

Ibridare Reale e Virtuale:

*Progettare Ambienti di Realtà Mista
per la Riabilitazione Motorio-
Cognitiva in Sclerosi Multipla*

Abstract: La sclerosi multipla (SM) è una malattia caratterizzata da lesioni infiammatorie demielinizzanti del sistema nervoso centrale che possono compromettere le capacità cognitive e motorie dei pazienti. La realtà mista e gli Exergame sono strumenti emergenti capaci di aiutare i pazienti nella riabilitazione, che permettono di creare una migliore interazione e portare a lungo termine ottimi risultati. Le analisi svolte a definire e migliorare l'efficacia dei trattamenti riabilitativi negli ambienti di cura hanno mostrato come l'utilizzo di elementi verdi che richiamano la natura generi un notevole impatto positivo sulla fisiologia umana. Questi studi hanno esplorato se le sensazioni provate davanti a delle piante nel mondo reale possa risultare simile alle sensazioni provate davanti agli elementi vegetali nel mondo virtuale. L'esperimento si è svolto con l'utilizzo di un'Exergame riabilitativo, a matrice 3x3, in un ambiente di realtà mista, in presenza di piante grasse con spine e senza spine. Con i risultati del questionario, sono stati indicati valori differenti tra i due gruppi, che testimoniano come l'impatto delle diverse tipologie di piante influenzi gli utenti e la connessione della realtà nell'esperienza virtuale.

Indice

1. Introduzione per i pazienti affetti da Sclerosi Multipla.	010
1.1 Introduzione sulla Sclerosi Multipla	011
1.2 Approcci alla riabilitazione dei pazienti con SM	016
2. Introduzione alla tecnologia virtuale	018
2.1 Analisi delle caratteristiche e delle applicazioni delle diverse tecnologie virtuali	019
2.1.1 Introduzione alla Realtà Virtuale	
2.1.2 Introduzione alla Realtà Aumentata	
2.1.3 Introduzione alla Realtà Mista	
2.2 L'uso di diverse tecnologie virtuali nell'ambiente riabilitativo	032
2.3 Tecnologia virtuale e Exergame	036
2.4 Ricerca sugli ambienti di formazione per la riabilitazione virtuale	038
3. Progetto	046
3.1 Concept	047
3.2 Progettazione della sperimentazione	050

3.2.1 Concept sperimentale	
3.2.2 Contenuto sperimentale	
3.2.2.1 Soggetti reclutati	
3.2.2.2 Condizioni e setting sperimentale	
3.3 Misurazione degli indicatori psicologici	053
3.4 Procedura sperimentale	058
3.5 Risultati sperimentali	058
3.6 Statistiche dei dati	066
4. Limitazioni e conclusioni	076
4.1 Limitazioni della sperimentazione	077
4.2 Conclusioni della sperimentazione	078
5. In corso di elaborazione	080
Riferimento	084
Indice delle immagini	092

Struttura della tesi

1

Introduzione dei pazienti con SM



1.1

Introduzione sulla SM

1.2

Approcci alla riabilitazione dei pazienti con SM

2

Introduzione alla tecnologia viruale

2.1

Analisi sulle tecnologie virtuali

2.2

L'uso di diverse tecnologie virtuali nell'ambiente riabilitativo

2.3

Tecnologia virtuale e Exergame

2.4

Ricerca sugli ambienti per la riabilitazione virtuale

3



Progetto

3.1

Concept

3.2

Progettazione della
sperimentazione

3.3

Misurazione degli
indicatori psicologici

3.4

Procedura sperimentale

3.5

Scenari sperimentali

3.6

Statistiche dei dati

4

Limitazioni e conclusioni

4.1

Limitazioni della sperimentazione

4.2

Conclusioni della sperimentazione

5

In corso di elaborazione



Introduzione per i pazienti affetti da Sclerosi Multipla

1.1 Introduzione sulla Sclerosi Multipla

La sclerosi multipla (SM) è una malattia autoimmune cronica progressiva che colpisce il sistema nervoso centrale e può portare a un'ampia gamma di limitazioni funzionali, come disturbi dell'equilibrio, disturbi del movimento, disturbi del linguaggio e disturbi cognitivi^[1]. Questi sintomi possono avere un impatto sulla vita quotidiana e sulla qualità della vita del paziente e gravare pesantemente sulla famiglia^[2]. Pertanto, la diagnosi e il trattamento precoci sono fondamentali per la vita dei pazienti. Attualmente sono circa 2,5 milioni le persone che vivono con la SM in tutto il mondo, e l'incidenza varia notevolmente tra paesi e regioni[3]. L'età tipica di insorgenza è tra i 20 e i 40 anni ed è una delle malattie più comuni che causano disfunzioni neurologiche nella popolazione giovane (a parte le malattie traumatiche)[4]. La sclerosi multipla viene solitamente suddivisa in tre tipi in base alla progressione naturale della malattia: la SM recidivante-remittente (SMR), la SM primariamente progressiva (SMPP) e la SM secondariamente progressiva (SMPP), la SM recidivante-remittente (SMRR), la SM primariamente progressiva (SMPP) e la SM secondariamente progressiva (SMPP).

La SM recidivante-remittente (SMRR) è caratterizzata da un processo distinto di ricadute e remissioni, che possono essere complete o lasciare sequele parziali, con un periodo di stabilità tra le ricadute e nessuna progressione della malattia. La sclerosi secondaria (SPMS) si presenta con una progressione stabile della disabilità all'inizio della malattia, che può essere accompagnata da ricadute occasionali e lievi remissioni. Se non trattata, circa il 50% dei pazienti con SMRR progredisce verso la SM-SP dopo 10-15 anni di malattia. La sclerosi multipla primariamente progressiva (SMPP) è caratterizzata da una cre-

scente compromissione della funzione degli arti fin dalle prime fasi della malattia, senza remissione. Esistono grandi differenze individuali tra i pazienti affetti da questo tipo di malattia e la velocità di cambiamento varia: alcuni pazienti possono progredire rapidamente, mentre altri possono avere una temporanea stabilizzazione della malattia. Circa l'80% dei pazienti mostra una chiara alternanza tra ricadute e remissioni all'inizio della malattia, o SMRR, e se non trattati, i deficit neurologici possono non recuperare con efficacia e passare gradualmente alla SMSP, mostrando un deterioramento progressivo delle condizioni. Al contrario, la SMPP rappresenta solo il 10-15% dei casi, la maggior parte dei quali dura più di un anno e mostra un continuo accumulo di disabilità, indipendente dall'attività recidivante^[5].

Rispetto ai pazienti senza sclerosi multipla (SM), l'aspettativa di vita dei pazienti con SM è ridotta di circa 5-10 anni^[6]. L'insorgenza precoce, la lunga durata e l'alta percentuale di disabilità a lungo termine associate alla SM hanno un impatto negativo significativo sulla vita personale e sociale^{[7][8]}. È stato riportato che la maggior parte (50-80%) dei pazienti non è in grado di lavorare entro 10 anni dallo sviluppo della SM[9]. Il peso maggiore a livello psicologico delle problematiche legate alla SM si avverte nella quinta e sesta decade di vita, un periodo in cui le persone sono spesso particolarmente attivi socialmente e professionalmente^[10].

Le conseguenze socio-economiche della SM sono enormi: i costi personali totali annui (compresi i costi diretti e indiretti e l'assistenza) dei pazienti con SM in Europa sono stimati tra i 18.000 e i 31.000 euro^[11]. Pertanto, un trattamento efficace della SM non solo riduce il peso della malattia sulle persone colpite e sulle loro famiglie, ma ha anche un significativo impatto socio-economico positivo.

Studi correlati sottolineano che la riabilitazione è maggiormente efficace nelle fasi iniziali, ma tende ad avere un trend negativo progressivo con l'aggravarsi della condizione e con il conseguente aumento della disabilità. Questi risultati possono quindi

spiegare la generale scarsa efficacia degli interventi di riabilitazione della sclerosi multipla effettuati con ritardo rispetto all'insorgere della malattia. Pertanto, il presente documento sostiene che la maggior parte dei pazienti affetti da sclerosi multipla dovrebbe iniziare la riabilitazione quando si trova ancora nella fase di sclerosi multipla recidivante-remittente (SMRR), poiché la sclerosi multipla secondaria progressiva (SMSP) e la sclerosi multipla primaria progressiva (SMPP) si trovano in una fase avanzata della malattia in cui gli interventi di riabilitazione potrebbero non essere efficaci^[12].

In sintesi, con la comprensione del background delle persone con sclerosi multipla, si dovrebbero offrire approcci riabilitativi per la sclerosi multipla recidivante-remittente (SMRR) per contribuire a ottimizzare e incentivare il loro recupero a lungo termine.

2.5 Milioni

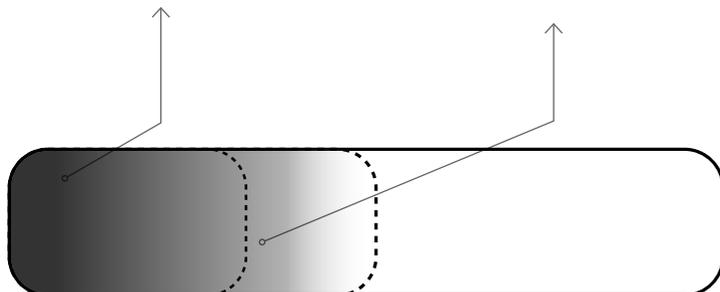
Percentuale di persone nel mondo con SM

Da:

€18000

a:

€31000



33.3%

50%

Cotsa media anno prestazioni mediche per SM

20 - 40
anni anni

Range di età in cui viene diagnosticata

fig.
Indice del variare della gravità della malattia nel tempo per la tipologia RRMS

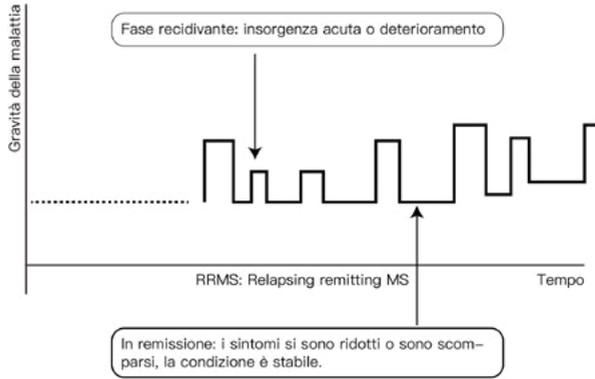


fig.
Indice del variare della gravità della malattia nel tempo per la tipologia SPMS

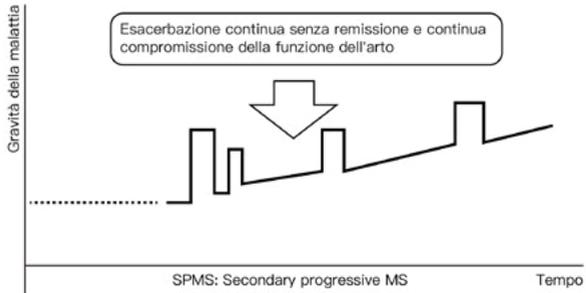
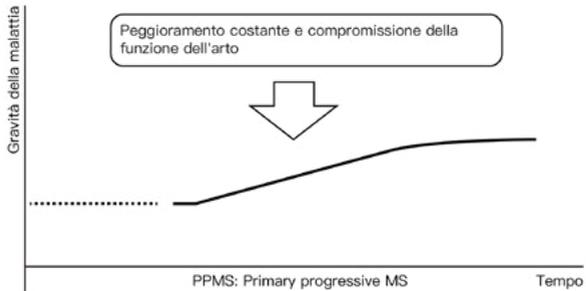


fig.
Indice del variare della gravità della malattia nel tempo per la tipologia PPMS



1.2 Approcci alla riabilitazione dei pazienti con SM

Esistono diversi fattori clinici che riguardano la SM, tra questi è possibile trovare il disturbo cognitivo, che a differenza di altri sintomi comuni (ad esempio, disturbi motori, sensoriali, visivi e autonomici), può verificarsi in qualsiasi fase della malattia. La disfunzione cognitiva e la disabilità possono coesistere e la natura imprevedibile dello sviluppo della disfunzione cognitiva nella sclerosi multipla porta a una difficile riabilitazione delle capacità cognitive del paziente una volta che queste sono diminuite^[13]. I deficit cognitivi e il declino cognitivo possono influenzare la vita quotidiana e l'interazione sociale del paziente. Il deterioramento cognitivo nella SM colpisce i pazienti in una serie di ambiti, in manifestazioni cliniche diverse, con una maggiore incidenza della fatica, della memoria e difficoltà nell'attività fisica^[14]. Tra queste aree, è possibile trovare la compromissione della working memory. La memoria di lavoro (WM) è un sistema di memoria a breve termine responsabile della capacità di immagazzinare ed elaborare temporaneamente le informazioni. Svolge un ruolo importante nel cervello ed è essenziale per lo svolgimento delle funzioni cognitive e delle attività di pensiero nella vita quotidiana. Working memory è l'aspetto più grave del deterioramento cognitivo nella SM, che si manifesta con deficit della memoria a breve termine e riduzione della velocità di elaborazione delle informazioni. La memoria di lavoro o working memory può essere intesa in senso figurato come il sistema di immagazzinamento temporaneo del cervello per integrare le informazioni che aiutano a comprendere il linguaggio, prendere decisioni e risolvere problemi^[15].

Il trattamento del deterioramento cognitivo per migliorare queste problematiche consiste principalmente in trattamenti neu-

ropsicologici e farmacologici^[16].

Nel 2012, Chiaravalloti ha dimostrato una nuova pratica nello studio della memoria, la Story Memory Technique, capace di migliorare la capacità di apprendimento delle persone affette da sclerosi multipla affette da una compromissione della memoria da moderata a grave. Tuttavia, per i pazienti con un disturbo della memoria lieve, il miglioramento non è stato significativo. I pazienti che hanno ricevuto il trattamento hanno riferito nei loro self-report di aver percepito un miglioramento significativo delle loro capacità di memoria^[17]. Questo perché la neuroriabilitazione migliora le connessioni tra le diverse aree cerebrali e quindi migliora le capacità cognitive del paziente^[18].

Realtà Virtuale e Exergame

2.1 Analisi della Realtà Virtuale

2.1.1 Introduzione della Realtà Virtuale

Esistono differenze logiche significative tra il virtuale e il reale. Secondo l'architetto americano Peter Eisenman, per comprendere il ruolo del virtuale in relazione allo spazio, dobbiamo capire che il virtuale si presenta come un processo di differenziazione. In altre parole, il virtuale non è un risultato o una singola sostanza, ma un processo che genera sempre un cambiamento^[19]. Poiché ognuno ha una diversa comprensione e percezione del reale, ci sono differenze nel comprendere la stessa cosa. Queste diverse comprensioni sono come un “fumo” invisibile che permea il mondo reale, e questo “fumo” simboleggia le differenze nella percezione e nello spazio individuali^[20]. Il virtuale non è una “controfigura” della realtà, né il suo contrario, ma piuttosto un processo che genera possibilità e differenze, rispetto ad un risultato statico. Nel visualizzare questo “fumo” in modi possibili, le diverse tecnologie virtuali materializzano oggetti astratti, rendendo così più chiara ed esplicita la comprensione dell'individuo.

La realtà virtuale è un campo scientifico relativamente giovane che si basa sullo sviluppo e sul progresso dell'hardware.

Gli inizi della realtà virtuale possono essere fatti risalire al 1965, quando Sutherland del MIT (Massachusetts Institute of Technology) pubblicò un articolo che descriveva come si potesse ottenere una realtà simulata al punto da rendere difficile per l'uomo distinguere tra reale e virtuale^[21]. Il suo scopo fu quello di aiutare le persone a comprendere e imparare un concetto o un'abilità astratta. A causa del prezzo elevato dell'hardware VR, la realtà virtuale non è stata ampiamente utilizzata dai consumatori ed è stata studiata solo da organizzazioni di ricerca e grandi aziende. Solo con il lancio dell'Oculus Rift a basso costo

nel 2013 la situazione è migliorata. Nel 2016 sono apparse altre versioni consumer di macchine VR, che hanno permesso un aumento nell'utilizzo

Ancora oggi non è stata definita una definizione unificata di realtà virtuale, ma si è definito un accordo sulla visione funzionale ideale della realtà virtuale.

Diverse discipline e direzioni hanno elaborazioni diverse della VR, le cui caratteristiche si distinguono in tre modi principali: la prima maggiormente interessata sulla tecnologia, la seconda sulle nuove forme di interazione uomo-computer ed infine l'analisi delle esperienze psicologiche^[22]. Il carattere tecnologico della VR si comprende paragonandola alla grafica computerizzata tradizionale, in quanto la VR è costruita su contenuti 3D provenienti dalla grafica computerizzata e presentati attraverso display 3D con dispositivi di interazione 3D per il tracciamento della posizione e l'input dell'orientamento. Pertanto, l'attrezzatura tecnica complessiva 3D deve essere in grado di consentire agli utenti della VR di muoversi nello spazio reale e di interagire nello spazio virtuale. Questi dispositivi tecnici devono contenere componenti di input e output come i display montati sulla testa (HMD) e gli occhiali stereoscopici, per permettere agli utenti di muoversi nello spazio. Da questo punto di vista, quindi, la realtà virtuale è una componente tecnologica di primo piano^[23]. Tuttavia, la definizione di realtà virtuale non dipende dagli strumenti utilizzati per crearla, come afferma Carolina Cruz-Neira: "La realtà virtuale si riferisce a un ambiente tridimensionale immersivo, interattivo, multisensoriale, incentrato sullo spettatore e generato dal computer e alla combinazione di tecnologie necessarie per costruirlo^[24]".

La VR offre un approccio più naturale e intuitivo all'interazione uomo-computer rispetto alle interfacce uomo-computer tradizionali. Come afferma Robert Stone "la migliore interazione dovrebbe essere un'interfaccia intuitiva tra l'uomo e la macchina, che richiede poca formazione e fornisce un modo di lavorare simile a quello con cui gli esseri umani interagiscono con

l'ambiente e gli oggetti nella vita quotidiana^[25]. L'interazione ottimale mira a consentire all'utente di essere completamente immerso nell'ambiente virtuale e di essere in grado di replicare esattamente le conoscenze e le abilità a priori dell'esperienza quotidiana in una simulazione. Poiché l'ambiente virtuale stesso è una metafora del mondo reale, il futuro della VR sarà un sistema perfettamente immersivo in cui tutte le impressioni sensoriali saranno generate da un computer in una realtà virtuale sempre più simile a quella reale.

Il concetto centrale dell'aspetto psicologico della VR è la Presenza, ovvero la sensazione provata dal soggetto, che mira a creare un'esperienza psicologica come se l'utente si trovasse in un ambiente reale quando interagisce con un ambiente virtuale. Per questo motivo, Rheingold ha affermato nel 1991: "Al centro della VR c'è un'esperienza - un'esperienza in un mondo virtuale o in un luogo remoto"^[26]. Per raggiungere questo obiettivo, la Presenza può essere analizzata in tre modi. Il primo è l'"illusione del luogo", che si riferisce al grado di immersione dell'uomo nell'ambiente virtuale, e in particolare alla capacità di fornire all'utente un effetto prospettico che lo faccia sentire come se fosse nella realtà. La seconda è l'"illusione di verosimiglianza", che si riferisce al grado di fiducia dell'utente nell'autenticità e nella credibilità degli eventi nel mondo virtuale e alla possibilità di nutrire dubbi al riguardo. Questo fenomeno è presente nel mondo virtuale, ed è capace di generare un'esperienza sempre più riconducibile alla realtà. Il terzo punto è l'"involuzione", che si riferisce al livello di attenzione e interesse dell'utente per il mondo simulato^[27]. Questo aspetto è legato al contenuto dell'ambiente virtuale: ad esempio, l'utente può sentirsi annoiato (basso coinvolgimento) nonostante la forte "illusione del luogo" percepita. Il livello di coinvolgimento dell'utente può essere ulteriormente quantificato attraverso indicatori fisiologici, come la frequenza cardiaca o la resistenza cutanea.

Durante la descrizione delle caratteristiche della VR nelle diverse direzioni sopra descritte, si può giungere alla conclusione di

semplificare le tecnologie della realtà virtuale riassumendole in: immersione, interattività e immaginazione^[28].

L'immersione descrive il livello di "realismo" che l'utente sperimenta in un ambiente di realtà virtuale, idealmente quando l'utente non è in grado di distinguere tra l'ambiente virtuale e quello reale, rendendo così più facile per l'utente operare nell'ambiente di realtà virtuale.

L'interattività si riferisce alla capacità dell'utente di manipolare e ricevere feedback sugli oggetti virtuali nell'ambiente virtuale attraverso il dispositivo. La logica di questa manipolazione deve essere in qualche modo conforme alle leggi fisiche della realtà, altrimenti potrebbe confondere l'utente. Durante l'interazione, il computer regola le immagini e i suoni presentati in tempo reale catturando i movimenti della testa, degli occhi e di altre parti del corpo dell'utente.

L'immaginazione si riferisce al fatto che, immerso in un ambiente virtuale, l'utente è in grado di acquisire conoscenze che l'ambiente reale non può fornire, costruendo scenari che non esistono nella realtà.

VR



Digital environments that shut out the real world.

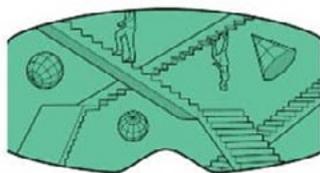
AR



Digital content on top of your real world.



Digital content interacts with your real world.



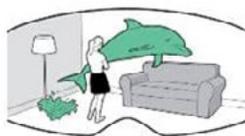
Virtual Reality

VR places the user in another location entirely. Whether that location is computer-generated or captured by video, it entirely occludes the user's natural surroundings.



Augmented Reality

In augmented reality—like Google Glass or the Yelp app's Monocle feature on mobile devices—the visible natural world is overlaid with a layer of digital content.



Mixed Reality

In technologies like Magic Leap's, virtual objects are integrated into—and responsive to—the natural world. A virtual ball under your desk, for example, would be blocked from view unless you bent down to look at it. In theory, MR could become VR in a dark room.

2.1.2 Introduzione della Realtà Aumentata

Lo sviluppo della tecnologia della realtà virtuale non si è limitato alle sue prime forme, ma comprende anche la realtà aumentata (AR) e la realtà mista (MR). L'attuale definizione di AR, ampiamente diffusa, è stata data da Azuma nel 1997, il quale sosteneva che "Augmented Reality (AR) is a variation of Virtual Environments (VE), or Virtual Reality as it is more commonly called. VE technologies completely immerse a user inside a synthetic environment. While immersed, the user cannot see the real world around him. In contrast, AR allows the user to see the real world, with virtual objects superimposed upon or composited with the real world. Therefore, AR supplements reality, rather than completely replacing it^[29]". Pertanto, l'AR integra la realtà, anziché sostituirla completamente. I tre punti fondamentali sono:

(1) It combines reality and virtuality. (2) It is interactive in real time. (3) The virtual contents are registered in 3D.

Sebbene AR e VR siano entrambi interattivi in tempo reale, esistono differenze significative tra i due. Nell'AR, l'utente vede l'ambiente reale e gli oggetti virtuali come un insieme continuo, mentre gli elementi virtuali hanno una posizione fissa nella realtà, seguendo una procedura predefinita di interazione, e non possono comprendere e percepire gli elementi dell'ambiente reale. Pertanto, si può capire che l'AR è un modello del mondo reale sovrapposto o collocato in una posizione fissa, senza alcuna reale integrazione logica con il mondo reale. Pertanto, l'AR non è coinvolgente come la VR. Sebbene la VR offra un'eccellente esperienza immersiva, si basa sulla quantità di computer e hardware e la sua area di movimento è limitata dalla lunghezza del cavo dell'HMD. Poiché l'AR è solo uno strato del mondo reale

sovrapposto al mondo virtuale, l'interazione risulta ridotta piuttosto che per l'intero ambiente della VR in generale, l'AR si basa appunto su un rapporto di unione tra mondo digitale e reale e può essere spostata e utilizzata sia all'interno che all'esterno, rispetto alla VR che necessita di un ambiente maggiormente specifico. In relazione all'interattività, c'è anche una differenza tra il ridimensionamento degli elementi nei contenuti virtuali, dove la VR può essere ridimensionata in scala abbastanza piccola o grande, e l'AR, dove la logica di interazione degli elementi impone che essi si basino sul mondo reale come quadro di riferimento, e di conseguenza gli elementi virtuali sono per lo più di dimensione 1:1. Ad esempio, se un utente cambia la scala di una casa in un ambiente virtuale immersivo VR, l'utente riterrà soggettivamente che la propria scala stia cambiando allo stesso tempo; in un ambiente virtuale AR, l'utente non mette in discussione le proprie dimensioni fisiche quando interagisce con il modello della casa, ma piuttosto considera il modello della casa virtuale come un modello microscopico basato sull'ambiente reale. La ragione di fondo è che la differenza di immersione porta a una diversa comprensione dello stesso elemento in scenari diversi.

2.1.3 Introduzione della Realtà Mista

La realtà mista, MR, combina le caratteristiche dell'AR e della VR, mescolando il mondo reale con contenuti virtuali, consentendo agli utenti di guardare oggetti virtuali e di vedere oggetti del mondo reale allo stesso tempo, e di interagire con questi oggetti virtuali. Secondo la definizione di Milgram del 1994 del Continuum Realtà-Virtualità: "La realtà mista (MR) è un continuum che si estende tra la realtà e il virtuale (realtà virtuale) in cui la quota della realtà diminuisce e la quota del virtuale aumenta. In termini di quota di virtualità, si direbbe virtuale aumentata se non ci fosse un ambiente completamente virtuale (realtà virtuale). Se, invece, la quota di realtà è maggiore, allora si parla di AR"^[30]. Il concetto di MR non ha confini chiari, infatti ha una connotazione concettuale più ampia di AR/VR^[31].

La buona esperienza di interazione uomo-macchina è la caratteristica distintiva della tecnologia della realtà mista. La realtà mista è attualmente un'area di ricerca nuovissima e non è stata ancora analizzata in ogni suo dettaglio: la ricerca principale si concentra attualmente sulle applicazioni e tutte sono relativamente unilaterali. Microsoft ha rilasciato il primo dispositivo di realtà mista al mondo, HoloLens, nel 2015, e attualmente è disponibile solo per le aziende e gli sviluppatori, non per il grande pubblico, mentre il secondo modello HoloLens 2 è stata rilasciato nel 2019.

La differenza principale tra MR, VR e AR è che la realtà mista dispone di metodi di interazione ricchi e naturali, come lo sguardo, i gesti, la voce e così via, che possono corrispondere al modo in cui gli esseri umani interagiscono nella vita reale. Lo sguardo è il primo tipo di input nelle applicazioni di realtà mista, simile ai tradizionali clic del computer, in modo da cre-

are una relazione tra sguardo e elemento con cui interagire. Il tracciamento della linea visiva negli HoloLens si basa su head-tracking che rappresenta la direzione in cui è orientata la testa dell'utente. Va considerata la linea visiva dell'head-tracking come la posizione e la direzione di avanzamento del dispositivo stesso, posizionato nel punto centrale tra i due display. La linea visiva di head-tracking si applica a tutti i dispositivi di realtà mista.

I modelli più recenti di HoloLens come il secondo modello permettono di seguire la linea visiva degli occhi che rappresenta la direzione in cui guardano gli occhi dell'utente. L'origine si trova tra gli occhi dell'utente. Si applica ai dispositivi di realtà mista che includono un sistema di tracciamento oculare. L'head tracking è supportato in entrambe le generazioni di dispositivi HoloLens, mentre la funzione che analizza i movimenti degli occhi è disponibile solo in HoloLens 2, con lo stesso sensore di tracciamento interno. È importante notare come l'interazione con lo sguardo richieda attenzione, in quanto il movimento del cursore può interferire in qualche misura con l'attenzione dell'utente.

L'invio è una conferma di scelta da parte dell'utente per interagire con il dispositivo e gli elementi spaziali utilizzando quattro metodi: gesti (toccare la parte superiore), pulsanti, comandi vocali e soffermarsi. Sia lo sguardo che l'invio devono funzionare in tandem per completare l'operazione. Il processo di sincronizzazione può essere problematico quando si tratta di gesti ingombranti o di comandi vocali lunghi. Attualmente questo processo può essere ottimizzato in due modi: rendendo l'utente consapevole dell'operazione in anticipo e mantenendo così lo stato di sguardo per garantire la sincronizzazione. Oppure semplificando il processo di input in modo che l'utente non debba mantenere lo sguardo per lunghi periodi di tempo.

I gesti sono uno dei tre metodi di input che permettono all'utente di agire nella realtà mista. È il metodo di interazione principalmente utilizzato in HoloLens 2, in quanto riconosce i vari

punti di articolazione del palmo della mano e non si affida allo sguardo. Il dispositivo è in grado di rilevare il palmo della mano e di analizzare la posizione 3D delle dita, ma non può fornire una posizione esatta, anche se presenta il vantaggio di essere semplice da utilizzare, consentendo all'utente di interagire con i contenuti e di utilizzare i gesti direttamente in situazioni senza accessori esterni.

In HoloLens sono presenti due gesti principali e altri gesti composti. I gesti principali sono Air tap e Bloom. Air tap questi sono gesti selettivi in cui l'azione deriva dal movimento del dito che va a "toccare" l'aria. Estendendo l'indice in posizione, il dito può ricreare un tocco e generare una selezione; quindi, una volta rilasciato l'utilizzo è completo.

Bloom è il gesto per tornare alla pagina iniziale ed è stato progettato individualmente per essere equivalente alla pressione del tasto Windows sulla tastiera e può essere eseguito con entrambe le mani. Per Bloom, le applicazioni non possono reagire in modo particolare se non per tornare alla pagina iniziale, poiché questa azione è gestita dal sistema. I gesti composti sono gesti che le applicazioni sono in grado di riconoscere in aggiunta ai gesti Air Tap e Bloom. Combinando i tocchi, le prese e i rilasci con i movimenti della mano, è possibile eseguire gesti composti più complessi. Questi gesti composti o avanzati si basano su dati di input spaziale di basso livello (come Air tap e Bloom), a cui gli sviluppatori possono accedere. Conosciuti comunemente come Tocca e tieni premuto, Manipolazione e Navigazione, Tocca e tieni premuto consentono una serie di interazioni "tocca e trascina" più complesse. La navigazione utilizza i gesti per la manipolazione virtuale, toccando e tenendo premuto per avviare un gesto, un altro elemento che permette la navigazione nell'ambiente è un cubo 3D, posizionato al centro delle superficie rappresentato come un ologramma, che grazie ai movimenti della mano permette di interagire con l'ambiente. Con della pressione iniziale verso centro, la mano può essere spostata lungo gli assi X, Y o Z per la navigazione.

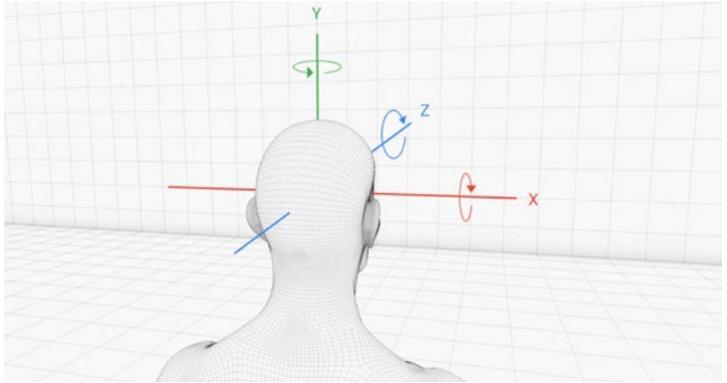
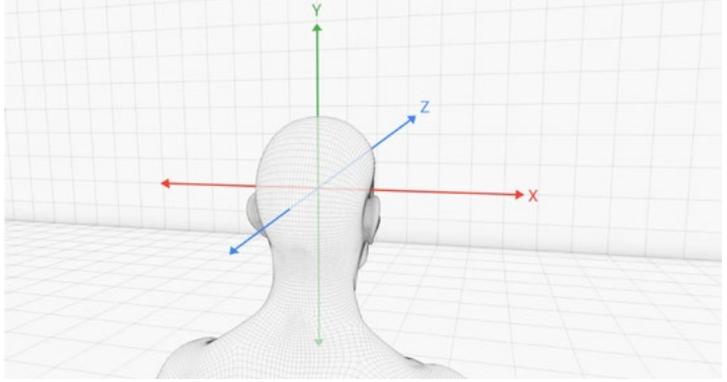
La voce è una terza forma di input per HoloLens, che consente all'utente di comandare direttamente l'ologramma senza l'uso di gesti. L'utente deve semplicemente guardare l'ologramma e pronunciare il comando. L'input vocale è il modo più naturale per comunicare l'intenzione dell'utente. Inoltre, è in grado di gestire interfacce complesse. I comandi vocali più comuni sono select, Hey Cortana, ecc.



_____ fig.
Foto di Holo-
lens 2.



fig.
Gli assi X,Y,Z
su cui si muove
il soggetto
nell'ambiente
virtuale.



2.2 Applicazione di diverse tecnologie virtuali nel training riabilitativo

Nella riabilitazione medica tradizionale, l'uso costante di apparecchiature riabilitative fredde può portare a un'esperienza noiosa e poco interessante per il paziente. In particolare, il processo di addestramento a lungo termine può ridurre la motivazione del paziente al trattamento riabilitativo e persino renderlo resistente, il che può avere un impatto sull'effetto complessivo del trattamento e impedire il raggiungimento degli obiettivi prestabiliti. Le tecnologie innovative come la realtà virtuale (VR), la realtà aumentata (AR) e la realtà mista (MR) hanno migliorato l'ambiente riabilitativo tradizionale^[32]. I pazienti possono essere motivati e quindi invogliati a partecipare a un trattamento a lungo termine.

Nell'ambiente riabilitativo, la medicina e la tecnologia che affrontano le menomazioni funzionali causate da malattie e lesioni permettono di riportare a una condizione di autocura il più possibile normale o quasi verso i pazienti che hanno subito diminuzione della funzione motoria e cognitiva.

L'esercizio riabilitativo è l'uso di un movimento moderato, diretto o mirato del corpo per aiutare a riportare il corpo al suo stato normale. Gli esercizi di riabilitazione devono enfatizzare la funzione del proprio allenamento e concentrarsi sulla riabilitazione olistica^[33]. Tuttavia, la riabilitazione tradizionale presenta molti inconvenienti, come la monotonia del processo di trattamento, che può portare a una perdita di interesse e di motivazione, e la specificità del luogo di trattamento, che richiede un allenamento in un luogo specifico e non può soddisfare le esigenze riabilitative di un gran numero di pazienti^[34]. Questi problemi sono particolarmente acuti nel caso della sclerosi multipla. Come descritto nel capitolo 1, l'età tipica di

insorgenza della SM è compresa tra i 20 e i 40 anni e, oltre alle malattie traumatiche, è una delle patologie più comuni che causano disfunzioni neurologiche nella popolazione giovane. In particolare, la maggior parte (50-80%) dei pazienti non è in grado di lavorare entro 10 anni dallo sviluppo della SM. Non è difficile immaginare l'impatto sulla vita se i giovani rinunciano precocemente al trattamento. Tuttavia, con l'intervento della tecnologia VR, c'è la speranza che questi problemi possano essere migliorati.

La disfunzione cognitiva (Cognitive Dysfunction), è un problema comune per le persone con SM ed è associata a una riduzione della qualità della vita e a un onere per i caregiver. I sintomi più comuni includono deficit nella funzione esecutiva, nella memoria di lavoro, nell'abilità visuo-spaziale e nella fluenza verbale. Gli interventi neurologici che utilizzano la riabilitazione cognitiva hanno mostrato effetti positivi sulle prestazioni cognitive e su altre abilità delle persone con SM^[35]. Tra le caratteristiche dei disturbi neurologici, la disabilità motoria e le anomalie posturali sono le principali caratteristiche cliniche. Gli scenari virtuali possono portare a miglioramenti della funzione cognitiva, del controllo posturale, dell'andatura e della coordinazione degli arti attraverso meccanismi di apprendimento e di ricompensa per il cervello^[36]. Negli scenari virtuali, la latenza del sistema viene prolungata catturando tutte le fasi del biofeedback sensoriale, dal movimento, alla pressione, al centro di gravità, alla visione, e questo prolungamento può essere percepito dal soggetto, riparando la reattività del paziente e generando così neuroplasticità^[37].

Nel loro articolo, Maria Grazia Maggio et al. hanno condotto un training semi-immersivo in realtà virtuale generando scenari ecologici attraverso la VR con stimoli interattivi multisensoriali e con l'aiuto di un terapeuta^[38].

Schmitz-Hübsch et al. nel loro articolo hanno dimostrato che l'allenamento cognitivo con la VR migliora i risultati della riabilitazione nei pazienti con SM, con effetti positivi sulle pre-

stazioni motorie e cognitive. I pazienti navigano attraverso un ambiente virtuale su uno schermo televisivo di fronte a loro mentre si allenano su un tapis roulant, camminano e ricevono feedback dal sistema in tempo reale^[39].

Nel campo della riabilitazione AR, nel 2016, Liu et al. hanno utilizzato un sistema di allenamento per la riabilitazione della mano nella realtà aumentata, con diverse modalità di allenamento: allenamento della traiettoria, allenamento della tazza in movimento e modalità di allenamento del ping pong. In modo da assistere i pazienti in un ambiente rilassato e divertente durante la riabilitazione^[40]. L'AR non è utile solo per il miglioramento motorio, ma anche nel campo della riabilitazione cognitiva: Chang et al. hanno sviluppato un gioco interattivo con oggetti per la riabilitazione cognitiva utilizzando gli occhiali intelligenti come dispositivo di input, in cui i giocatori fanno delle scelte per completare un compito virtuale nel quale era necessario preparare delle pietanze. Tre partecipanti con diversi livelli di deterioramento cognitivo hanno interagito con il gioco e la loro reattività è migliorata durante la fase di intervento e ha mantenuto le proprie capacità dopo la fase, dimostrando i risultati positivi dell'intervento AR^[41].

Nel campo della riabilitazione con MR, un nuovo sistema di riabilitazione in realtà mista è stato progettato in letteratura per aiutare a migliorare i movimenti di allungamento nei soggetti emiplegici colpiti da ictus. Il sistema fornisce un feedback in tempo reale, multimodale, personalizzabile e adattivo, generato dai modelli di movimento del braccio e del tronco del soggetto durante il raggiungimento e la presa. Tre persone che avevano subito un ictus sono state coinvolte per eseguire sei sessioni di allenamento di 75 minuti in un periodo di due settimane. Tutti hanno mostrato miglioramenti significativi nei parametri motori durante l'allenamento^[42]. In un altro esperimento, che ha utilizzato un sistema di allenamento cognitivo basato sulla risonanza magnetica di nuova concezione, l'esperimento era costituito da tre sessioni di allenamento di 30 minuti a settimana, i

pazienti che hanno partecipato all'allenamento hanno mostrato prestazioni significativamente migliori nella memoria di lavoro visuospatiale rispetto a quelli che hanno partecipato all'allenamento convenzionale^[43].

I risultati indicano un impatto positivo della VR sulle funzioni cognitive e sulla salute mentale, più che il solo allenamento su un tapis roulant. Questi risultati dimostrano l'impatto positivo della VR sulla cognizione. La tecnologia VR offre la possibilità di un allenamento ad alta intensità, orientato al compito e con feedback multisensoriale, che facilita l'input visivo, uditivo e tattile al paziente, e aumenta il divertimento del processo riabilitativo consentendo al paziente di sperimentare un ambiente virtuale immersivo o non immersivo, portando a una maggiore complicità nel trattamento^[44].

2.3 Tecnologia virtuale ed Exergame

Oltre all'addestramento riabilitativo attraverso la realtà virtuale, ci sono ancora più ricerche che amplificano e sfruttano l'aspetto ludico combinando la realtà virtuale con i giochi, consentendo ai pazienti di impegnarsi maggiormente nella riabilitazione e nell'addestramento in uno spazio virtuale. Negli ultimi decenni si è assistito a un crescente numero di ricerche che utilizzano i giochi per ricordare l'allenamento cognitivo nelle persone con decadimento cognitivo lieve o demenza. L'obiettivo è quello di migliorare specifiche aree della capacità cognitiva attraverso l'allenamento e la ripetizione di compiti, come l'attenzione, la memoria situazionale, ecc^[45]. Mentre gli interventi basati sui giochi sono forme di allenamento non farmacologicamente accessibili, il gioco può essere una modalità efficace per esercitare la concentrazione mentale e la memoria, rendendoli adatti alle persone con deterioramento cognitivo^[46]. L'exergame, che si riferisce alla combinazione di gioco e movimento, è un tipo di intervento relativamente nuovo e l'utente deve eseguire un movimento fisico per giocare. L'ingresso dei giochi come elemento di design nel campo della riabilitazione è supportato da un'ipotesi cognitiva ricca che afferma che i comportamenti degli individui (attività cognitive, impegno sociale, esercizio fisico e altri comportamenti) possono influenzare il loro livello di funzionamento cognitivo^[47], che grazie all'utilizzo di informazioni ambientali ricche è possibile stimolare le funzioni cerebrali. Allo stesso tempo, i giochi di movimento vengono gradualmente implementati nella riabilitazione e sono utilizzati in aree quali la sclerosi multipla^[48], il morbo di Parkinson^[49], l'ictus^[50] ecc. Negli ultimi anni, la valutazione della fattibilità degli Exergame è diventata un tema caldo e l'Exergame ha dimostrato di essere

uno strumento di auto-motivazione accettabile, sicuro e divertente^[51]. Jonsdottir et al. hanno utilizzato un serious game per la riabilitazione del braccio e nel confronto sia il gruppo SG (serious game) che quello EG (Exergame game) sono stati accettati positivamente dai pazienti con SM^[52]. Nel 2017, Stanmore et al. hanno scoperto, attraverso una meta-analisi, che l'Exergame ha mostrato un impatto positivo complessivo moderatamente ampio sulla funzione cognitiva in popolazioni cliniche e sub-cliniche. Nelle analisi dei singoli domini cognitivi, la maggior parte delle prove suggerisce che l'Exergame è benefico per il "funzionamento esecutivo", in particolare per migliorare il controllo inibitorio e la flessibilità cognitiva. L'utilizzo di Exergame consente di ottenere miglioramenti in base ad aree specifiche. Tuttavia, non vi sono effetti sul linguaggio, sull'apprendimento e sulla memoria spaziale o sull'apprendimento e sulla memoria verbale. Tuttavia, sono necessarie ulteriori ricerche per determinare queste osservazioni^[53]. Pertanto, l'Exergame può essere un metodo alternativo per migliorare le funzioni cognitive nella SM.

2.4. Per lo studio degli ambienti virtuali di formazione alla riabilitazione

Come già detto, la combinazione di scenari virtuali e giochi può amplificare il divertimento di entrambi. In un ambiente immersivo, i pazienti sono in grado di impegnarsi meglio con i loro attività riabilitative, rendendo il trattamento più coinvolgente e duraturo. Affinché i pazienti si concentrino sulla loro riabilitazione in un ambiente digitale, l'ambiente virtuale deve essere in grado di fornire un'immersione e di esaminare la disposizione, gli elementi e così via della progettazione dello spazio per facilitare la riabilitazione complessiva del paziente nell'ambiente virtuale.

Per il paziente, la teoria di Maslow è stata raggruppata in un modello medico basato sulla teoria di Luo Yunhu ed è suddivisa in tre livelli: bisogni fisici, psicologici e sociali^[54]. Pertanto, è importante concentrarsi non solo sulla riparazione delle capacità fisiche (ad esempio, movimento degli arti, equilibrio, cognizione, ecc.), ma anche sulla guarigione spirituale e psicologica per promuovere una salute olistica.

Mentre le strutture sanitarie tradizionali si sono concentrate maggiormente sul trattamento delle malattie, con il miglioramento del tenore di vita le persone hanno gradualmente sviluppato nuovi bisogni psicologici e sociali, oltre alla soddisfazione unilaterale dei bisogni fisici. Nel corso degli anni, l'applicazione della scienza nella progettazione ha avuto un impatto significativo sulle strutture sanitarie e sull'assistenza sanitaria. Roger S. Ulrich, uno dei principali studiosi nel campo della progettazione medica basata sull'evidenza, ha scritto molto sul collegamento tra la progettazione dell'ambiente fisico degli ospedali e i risultati dell'assistenza sanitaria attraverso la ricerca, e ha confermato l'importanza delle caratteristiche o degli interventi di

progettazione per i risultati dell'assistenza sanitaria. In letteratura sono state proposte nove categorie di variabili ambientali: ambiente audio, ambiente visivo, miglioramento della sicurezza, sistema di orientamento, sostenibilità, stanza del paziente, spazi di supporto alla famiglia, spazi di supporto al personale e medico. L'ambiente audio si riferisce alla riduzione del rumore e all'introduzione di suoni piacevoli (ad esempio, musica) per aiutare e migliorare l'esperienza audio dell'assistenza sanitaria, riducendo così l'impatto negativo della componente uditiva su pazienti e personale, come insonnia, stress e altri problemi^[55]. L'ambiente audio viene utilizzato per aiutare e migliorare l'esperienza audio dell'assistenza sanitaria, riducendo gli effetti negativi della componente uditiva sui pazienti e sul personale, come insonnia e stress^[56]. L'ambiente visivo si riferisce alle misure volte a migliorare l'ambiente visivamente correlato all'assistenza sanitaria, tra cui la distrazione positiva e l'illuminazione naturale, per distogliere l'attenzione dei pazienti dai fattori di stress, promuovere il recupero dalle emozioni negative e migliorare il benessere psicologico ed emotivo dei pazienti^[57]^[58]. In Safety Enhancement, Leape et al. suggeriscono che la progettazione dell'ambiente costruito può ridurre l'incidenza di infezioni, errori medici e infortuni del personale negli ospedali^[59]^[60]. Questo può essere riassunto su come la progettazione dell'ambiente è necessaria per ridurre la possibilità di malattie secondarie causate da infezioni mediche o incidenti tra le persone coinvolte. Ad esempio, gli errori di medicazione possono essere ridotti grazie a una buona illuminazione. Un buon sistema di orientamento può semplificare e assistere i pazienti e le famiglie nei ritardi e nello stress causati da istruzioni inadeguate. Il funzionamento delle strutture sanitarie è un consumo significativo di energia o di altre risorse e può essere ridotto attraverso l'ottimizzazione dei materiali della struttura. Le principali influenze fisiche sono: ambientali (ad esempio, illuminazione, suoni, odori, luce solare, ecc.), architettoniche (pianta dello spazio, dimensioni delle stanze, posizione delle

finestre, privacy, ecc.), decorative (arredi, colori, opere d'arte, ecc.) e attrezzature (aria condizionata, lampade UV, sostenibilità, ecc.).

Non sono solo i fattori legati a quanto detto sopra che possono avere un impatto positivo sull'utente. In termini di ambiente curativo, l'effetto della guarigione dipende dagli elementi specifici dell'ambiente e Malkin sostiene che gli elementi fisici possono essere considerati curativi se hanno determinate qualità^[61]. A livello più astratto, egli suddivide l'ambiente curativo in: senso di controllo, supporto sociale, distrazioni positive, rimozione dei fattori di stress dall'ambiente, orientamento al paesaggio naturale e stimolazione di sentimenti positivi.

Senso di controllo: fornire all'utente maggiori opportunità di scelta per aumentare il senso di controllo dell'individuo. Queste opportunità si riferiscono al diritto di fare scelte sulla privacy e sull'interazione sociale, come il controllo dei livelli di illuminazione, del tipo di musica, della disposizione dei posti a sedere, delle aree di attesa tranquille o attive e di altre condizioni ambientali. **Supporto sociale:** ad esempio, fornire un luogo relativamente riservato per l'interazione di accompagnatori come i membri della famiglia o organizzare l'alloggio. **Distrazioni positive:** come arte interattiva, caminetti, servizi internet, musica, programmi video con immagini naturali e musica rilassante, ecc.

Secondo la teoria neuroscientifica delle emozioni di Panksepp, il "sistema di coinvolgimento sociale ludico/fisico", che ricerca il piacere e il divertimento, è uno dei sette sistemi emozionali di base dei mammiferi ed è un importante motivatore del bisogno naturale e necessita soddisfatto per promuovere l'acquisizione di abilità sociali di sopravvivenza nei cuccioli. È un'importante forza motrice che permette di soddisfare i bisogni naturali facilitando l'acquisizione di abilità sociali e di sopravvivenza da parte dei giovani mammiferi e per il funzionamento genetico del cervello per ottenere prestazioni sociali più elevate^[62]. Pertanto, non solo gli esseri umani hanno bisogno di essere in

contatto con la natura, ma ogni mammifero ha la necessita di soddisfare le proprie esigenze di intrattenimento e gioco. Nella selezione dei fattori che aiutano a migliorare l'efficienza degli ambienti virtuali, è possibile concentrarsi sui tipi di elementi che soddisfano due aspetti, ovvero "sensazioni positive" e "orientamento al paesaggio naturale", di conseguenza si è cercato i tipi di natura che possono motivare l'utente a provare sensazioni positive.



fig.
Oregon Burn
Center Gar-
den: ampie zone
d'ombra tengo-
no conto della
sensibilità dei
pazienti alla
luce solare



fig.
Salem Health:
"Let's All Play"
parco giochi



fig.
Maggie's Cen-
tres: albero da
giardino

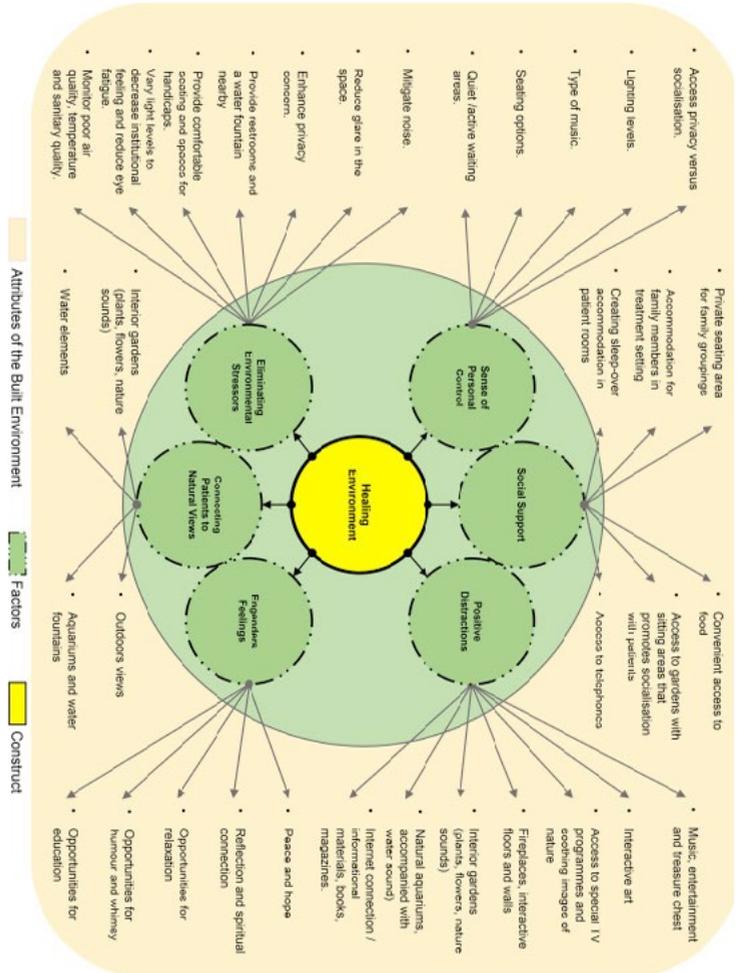


fig.

Fattori ambientali che hanno un effetto curativo

Progettazione del programma per l'ambiente di riabilitazione

3.1 Concept della sperimentazione

Dopo aver confrontato diverse tecnologie virtuali e aver effettuato ricerche sui test di gruppo esistenti, è stato scoperto che il modo migliore per fornire una formazione di migliore qualità ai pazienti SM è quello di offrire un'esperienza relativamente più coinvolgente.

Per aiutare i pazienti a diventare più disposti a sottoporsi alla riabilitazione, è necessario determinare quali elementi della realtà possono avere un impatto sulle emozioni dei soggetti nell'ambiente virtuale. Nel capitolo sugli ambienti di cura, gli aspetti "stimolare sentimenti positivi" e "orientare a paesaggi naturali" possono essere utilizzati come punto di partenza per la ricerca. Comprendendo come vengono elaborate le emozioni, possiamo studiare come caratteristiche quali la forma e il colore degli oggetti siano correlate alle emozioni e quindi ipotizzare i tipi di elementi naturali.

In primo luogo, dal punto di vista della psicologia cognitiva, il subconscio cognitivo è un processo di elaborazione automatica delle informazioni che avviene al di fuori della percezione e quindi non è cognitivamente a carico per l'utente. La mente subconscia, tuttavia, può influenzare le emozioni ed è una parte importante del processo, e le emozioni indotte a livello del subconscio sono chiamate emozioni implicite. Sia le emozioni positive che quelle negative possono essere suscitate dal subconscio e le emozioni latenti sono un fattore importante per influenzare il comportamento e la cognizione individuale. Possiamo quindi progettare per influenzare le emozioni, in modo positivo o negativo. Il design può quindi essere utilizzato per indurre emozioni dall'interno, che hanno una caratteristica di lunga durata e non comportano un carico cognitivo aggiuntivo

per l'utente.

Nel 2007, psicologi cognitivi hanno scansionato immagini del cervello mediante neuroimaging umano su 140 persone e 140 gruppi di oggetti di forme diverse (culturalmente e semanticamente neutri). I risultati hanno mostrato che gli oggetti appuntiti attivano in modo significativo le tonsille rispetto agli oggetti arrotondati. La Amygdala del cervello che si occupa delle emozioni negative come la tensione, la rabbia, la paura e l'ansia, cioè il cervello rifiuta inconsciamente gli oggetti appuntiti. Sebbene il testo affermi che il livello di gradimento non si riflette direttamente sulla forma dell'oggetto, esso influisce sulla percezione inconscia del pericolo da parte dell'organismo, ossia le tonsille reagiscono in modo invisibile al pericolo, determinando un chiaro pregiudizio di preferenza. Ecco perché una forma arrotondata ha maggiori probabilità di far sentire le persone al sicuro e di farle sentire una maggiore sensazione di tranquillità^[63].

Lo zoologo austriaco Konrad Lorenz ha proposto un modo di generalizzare una serie di caratteristiche visivamente percepite dell'aspetto o del comportamento dei neonati^[64], "qualsiasi entità con alcune o tutte le caratteristiche di un neonato (ad esempio, occhi grandi, dimensioni ridotte, ecc.) può essere percepita come moe (rappresenta una cosa è molto carina), ossia il veicolo del moe non è limitato ai neonati umani, ma può essere esteso agli adulti, agli animali e persino alle entità inanimate (ad esempio, i prodotti) e ai disegni infantili/femminili^[65]. Il ricercatore osserva come i ricercatori hanno sottolineato che un aspetto arrotondato è percepito come carino e genera una sensazione di tranquillità. La rotondità ricorda ai consumatori la morbidezza e la dolcezza e fa apparire i prodotti accessibili e facili da usare^[66]. Allo stesso modo, anche un'immagine che suscita pareidolia ad esempio con occhi grandi, fronte ampia, guance turgide, pelle chiara o un design che ricorda il volto di una bambola (ad esempio, i fari arrotondati) hanno un effetto simile^[67]. Inoltre, le dimensioni ridotte generano nei consuma-

tori un effetto di tenerezza, è intrinseco nella natura umana provare una sensazione di dolcezza verso oggetti piccoli e arrotondati^[68].

Dall'ascesa del fenomeno culturale Moe/Cuteness può essere vista come il risultato della soddisfazione degli appelli psico-emotivi delle persone. Secondo Niel Postman in "La scomparsa dell'infanzia", le persone sono sottoposte a pressioni per tornare alla bontà dell'infanzia e, in una società ricca di elementi differenti, si tende ad essere maggiormente attratti verso i piaceri semplici e innocui^[69]. Quindi la morbidezza, la bellezza e la sicurezza della "cultura del carino" permettono al pubblico di scaricare un po' di stress.

In termini di aspetti cognitivi, emotivi e comportamentali legati alla aspetto fisiologico e psicologico: dal punto di vista cognitivo, un oggetto definibile carino crea un senso di fiducia; dal punto di vista emotivo, e crea emozioni positive, che possono essere estese agli oggetti non viventi, ad esempio un'auto più "cute" può essere percepita come più amichevole dai consumatori; dal punto di vista comportamentale, il carino può essere usato come emozione morale per espandere la visione umana, in quanto innesca direttamente l'impegno sociale, spingendo le persone a interagire socialmente con l'oggetto "cute". Ciò favorisce ulteriormente il processo di antropomorfismo e la tendenza a un comportamento affabile, incorporando infine l'oggetto "cute" nella cerchia morale della persona.

Si ipotizza quindi che le piante grasse contenenti elementi di forme arrotondate possano indurre emozioni positive in una certa misura per la riabilitazione.

3.2 La scheda della sperimentazione

3.2.1 Concept sperimentale

L'ipotesi progettuale è che la fattibilità dell'effetto debba essere verificata con soggetti sani prima di poter essere applicata ai pazienti affetti da SM. Questo studio si è avvalso di uno studio randomizzato controllato per verificare se diversi tipi di piante grasse e diverse collocazioni delle piante avessero diversi livelli di interesse emotivo positivo in soggetti normali.

Il gioco utilizzato durante la sperimentazione è stato sviluppato da Antonio Macaluso per la sua tesi al Politecnico di Torino, sotto la supervisione dei relatori Andrea Bottino, Fabrizio Lamberti e Giacinto Barresi.

3.2.2 Contenuto sperimentale

3.2.2.1 Soggetti reclutati

Sono stati reclutati 10 soggetti sani, 4 maschi e 6 femmine (età media 28 ± 3 anni). Tutti i soggetti sono membri di IIT, dove è stato svolto l'esperimento secondo il protocollo di ricerca ENACT01, approvato dalla Regione Liguria.

3.2.2.2 Condizioni e setting sperimentale

I soggetti sono stati divisi in due gruppi omogenei per età e genere: metà ha esperito un setting con piante grasse con spine, metà un setting con piante grasse senza spine. Le piante sono state scelte in modo da differenziare chiaramente l'aspetto tra piante grasse spinose e non spinose, divise in 4 piante grasse spinose e 4 non spinose selezionate con dimensioni simili, ma con ben definito il loro aspetto di piante con spine e piante senza spine. Per consentire ai soggetti di concentrarsi meglio sull'esperimento, è stata applicata la legge della chiusura della psicologia del completamento, il principio afferma che il nostro cervello tende a percepire forme chiuse anche se nella realtà non lo sono, ogni pianta ha occupato quattro angoli, ogni pianta è stata posta in serie a formare una semicirconferenza, , formando una struttura curva che riprende la psicologia del completamento.

Il dispositivo di addestramento utilizza HoloLens, un dispositivo di interazione corporea interattiva a risonanza magnetica, rilasciato da Microsoft nel 2019, che consente il tracciamento della posizione dell'operatore e il controllo dei gesti. il sensore utilizzato in HoloLens è una telecamera di profondità, a basso consumo energetico. Tra le varie funzioni offerte dal sensore vi sono il tracciamento dei movimenti della testa, l'acquisizione di video e l'acquisizione di suoni. Oltre alla CPU e alla GPU ad alte prestazioni, HoloLens è dotato di un processore olografico (HPU), un co-processore utilizzato per integrare i dati provenienti dai vari sensori citati e gestire attività quali la mappatura spaziale, il riconoscimento dei gesti e il riconoscimento vocale. Il gioco utilizzava invece un training riabilitativo in cui il soggetto deve spostare dei quadrati in aree specifiche in base a

istruzioni in un rettangolo con una griglia 3 x 3. Il soggetto doveva compiere semplici azioni che consistevano nello spostare dei quadrati gialli in varie settori della matrice 3 x 3, le aree si illuminavano e i soggetti dovevano spostare i quadrati gialli nell'area corretta. I colori con i quali si illuminavano i settori erano tre, verde, rosso e viola. Verde il punto nel quale deve essere spostato il quadrato giallo, rosso significa che non possono essere posizionati in quel punto e viola significava che era necessario aspettare un piccolo lasso di tempo fino a che l'area non diventava verde per poter posizionare il quadrato giallo. La durata del gioco e il punteggio vengono registrati per determinare il rendimento del soggetto.

Alla fine dell'esperimento viene richiesto ai partecipanti di rispondere ad un questionario, per valutare il loro stato emotivo durante l'azione. Il questionario è stato presentato in inglese, non essendo tutti i partecipanti madrelingua italiana, e allo stesso tempo avevano tutti ottime conoscenze della lingua inglese.

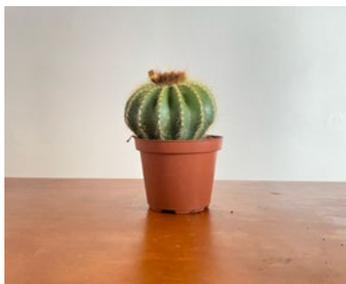
3.3 Variabili Dipendenti

Lo studio ha utilizzato misure dell'esperienza utente basate su scale della tipologia Likert a 5 punti per chiedere ai soggetti di valutare la sessione. Una scala di tipo Likert è una scala di risposta psicologica sviluppata dallo psicologo sociale americano Likert nel 1932, viene spesso utilizzata nei questionari è strutturata con un range che si divide da fortemente in disaccordo ad altamente d'accordo. Di solito è una scala da 1 a 5 o da 1 a 7 e attualmente è la scala più utilizzata nella ricerca sui questionari. Il questionario (basato su 6 scale a 20 punti) di NASA Task Load Index è uno strumento di valutazione del carico di lavoro soggettivo il cui l'uso principale è quello di condurre valutazioni soggettive del carico di lavoro degli utenti nei vari sistemi di interfaccia utente.

Per la valutazione dell'esperienza utente, è stata selezionata una serie di 27 domande nel Post-Test Questionnaire che coprivano diversi aspetti dell'autovalutazione delle sensazioni provate durante l'esperimento. Queste domande sono state pensate per fornire una comprensione completa delle esperienze dei partecipanti. Inoltre, il NASA Task Load Index è stato utilizzato per valutare i livelli di carico di lavoro soggettivo dei partecipanti durante il loro lavoro, al fine di comprendere meglio il livello di sfida e di stress che devono affrontare durante l'esecuzione dei compiti. Utilizzando questi due metodi di valutazione, i ricercatori sono stati in grado di ottenere informazioni dettagliate sulle emozioni e sul carico di lavoro dei partecipanti, fornendo una base per ulteriori analisi e ricerche. Gli strumenti di valutazione sono stati scelti con cura per garantire una valutazione accurata e completa delle emozioni e dei carichi di lavoro dei partecipanti.



①



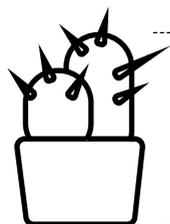
②



③



④



16cm±2cm

fig.
Condizione 1:
Le piante grasse con spine



①



②

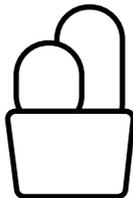


③



④

fig.
Condizione 2:
Le piante grasse
senza spine



15cm±5cm

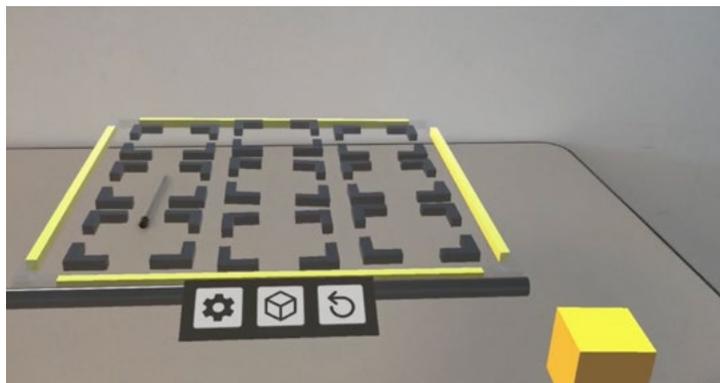
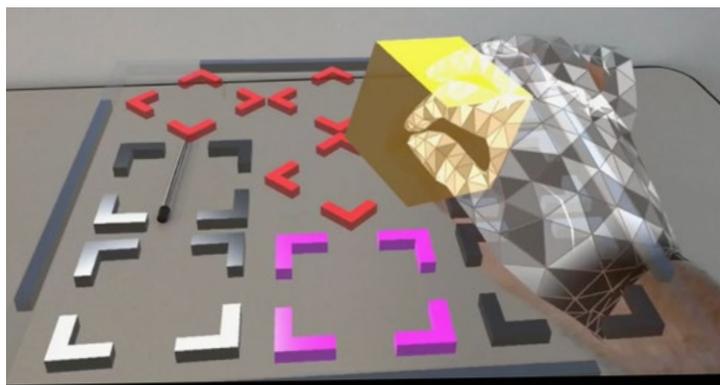


fig.
Immagine della matrice 3x3 utilizzata nella sperimentazione



fig.
Immagini dei soggetti durante il gioco in Realtà Mista



pianta grassa

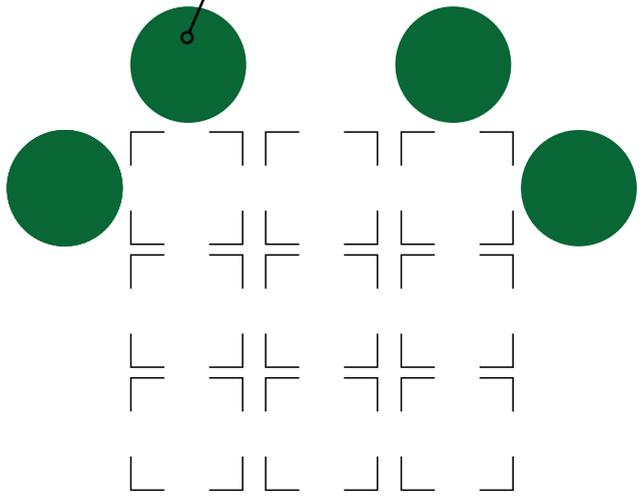


fig.

Immagine della disposizione delle piante rispetto alla matrice 3x3

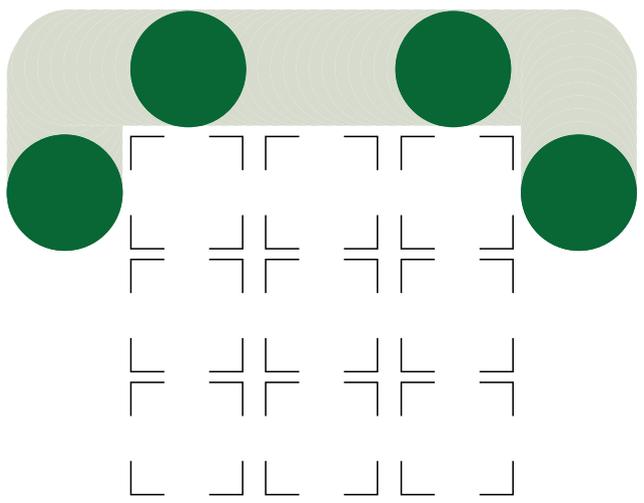


fig.

Immagine della sensazione ipotizzata trasmessa ai soggetti

3.4 Procedura sperimentale

- 1) In primo luogo, i soggetti è stato fornito il modulo di consenso informato dallo staff sperimentale e, dopo che i soggetti hanno accettato, è stato chiesto loro di firmare il modulo di consenso.
- 2) Ogni soggetto doveva interagire solo con una specifica tipologia di pianta grassa, o con spine o senza spine. L'intera sessione è durata circa 3 minuti.
- 3) Dopo l'esperimento, i soggetti hanno ricevuto un questionario a cui rispondere e sono stati interrogati sulle loro sensazioni e valutazioni soggettive durante la sessione.

3.5 Risultati sperimentali

Sono stati riportati i questionari svolti durante l'esercitazione dai due gruppi. Sono stati messi in relazione i dati raccolti tra il gruppo con le piante grasse con spine e il gruppo con le piante grasse senza spine.

Con "***SD***", è stato indicato lo standard variazione.

Con "***Media***", è stato indicato la media dei punteggi dei partecipanti del determinato gruppo.

————— fig.
I risultati sono
stati indicati
nelle pagine
seguenti: 54-59

Post-Test Questionnaire

N Questionnaire items

- 1 How much time did the game last?
- 2 How would you rate your performance?
- 3 I felt like I lost track of time while playing.
- 4 I was focused on the game.
- 5 I did not feel a desire to make progress in the game.
- 6 I did not feel like I wanted to keep playing.
- 7 I felt that this game provided an enjoyable challenge.
- 8 I felt that the game was excessively difficult.
- 9 I felt a sense of accomplishment from playing the game.
- 10 I felt that the game reacted quickly to my actions.
- 11 I felt in control of the game.
- 12 I felt very confident playing the game.
- 13 I consider playing the game as physical exercise.
- 14 I felt that the physical activity was too intense for me.
- 15 I felt that the mental effort required was exhausting.
- 16 I would prefer that this activity was not accompanied by game elements.
- 17 The mental effort was more intense than the physical effort during the game.
- 18 I feel that my arm muscles need rest.
- 19 I felt the need to rest or change arm between sessions.
- 20 I felt it was more difficult to concentrate as they game progressed.
- 21 I felt that my performance was decreasing as the game works.

N	Con Spine		Senza Spine	
	Media	SD	Media	SD
1	9	4	5.4	3
2	4.6	1	4.4	1
3	2	1	2.4	1
4	4.8	0	4.8	0
5	2.6	2	1.8	1
6	2.4	1	2	1
7	3.8	0	4	1
8	1.6	1	1.2	0
9	4.2	0	3.8	0
10	3.8	1	4.6	1
11	4.8	0	4.6	1
12	4.6	1	4.6	1
13	2.8	1	3	2
14	1.6	1	2	1
15	2	1	1.4	1
16	1	0	1	0
17	3.6	2	2	1
18	2.8	2	2.8	1
19	3.8	2	3	2
20	1.4	1	2.2	1
21	1.6	1	2	0

Post-Test Questionnaire

N Questionnaire items

- 22 I felt that it was difficult to understand how the game works.
- 23 I felt that this game offered me an opportunity to relax.
- 24 I would prefer this game to have several but shorter sessions.
- 25 I would like to play again this game.
- 26 I consider the game context unnecessarily complex.
- 27 I enjoyed the presence of the plant in the setting.

N	Con Spine		Senza Spine	
	Media	SD	Media	SD
22	1	0	1	0
23	3.2	0	3.2	1
24	3.4	1	3	1
25	4.2	0	3.6	1
26	1.4	1	1	0
27	2.6	2	3.6	1

NASA Task Load Index

N Questionario items

- 1 How mentally demanding was the task?
- 2 How physically demanding was the task?
- 3 How hurried or rushed was the pace of the task?
- 4 How successful were you in accomplishing what you were asked to do?
- 5 How hard did you have to work to accomplish your level of performance?
- 6 How insecure, discouraged, irritated, stressed, and annoying were you?

N	Con Spine		Senza Spine		*
	Media	SD	Media	SD	
1	10.8	4	4.2	1	*
2	8.2	6	9.2	5	
3	7.6	5	6.8	7	
4	3.6	2	3.6	1	
5	8.4	5	4.4	3	
6	2.4	3	1.6	2	

3.6 Statistiche dei dati

In primo luogo, per quanto riguarda i punteggi totali sulle emozioni positive dei soggetti, dopo aver esaminato un totale di 27 domande del questionario sull'esperienza utente dei soggetti, è emerso alcuni dati relativi interessanti ma una domanda in particolare ha dato risultati significativi. Le domande che hanno fornito dati interessanti sono state la domanda No.1 (How much time did the game last?) del Post-Test Questionnaire, e la domanda No.5 (How hard did you have to work to accomplish your level of performance) del test NASA Task Load Index.

La prima, riguarda il tempo percepito dalle persone durante l'esperimento, mettendo in contrapposizione il tempo medio delle persone che hanno effettuato il gioco con le piante grasse senza spine rispetto a quelli con piante grasse con spine. I soggetti con le piante grasse con spine hanno indicato valori maggiori rispetto all'altro gruppo nel tempo percepito durante l'esperimento con una media di 9 minuti rispetto ai 5.4 minuti delle persone con le piante grasse senza spine. I valori invece dell'effettivo tempo in cui è stato svolto l'esperimento sono stati tendenzialmente simili con una media di 2 minuti e 58 secondi per il gruppo con spine rispetto ai 3 minuti e 10 secondi del gruppo senza spine.

L'altra domanda che ha dato dei risultati interessanti è stata la domanda No.5 (How hard did you have to work to accomplish your level of performance?) che ha generato per i soggetti del gruppo con piante grasse con spine un risultato di 8.4 di carico mentale, mentre per il secondo gruppo è stata rilevata una media di punteggio di 4.4. Il livello ha quindi dimostrato le diverse difficoltà dei partecipanti nel concludere l'esperimento, pur essendo i due esperimenti uguali, con l'unica differenza data dalle

In primo luogo, per quanto riguarda i punteggi totali sulle emozioni positive dei soggetti, dopo aver esaminato un totale di 27 domande del questionario sull'esperienza utente dei soggetti, è emerso alcuni dati relativi interessanti ma una domanda in particolare ha dato risultati significativi. Le domande che hanno fornito dati interessanti sono state la domanda No.1 (How much time did the game last?) del Post-Test Questionnaire, e la domanda No.5 (How hard did you have to work to accomplish your level of performance) del test NASA Task Load Index.

La prima, riguarda il tempo percepito dalle persone durante l'esperimento, mettendo in contrapposizione il tempo medio delle persone che hanno effettuato il gioco con le piante grasse senza spine rispetto a quelli con piante grasse con spine. I soggetti con le piante grasse con spine hanno indicato valori maggiori rispetto all'altro gruppo nel tempo percepito durante l'esperimento con una media di 9 minuti rispetto ai 5.4 minuti delle persone con le piante grasse senza spine. I valori invece dell'effettivo tempo in cui è stato svolto l'esperimento sono stati tendenzialmente simili con una media di 2 minuti e 58 secondi per il gruppo con spine rispetto ai 3 minuti e 10 secondi del gruppo senza spine.

L'altra domanda che ha dato dei risultati interessanti è stata la domanda No.5 (How hard did you have to work to accomplish your level of performance?) che ha generato per i soggetti del gruppo con piante grasse con spine un risultato di 8.4 di carico mentale, mentre per il secondo gruppo è stata rilevata una media di punteggio di 4.4. Il livello ha quindi dimostrato le diverse difficoltà dei partecipanti nel concludere l'esperimento, pur essendo i due esperimenti uguali, con l'unica differenza data dalle tipologie di piante.

La domanda No.1 ha fornito valori statisticamente rilevati (How mentally demanding was the task?) ha portato come risultato per i soggetti del gruppo con le piante grasse con spine una media di 10.8, indicando un alto livello di carico mental durante l'esperimento, mentre i soggetti che hanno sostenuto l'esperi-

mento con le piante grasse senza spine hanno risposto con una media di 4.2, indicando quindi un carico mentale nettamente inferiore.

Il Wilcoxon test (è stato utilizzato un test non parametrico perché le distribuzioni sono basate su scale discrete) mostra una sola differenza statisticamente significativa, quella per il mental demand nel primo item del NASA-TLX, con $W=25$ e $p=0.012$.

Poiché si è ottenuto un di valore $p<0,05$, l'ipotesi nulla può essere respinta: esiste quindi una differenza statisticamente significativa tra le due condizioni a livello di punteggi della scala in questione. Questa differenza permette di ipotizzare come nella manipolazione sperimentale con le piante grasse con spine i soggetti hanno ritenuto il compito più oneroso a livello di concentrazione rispetto ai soggetti con le piante grasse senza spine.



fig.
Immagini del
setting speri-
mentale

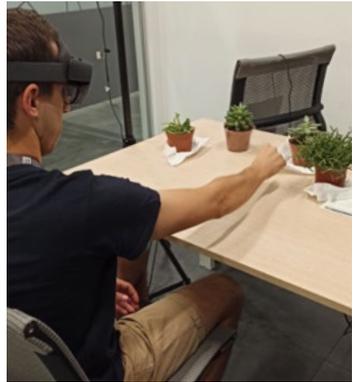
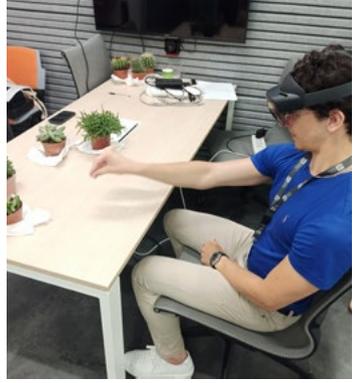


fig.
Immagini dei
soggetti duran-
te la sperimen-
tazione



fig.
Immagini del
setting speri-
mentale

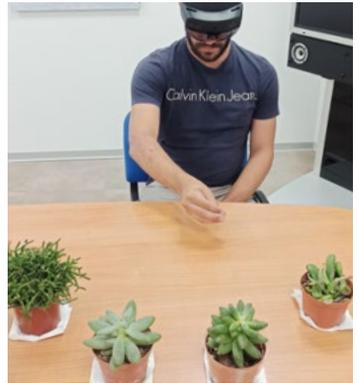


fig.
Immagini dei
soggetti duran-
te la sperimen-
tazione

Limitazioni e conclusioni

4.1 Limitazioni

Questo studio pilota ha indagato l'effetto motivazionale delle piante grasse per un esperimento di gioco in un ambiente virtuale. I dati consentono di analizzare promettenti i risultati presentati e di fornire prove preliminari dell'efficacia delle piante grasse nella riabilitazione delle persone affette da sclerosi multipla. A causa dei vincoli di tempo, è stato possibile raccogliere i dati solo di 10 soggetti numero che comunque permette di trarre delle conclusioni e fare le giuste osservazioni. I pochi dati verranno analizzati con l'obiettivo di fornire una conclusione il più possibile accurata e affidabile, in modo da garantire l'efficacia e l'efficienza del metodo, anche se per garantire una formulazione più dettagliata e ampia sarebbe necessario un campione di partecipanti più esteso.

Le osservazioni durante il gioco hanno rivelato che i soggetti erano confusi quando raccoglievano i cubi e si muovevano, con conseguente aumento del tempo e sensazione di carico mentale. Ciò suggerisce che i soggetti avevano qualche difficoltà a padroneggiare le abilità di gioco e avevano bisogno di maggiore formazione e comprensione. Potrebbe essere possibile aiutare i soggetti a capire correttamente conducendo una sessione di formazione prima dell'esperimento e che questa confusione possa influenzare la loro esperienza di gioco e le loro prestazioni, facendoli sentire più tesi e ansiosi. Ulteriori ricerche e misure didattiche potrebbero contribuire a migliorare le loro capacità di gioco e a ridurre la tensione mentale.

Inoltre, l'approccio motivazionale basato sugli elementi vegetali è particolarmente rilevante per la continuità delle cure, per cui sono necessarie ricerche future per testare la validità dell'esperimento in un ambiente esterno.

4.2 Conclusioni

Nel complesso, si può concludere che gli elementi naturali hanno un effetto sull'umore dei soggetti, con la scoperta di come le piante grasse spinose producano maggiore stress mentale. I risultati di questo studio confermano i lavori precedenti sull'effetto moderatore degli elementi e delle forme vegetali sul benessere emotivo di una persona. In particolare, la presenza di elementi realistici può influenzare il comportamento mentale dei partecipanti in scenari virtuali e, anche in ambienti interattivi, le piante grasse con spine aumentano l'attenzione a ciò che sta accadendo, consentendo alla realtà di mantenere il suo impatto anche nel virtuale/aumentata/digitale. I risultati dello studio forniranno dati per supportare i ricercatori e gli operatori del settore legati alla sclerosi multipla nella progettazione di attività fitoterapiche e nella scelta delle piante.

In corso di elaborazione

In esperimenti futuri, è possibile condurre ulteriori ricerche aumentando la dimensione del campione e creando più condizioni di controllo. Allo stesso tempo, l'intero processo di gioco può essere ottimizzato migliorando l'interazione dello stesso. L'aumento della dimensione del campione può contribuire a migliorare l'efficacia statistica dell'esperimento e la credibilità dei risultati, mentre l'introduzione di più condizioni di controllo può fornire più punti di riferimento per il confronto e approfondire ulteriormente la comprensione degli effetti motivazionali degli elementi vegetali. Inoltre, migliorando il livello di interazione con il gioco, si può aumentare il coinvolgimento e l'immersione dei giocatori e ridurre le emozioni negative che i giocatori provano a causa di un'errata interpretazione del gioco, fornendo così una valutazione più completa dell'impatto dell'esperienza di gioco sulle emozioni. Per ottenere risultati più accurati ed esaustivi e per indagare in modo più approfondito sugli effetti motivazionali della SM, si potrebbero quindi condurre esperimenti futuri nelle aree sopra citate.

Riferimento

- [1]Socie, M. J., & Sosnoff, J. J. (2013). Gait variability and multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis International*, 2013.
- [2]Zhao, L., Ding, H., Mao, E-L., Wang, M-L., & Wang, H-X. (2022). Research progress of exercise rehabilitation intervention in patients with multiple sclerosis. *Chinese Clinical Nursing*, 12, 778-781. (in Chinese)
- [3]Dong, Y., Lagarde, J., Xicota, L., Corne, H., Chantran, Y., Chaigneau, T., ... & Elbim, C. (2018). Neutrophil hyperactivation correlates with Alzheimer's disease progression. *Annals of Neurology*, 83(2), 387-405.
- [4]Wu, S. P. (2022). Analysis of clinical characteristics and risk factors related to disability progression in patients with multiple sclerosis (Master's thesis). Lanzhou University. Retrieved from <https://kns.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbname=CMFD202301&filename=1022607217.nh> (in Chinese)
- [5]Wu, S. P. (2022). Analysis of clinical characteristics and risk factors related to disability progression in patients with multiple sclerosis (Master's thesis). Lanzhou University. Retrieved from <https://kns.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbname=CMFD202301&filename=1022607217.nh> (in Chinese)
- [6]Hurwitz, B. J. (2011). Analysis of current multiple sclerosis registries. *Neurology*, 76(1 Supplement 1), S7-S13.
- [7]Alonso, A., & Hernán, M. A. (2008). Temporal trends in the incidence of multiple sclerosis: a systematic review. *Neurology*, 71(2), 129-135.
- [8]Bentzen, J., Meulengracht Flachs, E., Stenager, E., Brønnum-Hansen, H., & Koch-Henriksen, N. (2010). Prevalence of multiple sclerosis in Denmark 1950—2005. *Multiple Sclerosis Journal*, 16(5), 520-525.
- [9]Alonso, A., & Hernán, M. A. (2008). Temporal trends in the incidence of multiple sclerosis: a systematic review. *Neurology*, 71(2), 129-135.

- [10]Beer, S., Khan, F., & Kesselring, J. (2012). Rehabilitation interventions in multiple sclerosis: an overview. *Journal of Neurology*, 259, 1994-2008.
- [11]Kobelt, G., Berg, J., Lindgren, P., Fredrikson, S., & Jönsson, B. (2006). Costs and quality of life of patients with multiple sclerosis in Europe. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 77(8), 918-926.
- [12]Beer, S., Khan, F., & Kesselring, J. (2012). Rehabilitation interventions in multiple sclerosis: an overview. *Journal of Neurology*, 259, 1994-2008.
- [13]Li, Erjie, & Li, Lei. (2020). Progress in the study of cognitive impairment in patients with multiple sclerosis. *Journal of Integrated Cardiovascular and Cerebrovascular Diseases of Chinese and Western Medicine*, (02), 260-264. (in Chinese)
- [14]Guilloton, L., Camdessanche, J. P., Latombe, D., Neuschwander, P., Cantalloube, S., Thomas-Anterion, C., ... & Jacquin-Courtois, S. (2020). A clinical screening tool for objective and subjective cognitive disorders in multiple sclerosis. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 63(2), 116-122.
- [15]Li, W., Xiao-Jia, L., Tao, Z., & Neurology, D. O. (2015). The feature of working memory disorder in multiple sclerosis: the impairment of information processing speed. *Journal of Apoplexy and Nervous Diseases*.
- [16]Zhang Xue-Tong, Li Zhi-An, Zhu Yu, & Ai Qing-Long. (2012). Advances in the study of cognitive impairment in multiple sclerosis. *Chinese Journal of Neuropsychiatric Disorders*, 38(009), 564-567. (in Chinese)
- [17]Chiaravalloti, N. D., DeLuca, J., Moore, N. B., & Ricker, J. H. (2005). Treating learning impairments improves memory performance in multiple sclerosis: a randomized clinical trial. *Multiple Sclerosis Journal*, 11(1), 58-68.
- [18]Sun, Junjun, & Ren, Qingguo. (2014). Pathogenesis of multiple sclerosis cognitive impairment and its treatment progress. *Journal of Southeast University: Medical Edition*, (4), 4. (in Chinese)
- [19]Eisenman, P., & Rucker, I. (1997). The Virtual: The Uniform in Architecture. *ANY: Architecture New York*, (19/20), 20-23.
- [20]Ma Yue. (2022). Future machines: the generation of virtual space. *Chi-*

nese Art, (03), 68-75. (in Chinese)

[21]Sutherland, I. E. (1965, May). The ultimate display. In Proceedings of the IFIP Congress (Vol. 2, No. 506-508, pp. 506-508).

[22]Doerner, R., Broll, W., Jung, B., Grimm, P., Göbel, M., & Kruse, R. (2022). Introduction to virtual and augmented reality. In *Virtual and Augmented Reality (VR/AR) Foundations and Methods of Extended Realities (XR)* (pp. 1-37). Cham: Springer International Publishing.

[23]Doerner, R., Broll, W., Jung, B., Grimm, P., Göbel, M., & Kruse, R. (2022). Introduction to virtual and augmented reality. In *Virtual and Augmented Reality (VR/AR) Foundations and Methods of Extended Realities (XR)* (pp. 1-37). Cham: Springer International Publishing.

[24]Cruz-Neira, C. (1993, July). Virtual reality overview. In *Siggraph* (Vol. 93, No. 23, p. 2).

[25]Earnshaw, R. A. (Ed.). (2014). *Virtual reality systems*. Academic Press.

[26]Rheingold, H. (1991). *Virtual reality*. Summit Books.

[27]Witmer, B. G., & Singer, M. J. (1998). Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. *Presence*, 7 (3), 225-240.

[28]Sheridan, T. B. (2000, October). Interaction, imagination and immersion: Some research needs. In *Proceedings of the ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology* (pp. 1-7).

[29]Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 6 (4), 355-385.

[30]Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1995, December). Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. In *Telemanipulator and Telepresence Technologies* (Vol. 2351, pp. 282-292). SPIE.

[31]Tamura, H., Yamamoto, H., & Katayama, A. (2001). Mixed reality: Future dreams seen at the border between real and virtual worlds. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21 (6), 64-70.

[32]Pereira, M. F., Prahm, C., Kolbensschlag, J., Oliveira, E., & Rodrigues,

- N. F. (2020). Application of AR and VR in hand rehabilitation: A systematic review. *Journal of Biomedical Informatics*, 111 , 103584.
- [33]Li YN, Zuo GK, Cui ZQ & Xu JL. (2017). Advances in the application of virtual reality technology in rehabilitation training. *Chinese Journal of Rehabilitation Medicine* (09) , 1091-1094. (in Chinese)
- [34]Li YN, Zuo GK, Cui ZQ & Xu JL. (2017). Advances in the application of virtual reality technology in rehabilitation training. *Chinese Journal of Rehabilitation Medicine* (09) , 1091-1094. (in Chinese)
- [35]Maggio, M. G., Russo, M., Cuzzola, M. F., Destro, M., La Rosa, G., Molonia, F., ... & Calabrò, R. S. (2019). Virtual reality in multiple sclerosis rehabilitation: A review on cognitive and motor outcomes. *Journal of Clinical Neuroscience*, 65 , 106-111.
- [36]Liu, Beibei, Ding, Qineng & Zhu, Wusheng. (2018). Research progress on the role of virtual reality technology in rehabilitation of nervous system diseases. *Chinese Journal of Modern Neurological Diseases* (03) , 222-225.
- [37]Liu, Beibei, Ding, Qineng & Zhu, Wusheng. (2018). Research progress on the role of virtual reality technology in rehabilitation of nervous system diseases. *Chinese Journal of Modern Neurological Diseases* (03) , 222-225.
- [38]Maggio, M. G., De Luca, R., Manuli, A., Buda, A., Foti Cuzzola, M., Leonardi, S., ... & Calabrò, R. S. (2022). Do patients with multiple sclerosis benefit from semi-immersive virtual reality? A randomized clinical trial on cognitive and motor outcomes. *Applied Neuropsychology: Adult*, 29 (1), 59-65.
- [39]Galperin, I., Mirelman, A., Schmitz-Hübsch, T., Hsieh, K. L., Regev, K., Karni, A., ... & Hausdorff, J. M. (2023). Treadmill training with virtual reality to enhance gait and cognitive function among people with multiple sclerosis: a randomized controlled trial. *Journal of Neurology*, 270 (3), 1388-1401.
- [40]Liu J, Mei J, Zhang X, Lu X, Huang J. (2016). Augmented reality-based training system for hand rehabilitation. *Multimedia Tools & Applications*, 1-21.
- [41]Chang YJ, Liu HH, Kang YS, Kao CC. (2016). Using augmented reality

smart glasses to design games for cognitive training. In International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (pp. 252-253).

[42]Duff, M., Chen, Y., Attygalle, S., Herman, J., Sundaram, H., Qian, G., ... & Rikakis, T. (2010). An adaptive mixed reality training system for stroke rehabilitation. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 18 (5), 531-541.

[43]Park, E., Yun, B. J., Min, Y. S., Lee, Y. S., Moon, S. J., Huh, J. W., ... & Jung, T. D. (2019). Effects of a mixed reality-based cognitive training system compared to a conventional computer-assisted cognitive training system on mild cognitive impairment: a pilot study. *Cognitive and Behavioral Neurology*, 32 (3), 172-178.

[44]Lui Cheng, Sun T. T. M., Wang Y. F., Huang Q. & Zhang P. L.. (2020). Effects of virtual reality technology on rehabilitation training for patients with multiple sclerosis: a Meta-analysis. *Nursing Research*(01) , 9-17. (in Chinese)

[45]Brueggen, K., Kasper, E., Ochmann, S., Pfaff, H., Webel, S., Schneider, W., & Teipel, S. (2017). Cognitive rehabilitation in Alzheimer's disease: a controlled intervention trial. *Journal of Alzheimer's Disease*, 57 (4), 1315-1324.

[46]Weybright, E. H., Dattilo, J., & Rusch, F. R. (2010). Effects of an interactive video game (Nintendo Wii™) on older women with mild cognitive impairment. *Therapeutic Recreation Journal*, 44 (4), 271.

[47]Hertzog, C., Kramer, A. F., Wilson, R. S., & Lindenberger, U. (2008). Enrichment effects on adult cognitive development: can the functional capacity of older adults be preserved and enhanced?. *Psychological science in the public interest*, 9 (1), 1-65.

[48]Robinson, J., Dixon, J., Macsween, A., Van Schaik, P., & Martin, D. (2015). The effects of exergaming on balance, gait, technology acceptance and flow experience in people with multiple sclerosis: a randomized controlled trial. *BMC sports science, medicine and rehabilitation*, 7 (1), 1-12.

[49]Shih, M. C., Wang, R. Y., Cheng, S. J., & Yang, Y. R. (2016). Effects of a

- balance-based exergaming intervention using the Kinect sensor on posture stability in individuals with Parkinson's disease: a single-blinded randomized controlled trial. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 13 (1), 1-9.
- [50]Li, Z., Han, X. G., Sheng, J., & Ma, S. J. (2016). Virtual reality for improving balance in patients after stroke: a systematic review and meta-analysis. *Clinical rehabilitation*, 30 (5), 432-440.
- [51]Feys, P., & Straudi, S. (2019). Beyond therapists: Technology-aided physical MS rehabilitation delivery. *Multiple Sclerosis Journal*, 25 (10), 1387-1393.
- [52]Jonsdottir, J., Bertoni, R., Lawo, M., Montesano, A., Bowman, T., & Gabrielli, S. (2018). Serious games for arm rehabilitation of persons with multiple sclerosis. A randomized controlled pilot study. *Multiple sclerosis and related disorders*, 19 , 25-29.
- [53]Stanmore, E., Stubbs, B., Vancampfort, D., de Bruin, E. D., & Firth, J. (2017). The effect of active video games on cognitive functioning in clinical and non-clinical populations: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 78 , 34-43.
- [54]Luo Yunhu. (2001). *Modern Hospital Architectural Design* . China Construction Industry Press. (in Chinese)
- [55]Ulrich, R. S., Berry, L. L., Quan, X., & Parish, J. T. (2010). A conceptual framework for the domain of evidence-based design. *HERD: Health Environments Research & Design Journal*, 4 (1), 95-114.
- [56]Särkämö, T., Tervaniemi, M., Laitinen, S., Forsblom, A., Soinila, S., Mikkonen, M., ... & Hietanen, M. (2008). Music listening enhances cognitive recovery and mood after middle cerebral artery stroke. *Brain*, 131 (3), 866-876.
- [57]Ulrich, R. S. (1991, January). Effects of interior design on wellness: theory and recent scientific research. In *Journal of Health Care Interior Design: Proceedings from the... Symposium on Health Care Interior Design. Symposium on Health Care Interior Design* (Vol. 3, pp. 97-109).
- [58]Särkämö, T., Tervaniemi, M., Laitinen, S., Forsblom, A., Soinila, S., Mik-

konen, M., ... & Hietanen, M. (2008). Music listening enhances cognitive recovery and mood after middle cerebral artery stroke. *Brain*, 131 (3), 866-876.

[59]Leape, L. L., Brennan, T. A., Laird, N., Lawthers, A. G., Localio, A. R., Barnes, B. A., ... & Hiatt, H. (1991). The nature of adverse events in hospitalized patients: results of the Harvard Medical Practice Study II. *New England Journal of Medicine*, 324 (6), 377-384.

[60]Zhan, C., & Miller, M. R. (2003). Excess length of stay, charges, and mortality attributable to medical injuries during hospitalization. *JAMA*, 290 (14), 1868-1874.

[61]Iyendo T O, Uwajeh P C, Ikenna E S. The therapeutic impacts of environmental design interventions on wellness in clinical settings: A narrative review. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 24 , 174-188.

[62]Paradiso, S. (2002). Affective neuroscience: The foundations of human and animal emotions. *American Journal of Psychiatry*, 159(10), 1805-1805.

[63]Bar, M., & Neta, M. (2007). Visual elements of subjective preference modulate amygdala activation. *Neuropsychologia*, 45(10), 2191-2200.

[64]Lorenz, K. (1943). Die angeborenen formen möglicher erfahrung. *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 5 (2), 235-409.

[65]Xu, L. Y., et al. "Meng: perception and aftereffects." *Advances in Psychological Science*, 27 (04), 689-699. (in Chinese)

[66]Marcus, A. (2002). The cult of cute: the challenge of user experience design. *Interactions*, 9 (6), 29-34.

[67]Gorn, G. J., Jiang, Y., & Johar, G. V. (2008). Babyfaces, trait inferences, and company evaluations in a public relations crisis. *Journal of Consumer Research*, 35 (1), 36-49.

[68]McVeigh, B. J. (2000). How Hello Kitty Commodifies the Cute, Cool and Camp: 'Consumutopia' versus 'Control' in Japan. *Journal of Material Culture*, 5 (2), 225-245.

[69]Postman, N. (1985). The disappearance of childhood. *Childhood Education*, 61 (4), 286-293.

Indice delle immagini

[1]Il glossario del virtuale: AR, VR, MR, RR, XR: <http://virtualmentis.altervista.org/glossario-gli-acronimi-del-virtuale-ar-vr-mr-rr-xr/>

[2]Hololens 2: <https://www.bechtle.com/it/shop/microsoft-hololens-2--4342628--p>

[3]From Product Design to Virtual Reality: <https://medium.com/google-design/from-product-design-to-virtual-reality-be46fa793e9b>

[4]Contemporary American Rehabilitation Garden Design: Oregon Burn Center Garden: <http://www.youthla.org/jchla/201501-2/americian-modern-healing-gardens-design-a-case-study-of-the-oregon-burn-center-garden/>

[5]Adaptive Playground Landscape Design, Salem Center, USA: <http://www.landscape.cn/landscape/9604.html>

[6]Maggie's Oldham by dRMM:<https://www.gooood.cn/drmm-maggies-oldham-by-drmm.htm>

[7]The therapeutic impacts of environmental design interventions on wellness in clinical settings: A narrative review : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1744388116300536#fig4>

