muoversi. La cura delle malattie croniche può rappresentare un ambito prioritario per la applicazione di modelli di Telemedicina. Il Telemonitoraggio può migliorare la qualità della vita di pazienti cronici attraverso soluzioni di auto-gestione e monitoraggio remoto, anche ai fini di una de-ospedalizzazione precoce.

Migliore efficacia, efficienza, appropriatezza

La sfida dei sistemi sanitari dei prossimi anni, legata all'invecchiamento della popolazione ed alla prevalenza delle malattie croniche sull'acuzie, deve essere affrontata anche attraverso un miglior uso del sistema, supportato dall'information and communication technology. L'introduzione della Telemedicina come innovativa modalità organizzativa ha una immediata ricaduta nel rendere

fruibile e continua la comunicazione fra i diversi attori e orientare gli erogatori verso un utilizzo appropriato delle risorse, riducendo i rischi legati a complicità, riducendo il ricorso alla ospedalizzazione, riducendo i tempi di attesa, ottimizzando l'uso delle risorse disponibili. La disponibilità di informazioni tempestive e sincrone offre inoltre la possibilità di misurare e valutare i processi sanitari con questa modalità organizzativa attraverso indicatori di processo ed esito. L'utilizzo di strumenti di Telemedicina, a titolo esemplificativo, può anche essere a supporto della terapia farmacologica per migliorare la compliance del farmaco. Sono disponibili dispositivi e sistemi per aiutare il paziente nel processo terapeutico e migliorare i risultati con riduzione degli eventi avversi da farmaci.

Contenimento della spesa

La Telemedicina non può più essere considerata come un settore a sé stante, quanto piuttosto come una specializzazione nell'ampio settore della Sanità Elettronica. Quest'ultima comprende in senso più ampio l'uso dell'ICT a supporto dell'intera gamma di funzioni e processi operativi che investono il settore sanitario, ed il Fascicolo Sanitario Elettronico ne rappresenta certamente il fronte più avanzato ed innovativo che sta impattando progressivamente le realtà europea, nazionale e regionale.

Uno dei vantaggi dei nuovi modelli organizzativi basati sulla Telemedicina è rappresentato da una potenziale razionalizzazione dei processi sociosanitari con un possibile impatto sul contenimento della spesa sanitaria, riducendo il costo sociale delle patologie. Se correttamente utilizzati, i servizi di Telemedicina possono contribuire a una trasformazione del settore sanitario ed a un cambiamento sostanziale dei modelli di business che ad esso sottendono. Alla luce delle precedenti osservazioni, è chiaro infatti come la disponibilità di servizi di Telemedicina per aree o pazienti disagiati potrebbe permettere anche una diminuzione delle spese, come pure un aumento dell'efficienza del sistema. Inoltre, la Telemedicina può essere di supporto alla dimissione protetta ospedaliera, alla riduzione delle ospedalizzazioni dei malati cronici, al minor ricorso ai ricoveri in casa di cura e di riposo degli anziani, alla riduzione della mobilità dei pazienti alla ricerca di migliori cure.

Contributo all'economia

Quello della Telemedicina e sanità elettronica, e più in generale quello delle tecnologie applicate alla medicina (dispositivi medici), è uno dei settori industriali a maggior tasso di innovazione.

Si stima che il mercato per l'e-health abbia un valore potenziale di 60 miliardi di euro, di cui l'Europa rappresenta circa un terzo. Quella dell'e-health è considerata la più vasta industria sanitaria, dopo quella farmaceutica e quella dei dispositivi medici. Il valore globale del mercato della telemedicina è atteso crescere da 9,8 miliardi di dollari nel 2010, che salirà a 27,3 miliardi di dollari nel 2016, secondo uno studio della BCC Research del marzo 2012. L'importanza economica della Telemedicina si esplica pertanto non solo in un potenziale contenimento della spesa sanitaria, ma anche in un contributo significativo all'economia, in un settore in cui l'industria europea, ma anche quella nazionale (comprese numerose piccole e medie imprese) è in buona posizione ha subito nell'ultimo decennio una rapida espansione che si prevede continui a crescere a ritmo sostenuto.



Comunication interface : Una partecipante donna e il suo avatar nella stanza virtuale. Il partecipante è connesso con lo strumento di Brain computer interface (BCI) all'interno del sistema come il Cave.

DISCUSSIONE

Si dice che Platone abbia detto “si può scoprire molto più di una persona in un’ora di gioco che in un anno di conversazione” (Moncur & Moncur, 2002). Questa antica citazione ha una rilevanza particolare per le applicazioni della realtà virtuale nella riabilitazione.

Osservando e/o quantificando l’approccio o la strategia che adotta una persona che prende parte ad un’attività game-based strutturata si può capire in che modo vengono acquisite nozioni durante assessments standard tradizionali. Utilizzando la realtà virtuale si potrebbe avere una percezione più corretta delle abilità naturali di un individuo, grazie alla capacità di una persona di sentirsi coinvolta in un compito di gaming ed alla minore focalizzazione sul fatto di essere “sotto esame”.

Uno dei vantaggi della realtà virtuale risiede nella possibilità di creare ambienti che consentono di testare sistematicamente l’uomo, educarlo e trattarlo in modo da consentire il preciso controllo di stimoli 3D complessi più o meno immersivi, all’interno dei quali sono possibili interazioni sofisticate, localizzazioni comportamentali e infine registrazioni di performance.

Abbiamo intervistato il Dott. Stefano Mugnaini, docente presso il Master in Assistive Technology presso la Facoltà di Medicina dell’Università degli Studi di Roma "Tor Vergata", al quale abbiamo chiesto quali siano, secondo la sua esperienza, i vantaggi che si possono trarre dall’utilizzo della realtà virtuale nella terapia riabilitativa rispetto all’utilizzo della terapia tradizionale.

“[...] diamo la possibilità al paziente di provare situazioni che, diversamente, non potrebbe provare. Uno dei primi esperimenti, risalente a dieci anni fa, permette di creare interi ambienti. Noi abbiamo creato un ambiente che inizialmente rispondeva alle leggi della fisica, in cui il paziente era immerso (girava la testa a destra e l’ambiente rispondeva di conseguenza, seguendo il movimento della testa).” Ed ancora “[...] le applicazioni per la medicina riabilitativa sono tante ed interessanti ed il rischio per il paziente è minimo; utilizzando la realtà virtuale è possibile compiere degli esercizi che altrimenti non sarebbe possibile svolgere in condizioni di sicurezza. Stiamo conducendo uno studio che si propone di lavorare su potenziali locali in realtà virtuale, nell’ambito del progetto che abbiamo con la Sertec e l’Università di Losanna. Quello che vorremmo valutare sono i potenziali locali cognitivi nell’ambito della riabilitazione utilizzando la realtà virtuale e capire quanto il cervello interpreti come reali alcuni stimoli dati, e quanto si renda

conto della finzione. Quello che vorremmo capire è come, nella riabilitazione robotica, il cervello interpreta alcune situazioni proposte passivamente. Una delle cose che accade utilizzando la riabilitazione robotica è che il paziente si sente meglio, è più soddisfatto dopo averla utilizzata. Questo perché il cervello valuta come positivo l'esercizio che è stato fatto. Ci sono dei potenziali locali cognitivi che possono mettere in evidenza questo”.

La domanda da porsi quando si parla delle eventuali applicazioni della realtà virtuale è: quale posto occuperà la realtà virtuale nel futuro della riabilitazione?

Per avere un'idea più chiara sulle possibili implicazioni di un utilizzo della realtà virtuale nella pratica della riabilitazione, è utile effettuare un'analisi SWOT per il campo della realtà virtuale e le scienze della riabilitazione.

SWOT è un acronimo che sta per forza (Strength), debolezza (Weakness), opportunità (Opportunity) e minacce (Threats), ed è un'analisi comunemente utilizzata nel mondo del business utile a valutare i fattori che influenzano la posizione competitiva di un'azienda sul mercato, con uno sguardo al futuro.

Generalmente, un'analisi SWOT serve per scoprire l'ottimale corrispondenza tra i punti di forza e di debolezza interni ad una data azienda e le tendenze ambientali (opportunità e minacce) che questa deve e/o dovrà affrontare (figura).

- Un punto di forza può essere visto come una risorsa, un unico approccio, o la capacità che consente ad un'azienda di raggiungere i propri obiettivi definiti.

A tal proposito la realtà virtuale può permettere un controllo più preciso dello stimolo fornito ad un paziente che si trova all'interno di un ambiente di training o di riabilitazione più o meno realistico.

- Una debolezza è una limitazione, un difetto, o un difetto dell'azienda che impedisce il progresso ed il raggiungimento di obiettivi definiti.

Ad esempio, il campo di vista limitato e la risoluzione possono limitare l'utilizzo e la percezione della realtà se si parla di realtà virtuale.

- L'opportunità si riferisce a forze interne o esterne all'ambiente operativo dell'azienda, ad un trend che aumenta la domanda per quello che questa è in grado di fornire, o consente all'azienda stessa di fornire in modo più efficace.

Per quanto riguarda la realtà virtuale si è assistito ad una crescita enorme nel campo del gioco interattivo digitale; questo ha portato ad un forte aumento della qualità con lo scopo di rendere fruibile la realtà virtuale su un semplice PC.

- Una minaccia può essere una qualsiasi situazione sfavorevole che si verifica all'interno dell'ambiente all'interno del quale opera l'azienda, che ne ostacola la strategia rappresentando una barriera o un vincolo che limita il raggiungimento di obiettivi.

Parlando di realtà virtuale, ad esempio, i clinici e gli uffici finanziari credono che le apparecchiature richieste per l'utilizzo della realtà virtuale a scopo terapeutico siano troppo costose da consentirne l'inclusione nella pratica clinica corrente.

Ciò che sarebbe utile fare utilizzando un'analisi SWOT, è trovare una strategia che sfrutti le opportunità di un'azienda/entità utilizzandone i punti di forza, affrontando in modo proattivo le minacce compensando le debolezze.

La maggiore critica che viene mossa ai metodi di riabilitazione clinici tradizionali è legata alla validità ecologica di questi, cioè al grado di rilevanza o somiglianza che un test o sistema di training ha rispetto al mondo "reale" (Neisser, 1978).

Un punto di forza principale che la realtà virtuale offre al mondo della riabilitazione risiede nella possibilità di creare ambienti simulati ma realistici, in cui le prestazioni di un paziente possono essere testate ed addestrate in modo sistematico.

Progettando ambienti virtuali che non solo "somigliano" al mondo reale, ma che in realtà incorporano sfide che richiedono l'utilizzo di comportamenti funzionali legati e collegati al mondo reale, la validità ecologica dei metodi di riabilitazione potrebbe essere ulteriormente migliorata.

Le evidenze raccolte dall'utilizzo della realtà virtuale a scopi riabilitativi potrebbero avere una maggiore validità predittiva e rilevanza clinica per le sfide che i pazienti devono e dovranno affrontare nel mondo reale.

Un certo numero di esempi illustrano gli sforzi compiuti fino ad ora per migliorare la validità ecologica della riabilitazione, utilizzando ambienti virtuali progettati in modo da essere repliche sempre più fedeli di importanti ambienti funzionali. Ciò ha incluso la creazione di città virtuali (Brown et al., 1998; Costas et al., 2000), supermercati (Cromby et al., 1996), case (Pugnetti et al., 1998; Rose et al., 2001), cucine (Christiansen et al., 1998; Davies et al., 2002), ambienti scolastici

(Stanton et al., 1998; Rizzo et al., 2002), aree di lavoro / uffici (McGeorge et al., 2001; Schultheis & Rizzo, 2002); reparti di riabilitazione (Brooks et al., 1999), e anche una spiaggia virtuale (Elkind et al., 2001).

Dal momento che gli esseri umani sono in grado di mostrare una elevata capacità di "sospensione dello scetticismo" e quindi di rispondere agli stimoli come se lo scenario entro cui si trovano fosse reale, si potrebbe ipotizzare che un compito da eseguire utilizzando la realtà virtuale possa essere ben supportato nonostante il limitato realismo grafico.

Uno dei punti di forza di una qualsiasi forma di tecnologia di simulazione avanzata è la capacità di fruibilità sistematica di questa ed il controllo degli stimoli. Il valore aggiunto derivante dall'utilizzo della realtà virtuale risiede nella capacità di stimolare sistematicamente un soggetto all'interno simulazioni immersive e nella possibilità di personalizzare la riabilitazione di un individuo. È possibile, ad esempio, cominciare la riabilitazione da un livello di difficoltà che sia semplice, raggiungibile e confortevole per quella persona, fino ad arrivare gradualmente e progressivamente ad un livello di difficoltà maggiore, sulla base alle prestazioni del paziente. In questo modo si ha l'opportunità di individuare, modificare, e pianificare le singole strategie di prestazioni da fornire ad ogni livello gerarchico di difficoltà all'interno di un ambiente virtuale. In questo modo, la corretta esecuzione di molte attività quotidiane, che richiede l'integrazione di una varietà di funzioni cognitive e motorie, in un ambiente virtuale può essere meglio isolato, valutato, e successivamente riabilitato.

Il valore potenziale che ha un feedback delle performance ottenute con la realtà virtuale per la riabilitazione può essere visto in applicazioni progettate per supportare la terapia fisica negli adulti a seguito di un ictus (Deutsch et al., 2001; Jack et al, 2001). Queste applicazioni utilizzano vari dispositivi (guanti e devices che si applicano sulle caviglie) che traducono i movimenti dell'utente in una visibile ed in qualche modo rilevante attività che poi è possibile visualizzare graficamente su un display a schermo piatto.

L'autovalutazione indipendente e la pratica "home-based" da parte dei pazienti/clienti sono componenti comuni alla maggior parte delle forme di riabilitazione.

È probabile che l'utilizzo indipendente della realtà virtuale diventerà sempre più comune, così come, in futuro, l'accesso a sistemi e software si espanderà.

La possibilità di poter utilizzare la realtà virtuale in maniera indipendente (con il supporto di un professionista appropriato) può essere vista come un punto di forza per una serie di motivi. La realtà virtuale si distingue per la sua capacità di fornire livelli elevati e gradi differenti di immersione e di interattività tra l'utente e l'ambiente virtuale. Si crede che queste caratteristiche uniche possano aiutare a generare un senso di presenza all'interno dell'ambiente virtuale stesso.

LIMITI

La riabilitazione cognitiva riguarda l'adattamento efficace dei metodi di prova e di formazione da parte dei pazienti con significative disabilità sensoriali e/o motorie. In questo caso, la questione spesso si pone su quanto le prestazioni di un paziente riflettano le disfunzioni cognitive o quanto siano artefatti dovuti a disturbi senso-motori periferici.

Attraverso la realtà virtuale è possibile affrontare la questione della sperimentazione e dell'educazione delle abilità giornaliere funzionali e cognitive in pazienti con disabilità senso-motoria.

Un approccio pone l'accento sulla progettazione di dispositivi di interfaccia uomo-computer adattati ad un ambiente virtuale, in modo da promuovere l'utilizzo e l'accesso alla cura.

Un secondo approccio è stato quello di adattare le caratteristiche dell'ambiente virtuale sulla base dei bisogni delle persone con disabilità.

La realtà virtuale offre la possibilità di catturare e rivedere la registrazione digitale delle prestazioni del paziente in un ambiente virtuale da diverse prospettive ed in momenti diversi.

In considerazione di ciò, l'evoluzione futura della realtà virtuale nella riabilitazione sarà probabilmente guidata da tre elementi chiave.

In primo luogo, continui progressi nel campo forniranno le tecnologie necessarie a consentire un utilizzo sempre più semplice della realtà virtuale. Una riduzione dei costi hardware, permetterà alla realtà virtuale di diventare più disponibili ed utilizzabili in maniera indipendente da medici e ricercatori.

In secondo luogo, facilitare ed aumentare l'accesso a tale tecnologia e l'impatto delle forze di mercato potrebbe portare ad un ulteriore sviluppo di nuove applicazioni. Infine, la continua ricerca volta a determinare l'affidabilità, la validità e l'utilità della realtà virtuale contribuirà a stabilire la possibilità dell'utilizzo di alcune applicazioni come strumenti di riabilitazione.

È verosimile pensare che i futuri professionisti della riabilitazione saranno in grado di acquistare un sistema di realtà virtuale che presenterà con una serie di ambienti (vale a dire, a casa, in classe, in ufficio, comunità, ecc), all'interno dei quali saranno disponibili una serie di test e di attività di formazione da sottoporre al paziente da riabilitare.

Abbiamo intervistato il Dott. Marco Stramba-Badiale - fisiatra, geriatra e cardiologo, Direttore Dipartimento Geriatrico-Cardiovascolare dell'I.R.C.C.S. Istituto Auxologico di Milano. È a capo di un'unità multidisciplinare che vede ricoverati sia pazienti con diversi gradi di disabilità sia pazienti anziani. All'interno di questo Dipartimento l'equipe del Dott. Stramba-Badiale si occupa di demenza, deficit cognitivo, malattie neurologiche che creano disabilità come il Parkinson, l'ictus, problemi motori e cardio-respiratori, fragilità fisica e cognitiva. Vi è una casistica molto ampia ed un'expertise decennale nel campo della realtà virtuale, partecipando alla stesura di linee guida e prendendo parte a trial clinici in ambito riabilitativo.

Alla domanda del perché ha deciso di scommettere sulla realtà virtuale in prima persona e poi di estendere questa scommessa coinvolgendo l'Istituto, il Dott. Stramba-Badiale ha risposto: "Abbiamo scommesso, visto che non c'erano tantissime tecnologie di alto livello utilizzate nella la riabilitazione, non solo per la valutazione e non solo a scopo di ricerca; abbiamo deciso di provarci. Abbiamo avuto dei finanziamenti molto sostanziosi sia dal Ministero della Ricerca che dal Ministero della Salute, i quali hanno investito ciascuno circa 1 milione di euro. Grazie a questo finanziamento abbiamo avuto la possibilità di acquisire una tecnologia adatta all'utilizzo all'ambito riabilitativo e nello stesso tempo ci ha consentito di sviluppare dei protocolli di ricerca per sviluppare questa metodica di realtà virtuale in campo riabilitativo. Essendo stato sperimentato in campo psico-cognitivo ci sembrava utile allargare questo spettro anche agli altri ambiti. La realtà virtuale cerca di riprodurre degli ambienti di vita quotidiana delle azioni di vita quotidiana in modo ecologico, più simile alla realtà e consente di riprodurre delle situazioni che sarebbero molto più difficili da riprodurre nella vita reale. Consente ad esempio di simulare un appartamento, o una piazza, una città mentre spesso il paziente è chiamato a fare degli atti che sono slegati dalla realtà in cui poi deve tornare".

Considerando l'aspetto cognitivo, è possibile dare dei tasks, chiedere al paziente di andare a cercare degli oggetti o fare un determinato percorso; è possibile effettuare una valutazione iniziale, quantificare gli errori che vengono svolti e dare una pesatura dei deficit anche un po' più diretta rispetto a quella fatta utilizzando le tecniche classiche di riabilitazione. È possibile

impostare un trattamento in base al deficit esecutivo o attentivo o in base all'orientamento nello spazio e fare un programma specifico, valutando se ci sono dei riscontri positivi sull'efficacia di questo intervento. È difficile ottenere outcome di questo tipo con i metodi tradizionali. Dunque, le potenzialità applicative della realtà virtuale a fini terapeutici non sono solo equivalenti ai metodi riabilitativi tradizionali, ma probabilmente sono superiori.

A questo punto, la domanda che ci poniamo, e che abbiamo posto all'intervistato è: "per quale motivo in Italia la realtà virtuale non ha ancora una valenza scientifica e quindi non viene vista come un supporto terapeutico che possa eventualmente essere rimborsato dal SSN?" – "Noi per la prima volta abbiamo ottenuto il marchio di CE medicale per un dispositivo di realtà virtuale; nessun altro l'ha avuto. Senza il marchio medicale difficilmente si può arrivare ad una rimborsabilità per una metodica che non può neanche essere messa in commercio. A livello internazionale, sulla base di una serie di studi fatti anche da noi che hanno dimostrato che in alcuni campi c'è un'efficacia - ad esempio nell'ictus, in alcuni domini di deficit di ictus come ad esempio il Neglet, deficit cognitivi, problemi di vista, problemi dell'uso della mano, problemi di equilibrio. In tutti questi campi ci sono stati studi che hanno dimostrato che c'è un'efficacia, infatti le linee guida americane dell'American Health Association sulla riabilitazione dell'ictus per la prima volta quest'anno hanno inserito la realtà come uno dei possibili trattamenti. Questo implica che si è già autorizzati, infatti in alcuni campi, nel post-stroke è possibile utilizzarla al di fuori della ricerca, si può già utilizzare grazie a queste linee guida. Il problema del rimborso è che per un paziente ricoverato o in day-hospital, questo è forfettario, cioè viene rimborsata la giornata, a prescindere dalla metodica utilizzata. Si può scegliere se utilizzare zero risorse oppure fare come noi, cioè utilizzare delle tecnologie molto avanzate. Ma se decidessi di farlo ambulatorialmente, per un paziente che non è ricoverato, il SSN non lo rimborserebbe. Nel nostro Istituto è possibile farlo ambulatorialmente, ma a pagamento.

Recentemente è stata creata una rete di neuro-riabilitazione alla quale partecipano anche altri Istituti con tecnologie un po' meno sofisticate (ndr del CAVE, utilizzato all'I.R.C.C.S Istituto Auxologico). Penso che nel giro di un paio di anni si arriverà anche al rimborso per i pazienti esterni". È consolante sapere che, come afferma lo stesso dottore, se fino a tre anni fa l'I.R.C.C.S. Istituto Auxologico era l'unico ad utilizzare la realtà virtuale in Italia, attualmente vi è un boom nell'utilizzo di questa tecnologia con questi scopi, infatti gli istituti I.R.C.C.S. che si occupano di riabilitazione ne hanno compreso il potenziale ed iniziano ad utilizzarla.

La Deloitte Global - società che fornisce servizi di audit, tax, consulting e financial advisory ad aziende pubbliche e private in tutti i settori di mercato – ha recentemente incluso il mercato della realtà virtuale tra le sue “TMT Predictions 2016”, indicandola come una nicchia che vale miliardi di dollari(<https://www2.deloitte.com/global/en/pages/technology-media-and-telecommunications/articles/tmt-pred16-media-virtual-reality-billion-dollar-niche.html#>).

Ecco che il mondo della realtà virtuale risulta appetibile per gli investitori.

Afferma il Dott. Stramba-Badiale “[...] quando abbiamo costruito i CAVE ci siamo affidati ad una piccola azienda [...], e non è un caso che subito dopo sia stata acquisita da una multinazionale, la Reply, che ha capito che la realtà virtuale è utile non solo per i videogames, ma trova impiego anche in ambito clinico. È vero che attualmente è solo una nicchia di mercato, ma può diventare importante. Non è un caso che altre aziende nel campo medicale si siano rese conto che la realtà virtuale potrebbe essere il futuro, e stanno investendo su questo”.

Ma, attualmente, in Italia, quali sono i costi per il paziente? Un ciclo di 10 sedute, che includono anche la valutazione con i test cognitivi iniziali e finali, costa circa 2000 euro. All’interno del pacchetto è compresa l’assistenza di un neuropsicologo, che lavora insieme al paziente utilizzando una serie di tecnologie sofisticate.

Quello che, ad oggi in Italia mancano, sono studi di tipo economico. “Il tema della rimborsabilità è complesso, ci si affida all’Health Technology Assessment per la valutazione degli aspetti sia di efficacia che di sicurezza. Queste valutazioni vengono fatte quando cominciano ad essere prodotti già dei risultati di efficacia, non si parte solo dall’aspetto economico”.

L’obiettivo che ci si deve proporre è dimostrare che l’intervento attraverso l’utilizzo della realtà virtuale a fini terapeutici è ugualmente efficace, se non più efficace. Idealmente un intervento dovrebbe essere efficace senza aumentare i costi.

A tal proposito, grazie al nuovo progetto che vede il coinvolgimento del dipartimento del dott. Stramba-Badiale e dell’Auxologico, si sta cercando di valutare l’utilizzo di sistemi più accessibili, come smartphone o tablet nei quali trasferire con app trattamenti di tipo riabilitativo sviluppati e iniziati nel dispositivo CAVE, per poterli proseguire a domicilio. In questo contesto si inserisce il trial appena partito, che vuole unire non solo gli esercizi fatti in ospedale ma anche per consentire la prosecuzione del trattamento a casa. A tal proposito è stata creata una rete che si occupa di

tele-neuro-riabilitazione in cui si vuole sperimentare l'utilizzo della realtà virtuale al domicilio del paziente la riabilitazione e studiarne l'impatto economico.

Utilizzando questo tipo di meccanismo ci potrebbe essere una riduzione di costi sia di degenza ospedaliera sia di personale. Ad esempio con una riabilitazione a domicilio di un fisioterapista il costo è più elevato se lo si paragona alla possibilità di utilizzare un device a distanza guidato da un operatore che permette di poter effettuare la riabilitazione dietro l'assistenza di un avatar.

È chiaro che lo scopo non è sostituire l'aspetto umano, ma è indubbio che questo sistema potrebbe, tra gli altri benefici, aiutare anche a risparmiare. Nel progetto dell'Auxologico si vuole capire quali possono essere le prospettive future per la realtà virtuale anche da questo punto di vista.

Uno degli aspetti interessanti legati all'utilizzo della realtà virtuale è proprio legato all'utilizzo di questa tecnologia all'interno dell'ambiente sanitario. Ad esempio, con i nuovi sistemi progettati dal Dott. Sileo, è possibile ottenere potenze di calcolo estremamente elevate in spazi ridotti. Questo permette una migliore ed una più rapida realizzazione nel settore delle immagini. Tutta l'area della radiologia e della tomografia verrebbe rivoluzionata e rivista sia in termini di tempistiche di esposizione della persona ad eventi energetici esterni, sia in relazione alla problematica posizione degli operatori, sia in riferimento al controllo del paziente. Grazie a questa tecnologia è possibile compiere il lavoro di 10 computer in un tempo millesimale e monitorare in tempo reale e con l'appoggio ad altri sistemi di persone che si muovono in un ambiente ospedaliero che devono essere tenute sotto controllo. Alcuni dei dispositivi che è possibile utilizzare attualmente rientrano nell'ordine dei cm, non c'è più produzione di rumore ed il calore emesso dalla macchina viene smaltito con un sistema ecologico che utilizza sistemi di raffreddamento. Questi sistemi sono facilmente impiantabili ed apportano un risparmio di tipo energetico con un tempo di esposizione e di elaborazione e consumo di energia ridotto; nascono per il settore sanitario. Le applicazioni più interessanti sono state proprio di tipo "energivoro", non solo sotto il profilo macchina ma anche sotto il profilo dell'elaborazione dei dati. In questo modo si abbattano i costi di un buon 70% (Dott. Stefano Mugnaini).

A questo punto ci si potrebbe chiedere perché è così difficile introdurre la realtà virtuale a scopo terapeutico.

Il problema non è solo italiano, ma è un problema generale. Il grosso limite fino a questo momento è la poca interazione ed incontro tra chi si occupa di innovazione tecnologica e chi si occupa di medicina. Finalmente questi due ambienti iniziano ad incontrarsi, e solo l'interazione tra questi due mondi può far sì che ci sia l'introduzione di questa tecnologia nella clinica. Probabilmente, da un lato i medici tendono ad essere refrattari all'utilizzo di tecniche innovative, dall'altro chi si occupa di tecnologie non ha colto le potenzialità che ci sono nel campo clinico.

In Italia siamo molto avanti sotto il profilo sia delle tecnologie sia di chi vuole impiegarle in campo sanitario. A tal proposito, l'istituto Auxologico ha fatto una cosa unica: mettere dentro un ospedale dei dispositivi così innovativi, i CAVE. "È vero che c'è molta difficoltà nell'introdurre la realtà virtuale, ma vedo molto meno ostacoli oggi rispetto al passato. Io credo che ormai il tempo sia maturo, aiutato anche dal fatto che la realtà si sta distribuendo anche in altri campi. [...] Diciamo che in Europa si comincia a sentire una certa sensibilità, e quindi si sta iniziando a investire molto di più in questo campo".

CONCLUSIONI

La realtà virtuale esiste da 20 anni, ma fino a 4-5 anni fa il tema dei costi rendeva più che sperimentale e di nicchia questo ramo di applicazione clinica: attualmente i costi per l'ingresso negli ambulatori di molte realtà sanitarie non superano i 10.000 euro. La realtà virtuale trova applicazione in molte aree: l'area riabilitativa delle funzioni cognitivo-motorie che copre le fragilità dei soggetti anziani, quello delle patologie neurodegenerative, come l'Alzheimer o il Parkinson e cerebrolesive come l'ictus. C'è poi l'area dello stress, dei disturbi d'ansia, dei disturbi della condotta alimentare e della grande obesità. Esistono poi numerose modalità di applicazione della tecnologie 3.0 in ambito medico, come il recente investimento finanziario fatto dal sistema sanitario inglese per fare consultazioni mediche on line.

Per quanto riguarda i potenziali vantaggi in termini economici, vi è una riduzione dei tempi richiesti dalle terapie: per il disturbo del panico – patologia molto frequente e disabilitante – con l'aiuto della Realtà Virtuale si riescono a ridurre le sedute.

Il vantaggio principale riguarda proprio i costi. Nessuno spostamento, maggiore aderenza terapeutica sia per la logistica che per la ormai testata capacità di creare i presupposti relazionali adeguati a garantire la continuità terapeutica e della creazione di un rapporto di cura. Questo è vero soprattutto quando la videoterapia è preceduta da un'introduzione alla cura da una relazione faccia a faccia della durata di uno o più incontri.

In ambito riabilitativo neuromotorio il più grande vantaggio è la parametrizzazione. Nulla avviene a caso, le persone che devono recuperare l'uso di un arto compromesso da un incidente o da una patologia degenerativa, hanno la possibilità di eseguire allenamenti attentamente misurati e calibrati.

È possibile utilizzare programmi immersivi per modificare la percezione del corpo abbinando un lavoro motorio ad attività comportamentali. È possibile inoltre, imparare a gestire emozioni positive e negative e modificare azioni comportamentali del soggetto.

La simulazione virtuale induce risposte emotive paragonabili a quelle del mondo reale. Si tratta di una dimensione intermedia fra immaginazione e mondo reale, dove si può sviluppare l'autoefficacia del soggetto, che è l'elemento preponderante che caratterizza la realtà virtuale e la differenza dalle tecniche immaginative utilizzate nelle terapie tradizionali.

Grazie alla RV e all'evoluzione tecnologica, nascono strumenti sempre più all'avanguardia ad esempio, è possibile eseguire misurazioni di parametri vitali tramite l'ausilio di sensori senza fili e bluetooth o attraverso sensori indossabili quali il cardiofrequenzimetro per misurare gli indici di resistenza alle terapie.

Di conseguenza, la RV offre una migliore qualità e risoluzione con la prospettiva di migliorare sempre di più in futuro.

In conclusione oggi la realtà virtuale è considerata una tecnologia emergente sulla quale stanno investendo realtà come Facebook, Google, Samsung e nei prossimi 5 anni avrà un impatto significativo e rivoluzionario sul settore dell'healthcare. Grazie infatti all'utilizzo di strumenti innovativi per migliorare e integrare la terapia riabilitativa tradizionale, la RV funge anche da supporto per il contenimento della spesa sanitaria attraverso una migliore qualità, efficacia, efficienza ed appropriatezza relative alla continuità delle cure.

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

Cantelmi T., Pensavalli M., Marzocca M. Realtà Virtuale ed Aumentata: implicazioni teoriche ed applicative nei contesti educativi e nella clinica. *Modelli per la mente* 2014; VI (1): 9-14.

Riva G. Virtual reality in psychotherapy: review. In *Cyberpsychology and behavior* 2005;8;3:220-40.

Rubino F., Soler L., Marescaux J., Maisonneuve H. Advances in virtual reality are wide ranging. *British Medical Journal* 2002;324:612.

Schultheis MT., Rizzo AA. The application of virtual reality technology in rehabilitation. *Rehabilitation Psychology* 2001;46:296- 311.

Schubert T., Friedmann F., Regenbrecht H. Embodied presence in virtual environments. In Paton R, Neilson I. (Eds.), *Visual representations and interpretations*. London, United Kingdom: Springer-Verlag. 1999.

Sheridan TB. Musings on telepresence and virtual presence. In *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 1992;(1):120-126.

La Barbera D., Sideli L., La Paglia F. Schizofrenia e realtà virtuale: una rassegna delle applicazioni cliniche. In *Giornale italiano di psicopatologia* 2010;16:78-86.

Gorini A., Pallavincini F., Algeri D., Repetto C., Gaggioli A., Riva G. Virtual reality in the treatment of generalized anxiety disorders. In *Annual review of cybertherapy and telemedicine* 2010;8:31-5.

Morgantini F., Riva G., (2006), *Conoscenza, comunicazione e tecnologia. Aspetti cognitivi della realtà virtuale*, Edizioni LED, Milano

Riva G. Virtual Reality. In *Wiley encyclopedia of biomedical engineering* 2006;4:1-17.

Rizzo A. A., Buckwalter J. G. Virtual reality and cognitive assessment and rehabilitation: the state of art. In G. Riva, (1997), *Virtual reality in neuro-psycho-physiology*, Ios press, Amsterdam

Kennedy, R. S., Berbaum, K. S., & Drexler, J. (1994). Methodological and measurement issues for identification of engineering features contributing to virtual reality sickness. Paper presented at Image 7 Conference, Tucson, AZ

Rolland J. P., Biocca F. A., Barlow T., Kancherla A. (1995). Quantification of adaptation to virtual-eye location in see-thru head-mounted displays. Proceedings of the IEEE Virtual Reality Annual International Symposium '95 (pp. 55–66). Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press

DiZio P., & Lackner J. R. (1992). Spatial orientation, adaptation, and motion sickness in real and virtual environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 1, 323.

Kennedy R. S., & Stanney K. M. (1996). Postural instability induced by virtual reality exposure: Development of certification protocol. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 8(1), 25–47.

AA.VV. (n.d.) Retrieved from <http://augmentedworld.it/cose-la-realta-aumentata>.

Azuma RT. A survey of augmented reality. In *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 1997;6(4):355-385.

Allen NE, Sherrington C, Paul SS, Canning CG. Balance and falls in Parkinson's disease: a meta-analysis of the effect of exercise and motor training. *Movement Disorders* 2011; 26(9):1605–15.

Andrews G., Creamer M., Crino R., Hunt C., Lampe L. & Page, A. *Trattamenti dei disturbi d'ansia. guide per il clinico e manuali per chi soffre del disturbo*. Centro Scientifico Editore, Torino, (2003).

Baños RM, Botella C, Guerrero B, Liaño V, Alcañiz M, Rey B. The third pole of the sense of presence: comparing virtual and imagery spaces. *PsychNol J* (2005) 3(1):90–100. Available from: <http://www.psychology.org/index.php?page=abstract---volume-3---banos>

Bohil CJ, Alicea B, Biocca F. Virtual reality in neuroscience: research and therapy. *Nature* 2011;12:752-762.

Bohil, CJ, Alicea, B, Biocca, FA (2011) Virtual reality in neuroscience research and therapy. *Nature Reviews Neuroscience*, Published online (doi:10.1038/nrn3122).

Clark A., Kirkby K. C., Daniels B. A., Marks I. M. A pilot study of computer-aided vicarious exposure for obsessive compulsive disorders. In Australian and New Zealand journal of psychiatry 1998;32:268-75.

Difede J, Cukor J, Jayasinghe N, Patt I, Jedel S, Spielman L, Giosan C, Hoffman HG. Virtual reality exposure therapy for the treatment of posttraumatic stress disorder following September 11, 2001. J. Clin. Psychiatry 2007;68:1639-1647.

Donnan GA, Fisher M, Macleod M, Davis SM: Stroke. Lancet 2008, 371:1612–1623.

Driscoll I, Hamilton D, Yeo R, Brooks W, Sutherland R. Virtual navigation in humans: the impact of age, sex and hormones on place learning. Horm. Behav. 2005;47:326-335.

Fluet,G.G.,and Deutsch, J.E.(2013).Virtual reality for sensori motor rehabilitation post-stroke: the promise and current state of the field. Curr.Phys. Med.Rehabil.Rep. 1,9–20.doi:10.1007/s40141-013-0005-2

Garcia,N., Sabater-Navarro, J.M.,Gugliemeli, E.,and Casals,A. (2011).Trends in rehabilitation robotics. Med. Biol. Eng. Comput. 49,1089–1091.doi: 10.1007/s11517-011-0836-x

García-Betances,R.I.,Waldmeyer,M.T.A., Fico, G., and Cabrera-Umpiérrez, M.F.(2015). A succincto verview of virtual reality technology use in alzheimer’s disease. Front .Aging Neurosci. 7:80.doi:10.3389/fnagi.2015.00080

Garcia---Palacios, A.,Hoffman H., Carlin A., Furness T.A., & Botella C. (2002). Virtual reality in the treatment of spider phobia: a controlled study. Behaviour Research and Therapy, 40(9), 983---993.

Glisky E.L., D.L. Schacter, M. A. Butters, Domain-specific learning and remediation of memory disorders, in cognitive neuropsychology and cognitive rehabilitation (Eds.: M. J. Riddoch, G. W.Humphreys) Erlbaum, London, (1994)

González, J.C., Pulido, J.C., Fernández, F., and Suárez-Mejías, C. (2015). Planning, execution and monitoring of physical rehabilitation therapies with a robotic architecture. *Stud. Health Technol. Inform.* 210, 339–343. doi:10.3233/978-1-61499-512-8-339

Gorini A, Riva G. Virtual reality in anxiety disorders: the past and the future. *Expert Rev Neurother* (2008) 8(2):215–33. doi:10.1586/14737175.8.2.215

Harris S.R., Kemmerling R.L., & North M.M. (2002). Brief Virtual Reality Therapy for Public Speaking Anxiety. *CyberPsychology & Behavior*, 5(6), 543–550.

Hawkes CH, Del Tredici K, Braak H. A timeline for Parkinson's disease. *Parkinsonism and Related Disorders* 2010;16(2):79–84.

Herrera, G, Alcántud, F, Jordan, R, Blanquer, A, Labajo, G, De Pablo, C (2008) Development of symbolic play through the use of virtual reality tools in children with autistic spectrum disorders. *Autism*, 12(2): 143-157.

Hoffman HG, Richards TL, Coda B, Bills AR, Blough D, Richards AL, Sharar SR. Modulation of thermal-pain related brain activity with virtual reality: evidence from fMRI. *NeuroReport* 2004;15:1245-1248.

Jack, D., Boian, R., Merians, A.S., Tremaine, M., Burdea, G.C., Adamovich, S.V., et al (2001). Virtual reality-enhanced stroke rehabilitation. *IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng.* 9, 308–318. doi:10.1109/7333.948460

Lack C. W., Storch E. A. The use of computers in the assessment and treatment of obsessive compulsive disorder. In *Computers in human behavior*. 2008;24:917-29.

Laver, K.E., George, S., Thomas, S., Deutsch, J.E., and Crotty, M. (2012)- Virtual reality for stroke rehabilitation. *Stroke* 43, e20–e21. doi: 10.1161/STROKEAHA.111.642439

Lees AJ, Hardy J, Revesz T. Parkinson's disease. *Lancet* 2009;373(9680):2055–66.

Merians, A.S., Poizner, H., Boian, R., Burdea, G., and Adamovich, S. (2006). Sensori motor training in a virtual reality environment: does it improve functional recovery post stroke? *Neurorehabil Neural Repair* 20, 252–267. doi: 10.1177/1545968306286914

Li, C.-S.R., Padoa Schioppa, C., & Bizzi, E. (2001). Neuronal correlates of motor performance and motor learning in the primary motor cortex of monkeys adapting to an external force field. *Neuron* 30:593–607.

Ling Y, Nefs HT, Morina N, Heynderickx I, Brinkman WP. A meta-analysis on the relationship between self-reported presence and anxiety in virtual reality exposure therapy for anxiety disorders. *PLoS One* (2014) 9(5):e96144. doi:10.1371/journal.pone.0096144

Mitchell, P, Parsons, S, Leonard, A (2007) Using virtual environments for teaching social understanding to 6 adolescents with autistic spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37(3): 589-600.

Muangpaisan W, Mathews A, Hori H, Seidel D. A systematic review of the worldwide prevalence and incidence of Parkinson's disease. *Journal of the Medical Association of Thailand* 2011;94(6):749–55.

Nicolelis, M. A. *Brain-machine interfaces to restore motor function and probe neural circuits*. *Nat Rev Neurosci* 4, 417–422, doi: 10.1038/nrn1105 (2003).

Padoa Schioppa, C., Li, C.-S.R., & Bizzi, E. (2002). Neuronal correlates of kinematics-to-dynamics transformation formation in the supplementary motor area. *Neuron* 36:751–765.

Page SJ, Gauthier LV, White S: Size doesn't matter: cortical stroke lesion volume is not associated with upper extremity motor impairment and function in mild, chronic hemiparesis. *Arch Phys Med Rehabil* 2013, 94:817–821.

Pomes A, Slater M. Drift and ownership toward a distant virtual body. *Front Hum Neurosci* (2013) 7:908. doi:10.3389/fnhum.2013.00908

Price M, Anderson P. The role of presence in virtual reality exposure therapy. *J Anxiety Disord* 2007; 21:742-51 Psychological Support. Neuilly---sur---Seine, France.

Riva G, Baños R, Botella C, Mantovani F and Gaggioli A. Transforming experience: The Potential of Augmented Reality and virtual Reality for enhancing Personal and Clinical Change. Review published: 30 September 2016

Riva G, Botella C, Baños R, Mantovani F, García-Palacios A, Quero S, et al. Presence-inducing media for mental health applications. In: Lombard M, Biocca F, Freeman J, Ijsselsteijn W, Schaevitz RJ, editors. *Immersed in Media*. New York: Springer International Publishing (2015). p. 283–332.

Riva G. Psicologia e nuovi media: dalla tecnologia alla presenza mediante l'intuizione. In Cesareni D., Manca S., (a cura di), (2010), *Formazione, Innovazione e Tecnologie*, ScriptaWeb

Riva G. Virtual reality in psychotherapy: review. In *Cyberpsychology and behavior*, 2005;8;3:220-40.

Riva G, Bacchetta M, Cesa G, Conti S, Molinari E. Six-month follow-up of in-patient experiential-cognitive therapy for binge eating disorders. *Cyberpsychol Behav* (2003) 6(3):251–8. doi:10.1089/109493103322011533

Riva G., Bacchetta M., Baruffi M., Rinaldi S., Molinari E. Virtual reality based experiential cognitive treatment of anorexia nervosa. In *Journal of behavioral therapy and experimental psychiatry*, 1999;30:221–30.

Riva G., Bacchetta M., Baruffi M., Rinaldi S., Molinari E. Virtual reality based experiential cognitive treatment of anorexia nervosa. In *Journal of behavioral therapy and experimental psychiatry*, 1999;30:221–30.

Riva G., Bacchetta M., Cesa G., Conti S., Castelnuovo G., Mantovani F., Molinari E. Is severe obesity a form of addiction? Rationale, clinical approach and a controlled clinical trial. In *Cyberpsychology and behavior*, 2006;9;4:457-79.

Rizzo and J. G. Buckwalter, Virtual reality and cognitive assessment and rehabilitation: the state of the art. In: G. Riva, ed., *Virtual Reality in Neuro-Psycho-Physiology*. Amsterdam: IOS Press, 1997, pp. 123–146. (online). Available: <http://www.cybertherapy.info/pages/book121.htm>

Rizzo A. A., Graap K., Perman K., McLay R. N., Rothbaum B. O., Reger G., Parson T., Difede J., Pair J. Virtual Iraq: initial results from a VR exposure therapy application for combat-related PTSD. In Westwood J. D. et al., (2008), *Medicine meets virtual reality 16*, IOS press, Amsterdam

Rizzolatti G., & Sinigaglia C. (2006). *So quel che fai: il cervello che agisce e i neuroni specchio*. Raffaello Cortina, Milano

Rothbaum B. O., Anderson P., Zimand E., Hodges L., Lang D., Wilson J., Virtual reality exposure therapy and standard (in vivo) exposure therapy in the treatment of fear of flying. In *Behavior therapy* 2006;37:80-90.

Sheridan, T. B. (1992). Musing on telepresence and virtual presence. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. 120-125

Shiban Y, Pauli P, Muhlberger A. Effect of multiple context exposure on renewal in spider phobia. *Behav Res Ther* (2013) 51(2):68–74. doi:10.1016/j.brat.2012.10.007

Slater M, Paul Pertaub D, Barker C, Clark DM. An experimental study on fear of public speaking using a virtual environment. *CyberPsycholBehav* 2006;9: 627-33.

Slater M, Spanlang B, Sanchez-Vives MV, Blanke O. First person experience of body transfer in virtual reality. *Plos One* 2010;105-64.

Sofia A. Osimo, Rodrigo Pizarro, Bernhard Spanlang e Mel Slater. Conversation between self and self as Sigmund Freud- A virtual body ownership paradigm for self counselling. *Scientific Reports* (2015).

Turolla,A.,Dam,M.,Ventura,L.,Tonin,P.,Agostini,M.,Zucconi,C.,etal.(2013).Virtual reality for the rehabilitation of the upper limb motor function after stroke: a prospective controlled trial. *J. Neuroeng. Rehabil.* 10:85.doi: 10.1186/1743-0003-10-85

Van Nimwege M, Speelman AD, Hofman-van Rossum EJ, Overeem S, Deeg DJ, Borm GF, et al. Physical inactivity in Parkinson's disease. *Neurology* 2011;258(12):2214–21.

Wallace, S, Parsons, S, Westbury, A, White, K, Bailey, A (2010) Sense of presence and atypical social judgments in immersive virtual environments. *Autism*, 14(3): 199-213.

Wiederhold B., Wiederhold M., (2008), Virtual reality for posttraumatic stress disorder and stress inoculation training. In *Journal of cybertherapy and rehabilitation*, 2008;1:23-36

Wiederhold B.K., & Wiederhold M.D. (2006). Virtual Reality as a Tool in Early Interventions. In *Human Dimensions in Military Operations: Military Leaders' Strategies for Addressing Stress and*

Yee Sien Ng¹, Effie Chew², Geoffrey S Samuel, Yeow Leng Tan, Keng He Kong. *Advances in rehabilitation medicine*. *Singapore Med J* 2013; 54(10): 538-551

Satava RM, Jones SB. Medical applications of virtual reality. In: Stanney KM, editor. *Handbook of Virtual Environments: Design, Implementation, and Applications*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.; 2002. pp. 368-391.

Wootton R. Telemedicine: an introduction. In: Wootton R, editor. *European Telemedicine 1998/99*. London: Kensington Publications Ltd; 1999. pp. 10-12.

Riva G. From Telehealth to E-health: Internet and distributed virtual reality in health care. *CyberPsychology & Behavior* 2000; 3 (6): 989-98.

Riva G. Virtual reality for health care: the status of research. *Cyberpsychology & Behavior* 2002; 5 (3): 219-25.

Chinnock C. Virtual reality in surgery and medicine. *Hosp Technol Ser* 1994; 13 (18): 1-48.

Riva G, Wiederhold B, Molinari E, editors. *Virtual environments in clinical psychology and neuroscience: Methods and techniques in advanced patient-therapist interaction*. Amsterdam: IOS Press. Online: <http://www.cybertherapy.info/pages/book2.htm>; 1998.

Beolchi L, Riva G. Virtual reality for healthcare. In: Akay M, Marsh A, editors. *Information Technologies in Medicine*. Toronto: John Wiley & Sons; 2001. pp. 39-83 Dobson HD, Pearl RK, Orsay CP, Rasmussen M, Evenhouse R, Ai Z, et al. Virtual reality: new method of teaching anorectal and pelvic floor anatomy. *Dis Colon Rectum* 2003; 46 (3): 349-52.

Alcañiz M, Perpiña C, Baños R, Lozano JA, Montesa J, Botella C, et al. A new realistic 3D body representation in virtual environments for the treatment of disturbed body image in eating disorders. *CyberPsychology and Behavior* 2000; 3 (3): 421-32.

Ackerman MJ. The Visible Human Project. *J Biocommun* 1991; 18 (2): 14.

Spitzer V, Ackerman MJ, Scherzinger AL, Whitlock D. The visible human male: a technical report. *J Am Med Inform Assoc* 1996; 3 (2): 118-30.

Ackerman MJ, Yoo T, Jenkins D. From data to knowledge – the Visible Human Project continues. *Medinfo* 2001; 10 (Pt 2): 887-90.

Westwood JD, Hoffman HM, Mogel GT, Stredney D, editors. *Medicine meets virtual reality* 2002. Amsterdam: IOS Press; 2002.

Jeffries PR, Woolf S, Linde B. Technology-based vs. traditional instruction. A comparison of two methods for teaching the skill of performing a 12-lead ECG. *Nurs Educ Perspect* 2003; 24 (2): 70-4.

Moncur, M., & Moncur, L. (2002). QuotationsPage.com. Available from:
<http://www.quotationspage.com/quotes/Plato/>.

Heim M. Virtual Realism. New York: Oxford University Press; 1998.

<http://www.asphi.it/Documenti/Pluriminorati/Files/1223.HTM>

<http://www.virtual-reality-rehabilitation.com/>

<http://khymeia.com/>

<http://www.rug.nl/gvc/facilities/caren>

http://gesturetek.com/gestxtreme/press_images.php

Neisser, U. (1978). Memory: What are the important questions? In M. M. Gruneberg, P. E. Morris, & R. N. Sykes.

Brown, D. J., Kerr, S. J., & Bayon, V. (1998). The development of the virtual city: A user centred approach. In P. Sharkey, D. Rose, & J. Lindstrom (Eds.), *Proceedings of the Second European Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies (ECDVRAT)* (pp. 11–16). Reading, UK: University of Reading.

Costas, R., Carvalho, L., & de Aragon, D. (2000). Virtual city for cognitive rehabilitation. In P. Sharkey, A. Cesarani, L. Pugnetti, & A. Rizzo (Eds.), *Proceedings of the Third ICDVRAT* (pp. 305–313). Reading, UK: University of Reading.

Cromby, J., Standen, P., Newman, J., & Tasker, H. (1996). Successful transfer to the real world of skills practiced in a virtual environment by students with severe learning disabilities. In P. M. Sharkey (Ed.), *Proceedings of the First ECDVRAT* (pp. 305–313). Reading, UK: University of Reading. 103–107.

Pugnetti, L., Mendozzi, L., Attree, E., Barbieri, E., Brooks, B. M., Cazzullo, C. L., et al. (1998). Probing memory and executive functions with virtual reality: Past and present studies. *CyberPsychology and Behavior*, *1*, 151–162.

Rose, F. D., Attree, E. A., Brooks, B. M., & Andrews, T. K. (2001). Learning and memory in virtual environments—A role in neurorehabilitation? Questions (and occasional answers) from UEL. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, *10*, 345–358.

Christiansen, C., Abreu, B., Ottenbacher, K., Huffman, K., Massel, B., & Culpepper, R. (1998). Task performance in virtual environments used for cognitive rehabilitation after traumatic brain injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *79*, 888–892.

Davies, R. C., Lofgren, E., Wallergard, M., Lindén, A., Boschian, K., Minor, U., et al. (2002). Three applications of virtual reality for brain injury rehabilitation of daily tasks. A practical example using virtual reality in the assessment of brain injury. In P. Sharkey, C. S. Lanyi, & P. Standen (Eds.), *Proceedings of the Fourth ICDVRAT* (93–100). Reading, UK: University of Reading.

Stanton, D., Foreman, N., & Wilson, P. (1998). Uses of virtual reality in clinical training: Developing the spatial skills of children with mobility impairments. In G. Riva, B. Wiederhold, & E. Molinari (Eds.), *Virtual reality in clinical psychology and neuroscience* (pp. 219–232). Amsterdam: IOS.

Rizzo, A. A., Schultheis, M. T., & Rothbaum, B. (2002). Ethical issues for the use of virtual reality in the psychological sciences. In S. Bush & M. Drexler (Eds.), *Ethical issues in clinical neuropsychology* (pp. 243–280). Lisse, NL: Swets & Zeitlinger.

McGeorge, P., Phillips, L. H., Crawford, J. R., Garden, S. E., Della Sala, S., Milne, A. B., et al. (2001). Using virtual environments in the assessment of executive dysfunction. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, *10*, 375–383.

Schultheis, M. T., & Rizzo, A. A. (2002, January). The virtual office: Assessing & re-training vocationally relevant cognitive skills. Paper presented at the *Tenth Annual Medicine Meets Virtual Reality Conference*, Newport Beach, CA.

Brooks, B. M., McNeil, J. E., Rose, F. D., Greenwood, R. J., Attree, E. A., & Leadbetter, A. G. (1999). Route learning in a case of amnesia: A preliminary investigation into the efficacy of training in a virtual environment. *Neuropsychological Rehabilitation, 9*, 63–76.

Elkind, J. S., Rubin, E., Rosenthal, S., Skoff, B., & Prather, P. (2001). A simulated reality scenario compared with the computerized Wisconsin Card Sorting test: An analysis of preliminary results. *Cyberpsychology and Behavior, 4*, 489–496.

Deutsch, J. E., Latonio, J., Burdea, G., & Boian, R. (2001). Post-stroke rehabilitation with the Rutgers ankle system: a case study. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 10*, 416–430.

Jack, D., Boian, R., Merians, A., Tremaine, M., Burdea, G., Adamovich, S., et al. (2001). Virtual reality-enhanced stroke rehabilitation. *IEEE Transactions on Neurological Systems and Rehabilitation Engineering, 9*, 308–318.