



## Valutazione delle capacità percettive e cognitive dei giocatori di pallacanestro in carrozzina con l'utilizzo della Realtà Virtuale

Il processo riabilitativo che permette alla persona con disabilità di tornare alla vita autonoma o assistita, è spesso un percorso molto lungo e non privo di difficoltà il progetto vuole dare alcune risposte al ritorno alla normalità di una persona che ha subito una disabilità tramite l'utilizzo della Realtà Virtuale nel recupero delle capacità Percettive e Cognitive

Coordinatori del progetto: Prof. Fabio Castellucci / Prof. Francesco Uguagliati

Introduzione .....	2
La realtà virtuale e la riabilitazione .....	4
Definizione della problematica e domande per la ricerca .....	5
Obiettivi ed ipotesi della ricerca .....	6
Materiali e metodi .....	8
Metodologia .....	8
Protocollo di ricerca .....	10
Campione statistico .....	11
Analisi statistica .....	12
Sviluppi futuri .....	13
Bibliografia .....	14

## 1. Introduzione

I vantaggi dell'attività motoria e sportiva per una persona disabile e la loro pratica regolare sono molteplici. Sul piano cognitivo si migliora la conoscenza del proprio corpo, dello spazio, del tempo e della velocità. Dal punto di vista fisico si incrementa la forza muscolare, la capacità di equilibrio, della cinestesia e di coordinazione motoria grazie alle ripetizioni consapevoli e finalizzate degli atti motori.

A livello sportivo l'acquisizione delle conoscenze tecniche delle varie discipline sportive, dei regolamenti e dei confronti stimola l'apprendimento di regole sociali.

Nell'area psicologica la pratica sportiva produce uno stato di soddisfazione generale, favorisce la disciplina e l'allenamento che di conseguenza portano al contenimento degli stati emotivi, incrementando la capacità di autocontrollo.

Nell'ambito socio-educativo c'è la possibilità di aumentare la propria autonomia. Nella pratica sportiva la persona è stimolata alla produzione di atti volontari e finalizzati.

Per una persona disabile, il sentimento di autoefficacia e di autostima può rimanere basso, influenzando in modo negativo, allo stesso modo la spinta motivazionale ad intraprendere nuove attività ed esperienze rimane lontana dalla sua volontà, si crea, in questo modo, un circolo vizioso nel quale la persona con disabilità si percepisce, trovando anche conferma dai feedback che riceve dall'esterno, come impotente a "colmare la differenza" e quindi, non adeguata socialmente.

È possibile supporre che l'attività sportiva offra alle persone con handicap la possibilità di sperimentarsi in situazioni nuove, nelle quali sentirsi capaci e soddisfatti di se stessi, vivendo esperienze di gruppo ed individuali, sia di condivisione che di competizione.

Questa attività di ricerca ha come obiettivi:

- Quello di osservare e valutare l'interazione che diverse attività motorie, di facile accesso alla popolazione con disabilità cognitiva, hanno nel loro benessere psicofisico, motorio e sociale e percettivo cognitivo.
- Di verificare se la tecnologia applicata per il recupero delle capacità cognitive e di facile utilizzo da parte della persona disabile.
- Di valutare la possibilità di implementazione dei protocolli utilizzati in ambiti riabilitativi, entrando come percorsi aggiuntivi nella riabilitazione psicofisica della persona.
- Di divulgare la metodologia e i dati della ricerca svolta.

## 2. La realtà Virtuale nella riabilitazione

*LA REALTÀ VIRTUALE È LA SIMULAZIONE GENERATA AL COMPUTER DI UN'IMMAGINE TRIDIMENSIONALE O DI UN AMBIENTE CHE PUÒ ESSERE INTERAGITO IN MODO APPARENTEMENTE REALE O FISICO DA UNA PERSONA CHE UTILIZZA APPOSITE MASCHERE E CONTROLLER DOTATI DI SENSORI.*

I recenti progressi tecnici hanno portato a un rapido sviluppo delle tecnologie di realtà virtuale (VR). Lo sviluppo della realtà virtuale è in parte guidato dall'industria dei giochi, che produce kit VR in grandi volumi per scopi commerciali.

Pertanto, viene continuamente sviluppato e migliorato, portando a risoluzioni più elevate, frequenze di aggiornamento più elevate e campi visivi più ampi. Display ad alte prestazioni, schede grafiche e altro hardware per computer consentono di produrre potenti kit di realtà virtuale a un prezzo ragionevole (Virtual Reality Society, 2017). Questi sviluppi trasformano la realtà virtuale in uno strumento di ricerca di grande valore e più accessibile.

La realtà virtuale ha il vantaggio di una configurazione sperimentale ben controllata, pur offrendo al soggetto libertà di movimento e collocandolo in un ambiente relativamente naturale.

È possibile che il soggetto guardi in tutte le direzioni muovendo la testa, proprio come nel mondo reale. Contemporaneamente al movimento della testa, il posizionamento degli stimoli in relazione alla posizione del soggetto può essere misurato con alta precisione.

In effetti, possono essere implementati movimenti di tutto il corpo come voltarsi verso oggetti o persino camminare. Attraverso la sincronizzazione dei movimenti del corpo e delle immagini fornite agli occhi, è possibile raggiungere un'elevata immersione del soggetto con l'ambiente virtuale. Fornendo ai sensi informazioni su questo ambiente, i soggetti acquisiscono un senso di presenza nell'ambiente non fisico (Mestre & Vercher, 2011).

Ciò facilita un'interazione più naturale con stimoli creati artificialmente, per esempio il tracciamento del movimento consente la registrazione di tutti i movimenti effettuati dai soggetti.

Pertanto, il comportamento viene monitorato in condizioni controllate che possono essere identiche ripetute più volte nella stessa esercitazione. L'esplorazione più intuitiva di un mondo 3D da parte del soggetto e la corrispondenza tra i movimenti del soggetto e i cambiamenti nell'ambiente aumentano la validità ecologica dei paradigmi sperimentali. Pertanto, lo sviluppo della VR è in linea con gli sforzi di condurre

esperimenti in condizioni meno artificiali, ritenute necessarie per comprendere veramente i processi cognitivi (Jungnickel & Gramann, 2016).

La realtà virtuale è quindi una tecnologia con molte possibilità interattive, soprattutto in un approccio immersivo in relazione con immagini e suoni 3D, con la possibilità di comprendere altri sensi umani e più canali percettivi. Le possibilità di creare linguaggi innovativi (utilizzando approcci espressivi e comunicativi) basati sull'intera gamma della percezione umana sono pressoché illimitate e dipendono dall'evoluzione tecnologica, questo già succede con le prime applicazioni in Realtà Virtuale per la valutazione e l'allenamento delle attività percettive e cognitive.

Pertanto, la realtà virtuale è un mezzo emergente e in continua evoluzione in cui è necessario esplorare le possibilità di comunicazione e interazione offerte dalla tecnologia attuale e il suo potere di sviluppare esperienze immersive riguardo alle possibilità di integrare i sensi umani in essa, attualmente i sensi che si riescono a rilevare in VR sono: La Vista- Udito- Tatto.



*Figura 1 sensi che sono rilevati in Realtà Virtuale*

Quindi, la realtà virtuale è una tecnologia, ovviamente, ma anche un mezzo, un campo di ricerca e di comunicazione, e un'idea concettuale per certi versi e, anche, in futuro, una realtà alternativa immersiva che trasmette sensazioni oltre visive, uditive, quelle aptiche o propriocettive, forse un ulteriore passo avanti nella trasformazione della realtà.

D'altra parte, emergono molte domande relative ai fenomeni della realtà virtuale e degli ambienti immersivi.

Queste domande sono i prossimi passi nella ricerca sul campo e dovrebbero essere affrontate da discipline come le neuroscienze (e le scienze cognitive), l'ergonomia, le scienze della vita o anche le scienze formali come i sistemi o le teorie delle decisioni, nonché gli aspetti teorici dell'informatica, tra gli altri.

In questa linea di evoluzione naturale del mezzo e della tecnologia, dobbiamo pensare ai prossimi passi nello sviluppo della simulazione di sensazioni alternative come la prossima pietra miliare naturale nella realtà virtuale.

### **3. Definizione della problematica e domande per la ricerca**

Il processo riabilitativo che permette alla persona con disabilità di tornare alla vita autonoma o assistita, è spesso un percorso molto lungo e non privo di difficoltà. L'instaurarsi di patologie neurologiche richiede nella maggior parte dei casi un intervento terapeutico specializzato con l'obiettivo di recuperare le funzioni psicomotorie compromesse dalla malattia. Esistono molte patologie, dalla differente eziologia, che richiedono un intervento su più fronti, ad opera di vari specialisti della medicina riabilitativa, tra queste: le patologie di origine traumatica come le lesioni midollari ed i traumi cranici; patologie congenite come la spina bifida; malattie neurologiche vascolari come l'ictus cerebrale; le malattie neurodegenerative come l'Alzheimer, il morbo di Parkinson e molte altre.

Gli interventi riabilitativi su persone con disabilità mirano, come già anticipato, a far riacquisire il movimento e soprattutto il controllo (dove possibile) di determinate parti del corpo. Una prima domanda di ricerca nasce in questo contesto:

- a. È possibile valutare in maniera oggettiva il risultato in termini di recupero funzionale della persona con disabilità?”.

La comunità scientifica ha cercato di dare una risposta per molto tempo riconoscendo l'aspetto valutativo come una delle componenti essenziali di questo processo; componente quindi che dovrà considerare la riacquisizione di processi psicomotori in chiave di movimento. Ma molto spesso, in termini di valutazione funzionale, viene scisso l'aspetto motorio da quello cognitivo. Ne deriva una seconda domanda di ricerca:

- b. “Esistono delle metodologie scientifiche che permettono la valutazione funzionale in ambito psico-motorio della persona con disabilità attraverso esercizi motori?”.
- c. “Esistono su mercato tecnologie che possono aiutare questo tipo di valutazione?”.

- d. Queste tecnologie dopo essere state testate e valutate dal punto di vista scientifico possono essere applicate su larga scala per la valutazione e la riabilitazione della persona che ha avuto un trauma?

L'intento di questo progetto è quello di trovare delle risposte alle nostre domande di ricerca al fine di contribuire al bene delle persone con disabilità e di chiunque sia inserito in percorsi riabilitativi con l'intento di tornare il prima possibile al miglior stato di salute possibile.

Per rispondere ai tre quesiti sopra esposti viene presentata la seguente ricerca sulla valutazione delle capacità percettive cognitive della persona disabile.

Allo stesso tempo verrà analizzata la possibilità di realizzare dei protocolli di training che consentano alla persona disabile un miglioramento delle capacità percettive cognitive.

#### **4. Obiettivi ed ipotesi della ricerca**

Attraverso l'utilizzo di specifiche esercitazioni motorie e di task attentivi in un ambiente di Realtà Virtuale (VR), si vuole ipotizzare che le patologie neurologiche di origine traumatica hanno bisogno di molto più tempo (rispetto all'attuale tempo di dimissione) per permettere alla persona di riacquisire il pieno controllo psico-motorio. Un'ulteriore ipotesi considera come questi aspetti possano contribuire sinergicamente al velocizzare i tempi di recupero post traumatici. Nelle patologie neurologiche a carico del sistema nervoso centrale si vuole confermare il ruolo terapeutico e allenante che hanno queste metodiche nei confronti del decadimento cognitivo della persona.

La realtà virtuale come strumento per la riabilitazione cognitiva e motoria combinata, può oggi essere vista come un valido approccio ad esempio nella riabilitazione dell'ictus, in particolare nel dominio motorio dove gli studi hanno mostrato benefici a livello della funzione degli arti superiori e dell'ADL (Laver et al.,2017). Ciò è potenzialmente correlato al fatto che la realtà virtuale consente di creare condizioni per ottimizzare l'apprendimento motorio promuovendo una pratica significativa e iterativa, insieme alla fornitura di feedback immediato (Levin et al.,2014).

Per quanto concerne la riabilitazione di persone con disabilità motoria, la VR offre la possibilità di integrare la pratica delle attività cognitive e / o motorie in contesti più ecologicamente validi (Rand et al., 2009; Faria et al., 2016a; Adams et al., 2018).

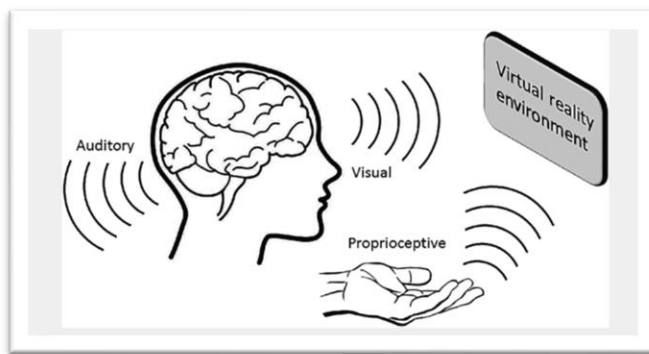
In tali scenari, l'allenamento motorio viene combinato con l'esecuzione di compiti di riabilitazione cognitiva costituiti da attività per migliorare i domini cognitivi come

l'attenzione, la memoria o le funzioni esecutive e la velocità di esecuzione di compiti visivi.

Inoltre, le limitazioni nella funzione cognitiva hanno dimostrato di avere un effetto sulle prestazioni di VR (Kizony et al., 2004), e quindi i sistemi di VR dovrebbero essere progettati per affrontare diversi profili cognitivi.

Sebbene le prove siano ancora non numerose essendo la realtà virtuale una tecnologia innovativa, per quanto riguarda la riabilitazione motoria e cognitiva simultanea hanno mostrato un grande potenziale per queste strategie riabilitative (Rand et al., 2009; Kim et al., 2011; Lee et al., 2015; Cameirão et al., 2017).

Quindi, possiamo sostenere che i nuovi strumenti VR dovrebbero concentrarsi sulla riabilitazione cognitiva e motoria integrativa basata su compiti che pongono richieste sia cognitive che motorie. Assumendo l'interdipendenza tra i processi di recupero, possiamo fornire con la VR uno strumento di riabilitazione più efficace.



*Figura2: Rappresentazione grafica dei sensi che sono rilevabili in Realtà Virtuale*



*Foto 3: Atleti professionisti durante una esercitazione con la realtà virtuale*



## 5. Materiali e metodi

Per questo studio verrà utilizzata la seguente tecnologia:

- N° 1 Notebook Dell G5 15 5500
- N° 1 Notebook Dell G5 15 5500
- N°2 Visori OCULUS Rift S
- N°2 Controller Xbox serie X
- Cavi di connessione
- Software VR CNS Sprint
- Software Microsoft Office
- SPSS Statistics (Statistical Package for the Social Sciences),

Le postazioni verranno installate presso il laboratorio di Scienze Cognitive situato presso la struttura sportiva CUS Padova - Impianti Luciano Merigliano, in via Via Jacopo Corrado, N.4, 35128 Padova (PD).

### 5.1. Metodologia

Attraverso l'utilizzo del software in realtà virtuale, VR-CNS Sprint, già presente sul mercato delle applicazioni scientifiche, gli atleti verranno sottoposti cognitivi e sensoriali, in un ambiente di realtà virtuale, con l'intento di valutare le capacità percettive, tramite i tempi di reazione, con diverse modalità esecutive.

I protocolli a cui verranno sottoposti sono relativi a due task percettivi cognitivi:

- il primo è il Tempo di Reazione semplice con intertempo tra gli stimoli (SOA time);
- il secondo è il paradigma del Go / no Go task, con intertempo tra gli stimoli (SOA Time).

#### A. TEMPO DI REAZIONE SEMPLICE CON INTERVALLO TRA STIMOLI (SOA, Stimulus-Onset -Asynchrony)

Il Simple Reaction Time (Simple SRT) è un test e un allenamento che misura la velocità di reazione semplice.

Il tempo di reazione (SRT) è il tempo che intercorre tra la presentazione dello stimolo sensoriale e la conseguente risposta comportamentale e indica la velocità con cui la persona può eseguire le operazioni mentali necessarie per il compito in questione. La velocità di elaborazione dei dati è considerata un indice di efficienza.

Il tempo di reazione può essere misurato in una varietà di attività sperimentali: rilevamento, discriminazione, localizzazione, riconoscimento, ricordo, ecc.

Il protocollo di Simple Reaction time utilizzato nella ricerca misura: Il tempo di reazione, la localizzazione spaziale degli stimoli, il tempo di reazione in relazione all'intertempo di presentazione dello stimolo.

*Assessment:* Il numero totale dei target dell'esercizio, è basato sulla ripetizione di 16 target per 3 volte il tempo del SOA il tutto ripetuto 2 volte, in totale il numero del target è di 96 target che devono essere colpiti.

Numero target  $16 \times 3$  SOA time (250ms, 500ms, 1000ms)  $\times 2$  Volte= totale 96 colpi.

La ripetizione del tempo SOA e la posizione target vengono presentati in modo casuale. La distribuzione dei target è casuale nelle 16 posizioni target, prima di iniziare un nuovo giro devono essere coperte tutte le 16 posizioni target, dopodiché inizia un nuovo giro e così via, fino al termine completamento dell'esercizio.

I target vengono presentati con un intervallo di tempo variabile (SOA Time) di 250ms, 500ms, 1000ms, il tempo massimo disponibile per selezionare i target è di due secondi, dopodiché viene evidenziato un errore di omissione.

Al termine dell'esercizio il partecipante potrà avere subito un riscontro statistico immediato, mentre per la elaborazione di tutti i dati si dovrà aspettare la fine della ricerca.

Durante la ricerca verrà realizzato un report statistico penalizzato dell'assessment che verrà consegnato ad ogni partecipante.

#### B. TEMPO DI REAZIONE CON IL PARADIGMA DEL GO / no -GO con SOA time (Stimulus-Onset -Asynchrony)

L'esercizio Go / No-go è un test e un allenamento che misura la velocità di reazione selettiva, la capacità di attenzione sostenuta e la capacità di inibire una risposta già innescata. Lo scopo dell'esercizio è quello di selezionare, il più velocemente possibile, i bersagli che si illuminano di verde e non rispondono a quelli che si accendono di rosso, inibendo la risposta. Il tempo di reazione misura l'efficienza nel sopprimere una reazione innescata da uno stimolo attivante esterno.

L'attività Go / No-go consiste nella presentazione di una serie di stimoli. Per un dato tipo di stimolo, i partecipanti sono tenuti a fare una risposta motoria (Go).

Per un altro tipo di stimolo, sono richiesti i partecipanti trattenere una risposta motoria (No-go; Watanabe et al., 2002). Le prove che richiedono una risposta Go sono in genere

più frequenti, (Rapporto 3 a 1) rispetto alle prove che richiedono una risposta No-go. La precisione e il tempo di reazione vengono registrati per ciascuno tipo di risposta. Le risposte del cervello a questo compito sono state ampiamente studiate utilizzando entrambi i potenziali legati agli eventi (ERP) e fMRI (Falkenstein, Hoorman e Hohnsbein, 1999; Simmonds, Pekar e Mostofsky, 2008), suggerendo che le prove No-go in questo compito suscitano attività cerebrale che supporta il controllo inibitorio (c.f., Nieuwenhuis, Yeung, van den Wildenberg e Ridderinkhof, 2003).

Le risposte del cervello a questo compito sono state ampiamente studiate utilizzando entrambi i potenziali legati agli eventi (ERP) e fMRI (Falkenstein, Hoorman e Hohnsbein, 1999; Simmonds, Pekar e Mostofsky, 2008), suggerendo che le prove No-go in questo compito suscitano attività cerebrale che supporta il controllo inibitorio (c.f., Nieuwenhuis, Yeung, van den Wildenberg e Ridderinkhof, 2003).

*Assessment:* il sistema permette di effettuare una valutazione attraverso la presentazione di 128 target consecutivi con aspetto randomizzato nel tempo (SOA: Stimulus-onset Asynchrony) e nello spazio.

Il numero dei target è di 96, mentre i no target ( No-go target) sono 32, il rapporto tra target e no target è di 3 a 1.

I target sono presentati con un intervallo di tempo variabile SOA TIME di 100ms, 500ms 250ms. Il tempo massimo disponibile per selezionare i target è di due secondi, (2000 ms) dopodiché viene evidenziato l'errore di omissione.

urante la ricerca verrà realizzato un report statistico penalizzato dell'assessment che verrà consegnato ad ogni partecipante.



*Figura 2 – Grafico di un atleta durante l'esercizio di reaction time*

Utilizzando il VR Brain Tracker gli atleti verranno sottoposti a dei trials attentivi che permetteranno la valutazione degli aspetti cognitivi della persona attraverso il tracciamento degli oggetti nello spazio virtuale.



*Figura 3 – Una atleta durante l'esercizio di reaction time*

## **5.2. Protocollo di ricerca**

Va innanzitutto sottolineato che l'intero protocollo sarà interamente conforme alla Dichiarazione di Helsinki stilata dalla World Medical Association, ultima revisione 64th WMA General Assembly, Fortaleza, Brasile, ottobre 2013.

A seguito della riunione preliminare con gli atleti e gli studenti di scienze motorie, interessati a prendere parte allo studio riceveranno un foglio informativo e, successivamente, fornito un consenso scritto per partecipare. Ad ogni partecipante è stato garantito il diritto di ritirarsi dallo studio in qualsiasi momento, senza dover fornire alcun tipo di spiegazione.

In *sede di test* si è cercato di ridurre al minimo fenomeni di bias preparando in eguale maniera tutti i soggetti partecipanti e considerando anche l'influenza del ritmo circadiano (Horne & Östberg, 1977).

Per standardizzare le condizioni, verrà chiesto preventivamente ai partecipanti di presentarsi indossando indumenti comodi; si cercherà di evitare qualsiasi forma di rumore, tanto da parte degli sperimentatori quanto dei partecipanti, facendo entrare nell'aula solamente i soggetti da testare: i successivi venivano fatti attendere all'esterno; si è avuto cura di non produrre movimenti vicino ai soggetti od alle apparecchiature per tutta la durata del test. Potendo chiudere a chiave il laboratorio fra una seduta di test e l'altra, non si è reso necessario spostare le apparecchiature. Inoltre, i laptop sono stati sempre mantenuti disconnessi dalla rete per evitare che virus o aggiornamenti di sistema causassero rallentamenti o alterazioni al sistema stesso.

Il *protocollo* ha previsto inizialmente una spiegazione delle modalità di svolgimento e la preparazione del partecipante: oltre ad esporre le modalità di esecuzione e gli obiettivi della prova, anche tramite la visione di un breve video esplicativo. È stato fatto compilare un questionario indicante, il genere, l'età e l'attività sportiva praticata o meno, l'attività professionale o di studio.

Ad ogni partecipante verrà assegnato un codice alfanumerico, per garantire l'anonimato in accordanza al regolamento generale sulla protezione dei dati (regolamento UE n. 2016/679), necessario al fine di ricondurre le variabili ai risultati ottenuti e permettere successivamente l'analisi statistica.

### 5.3. Campione statistico

Lo studio si propone di testare atleti paraolimpici praticanti la pallacanestro in carrozzina inseriti nei campionati di serie A e B e Giovanile FIPIC (Federazione Italiana Pallacanestro in Carrozzina) nella stagione 2020-2021.

In totale verranno coinvolte:

- A. Sette squadre di pallacanestro in carrozzina.
- B. Complessivamente 40 atleti di sesso maschile e 15 atleti di sesso femminile.
- C. L'età dei partecipanti è compresa tra 20/45 anni per i maschi e tra 18 e 35 anni per le femmine.
- D. Un campione di 25 atleti, studenti di scienze motorie dell'università di Padova, non disabili che fungeranno da controllo.

### 5.4 Analisi statistica

- A. Al fine di ogni assessment valutativo verrà consegnata un report al partecipante dove verranno evidenziati tutti i dati dell'assessment svolto. (vedi pagina allegata)
- B. Per quanto riguarda l'analisi dei dati finali di tutte le persone che varranno teste i dati verranno tabulati con il programma Microsoft Excel e categorizzati a seconda delle variabili che verranno prese in considerazione. Sarà possibile computare i valori medi per ogni variabile, sfruttando il foglio di calcolo per la creazione di grafici. La tabulazione dei dati sarà utile per controllare l'esattezza della numerosità e dei valori durante l'analisi statistica.

L'*analisi statistica* verrà eseguita con il software IBM SPSS Statistics (Statistical Package for the Social Sciences), attraverso il quale sverranno analizzati i valori, del tempo di reazione, dello IES, e la distribuzione spaziale dei tempi di reazione. Tutti i dati verranno sottoposti all'analisi della varianza (ANOVA) multivariata con i fattori tipologia di disabilità, GENERE (maschile o femminile), e età, come fattori tra i soggetti.

I confronti post-hoc verranno condotti con t-test per campioni indipendenti. La correzione di Bonferroni per confronti multipli è stata applicata dove necessario.

In tutte le analisi il livello di significatività è stato fissato a  $p < 0.05$ .

### 6. Sviluppi futuri.

In una recente meta-analisi della letteratura sulla riabilitazione con realtà Virtuale “ Does a Combination of Virtual Reality, Neuromodulation and Neuroimaging Provide a Comprehensive Platform for Neurorehabilitation?” – A Narrative Review of the

Literature (Wei-Peng Teo e al. 2016) emergono diverse proposte applicative in linea con gli obiettivi del progetto sopra esposto in particolare.

- A. L'allenamento con la realtà Virtuale è stato esplorato come una possibile terapia aggiuntiva per le persone con disfunzioni motorie e mentali.
- B. Il concetto alla base della terapia con la Realtà Virtuale come trattamento per la disfunzione motoria e cognitiva è quello di migliorare la neuroplasticità del cervello coinvolgendo gli utenti in un allenamento multisensoriale.
- C. Il sistema in Realtà Virtuale utilizzato in questa ricerca può essere adattato e ottimizzato introducendo progressivamente delle nuove funzioni tra cui:
  - a. Consentire l'adattamento automatico / la classificazione dell'intensità dell'attività in base ai risultati ottenuti dal paziente;
  - b. Consentire al terapeuta o al trainer di adattare le caratteristiche dell'attività alle esigenze del paziente / atleta.
  - c. Consentire la realizzazione di sistemi in Realtà Virtuale multiplayer tramite una piattaforma di servizi web per migliorare l'interattività;
- D. La registrazione automatica dei tempi di reazione e della spazialità dei target selezionati, fornisce un dato oggettivo sul recupero cognitivo della persona e fornisce dei dati che descrivono la qualità e la quantità del recupero effettuato.

## **7. Referenze bibliografiche**

1. McLuhan, M.; Fiore, Q. *The Medium is the Message*; Penguin Books: New York, NY, USA, 1967; Volume 123, pp. 126–128.
2. Kramsch, C. *Language and Culture*; Oxford University Press: Oxford, UK, 1998.
3. Nagao, K.; Rekimoto, J. Ubiquitous talker: Spoken language interaction with real world objects. *arXiv*, **1995**, arXiv:cmp-lg/9505038. *Multimodal Technologies and Interact.* **2017**, 1, 21 16 of 20
4. Helander, M.G. (Ed.) *Handbook of Human-Computer Interaction*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2014.
5. Rand, D., Tamar Weiss, P. L., and Katz, N. (2009). Training multitasking in a virtual supermarket: a novel intervention after stroke. *Am. J. Occup. Ther.* 63, 535–542. doi: 10.5014/ajot.63.5.535
6. Horne, J. A., & Ostberg, O. (1977). Individual differences in human circadian rhythms. *Biological Psychology*, 5, 179 –190. doi:10.1016/ 0301-0511(77)90001-1

7. Jungnickel, E., & Gramann, K. (2016). Mobile Brain/Body Imaging (MoBI) of Physical Interaction with Dynamically Moving Objects. *Frontiers in Human Neuroscience, 10*, 306. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00306>
8. Mestre, D., & Vercher, J.-L. (2011). Immersion and Presence. *Virtual Reality: Concepts and Technologies*, 81–96. Retrieved from [http://www.ism.univmed.fr/mestre/projects/virtual reality/Pres\\_2005.pdf](http://www.ism.univmed.fr/mestre/projects/virtual%20reality/Pres_2005.pdf)
9. Falkenstein, M., Hoorman, J., & Hohnsbein, J. (1999). ERP components in Go/Nogo tasks and their relation to inhibition. *Acta Psychologica, 101*, 267-291.
10. Simmonds, D. J., Pekar, J. J., & Mostofsky, S. H. (2008). Meta-analysis of Go/No-go tasks demonstrating that fMRI activation associated with response inhibition is task-dependent. *Neuropsychologia, 46*, 224-232.
11. Nieuwenhuis, S., Yeung, N., van den Wildenberg, W., & Ridderinkhof, K. R. (2003). Electrophysiological correlates of anterior cingulate function in a go/no-go task: Effects of response conflict and trial type frequency. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience, 3*, 17-26.