



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**

Dipartimento di Scienze Biomediche

Corso di Laurea Triennale in Scienze Motorie

Tesi di Laurea

**DAL REALE AL VIRTUALE: UN'ESPLORAZIONE COMPILATIVA DELLA RELAZIONE TRA ATTIVITÀ FISICA E AVATAR**

Relatrice: Prof.ssa Nart Alessandra

Laureando: Cappelozza Giovanni

N° di matricola: 2046049

Anno Accademico 2023/2024



Indice

***Introduzione***

Capitolo 1. ***L'avatar e la realtà virtuale***

1.1 Effetto proteo

1.2 Il confronto con l'avatar nella letteratura

Capitolo 2. ***Discussione***

2.1 Limiti, effetti avversi e rischi negli studi proposti

***Conclusione***

***Bibliografia***

## **Riassunto**

In un'epoca dominata dalla tecnologia e dall'interconnessione digitale, la nostra identità e le nostre azioni si estendono sempre più oltre i confini del mondo reale, trovando espressione nei mondi virtuali attraverso gli avatar digitali. Questa tesi si propone di analizzare la complessa interazione tra l'attività fisica e la rappresentazione di Sé mediante avatar nei contesti virtuali. Attraverso una ricerca compilativa il cui lavoro si concentra sulla comprensione dei modelli comportamentali, delle motivazioni e degli impatti psicologici e fisici ed emotivi derivanti dall'attività fisica mediata dagli avatar; durante questa verranno esplorati i meccanismi di gamification e di incentivazione utilizzati per promuovere l'esercizio fisico attraverso la partecipazione virtuale. I risultati contribuiranno ad una maggiore consapevolezza della complessità della relazione tra il mondo reale e quello virtuale.

## **Abstract**

In an era dominated by technology and digital interconnectedness, our identity and actions increasingly extend beyond the boundaries of the real world, finding expression in virtual worlds through digital avatars. This thesis aims to analyse the complex interaction between physical activity and self-representation through avatars in virtual contexts. Through compilative research, the work focuses on understanding the behavioural patterns, motivations and psychological and emotional impacts of avatar-mediated physical activity; during this, the gamification and incentive mechanisms used to promote physical exercise through virtual participation will be explored. The results will contribute to a greater awareness of the complexity of the relationship between the real and virtual worlds.

## **Introduzione**

L'inattività e la sedentarietà sono considerati gravi problemi di salute e hanno un grave impatto economico sociale e individuale. Questi sono dati riscontrabili maggiormente in persone obese, le quali hanno più difficoltà a raggiungere, in percentuale, i livelli minimi di quantità di attività fisica necessaria per mantenersi in salute, indicati nelle linee guida e nelle raccomandazioni fornite da associazioni e istituzioni nazionali. L'inattività e l'aderenza all'esercizio fisico sono relazionate a variabili psicologiche come il ridotto divertimento, la poca motivazione, le tenui aspettative di efficacia, l'ansia durante l'attività fisica e le rappresentazioni negative del corpo. Per affrontare queste problematiche, la ricerca prova a muoversi su più fronti, adottando l'utilizzo di tecnologie immersive come la realtà virtuale (VR) e il concetto di metaverso che ultimamente sta crescendo di spessore in vari settori come l'intrattenimento, l'istruzione, la medicina e lo sport.

In questa breve disamina andremo a confrontare cinque articoli e i loro differenti punti di vista sull'integrazione della VR e del metaverso nello sport. Questi studi esplorano come la forma del corpo dell'avatar influenzi l'auto-percezione, l'autoefficacia (la consapevolezza di essere capace di dominare specifiche attività, situazioni ed eventi), il concetto di forma fisica, e come la VR possa migliorare l'esperienza sportiva e la percezione dello sforzo durante l'esercizio fisico. Ponendo come principale obiettivo: se l'utilizzo di avatar e di tecnologia VR possa aiutare gli utenti a superare le difficoltà e le diverse variabili psicologiche correlate all'attività fisica.

## Capitolo 1. *L'avatar e la realtà virtuale*

L'ambiente virtuale è un software con la funzione di generare un modello tridimensionale interattivo di un ambiente reale, in cui è possibile muoversi e interagire come in un luogo reale. L'aspetto più profondo e peculiare della VR coincide con l'ampio spettro di possibilità che esso offre per modellare e trasformare radicalmente l'esperienza umana, come la possibilità di eseguire azioni complesse da poterle realizzare in maniera sicura e controllata.

L'applicazione della VR avviene tramite visore virtuale, costituito da due piccoli display integrati in una montatura indossabile simile a un paio di occhiali o a un elmetto, (HMD), che con i programmi adibiti sui computer consentono, come vedremo negli studi, di visualizzare in maniera realistica o di fornirne una versione modificata del corpo dell'utente, ad esempio obesa o idealizzata, a seconda dello studio.

Il metaverso permette di esplorare spazi e vivere esperienze digitali in modo simile a quanto accade nel mondo offline. Questa tecnologia non si limita alla riproduzione di esperienze reali in un ambiente digitale 3D, ma permette agli utenti di incarnarsi in corpi virtuali, noti come avatar.

L'Avatar, o corpo virtuale, funge da ponte tra il mondo virtuale e le altre presenze in esso presenti, come gli avatar degli altri utenti e le intelligenze artificiali, può assumere diverse caratteristiche, in base al contesto e al caso di studio.

Il processo di *embodiment* consente agli utenti di sviluppare consapevolezza del proprio avatar all'interno di uno spazio virtuale. In questo processo, l'avatar viene integrato nella rappresentazione corporea dell'utente, diventando la principale interfaccia attraverso la quale manipolare le informazioni disponibili (Kilteni et al, 2012). Inoltre, l'avatar rappresenta il sé online del giocatore/partecipante allo studio e costituisce un ponte per ridurre la discrepanza che spesso esiste fra ciò che si è e ciò che si vorrebbe essere (Bessière et al,

2007). L'interazione attraverso un avatar può, infatti, favorire cambiamenti nella percezione di sé, in letteratura questo effetto è noto come effetto *Proteo*.

## 1.1 Effetto Proteo

L'effetto *Proteo* viene definito come la manifestazione di “*atteggiamenti o comportamenti coerenti con i tratti degli avatar durante e dopo l'incarnazione dell'avatar virtuale*” (Yee et al, 2007; Yee et al, 2009). Questo effetto descrive come l'*embodiment* di avatar con caratteristiche specifiche possa influenzare la percezione di Sé e il comportamento degli utenti.

Una metanalisi (Ratan et al, 2020) che ha come obiettivo riscontrare l'effetto dei contenuti multimediali sul pubblico sottolinea che l'effetto *Proteo* indotto dagli avatar sugli utenti è di maggiore entità rispetto ad altri effetti mediatici indotti dai videogiochi come l'aggressività o gli effetti prosociali.

Avatar con tratti fisici potenziati, come una muscolatura maggiore, possono aumentare la motivazione a fare esercizio fisico e il senso di autoefficacia nelle persone che li utilizzano. Questo potrebbe accadere poiché l'utente tende a identificarsi con l'avatar e i suoi attributi, influenzando così la propria auto-percezione e comportamento. Tuttavia, l'impatto dell'effetto *Proteo* può variare in base al sesso dell'utente, con differenze significative nella percezione e nella risposta agli avatar (Ratan et al, 2020).

## 1.2 Il confronto con l'avatar nella letteratura

Il paradigma dell'Embodied Cognition ha preso sempre più piede a partire dagli anni '90 come concezione pedagogica, sostenendo che la cognizione umana non possa essere compresa a pieno senza considerare l'interazione continua tra corpo e ambiente. Il corpo è un componente attivo e fondamentale nei processi cognitivi. L'Embodied cognition esplora come la postura, il movimento e la percezione corporea influenzino la capacità di pensare, apprendere e interagire con il mondo. L'utilizzo di avatar in ambienti di

realtà virtuale pone l'accento su come la rappresentazione digitale possa modificare la percezione di sé e le abilità cognitive (Gomez P. et al, 2016).

Gli studi esaminati condividono l'idea centrale che l'*embodiment* di avatar con caratteristiche fisiche ideali possa influenzare positivamente l'autoefficacia e il comportamento fisico. La maggior parte degli studi supporta l'idea che il punto di vista della prima persona e l'immersione offerti dalla VR amplifichino e avvalorino l'effetto *Proteo*.

- Lin, J. T. et al, (2021). *Exercising With a Six Pack in Virtual Reality: Examining the Proteus Effect of Avatar Body Shape and Sex on Self-Efficacy for Core-Muscle Exercise, Self-Concept of Body Shape, and Actual Physical Activity*. *Frontiers in psychology*, 12, 693543.

Gli autori hanno esplorato l'effetto *Proteo* nell'ambito dell'esercizio fisico tramite la VR. L'obiettivo di questo studio era di esaminare in che modo la forma del corpo dell'avatar (con addominali vs. normale) e il sesso (maschio vs. femmina) influenzino i risultati dell'esercizio, l'auto-efficacia, il comportamento, la percezione del proprio corpo e l'attività fisica effettiva.

I soggetti dello studio sono stati reclutati attraverso la mail degli annunci del campus frequentato dagli autori dell'articolo, Università Nazionale nel nord di Taiwan. Gli studenti che hanno accettato l'invito hanno dovuto compilare un questionario riguardante i loro dati antropometrici, le abitudini all'esercizio e la percezione della propria forma fisica; ogni item veniva valutato da 1 a 7, dove 1 "per nulla muscoloso" e 7 "molto muscoloso" coloro che ritenevano di avere un corpo non muscoloso (punteggio inferiore a 7) sono stati invitati a partecipare allo studio. In totale hanno partecipato 96 partecipanti (51 F; 45M), età dai 18 ai 42 anni, sono stati divisi casualmente nelle quattro condizioni dell'esperimento, ciascuna delle quali prevedeva l'*embodiment* di un corpo virtuale dello stesso sesso: corpo muscoloso con addominali-



maschio, corpo muscoloso con addominali-femmina, corpo normale-maschio, corpo normale-femmina.

Le ipotesi formulate per lo studio sono quattro, due basate sull'effetto *Proteo* e due in antitesi che provano a spiegare lo stesso fenomeno. Ipotesi uno (H1): una maggiore **attività fisica** viene riscontrata in partecipanti che incarnano avatar con corpo normale rispetto ai partecipanti che incarnano avatar con corpo muscoloso. Ipotesi due (H2): è **percepito uno sforzo** maggiore dai partecipanti che incarnano avatar con corpo normale rispetto ai partecipanti che incarnano avatar con corpo muscoloso. Ipotesi tre-uno (H3-1) l'utilizzo di avatar muscoloso migliorerà l'**autoefficacia**, sia immediata sia del giorno successivo, per gli esercizi per i muscoli addominali, rispetto ai partecipanti che utilizzano avatar con un corpo normale. Ipotesi tre-due (H3-2) l'utilizzo di avatar normale migliorerà l'**autoefficacia**, sia immediata sia del giorno successivo, per gli esercizi per i muscoli addominali, rispetto ai partecipanti che utilizzano avatar con un corpo muscoloso.

La ricerca si è svolta in più fasi: preparazione dei partecipanti, trasferimento in un laboratorio con spazio libero per muoversi, l'applicazione di un accelerometro ActiGraph GT3X sulla vita per registrare l'attività fisica continua e di un visore HTC VIVE per l'esperienza di VR.

I partecipanti si sono trovati in uno scenario virtuale di fronte ad una grande parete a specchio. Guidati oralmente dagli osservatori si sono orientati nello spazio VR e hanno osservato il loro corpo virtuale. Sono stati poi istruiti ad eseguire una serie di movimenti al fine di associare il loro corpo fisico con quello degli avatar, per una durata di 40 secondi. Successivamente, un video di allenamento con esercizi di base è stato riprodotto su uno schermo nella scena virtuale. Il video dell'allenamento dei muscoli addominali è durato 3 minuti e 48 secondi, seguito da 2,5 minuti di sessione di pratica libera; infine, i ricercatori hanno aiutato i partecipanti a rimuovere gli strumenti di ricerca e hanno chiesto loro di valutare immediatamente il loro sforzo percepito. Successivamente, i partecipanti sono stati invitati a sedersi al computer per completare lo Implicit Association Test (IAT) e il resto delle misure dello studio.

Un link al questionario sull'autoefficacia per l'esercizio è stato inviato 24 ore dopo che i partecipanti hanno lasciato il laboratorio. Il test IAT è stato utilizzato per valutare il concetto di Sé, il quale permette di misurare le credenze che le persone potrebbero non essere in grado di esternare direttamente, misurando la forza delle associazioni tra concetti specifici e attributi particolari basandosi sui tempi di risposta dei partecipanti. La forma corporea è stata valutata utilizzando una scala a sette gradi con un solo elemento sviluppata dai ricercatori. Lo sforzo percepito è stato misurato utilizzando la scala di Borg Rating of Perceived Exertion (RPE). L'autoefficacia per l'esercizio dei muscoli addominali viene calcolata attraverso una scala a quattro elementi che prende spunto da Lorig et al, (1996). L'attività fisica prodotta durante lo studio è stata raccolta utilizzando l'accelerometro ActiGraph GT3X e il software ActiLife; la scala a otto elementi modificati da Hasler et al, (2017) e Grechuta et al, (2019) è stata utilizzata per misurare l'illusione indotta dalla VR di possedere il corpo dell'avatar.

I dati raccolti dall'accelerometro [grandezza del vettore:  $p < 0.05$ ] mostrano che i partecipanti che hanno utilizzato un *avatar normale* hanno effettuato un numero maggiore di movimenti fisici (Media= 5748.67  $\pm$ 285.53) rispetto a quelli che hanno utilizzato un *avatar con addominali* (Media= 4761.97  $\pm$ 284.50). Questi risultati supportano H1. Tramite l'analisi ANCOVA del punteggio RPE per testare H2 è risultato che gli effetti principali della *body shape dell'avatar* ( $p > 0.05$ ) e del *Gender* ( $p > 0.05$ ) né l'interazione ( $p > 0.05$ ) sono stati significativi sui punteggi RPE dei partecipanti. Pertanto, H2 non è stata supportata, poiché diverse forme del corpo dell'avatar non hanno influenzato la percezione dello sforzo dei giocatori. L'ANCOVA ha mostrato un'interazione quasi significativa tra il sesso e la forma del corpo del avatar ( $p = 0.052$ ). Ulteriori analisi hanno evidenziato che l'effetto della *body shape* dell'avatar esisteva solo nelle femmine ( $p < 0.05$ ). *l'autoefficacia* maggiore è registrata in coloro che incarnavano *avatar normali* (Media=4.78) rispetto ai loro controparti con *l'avatar muscoloso* (Media=3.99). Nel gruppo dell'*avatar*

normale ( $p < 0.05$ ), l'autoefficacia immediata maggiore è stata registrata nelle femmine (Media=4.78) rispetto ai maschi (Media=3.94).

Lo stesso risultato è stato riscontrato nel giorno successivo, riguardo l'autoefficacia maggiore indotta nelle donne dall'*embodiment* di avatar normali (Media=4.60) rispetto all'autoefficacia indotta in donne con avatar muscolosi (Media=3.94) e gli uomini con avatar normali (Media=3.70). Nell'analisi ANCOVA ( $p < 0.05$ ) è stata trovata un'interazione a due vie, il concetto di Sé differiva tra maschi e femmine nel gruppo avatar muscoloso ( $p < 0.05$ ).

- Kocur, M. et al, (2021). *Physiological and perceptual responses to athletic avatars while cycling in virtual reality*. In Proceedings of the 2021 CHI conference on human factors in computing systems (pp. 1-18).

L'articolo esplora l'effetto che producono gli avatar atletici sulle risposte fisiologiche e percettive degli utenti durante l'esercizio fisico in VR. I partecipanti sono stati reclutati tramite la mailing list dell'istituzione e il gruppo era composto da 24 persone, di cui 12 uomini e 12 donne, con età compresa tra 23 e 33 anni, con  $M = 28,33$  anni  $\pm 2,63$ . La media del Body Mass Index (BMI) di  $22,74 \pm 2,61$ . La frequenza cardiaca massima media di  $191,67 \pm 2,63$ .

I ricercatori hanno progettato, tramite la suite 3D Daz3D 16 avatar maschili e 16 avatar femminili, basandosi sui personaggi *Genesis 8*, visualizzati su una cyclette in un ambiente virtuale di fronte a uno specchio.

I 32 avatar sono stati valutati per il loro aspetto atletico tramite un questionario online eseguito da un gruppo di 74 partecipanti, (36 F; 38 M), ( $M = 40,76$ ), a cui è stato chiesto di riportare i loro dati demografici e il loro livello di attività fisica utilizzando il questionario di autopercezione della forma fisica (SPF). Sono stati invitati a immaginarsi nei panni dell'avatar del sesso corrispondente durante l'utilizzo della cyclette e a rispondere a quesiti su tre aspetti principali: il livello di fitness percepito (ricavato dal questionario SPF) la stima della frequenza cardiaca (FC) sia a riposo che durante la pedalata per 10 minuti a 16 miglia all'ora, le stime del tempo necessario per coprire 5

miglia e della velocità di pedalata dell'avatar mentre usava la cyclette per 10 minuti con una frequenza cardiaca di 120 bpm.

In base alle risposte ottenute dal questionario, sono stati scelti gli avatar più rappresentativi per ciascun sesso, utilizzando come criteri principali la percentuale di grasso corporeo e il livello di muscolarità.

Nel caso degli avatar maschili, la versione più atletica è stata definita da una composizione dello 0% di grasso corporeo e il 66% di muscolarità, mentre la versione non atletica è stata caratterizzata dal 66% di grasso corporeo e lo 0% di muscolarità. L'avatar medio maschile è stato ottenuto calcolando la media tra le due versioni estreme, risultando in un profilo con il 33% di grasso corporeo e il 33% di muscolarità. Per quanto riguarda gli avatar femminili, la versione atletica è stata identificata con una composizione dello 0% di grasso corporeo e il 66% di muscolarità, mentre l'avatar non atletico ha presentato il 66% di grasso corporeo e il 33% di muscolarità. Anche in questo caso, l'avatar medio è stato stabilito come media tra le due versioni estreme, ottenendo un profilo con il 33% di grasso corporeo e il 33% di muscolarità.

Una breve introduzione e la possibilità di familiarizzare con la VR è stata data ai partecipanti prima dell'inizio dei test. Per misurare la frequenza cardiaca, è stato utilizzato un sensore ottico FC (Polar OH1, Polar Electro, Finland), posto sull'avambraccio; i partecipanti da seduti sulla cyclette, sono stati aiutati a indossare il sistema VR, con visore HMD HTC Vive. Per la durata del test è stato chiesto di mantenere una posizione comoda durante la pedalata, con le braccia che reggevano il manubrio. Indossato il visore VR i ricercatori avviavano la prima condizione. All'inizio di ogni condizione è stata programmata una fase di riscaldamento di cinque minuti, durante la quale i partecipanti pedalavano lentamente a un'intensità di 40watt. Per la fase di esercizio è stato utilizzato un protocollo frequentemente utilizzato in contesti clinici, la fase di esercizio iniziava a 50 watt e il carico aumentava di 10 watt ogni minuto, dopo 10 stadi con un carico di 140 watt nell'ultimo stadio, è stata inclusa una fase di defaticamento di cinque minuti con carico costante di 40 watt, per un

tempo totale di esercizio di venti minuti per condizione di avatar. Rimosso il visore e scesi dalla bicicletta hanno completato i questionari. Prima della successiva condizione avatar, i ricercatori hanno incluso un periodo di riposo di quattro minuti, permettendo ai partecipanti di riprendere la loro frequenza cardiaca di base. Alla fine dello studio i partecipanti hanno fornito un *feedback* sull'esperienza vissuta. I partecipanti durante la pedalata non sono stati influenzati o incitati da parte dei ricercatori; ogni partecipante ha trascorso 60 minuti in VR, per un tempo totale di 90 minuti per lo studio. I dati sono stati raccolti durante ogni sessione e i questionari sono stati svolti alla fine di ogni sessione. Sono stati raccolti dati relativi: alla FC alla percezione dello sforzo (RPE) utilizzando la scala di Borg visualizzata dai partecipanti in quattro momenti diversi nel tempo (dopo 4:45, 9:45, 14:45, 19:45 minuti) e comunicando il valore di sforzo percepito oralmente (da 6, nessuno sforzo, a 20, sforzo massimo), la distanza percorsa e la frequenza di pedalata sono state misurate con un sensore di cadenza (Polar Cadence Sensor Bluetooth Smart, Polar Electro, Finlandia). I partecipanti hanno completato questionari sul loro stato di forma percepito con il Self-Perceived Fitness (SPF) attraverso una versione adattata del questionario di Borg e Skinner da Delignières et al, (1994); il livello di possesso del corpo dell'avatar è stato misurato con il Body Representation Questionnaire (BRQ); la presenza e l'identificazione dei partecipanti con l'avatar è stata valutata attraverso la Player Identification Scale (PIS).

I dati raccolti sono stati analizzati per determinare le differenze nelle risposte fisiologiche e percettive tra le diverse condizioni degli avatar; attraverso l'analisi della varianza (ANOVA) sono state testate le ipotesi riguardanti i dati non parametrici, utilizzando il pacchetto ARTool per R di Wobbrock et al, (2011), e i test di Shapiro-Wilk per la verifica delle ipotesi formulate attraverso dati parametrici.

La FC nel tempo viene analizzata grazie all'ANOVA che rivela un effetto significativo di *Body* ( $p < 0.001$ ), *Gender* ( $p = 0.004$ ) e *Time* ( $p < 0.001$ ); un'interazione non significativa tra *Body* x *Gender* ( $p = 0.052$ ); e un'interazione

significativa tra *Gender x Time* ( $p < 0.001$ ). È stato condotto un'ANCOVA includendo il BMI come covariante per determinare che non è stato riscontrato un effetto significativo del BMI ( $p = 0.079$ ), sulla FC nel tempo. L'analisi di regressione lineare multivariata di ciascuna sottodimensione del Body Representation Questionnaire (BRQ) e del Player Identification Scale (PIS) ha identificato come effetto significativo le sottodimensioni *vrbody* ( $p < 0.001$ ), *mirror* ( $p < 0.001$ ), *features* ( $p = 0.008$ ), e *two bodies* ( $p < 0.001$ ). Un significativo effetto della *embodied presence* ( $p < 0.001$ ), sulla FC dei partecipanti nel tempo ( $p < 0.001$ ).

La FC media durante l'esercizio non è risultata influenzata dal *Body* ( $p = 0.449$ ), ma significativamente dal *Gender* ( $p = 0.004$ ). *Body* e *Gender* non interagiscono significativamente ( $p = 0.782$ ). La FC media nei momenti di riposo non è stata influenzata dal *Body* ( $p = 0.273$ ), dal *Gender* ( $p = 0.105$ ). Questi dati sono stati riscontrati grazie all'ANOVA.

Lo sforzo percepito è influenzato significativamente dal *Body* ( $p < 0.001$ ) e dal *Gender* ( $p = 0.011$ ). L'analisi di regressione lineare, effettuata sui dati dei questionari BRQ e PIS, ha rilevato un effetto significativo delle sottodimensioni *mirror* ( $p = 0.009$ ), e *agency* ( $p = 0.002$ ), sullo sforzo percepito dai partecipanti ( $p = 0.002$ ).

La frequenza di pedalata viene analizzata per l'andamento temporale influenzato dal *Body* ( $p < 0.001$ ) e dal *Time* ( $p < 0.001$ ), ma non dal *Gender* ( $p = 0.577$ ), il *Body x Gender* ( $p < 0.001$ ) e *Body x Time* ( $p < 0.016$ ). Per approfondire l'influenza nella frequenza di pedalata si sono svolti confronti incrociati a coppie all'interno degli avatar maschili hanno rivelato un effetto significativo tra gli avatar *non atletici* e *atletici* ( $p < 0.001$ ), e gli avatar *non atletici* e *medi* ( $p < 0.001$ ). I confronti tra fattori a coppie all'interno degli avatar femminili hanno rivelato un effetto significativo tra l'avatar *non atletico* e il *medio* ( $p < 0.001$ ), e il *medio* e *atletico* ( $p = 0.001$ ).

L'ANOVA ha evidenziato che non è stato riscontrato un effetto significativo sulla frequenza media di pedalata da parte dei fattori: *Body* ( $p = 0.565$ ),

*Gender* ( $p= 0.578$ ) e né dall'interazione *Body x Gender* ( $p= 0.269$ ); inoltre, che la distanza percorsa non è stata influenzata significativamente dai fattori *Body* ( $p= 0.213$ ), *Gender* ( $p= 0.572$ ), e né dall'interazione *Body x Gender* ( $p= 0.146$ ).

La proprietà del corpo (*body ownership*) è influenzata significativamente dal corpo ( $p < 0.001$ ), ma non dal *Gender* ( $p= 0.243$ ), e né da un effetto di interazione *Body x Gender* ( $p= 0.191$ ); il test di Wilcoxon ha rilevato differenze significative tra gli avatar *non atletici* e quelli *atletici* ( $p= 0.001$ ), e tra quelli *medi* e quelli *atletici* ( $p= 0.049$ ); ha rilevato un effetto significativo del corpo ( $p= 0.001$ ) sulla sottoscala specchio. Le sottoscale: *caratteristiche, due corpi, agency* non producono un effetto significativo per *corpo, sesso* e né da un effetto di interazione *corpo x sesso*.

Il livello di fitness auto-percepito è stato influenzato significativamente dal *Body* ( $p < 0.001$ ), ma non dal sesso e né dall'interazione *corpo x sesso*. Il test di Wilcoxon ha rilevato differenze tra avatar *non atletico* e *atletico* ( $p= 0.016$ ), e il *medio* e l'*atletico* ( $p= 0.020$ ). Il valore secondario durata è stato influenzato significativamente dal *Body* ( $p < 0.001$ ), e non dal *Gender* e né da un effetto di interazione *Body x Gender*. Risultato analogo per il valore secondario flessibilità, forza e composizione corporea.

Ancora una volta si è evidenziato una significatività statistica sull'identificazione con l'avatar dell'utilizzatore dal *Body* ( $p < 0.001$ ), sottoscala che influenza significativamente anche l'identificazione desiderata ( $p < 0.001$ ), questo parametro evidenzia differenze significative tra tutti gli avatar ( $p < 0.001$ ).

- Stewart, T. H. et al, (2022). *Actual vs. perceived exertion during active virtual reality game exercise*. *Frontiers in Rehabilitation Sciences*, 3, 887740.

Lo scopo di questo studio è stato confrontare lo sforzo effettivo (AEx) con lo sforzo percepito (PEX) durante esercizio fisico svolto con tre diversi videogiochi di realtà virtuale (*active virtual reality game exercise* AVRGE)

che hanno tre ambientazioni differenti, attraverso le seguenti variabili: frequenza cardiaca (FC), valutazione dello sforzo percepito (RPE). L'ipotesi iniziale era che l'AEx sarebbe stato superiore al PEx a causa della natura piacevole degli AVRГ. Come esito secondario, sono state analizzate le misurazioni del divertimento tra i vari giochi e l'ambiente fisico in cui si sono svolti.

Dalla letteratura si rileva che “solo il 20% degli adulti americani soddisfa i livelli raccomandati di attività fisica necessari per migliorare la salute e ridurre il rischio di malattie croniche” (Wilkins et.al, 2017) e che “il comportamento sedentario in età adulta è spesso influenzato dal tempo trascorso davanti computer o televisione, con oltre il 50% degli adulti che gioca regolarmente ai videogiochi” (Wittek et al, 2016).

La tecnologia messa a disposizione per questo studio sono gli exergames, videogiochi che richiedono agli utenti di essere attivi, trasformando così un'attività sedentaria in attività fisica. Le console, di ultima generazione, di VR immersiva (IVR) creano ambienti 3D usando display montati sulla testa (HMD) e controller che tracciano i movimenti, come HTC VIVE e Oculus Quest, supportando lo sviluppo di giochi di realtà virtuale attivi (AVRG). Studi precedenti, del laboratorio dei ricercatori, hanno evidenziato che gli AVRГ possono aumentare significativamente le variabili fisiologiche come la frequenza cardiaca (FC) e il consumo di ossigeno (VO<sub>2</sub>) (Gomez et al, 2018). Gli AVRГ possono indurre il videogiocatore a intensità di esercizio moderato o vigoroso, questa può essere misurata confrontando la FC di un individuo con la sua FC massima. Lo studio utilizza anche la scala di valutazione dello sforzo di Borg (RPE), questa corrisponde all'intervallo di frequenza cardiaca di un uomo sano (60-200 bpm) e la FC viene predetta moltiplicando il valore RPE per 10; lo studio di Braun-Trocchio et al, (2022) conferisce ulteriore credibilità a questa stima dimostrando che la FC e lo RPE aumentano linearmente con il tempo e l'intensità durante un compito progressivo. Neumann e Moffitt (2018) evidenziano lo spostamento dell'attenzione durante l'esercizio in ambienti virtuali, la quale si sposta dagli stimoli interni (come aumento respiro, dolore muscolare) verso stimoli esterni degli AVRГ (suoni e immagini di gioco). L'esercizio fisico in AVRГ potrebbe essere



influenzato da due categorie di focalizzazione dell'attenzione: dissociazione (esterna), associazione (interna). Studi (Russel et al, (1994) e Connolly et al, (2003)) dimostrano che atleti che adottano strategie di associazione riportano una maggiore valutazione dello sforzo percepito. Pochi studi hanno esaminato questa dinamica.

Sono stati reclutati 47 studenti universitari di età compresa tra i 18 e i 39 anni. Dopo aver applicato i criteri di inclusione e di esclusione i partecipanti sono stati 32 (16M; 16F) che hanno completato l'intero studio. I criteri di esclusione sono stati valutati tramite il questionario *Physical Activity Readiness Questionnaire* (PAR-Q).

Il programma è stato articolato in 3 sedute, ciascuna della durata di 45 minuti. Nella prima seduta i partecipanti hanno ricevuto una panoramica delle procedure dello studio, completato il PAR-Q e un questionario sulla loro esperienza con i videogiochi e il loro grado di divertimento durante l'attività fisica tradizionale. I partecipanti hanno svolto una sessione di familiarizzazione con gli AVRG, utilizzando l'attrezzatura HTC VIVE e un elettrocardiogramma (ECG) a singolo derivato Polar H10 per monitorare la frequenza cardiaca, fornendo informazioni sulla disposizione dei pulsanti dei controller VR. Gli AVRG che sono stati provati in questa sessione, ciascuno per cinque minuti, sono Fruit Ninja VR (FNVR), Beat Saber (BS) e Holopoint (HP).

I soggetti hanno completato due sessioni sperimentali randomizzate in due ambienti diversi di esercizio: il Laboratorio di Fisiologia dell'Esercizio (LabS) e il Mashouf Wellness Center (GymS); le due sedute sono state separate da almeno 24 ore. I partecipanti durante ogni sessione hanno giocato a ciascun AVRG per 10 minuti, con 5 minuti di riposo tra i giochi. La frequenza cardiaca è stata registrata come media degli ultimi cinque minuti di gioco. Lo sforzo percepito è stato misurato dopo ogni sessione di gioco tramite la scala di Borg, dove i partecipanti indicavano il valore più alto percepito durante i 10 minuti. Il divertimento è stato valutato tramite scale di apprezzamento da 1 a 10 durante i periodi di riposo. I ricercatori hanno potuto misurare solo nel

LabS il consumo di ossigeno, utilizzando una maschera facciale collegata a un carrello metabolico.

I risultati dell'esperimento dicono che l'età e il BMI erano paragonabili tra i due sessi; tuttavia, i maschi dichiarano un maggiore tempo trascorso sui videogiochi. Un'associazione significativa attraverso il test Chi-quadro per l'indipendenza (con correzione di continuità di Yates) è stata evidenziata tra sesso e videogioco ( $p= 0.001$ ).

In tutti e tre AVRGS sono state riscontrate differenze significative tra AEx e PEx. La variabile *gioco* ( $p < 0.001$ ), influenzata significativamente dai livelli di sforzo in maniera maggiore utilizzando HP, seguito da BS e poi da FN; la variabile *misura* ( $p < 0.001$ ), indistintamente dal videogioco ha evidenziato livelli di AEx più alti di PEx. Mentre confrontando gioco e misura la significatività di AEx più elevate rispetto al PEx si evidenziano in tutti e tre i giochi.

Livelli di sforzo più elevati sono stati riscontrati nell'ambiente GymS rispetto al LabS; l'*ambiente* sui livelli di sforzo complessivi ha avuto un effetto significativo ( $p= 0.009$ ).

Piccole correlazioni negative sono state riscontrate tra *sforzo* e *divertimento*, quali tra AEx e valutazione del *divertimento* nel giocare a FNVR in LabS ( $p= 0.45$ ) e una tra PEx e valutazione del *divertimento* nel giocare a FNVR in LabS ( $p=0.028$ ).

Mentre l'ANOVA 3 (giochi: FNVR, BS, HP) x 2 (ambientazioni: LabS, GymS) ha evidenziato che il gioco prevale sulle altre variabili ( $p= 0.004$ ). HP è stato il gioco apprezzato maggiormente.

Il confronto tra le *ambientazioni* non è stato significativo ( $p= 0.2$ ), suggerendo che non ci sono differenze nel gradimento tra LabS e GymS. Inoltre, non è stato riscontrato un effetto di interazione significativo tra *gioco* e *ambientazione* per il *divertimento* ( $p= 0.95$ ).

- Buetler, K. A. et al, (2022). “*Tricking the Brain*” Using Immersive Virtual Reality: Modifying the Self-Perception Over Embodied Avatar Influences Motor Cortical Excitability and Action Initiation. *Frontiers in human neuroscience*, 15, 787487.

Questo articolo si inserisce nell’ambito della neuroriabilitazione post-ictus, che ha come obiettivo migliorare il recupero motorio dei pazienti attraverso interventi intensivi e costosi. L’utilizzo di un visore VR HMD permette ai partecipanti di immergersi in un ambiente virtuale, questa modalità ha suscitato un crescente interesse per fornire terapie più efficaci in termini di costi, perché permette allenamenti ripetitivi, ad alta intensità e specifici, riducendo i costi e le limitazioni personali e ottimizzando il recupero motorio dei pazienti. (Marchal-Crespo et al, 2009)

In questo studio si evidenzia come la teoria dell’*embodied* sfrutta la plasticità del cervello, inducendo il senso di identificazione con il corpo dell’avatar che presenta caratteristiche diverse da quelle reali, il quale induce il senso di appartenenza al corpo di un avatar con caratteristiche corporee diverse, modulando le reti cerebrali sottostanti e le prestazioni, ottimizzando così il recupero. Gli studi condotti in precedenza (Tsakiris et al, 2005; Haans et al, 2008) hanno indagato l’appartenenza illusoria al corpo usando una mano di gomma, dimostrando che il *feedback* multisensoriale può essere utilizzato per modulare la percezione del Sé corporeo. Altri autori (Carey et al, 2019; Odermatt et al, 2021) hanno documentato che la VR immersiva dotata di una correlazione spaziale e temporale tra *feedback* visivo percepito tramite display e il movimento eseguito, cioè dotata di sincronia visiva-motoria e visivo-proprio-cettiva, è uno strumento particolarmente potente per alterare le percezioni corporee, il quale induce forti sensazioni di appartenenza corporea anche su avatar non realistici.

Sono stati reclutati 10 partecipanti sani (5F; 5M) ( $M=29,4 \pm 6,5$ ) di età tra i 22,11 e 35,9 dal campus dell’Università di Berna, Svizzera. Tutti i partecipanti sono destrorsi, con capacità visiva normale o corretta e nessuna storia clinica di psichiatria o neurologica.

L'eccitabilità corticale motoria è stata valutata attraverso la stimolazione magnetica transcranica (TMS), che misura le risposte motorie evocate dai muscoli del braccio, il tempo viene misurato dall'inizio del movimento misurato dal segnale di raggiungimento fino all'inizio del movimento del braccio, la forza dell'illusione viene valutata utilizzando questionari soggettivi riguardo sensazione di appartenenza corporea sul *braccio di pietra*.

Durante l'esperimento durato in totale 60-70 minuti, i partecipanti hanno indossato un visore per la realtà virtuale (HTC VIVE) con due tracker e un controller per raccogliere dati cinematici e animare l'avatar nell'ambiente virtuale immersivo. Questo setup permetteva ai partecipanti di interagire con oggetti virtuali in modo realistico, incrementando l'engagement e la sensazione di appartenenza corporea. Durante l'esperimento, i partecipanti sono stati comodamente seduti a un tavolo con la mano destra posizionata su un morbido appoggiabraccia.

L'indagine è stata suddivisa in cinque fasi, inclusa una fase di base eseguita fuori dalla VR nella quale i ricercatori hanno individuato la regione del cervello che, quando stimolata, provoca la contrazione dei muscoli del braccio tramite l'applicazione della stimolazione magnetica transcranica (TMS) a impulso singolo per una durata di circa 10-15 minuti; nella fase successiva i partecipanti hanno potuto familiarizzare con il visore VR e i controller e attraverso test preliminari in modo tale che tutti i partecipanti percepissero correttamente l'avatar. I partecipanti seduti al tavolo avevano la mano destra posizionata sul poggiabraccio e la mano sinistra sulla scatola delle risposte per compilare i questionari. Le fasi sperimentali prevedevano tre blocchi di misurazione: per il blocco sulla sensazione della *mano di pietra*, hanno utilizzato la scala Likert a sette punti adattata dallo studio di Senna et al, (2014), mentre il blocco sull'incorporazione è stato ricavato da questionari consolidati Longo et al, (2008) e Bassolino et al, (2018), valuta i tre principali componenti del possesso (possesso del corpo, *agency* e posizione) e il non possesso, tramite otto elementi misurati su una scala Likert a 7, sono stati valutati attraverso la valutazione dei potenziali evocati motori (MEP) per misurare le risposte motorie evocate dai muscoli del braccio e un blocco di compiti motori

rimanendo completamente immersi nella VR, i questionari per la compilazione hanno occupato circa 1-3 minuti, e sono stati compilati con la mano sinistra posta sulla scatola delle risposte.

Nella prima fase è stato sottoposto il primo questionario (QT1), seguito dalla valutazione dei potenziali evocati motori (MEP1). Successivamente è stato svolto il primo blocco di compiti motori (MT1) durante il quale è stato indotto l'illusione del *braccio di pietra*, trasformando gradualmente la superficie del braccio dell'avatar da pelle umana a pietra tramite *feedback* multisensoriale cioè sia visivo, tattile e uditivo indotto dalla sensazione di tocchi delicati e ripetuti a circa 1 Hz di frequenza sull'avambraccio, con un martello virtuale animato e dotato di suono, proveniente dalla cassa sotto il tavolo, inizialmente di martello contro la pelle, seguito dal suono del martello contro la pietra, la trasformazione ha avuto una durata di circa 50 secondi.

Dopo la trasformazione dell'arto i partecipanti hanno risposto al questionario 2 (QT2), la valutazione delle MEP2 e il terzo questionario (QT3) e un secondo blocco di compiti motori (MT2); durante questa fase il *feedback* multisensoriale è stato il martello che tocca la *mano di pietra* per 15 secondi, in seguito a ciò i partecipanti hanno ricevuto il terzo blocco di valutazione delle MEP (MEP3), seguito dal terzo blocco di compiti motori (MT3).

Prima dell'ultima fase, ai partecipanti è stata indotta la trasformazione della *mano di pietra* in mano umana dell'avatar, applicando *feedback* multisensoriali per circa 50 secondi. Nell'ultima fase i partecipanti hanno ricevuto la valutazione delle MEP (MEP4), eseguito il compito motorio MT4 e infine hanno completato il quarto questionario (QT4), finito quest'ultimo i partecipanti sono stati rimossi dalla VR e informati circa lo scopo dello studio.

I blocchi di compito motorio consistevano in quattro prove dove i partecipanti dovevano raggiungere il più rapidamente e accuratamente possibile una sfera blu con la mano destra e riportare la mano alla posizione di riposo e attendere l'apparizione della prossima sfera blu. La posizione di riposo iniziale era delineata dall'appoggiabraccio sul tavolo, durante i compiti motori questa veniva indicata da una sfera verde nell'ambiente virtuale, raggiungere quattro

sfere blu, in VR posizionate 32 o 36 cm verticalmente sopra la posizione iniziale della mano a riposo. L'ordine di apparizione delle sfera è stato randomizzato per minimizzare la componente di anticipazione dei movimenti. Ogni blocco durava circa 1 minuto.

Per ogni valutazione sono state calcolate le medie sia nella condizione di *avatar umano* sia nella condizione di *avatar col braccio di pietra*. La sensazione di appartenenza del *braccio di pietra* è stata valutata attraverso quattro elementi: freddo, pesantezza, rigidità, insensibilità. Il livello di incorporamento, cioè quanto i partecipanti si sentivano presenti nel corpo dell'avatar, è stato valutato attraverso varie domande su: proprietà del corpo, *agency* (il senso di controllo che un partecipante percepisce di avere sui movimenti e le azioni del proprio avatar virtuale), posizione, disconnessione corporea, elementi di controllo. L'eccitabilità corticale è stata misurata utilizzando la differenza tra il picco massimo e il picco minimo negativo nel potenziale elettromiografico registrato tra 15 e 80 millisecondi dopo l'inizio dell'impulso di stimolazione magnetica transcranica.

L'analisi statistica (t-test appaiati e test di Wilcoxon) ha fornito i seguenti risultati: i soggetti hanno percepito il braccio destro come più freddo, pesante, rigido e insensibile nella condizione di pietra rispetto a quella umana, non sono state trovate differenze significative nelle componenti del incorporazione, né una modulazione significativa dell'ampiezza MEP, mentre è stato riscontrato un effetto significativo dell'illusione del tempo sulla velocità massima nella cinematica *feedforward* (cioè, entro i primi 150 ms dopo l'inizio del movimento), più alto nella condizione della pietra rispetto alla condizione umana. Nessuna altra variabile cinematica ha messo in evidenza differenze significative tra le condizioni esaminate.

Durante l'analisi delle correlazioni con la quale è stato evidenziato che nella condizione di *pietra*, la maggiore era la percezione di freddo ( $p= 0.03$ ) e la rigidità ( $p= 0.02$ ), maggiore era l'eccitabilità corticale e a percorsi più lunghi nei movimenti iniziali, non è stata riscontrata associazione significativa tra MEP e insensibilità della condizione di pietra ( $p= 0.5$ ), la percezione di

pesantezza viene associata l'ampiezza MEP ( $p= 0.08$ ). Nella condizione di pietra la percezione di freddo è stata associata a minore *agency* ( $p= 0.02$ ), invece, nella condizione umana l'insensibilità viene associata alla minore *agency* ( $p= 0.02$ ), con anche tendenza per la pesantezza ( $p= 0.08$ ).

Nella condizione di pietra il livello di percezione di freddo ( $p= 0.02$ ) maggiore e rigidità ( $p= 0.03$ ) del braccio del soggetto sono associati a percorsi più lunghi nei primi 150ms dopo la partenza; inoltre, il livello di percezione di freddo viene associata anche a percorsi più lunghi nel raggiungimento della sfera ( $p= 0.04$ ).

Nella condizione di pietra una eccitabilità corticale maggiore viene associata a percorsi più lunghi ( $p= 0.03$ ) e maggiore accelerazione massima ( $p= 0.03$ ).

- Navarro et al, (2020). *Manipulating Self-Avatar Body Dimensions in Virtual Worlds to Complement an Internet-Delivered Intervention to Increase Physical Activity in Overweight Women*. International journal of environmental research and public health, 17(11), 4045.

L'obiettivo principale dello studio è di esplorare l'influenza che potrebbe avere un intervento online composto da esercizi per il dimagrimento, sulla popolazione donne obese. Sono state sottoposte 42 donne ( $M=31,9$  anni) allo studio, che rientravano nei criteri di inclusione: età compresa tra 18 e 64 anni, indice di massa corporea (BMI) superiore a 25, elevata insoddisfazione corporea evidenziata da un punteggio superiore a 80 nel Body Shape Questionnaire (BSQ), inattività fisica e assenza di condizioni fisiche che impedissero la pratica dell'attività fisica. Come ricompensa per aver completato lo studio le partecipanti hanno ricevuto alla fine un invito in una palestra.

Le partecipanti sono state casualmente assegnate a una delle tre condizioni, condizione avatar ideale (IAC), condizione avatar reale (RAC) condizione senza avatar (NAC) formando così tre gruppi da 14 partecipanti.

Dopo aver compilato i questionari online e successivamente ricevuto il link dell'intervento online, di circa 45 minuti, il quale doveva essere eseguito per una settimana. Il tempo trascorso sull'intervento online è stato registrato per

ogni partecipante. Dopo sette giorni, le partecipanti sono state invitate singolarmente al laboratorio, dove hanno sostenuto il compito virtuale di attività fisica per dieci minuti, questo variava nelle modalità in base alla condizione.

Al gruppo IAC è stato chiesto di creare il loro avatar ideale ma mantenendo il loro volto dopodiché hanno eseguito una corsa sul posto di quattro minuti in uno scenario VR in cui visualizzavano il loro avatar, la performance del compito motorio è stata registrata in video, e i partecipanti hanno ricevuto il video con l'invito a guardarlo ogni giorno della settimana. Al gruppo RAC è stato chiesto di modificare l'avatar creandone uno uguale a loro stesse, per il video uguale a IAC; al gruppo NAC è stato chiesto di eseguire la parte di allenamento nell'ambiente virtuale senza ricevere nessuna registrazione.

Lo scenario della VR consisteva in un parco; l'avatar nelle condizioni IAC e RAC aveva il volto tracciato tramite Kinect, i movimenti delle partecipanti venivano catturati dal Kinect e proiettati su uno schermo di 150x150, durante la corsa sul posto le partecipanti potevano vedere il tempo e la distanza percorsa.

L'intervento online è stato basato sulle componenti, del modello trans-teorico del cambiamento comportamentale composta da due parti che sono "motivazione per il cambiamento" e "muoviti" evidenziate da Prochaska et al, (1982).

Per valutare le informazioni antropometriche e sociodemografiche quali l'insoddisfazione corporea, la paura di ingrassare è stato utilizzato il questionario Body Shape Questionnaire (BSQ).

Il questionario International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) è stato utilizzato per valutare l'attività fisica raccogliendo dati sulla frequenza e sulla durata di questa negli ultimi sette giorni. Il behavioural regulation in exercise questionnaire-2 (BREQ-2) questionario basato sulla teoria dell'autodeterminazione, utilizzato per cercare di comprendere le motivazioni intrinseche ed estrinseche per cui le persone adottano e mantengono comportamenti salutari. Per determinare l'autoefficacia dell'esercizio è stato utilizzato l'Exercise Self-Efficacy (ESE). Per misurare il grado di piacere in diversi campi



dell'attività fisica è stato impiegato il Physical Activity Enjoyment Scale (PA-CES). L'ansia sociale dovuta allo sport o attività fisica è stata misurata attraverso la Physical Activity And Sport Anxiety Scale (PASAS).

I ricercatori hanno misurato il grado di presenza corporea, la somiglianza percepita con l'avatar e il desiderio della partecipante di identificarsi con l'avatar attraverso il questionario modificato sull'identificazione con l'avatar. Per indagare se la similarità con l'avatar e le aspettative di autoefficacia potessero mediare gli effetti delle condizioni sperimentali sul cambiamento nell'attività fisica e nel raggiungimento degli obiettivi di attività fisica è stata condotta un'analisi di mediazione multipla seriale.

Il tempo trascorso sull'intervento online variava ampiamente, da 1 a 372 minuti ( $M=46,71 \pm 68,49$ ). La maggior parte delle partecipanti ha visto, il video della corsa quotidianamente ( $M=5,96 \pm 1,55$ ). I livelli di attività fisica sono stati più elevati dopo l'intervento; tuttavia, l'interazione tra tempo e condizione non è risultata significativa ( $p= 0.949$ ) Non sono stati riscontrati effetti significativi né sul raggiungimento degli obiettivi di attività fisica ( $p= 0.702$ ), né del tempo dedicato su nessuna sottoscala della motivazione o del piacere ( $p= 0.432$ ). I ricercatori hanno riscontrato un effetto principale del tempo sull'ansia totale durante la pratica dell'attività fisica PA ( $p= 0.000$ ), tutte le partecipanti hanno dichiarato livelli di ansia più bassi dopo l'intervento, i ricercatori evidenziano che le partecipanti IAC e NAC hanno registrato livelli inferiori di ansia ( $p= 0.010$  e  $p= 0.000$ ), rispetto a quelle nella condizione RAC. L'interazione tra tempo e condizione non è risultata significativa ( $p=0.380$ ), sebbene sia stato osservato un effetto del tempo sull'autoefficacia PA ( $p= 0.006$ ).

La similarità percepita con l'avatar ha influenzato positivamente il raggiungimento degli obiettivi di attività fisica. Tuttavia, i ricercatori non hanno riscontrato evidenze che suggerissero una mediazione significativa dei livelli complessivi di attività fisica attraverso la similarità con l'avatar o le aspettative di autoefficacia.

## Capitolo 2. *Discussione*

L'analisi della relazione tra attività fisica e avatar digitali ha fatto emergere come la rappresentazione di Sé, sia di avatar atletici con l'addome scolpito che di avatar obesi nei mondi virtuali, possa influenzare la motivazione, i comportamenti e le percezioni legate all'esercizio fisico. Tale rappresentazione produce un effetto significativo sull'autoefficacia, sulla percezione corporea e sulla motivazione all'esercizio.

I cinque studi analizzati evidenziano l'esistenza dell'effetto *Proteo*, potente strumento che descrive l'influenza positiva degli avatar nel comportamento e nella motivazione degli utenti.

Il primo studio con i diversi design degli avatar ha permesso di investigare l'influenza dei diversi design sul concetto di Sé e sugli esiti dell'esercizio; evidenzia che l'utilizzo di avatar normali produce una maggiore attività fisica rispetto all'utilizzo di avatar muscoloso, il quale induce a movimenti limitati e dunque ad esercitarsi in posizione più ferma. Sia per gli effetti immediati sia per quelli sul giorno dopo, è stato riscontrato un effetto marcato duraturo per l'autoefficacia e solo tra le partecipanti femminili, dimostrando l'importanza di una ricerca sull'effetto *Proteo* divisa per il sesso dei partecipanti. Una maggiore motivazione all'esercizio è stata riscontrata nelle partecipanti femminili dopo aver incarnato l'avatar normale rispetto al avatar con gli addominali.

Un altro dato interessante, per il sesso femminile, è che l'avatar con gli addominali non ha avuto maggiori effetti positivi sull'autoefficacia per l'esercizio rispetto all'avatar normale. Mentre il concetto di Sé è risultato maggiore nelle partecipanti che hanno utilizzato l'avatar con gli addominali, ciò indica che l'effetto *Proteo* era presente quando le partecipanti femminili incarnavano l'avatar con gli addominali, rendendo più forte la loro immagine corporea, tuttavia, potrebbe aver osteggiato la loro motivazione per la partecipazione futura.

Il secondo studio ha investigato come gli avatar atletici possono influenzare positivamente le risposte fisiologiche e percettive durante l'esercizio in VR. I risultati indicano che la frequenza cardiaca e la percezione dello sforzo vengono ridotti attraverso l'*embodiment* di avatar atletici, corroborando l'effetto *Proteo*, rispetto ad avatar non atletici. Le valutazioni del BRQ (Body Representation Questionary) e della PIS (Player Identification Scale) hanno messo in luce una bassa appropriazione del corpo per gli avatar non atletici e medi, mettendo in risalto come la percezione di possedere il corpo virtuale potrebbe influenzare la percezione dello sforzo e la risposta fisiologica degli utenti.

Il terzo articolo trattato analizza la differenza tra lo sforzo percepito e quello reale durante l'utilizzo di tre diversi AVRG (FNVR, BS, HP). L'esito delle varie misure eseguite da parte dei ricercatori ha riportato una percezione dello sforzo minore rispetto a quello effettivo, effetto che permetterebbe agli utenti di sostenere sedute più intense e più lunghe. Oltre all'effetto *Proteo*, questo studio dimostra che l'esercizio basato sulla VR può condurre l'intensità a raggiungere livelli simili a quelli degli esercizi convenzionali. L'effetto delle caratteristiche dell'ambiente sui livelli di sforzo percepiti ed effettivi, può essere spiegato dalla libertà maggiore di movimento nel GymS.

Il quarto studio "ingannando il cervello" ha evidenziato l'influenza delle caratteristiche fisiche di un avatar incorporato sulle reti cerebrali e sul controllo motorio dei *feedback* multisensoriali; e di come la modifica della percezione di Sé può influenzare l'eccitabilità corticale motoria e l'inizio delle azioni motorie. I risultati supportano l'ipotesi di partenza, cioè che la percezione motoria ha un impatto diretto sulla preparazione e l'esecuzione delle azioni motorie; le caratteristiche dell'avatar influenzano il controllo motorio e l'illusione corporea creata aumentando l'eccitabilità corticale.

L'ultimo articolo esamina la possibilità che un intervento online possa portare all'aumento dell'attività fisica nella popolazione femminile in sovrappeso, i dati evidenziano un riscontro positivo. Le donne che hanno incarnato avatar ideali si prevedeva che percepissero maggiore somiglianza con l'avatar e risultassero con aspettative di autoefficacia più elevate mostrando livelli superiori di attività fisica, raggiungimento degli obiettivi, motivazione, autoefficacia e divertimento rispetto alle partecipanti NAC. La rappresentazione dell'avatar non ha un'influenza significativa sui livelli di attività fisica o nella selezione degli obiettivi. Un aspetto importante della ricerca è che le partecipanti senza avatar hanno riportato livelli d'ansia minori. La manipolazione dell'avatar potrebbe quindi intensificare l'ansia nelle persone sovrappeso e insoddisfatte del proprio corpo, aumentando la consapevolezza della propria immagine corporea.

## 2.1 Limiti, effetti avversi e rischi negli studi proposti

Dai risultati degli studi, si evince che l'impatto psicofisiologico degli avatar sugli utenti, indipendentemente se causato dall'*embodiment* o dall'aspetto atletico dell'avatar stesso deve essere preso in considerazione nella programmazione di attività fisica in VR, soprattutto per amatori e principianti. Una percezione dello sforzo non adeguata, con conseguente intensità di esercizio troppo elevata, può aumentare il rischio di lesioni, dolori muscolari, sovralfaticamento e ridurre l'adesione all'esercizio. L'utilizzo di ambienti poco spaziosi e di dispositivi cablati, come maschere per il consumo di ossigeno o visori VR, che limitano la libertà di movimento, inducono così i partecipanti a non eseguire movimenti fluidi per la paura di rimuovere i cavi dai computer.

Il quarto studio ha i suoi limiti nel campione ridotto (dieci persone), nei compiti motori che sono esigui (quattro per blocco cioè otto prove per condizione) al fine di evitare che i movimenti eseguiti interrompano la condizione avatar indotta, e la mancanza di effetti più consistenti nelle variabili cinematiche che potrebbe trovare risposta nell'impostazione sperimentale.

Il quinto studio, condotto su donne sovrappeso e insoddisfatte della propria immagine corporea, evidenzia un effetto avverso: la manipolazione dell'avatar può aumentare i livelli di ansia, poiché accresce la consapevolezza del proprio corpo.

## Conclusione

Questa breve disanima ha esplorato l'effetto *Proteo* nell'ambito dell'attività fisica mediata dalla VR, evidenziando come la manipolazione degli avatar possa influenzare l'autoefficacia, la motivazione, il comportamento fisico e livelli di ansia degli utenti. Gli studi analizzati dimostrano che l'utilizzo di avatar con caratteristiche fisiche ideali possono aumentare la motivazione all'esercizio e condurre all'autopercezione positiva, suggerendo che la VR possa rappresentare uno strumento potente per promuovere l'attività fisica e migliorare la salute psicologica. Tuttavia, è importante considerare entrambi i lati dell'influenza esercitata dall'avatar ideale, l'aumento della motivazione ma anche l'aumento dell'ansia e della consapevolezza dell'immagine corporea soprattutto in individui già insoddisfatti del proprio corpo. È quindi essenziale progettare avatar che bilancino aspirazioni realistiche con ideali corporei al fine di evitare aspettative irrealistiche e potenziali effetti negativi sull'ansia.

La continua ricerca in questo campo promette e continua a sviluppare strategie innovative per combattere l'inattività fisica e migliorare il benessere attraverso l'integrazione della VR nei programmi di esercizio fisico. La VR offre un'opportunità unica, per chi fatica a fare attività fisica, di trasformare l'esercizio in un'esperienza più coinvolgente e motivante e che consente di percepire inoltre uno sforzo minore. Con ulteriori ricerche e perfezionamenti, la VR è e sarà uno strumento essenziale nella lotta contro la sedentarietà, l'obesità e nella riabilitazione anche in ambito clinico contribuendo, significativamente al miglioramento della qualità della vita.

## ***Bibliografia***

American College of Sports Medicine (2017). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 10th ed. Philadelphia, PA: Lipincott Williams and Wilkins

Anna, M., & Alessandro, G. (2024). Metaverso e mondi virtuali, quali prospettive di ricerca e intervento in ambito psicosociale? *In-Mind Italia*, 25

Banakou, D., Groten, R., & Slater, M. (2013). Illusory ownership of a virtual child body causes overestimation of object sizes and implicit attitude changes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(31), 12846–12851.

Banakou, D., Kishore, S., & Slater, M. (2018). Virtually Being Einstein Results in an Improvement in Cognitive Task Performance and a Decrease in Age Bias. *Frontiers in psychology*, 9, 917.

Bandura, A. (2006). Guide for constructing self-efficacy scales. *Self-efficacy beliefs of adolescents*, 5(1), 307-337.

Bassolino, M., Franza, M., Bello Ruiz, J., Pinardi, M., Schmidlin, T., Stephan, M. A., Solcà, M., Serino, A., & Blanke, O. (2018). Non-invasive brain stimulation of motor cortex induces embodiment when integrated with virtual reality feedback. *The European journal of neuroscience*, 47(7), 790–799.

Bauman, A. E., Reis, R. S., Sallis, J. F., Wells, J. C., Loos, R. J., & Martin, B. W. (2012). Correlates of physical activity: why are some people physically active and others not?. *The lancet*, 380(9838), 258-271.

Bem, D. J. (1972). Self-perception theory. In *Advances in experimental social psychology* (Vol. 6, pp. 1-62). Academic Press.

Bessièrè, K., Seay, A. F., & Kiesler, S. (2007). The ideal elf: identity exploration in World of Warcraft. *Cyberpsychology & behavior : the impact of the Internet, multimedia and virtual reality on behavior and society*, 10(4), 530–535.

- Blackwell, D. L., Lucas, J. W., & Clarke, T. C. (2014). Summary health statistics for US adults: national health interview survey, 2012. *Vital and health statistics. Series 10, Data from the National Health Survey*, (260), 1-161.
- Borg, G., Skinner, J. S., & Bar-Or, O. (1972). Self-appraisal of physical performance capacity. University of Stockholm, Institute of Applied Psychology.
- Botvinick, M., & Cohen, J. (1998). Rubber hands 'feel' touch that eyes see. *Nature*, 391(6669), 756.
- Braun-Trocchio, R., Williams, A., Harrison, K., Warfield, E., & Renteria, J. (2022). The Effects of Heart Rate Monitoring on Ratings of Perceived Exertion and Attention Allocation in Individuals of Varying Fitness Levels. *Frontiers in sports and active living*, 3, 798941.
- Buetler, K. A., Penalver-Andres, J., Özen, Ö., Ferriroli, L., Müri, R. M., Cazzoli, D., & Marchal-Crespo, L. (2022). "Tricking the Brain" Using Immersive Virtual Reality: Modifying the Self-Perception Over Embodied Avatar Influences Motor Cortical Excitability and Action Initiation. *Frontiers in human neuroscience*, 15, 787487.
- Carey, M., Crucianelli, L., Preston, C., & Fotopoulou, A. (2019). The effect of visual capture towards subjective embodiment within the full body illusion. *Scientific reports*, 9(1), 2889.
- Clarkson, P. M., & Newham, D. J. (1995). Associations between muscle soreness, damage, and fatigue. *Advances in experimental medicine and biology*, 384, 457–469.
- Connolly, C., & Janelle, C. (2003). Attentional strategies in rowing: Performance, perceived exertion, and gender considerations. *Journal of Applied Sport Psychology*, 15(3), 195-212.
- Cooper, P. J., Taylor, M. J., Cooper, Z., & Fairbum, C. G. (1987). The development and validation of the Body Shape Questionnaire. *International Journal of eating disorders*, 6(4), 485-494.



- Craig, C.L., Marshall, A. L., Sjöström, M., Bauman, A. E., Booth, M. L., Ainsworth, B. E., Pratt, M., Ekelund, U., Yngve, A., Sallis, J. F., & Oja, P. (2003). International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Medicine and science in sports and exercise*, 35(8), 1381–1395.
- Delignières, D., Marcellini, A., Brisswalter, J., & Legros, P. (1994). Self-perception of fitness and personality traits. *Perceptual and motor skills*, 78(3 Pt 1), 843–851.
- Ding, D., Lawson, K. D., Kolbe-Alexander, T. L., Finkelstein, E. A., Katzmarzyk, P. T., van Mechelen, W., Pratt, M., & Lancet Physical Activity Series 2 Executive Committee (2016). The economic burden of physical inactivity: a global analysis of major non-communicable diseases. *Lancet (London, England)*, 388(10051), 1311–1324.
- Dyrstad, S. M., Hansen, B. H., Holme, I. M., & Anderssen, S. A. (2014). Comparison of self-reported versus accelerometer-measured physical activity. *Medicine and science in sports and exercise*, 46(1), 99–106.
- Ehrsson, H. H., Spence, C., & Passingham, R. E. (2004). That is my hand! Activity in premotor cortex reflects feeling of ownership of a limb. *Science (New York, N.Y.)*, 305(5685), 875–877.
- Gauthier AP, Lariviere M, Young N. Psychometric properties of the IPAQ: a validation study in a sample of northern Franco-Ontarians. *J Phys Act Health*. 2009;6 Suppl 1:S54-60. doi: 10.1123/jpah.6.s1.s54. PMID: 19998850.
- Grechuta, K., Ulysse, L., Rubio Ballester, B., & Verschure, P. F. M. J. (2019). Self Beyond the Body: Action-Driven and Task-Relevant Purely Distal Cues Modulate Performance and Body Ownership. *Frontiers in human neuroscience*, 13, 91.
- Gomez, D. H., Bagley, J. R., Bolter, N., Kern, M., & Lee, C. M. (2018). Metabolic Cost and Exercise Intensity During Active Virtual Reality Gaming. *Games for health journal*, 7(5), 310–316.
- Gomez Paloma F., Ascione, A., & Tafuri, D. (2016). Embodied Cognition: il ruolo del corpo nella didattica. *Formazione & insegnamento*, 14, 75-87.

- Haans, A., IJsselsteijn, W. A., & de Kort, Y. A. (2008). The effect of similarities in skin texture and hand shape on perceived ownership of a fake limb. *Body Image*, 5(4), 389-394.
- Hasler, B. S., Spanlang, B., & Slater, M. (2017). Virtual race transformation reverses racial in-group bias. *PloS one*, 12(4), e0174965.
- Head, H., & Holmes, G. (1911). Sensory disturbances from cerebral lesions. *Brain*, 34(2-3), 102-254
- Holmes, N. P., & Spence, C. (2004). The body schema and the multisensory representation(s) of peripersonal space. *Cognitive processing*, 5(2), 94–105.
- Jo, P. (1982). Transtheoretical theory: Toward a more integrative model of change. *Psychotherapy: theory, research and practice*, 19, 276-288.
- Katula, J. A., & McAuley, E. (2001). The mirror does not lie: Acute exercise and self-efficacy. *International Journal of Behavioral Medicine*, 8, 319-326
- Kilteni, K., Normand, J. M., Sanchez-Vives, M. V., & Slater, M. (2012). Extending body space in immersive virtual reality: a very long arm illusion. *PloS one*, 7(7), e40867.
- Kocur, M., Habler, F., Schwind, V., Woźniak, P. W., Wolff, C., & Henze, N. (2021, May). Physiological and perceptual responses to athletic avatars while cycling in virtual reality. In *Proceedings of the 2021 CHI conference on human factors in computing systems* (pp. 1-18).
- Koulouris, J., Jeffery, Z., Best, J., O'neill, E., & Lutteroth, C. (2020, April). Me vs. Super (wo) man: Effects of Customization and Identification in a VR Exergame. In *Proceedings of the 2020 CHI conference on human factors in computing systems* (pp. 1-17).
- Lee, H. H., Emerson, J. A., & Williams, D. M. (2016). The Exercise-Affect-Adherence Pathway: An Evolutionary Perspective. *Frontiers in psychology*, 7, 1285.
- Lin, J. T., Wu, D. Y., & Yang, J. W. (2021). Exercising With a Six Pack in Virtual Reality: Examining the Proteus Effect of Avatar Body Shape and Sex on Self-

Efficacy for Core-Muscle Exercise, Self-Concept of Body Shape, and Actual Physical Activity. *Frontiers in psychology*, 12, 693543.

Lind, E., Welch, A. S., & Ekkekakis, P. (2009). Do 'mind over muscle' strategies work? Examining the effects of attentional association and dissociation on exertional, affective and physiological responses to exercise. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 39(9), 743–764.

Lorig, K. (1996). *Outcome measures for health education and other health care interventions*. Sage.

Longo, M. R., Schüür, F., Kammers, M. P., Tsakiris, M., & Haggard, P. (2008). What is embodiment? A psychometric approach. *Cognition*, 107(3), 978–998.

Maravita, A., & Iriki, A. (2004). Tools for the body (schema). *Trends in cognitive sciences*, 8(2), 79–86.

Maravita, A., Spence, C., & Driver, J. (2003). Multisensory integration and the body schema: close to hand and within reach. *Current biology : CB*, 13(13), R531–R539.

Markland, D., & Tobin, V. (2004). A modification to the behavioural regulation in exercise questionnaire to include an assessment of amotivation. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 26(2), 191-196.

Miragall, M., Domínguez-Rodríguez, A., Navarro, J., Cebolla, A., & Baños, R. M. (2018). Increasing physical activity through an Internet-based motivational intervention supported by pedometers in a sample of sedentary students: A randomised controlled trial. *Psychology & health*, 33(4), 465–482.

Motl, R. W., Dishman, R. K., Saunders, R., Dowda, M., Felton, G., & Pate, R. R. (2001). Measuring enjoyment of physical activity in adolescent girls. *American journal of preventive medicine*, 21(2), 110–117.

Navarro, J., Cebolla, A., Llorens, R., Borrego, A., & Baños, R. M. (2020). Manipulating Self-Avatar Body Dimensions in Virtual Worlds to Complement an Internet-Delivered Intervention to Increase Physical Activity in Overweight Women. *International journal of environmental research and public health*, 17(11), 4045.

- Neumann, D. L., & Moffitt, R. L. (2018). Affective and Attentional States When Running in a Virtual Reality Environment. *Sports (Basel, Switzerland)*, 6(3), 71.
- Odermatt, I. A., Buetler, K. A., Wenk, N., Özen, Ö., Penalver-Andres, J., Nef, T., ... & Marchal-Crespo, L. (2021). Congruency of information rather than body ownership enhances motor performance in highly embodied virtual reality. *Frontiers in neuroscience*, 15, 678909.
- Ratan, R., Beyea, D., Li, B. J., & Graciano, L. (2020). Avatar characteristics induce users' behavioral conformity with small-to-medium effect sizes: a meta-analysis of the proteus effect. *Media Psychology*, 23(5), 651-675.
- Rhea, M. R., Bunker, D., Marín, P. J., & Lunt, K. (2009). Effect of iTonic whole-body vibration on delayed-onset muscle soreness among untrained individuals. *Journal of strength and conditioning research*, 23(6), 1677–1682.
- Riva, G., & Gaggioli, A. (2019). *Realtà virtuali*. Giunti Psychometrics.
- Rynecki, N. D., Siracuse, B. L., Ippolito, J. A., & Beebe, K. S. (2019). Injuries sustained during high intensity interval training: are modern fitness trends contributing to increased injury rates?. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 59(7), 1206–1212.
- Russell, W. D., & Weeks, D. L. (1994). Attentional style in ratings of perceived exertion during physical exercise. *Perceptual and motor skills*, 78(3 Pt 1), 779–783.
- Senna, I., Maravita, A., Bolognini, N., & Parise, C. V. (2014). The Marble-Hand Illusion. *PloS one*, 9(3), e91688.
- Shapiro, L. A. (2011). Embodied cognition: lessons from linguistic determinism. *Philosophical Topics*, 121-140.
- Stewart, T. H., Villaneuva, K., Hahn, A., Ortiz-Delatorre, J., Wolf, C., Nguyen, R., Bolter, N. D., Kern, M., & Bagley, J. R. (2022). Actual vs. perceived exertion during active virtual reality game exercise. *Frontiers in Rehabilitation Sciences*, 3, 887740.

Tajadura-Jiménez, A., Väljamäe, A., Toshima, I., Kimura, T., Tsakiris, M., & Kitagawa, N. (2012). Action sounds recalibrate perceived tactile distance. *Current biology : CB*, 22(13), R516–R517.

Tsakiris, M., & Haggard, P. (2005). The rubber hand illusion revisited: visuotactile integration and self-attribution. *Journal of experimental psychology: Human perception and performance*, 31(1), 80.

Van Looy, J., Courtois, C., & De Vocht, M. (2010, September). Player identification in online games: Validation of a scale for measuring identification in MMORPGs. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Fun and Games* (pp. 126-134).

Wittek, C. T., Finserås, T. R., Pallesen, S., Mentzoni, R. A., Hanss, D., Griffiths, M. D., & Molde, H. (2016). Prevalence and Predictors of Video Game Addiction: A Study Based on a National Representative Sample of Gamers. *International journal of mental health and addiction*, 14(5), 672–686.

Wobbrock, J. O., Findlater, L., Gergle, D., & Higgins, J. J. (2011, May). The aligned rank transform for nonparametric factorial analyses using only anova procedures. In *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems* (pp. 143-146).

Yee, N., Bailenson, J. N., Urbanek, M., Chang, F., & Merget, D. (2007). The unbearable likeness of being digital: the persistence of nonverbal social norms in online virtual environments. *Cyberpsychology & behavior : the impact of the Internet, multimedia and virtual reality on behavior and society*, 10(1), 115–121.

Yee, N., & Bailenson, J. N. (2009). The difference between being and seeing: The relative contribution of self-perception and priming to behavioral changes via digital self-representation. *Media Psychology*, 12(2), 195-209.

## ***Sitografia***

Physical Activity, Sedentary Behavior, and Dietary Interventions and Tracking Using Technology, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, <https://www.mdpi.com/journal/ijerph>

World Health Organization Global Recommendations on Physical Activity for Health. [(accesso 11/06/2024) dal 2010 consultabile online: <http://www.who.int/dietphysicalactivity/publications/9789241599979/en/>

World's most versatile Genesis character creator, Daz3d. <https://www.daz3d.com/>

World's most versatile Genesis character creator, Genesis8, FEATURES & ADVANCEMENTS, Daz3d. <https://www.daz3d.com/genesis8>

Vocabolario online Treccani, avatar <https://www.treccani.it/vocabolario/avatar/>