



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

DOTTORATO DI RICERCA IN

Scienze Mediche Generali e Scienze dei Servizi

Ciclo XXXVII

Settore Concorsuale: 06/D5 - PSICHIATRIA

Settore Scientifico Disciplinare: MED/25 - PSICHIATRIA

La realtà virtuale immersiva come strumento per incentivare l'attività motoria per il benessere psico-fisico nei luoghi di lavoro.

Presentata da: Dott. Alessio Mocco

Coordinatore Dottorato

Prof.ssa Susi Pelotti

Supervisore

Prof.ssa Ilaria Tarricone

Co-Supervisore

Prof.ssa Lucia Valmaggia

Esame finale anno 2025

INDICE

Abstract	2
Introduzione	4
Capitolo I. Promuovere stili di vita attivi: un investimento necessario per la salute globale	6
1. Obiettivi globali e indicazioni per la ricerca	6
2. Sedentarietà: un'analisi trasversale	11
2.1. Comportamenti sedentari	13
2.2. Inattività fisica	17
2.2.1. Epidemiologia e impatto economico dell'inattività fisica	20
2.3. Rischi per la salute connessi alla sedentarietà	22
3. Benefici dell'attività fisica per la salute	26
Capitolo II. La promozione dell'attività fisica con il supporto delle tecnologie digitali: verso la comprensione della realtà virtuale immersiva	30
1. Il potenziale delle tecnologie digitali	30
2. Active Video Games	35
3. Realtà Virtuale Immersiva	37
3.1. Tecnologie immersive e cambiamento comportamentale	42
Capitolo III. Promozione dell'attività fisica con il support della realtà virtuale immersiva: una revisione sistematica della letteratura	46
Materiali e metodi	47
Risultati	48
Discussione	53
Conclusioni	57
Capitolo IV. Incentivare stili di vita attivi per migliorare il benessere dei lavoratori attraverso l'attività motoria supportata da realtà virtuale immersiva: uno studio pilota	58
Introduzione	61
Materiali e Metodi	65
Risultati	71
Discussione	82
Conclusioni	85
Capitolo V. Progetti paralleli e sviluppi futuri	86
1. Progetto Wind Mind for Health (WM4H)	87
2. Progetto Wind Mind for Schools	89
3. Conclusioni	92
Capitolo VI. Conclusioni	94
Appendice I – Enhancing Physical Activity with Immersive Virtual Reality: A Systematic Review	96
Appendice II- Allegati e questionario progetto Wind Mind for Health	112
Bibliografia	125

Abstract

Introduzione: La sedentarietà è uno dei fattori di rischio comportamentali più incisivi per lo sviluppo di patologie fisiche e mentali e richiama la necessità di un'azione globale coordinata. Nel 2018, la World Health Organization ha pubblicato il Global Action Plan on Physical Activity, che invita gli Stati membri a incentivare stili di vita attivi, con particolare attenzione all'uso di innovazioni tecnologiche e ai contesti di maggior rilievo per la collettività, come il mondo del lavoro. La realtà virtuale immersiva (IVR) rappresenta uno strumento promettente per incrementare la pratica di attività motoria; tuttavia, la ricerca in questo ambito è ancora ai suoi albori ed è necessario approfondire le conoscenze sul potenziale ruolo della IVR nella promozione dell'attività fisica. Con questo scopo, è stata condotta una *systematic review* degli studi che hanno esplorato l'efficacia della IVR come strumento per migliorare l'esperienza dell'attività motoria al fine di motivare la pratica di esercizio fisico. Successivamente, è stato implementato uno studio pilota con l'obiettivo primario di condurre un'analisi preliminare sulla fattibilità e l'accettabilità di un intervento di attività motoria supportata da IVR (*Immersive Virtual Reality- Physical Activity*, IVR-PA), e con l'obiettivo secondario di condurre un'analisi esplorativa sull'effetto dell'intervento.

Metodi: La *systematic review* è stata condotta seguendo le linee guida PRISMA. Sono state consultate le banche dati OVID (contenente Medline, Embase, Global Health, APA PsychInfo), Web of Science e Sport Discuss. La qualità degli studi è stata valutata in accordo con le linee guida *Effective Public Health Practice Project Quality Assessment*. Lo studio pilota è stato effettuato su 14 dipendenti di una azienda situata a Bologna (Hippogroup Cesenate S.p.A.). In una prima fase, un gruppo (n=7) ha svolto sessioni di IVR-PA, una volta a settimana per 4 settimane; parallelamente, l'altro gruppo (n=7) ha seguito un percorso di psicoeducazione (PSYED) di carattere informativo/educativo sui benefici dell'attività motoria. Dopo un follow-up di 3 mesi, tutti i partecipanti sono stati coinvolti in un programma di attività fisica di gruppo (Group Physical Activity, GPA). La fattibilità è stata valutata attraverso la partecipazione alle diverse fasi dell'intervento, mentre l'accettabilità tramite la somministrazione di un questionario ad hoc. È stato inoltre osservato l'effetto dell'intervento sui livelli di attività fisica (*General Physical Activity Questionnaire*, GPAQ - Wanner et al., 2017), sul benessere mentale (Short Warwick-Edinburgh Mental Well-being Scale, SWEMWBS - Gremigni et al., 2009; Gremigni & Stewart-Brown, 2011), sulla motivazione (*Situational Motivation Scale*, SIMS - Guay et al., 2000) e sull'auto-efficacia (questionario adattato da Gao et al., 2009) relative all'attività motoria.

Risultati: Dalla revisione sistematica della letteratura sono stati selezionati 20 studi, pubblicati tra il 2009 e il 2023, per un totale di 798 partecipanti. Nel complesso, i risultati mostrano che la IVR-PA può migliorare l'esperienza di attività fisica, agendo principalmente su alcuni aspetti psicologici affettivi e

percettivi (n=14, 70% degli studi). Nello specifico, i risultati più ricorrenti e coerenti indicano effetti positivi relativi al piacere di praticare attività fisica e alla fatica percepita durante l'allenamento. I risultati dello studio pilota hanno mostrato che la IVR-PA rappresenta un approccio fattibile da implementare nel contesto lavorativo, con un tasso di reclutamento del 56% e un tasso di ritenzione dell'85.7% sull'intervento complessivo. La maggiore partecipazione alle sessioni di GPA da parte dei dipendenti assegnati al gruppo di IVR-PA suggerisce che, rispetto alla PSIED, questo approccio abbia un potenziale maggiore per incrementare l'aderenza alla pratica di attività motoria e favorire il trasferimento delle buone abitudini alla quotidianità. Inoltre, i risultati sull'accettabilità dell'intervento mostrano che la IVR-PA è percepita positivamente dai dipendenti, con alti livelli di soddisfazione, coinvolgimento e accettabilità nel contesto lavorativo, leggermente superiori rispetto alla PSYED.

Conclusioni: I risultati della *systematic review* e dello studio pilota convergono nell'incoraggiare l'applicazione della IVR-PA come approccio innovativo per promuovere l'attività fisica e migliorare il benessere sul luogo di lavoro. Sono comunque essenziali ulteriori indagini per affrontare le limitazioni dello studio attuale e per approfondire la applicabilità e la generalizzabilità degli interventi di IVR-PA, anche in contesti differenti, come nel percorso iniziato durante il mio dottorato di ricerca.

Introduzione

Gli stili di vita sedentari costituiscono uno dei principali fattori di rischio comportamentali per lo sviluppo delle più diffuse patologie croniche della sfera fisica e mentale. Lo scenario globale impone un'azione coordinata e distribuita nei vari livelli dell'organizzazione sociale al fine di migliorare le condizioni di salute e la qualità della vita della popolazione. Le indicazioni elaborate dalla *World Health Organization* per il contrasto della sedentarietà hanno l'obiettivo di orientare gli Stati membri nell'implementazione delle politiche per la promozione dell'attività fisica. Tra le priorità individuate dalla WHO, è annoverato l'investimento sulla ricerca e l'applicazione delle tecnologie digitali innovative per lo sviluppo e l'implementazione di soluzioni efficaci volte ad aumentare i livelli di attività fisica e ridurre i comportamenti sedentari. Parallelamente, viene sottolineata l'importanza di agire su contesti chiave, come il luogo di lavoro, ampliando l'offerta e le opportunità di programmi di attività motoria inclusivi e sostenibili.

In linea con le indicazioni globali e nazionali, il mio progetto di dottorato ha affrontato il contrasto alla sedentarietà all'interno del contesto lavorativo con un approccio innovativo. Nello specifico, con lo scopo di contribuire all'avanzamento della ricerca sulle tematiche in esame, è stato esplorato il potenziale della IVR in relazione alla promozione dell'attività motoria, ed è stata condotta un'indagine preliminare all'interno dell'ambiente lavorativo, rivolto al personale di una piccola azienda.

Il primo capitolo introduce lo scenario che ha condotto alla necessità di stabilire degli obiettivi per coordinare un'azione globale, congiunta e multidimensionale, atta ad affrontare il fenomeno della sedentarietà. Saranno trattate le indicazioni internazionali per la promozione di stili di vita attivi e il contrasto dei comportamenti sedentari, assieme alle direttive per la ricerca sulla salute, in modo da comprendere le origini degli obiettivi di questo progetto di dottorato. La sedentarietà è un fenomeno complesso e presenta alcune sfaccettature: comportamenti sedentari e inattività fisica sono i due elementi che la caratterizzano, riconosciuti dalla comunità scientifica come fattori di rischio distinti. Queste due componenti saranno analizzate per comprendere le differenze concettuali individuate dalla ricerca e la loro diffusione. In seguito all'entità del fenomeno saranno trattati i principali rischi per la salute derivanti da stili di vita sedentari, per esplorare in ultimo i benefici e l'importanza di uno stile di vita attivo.

Nel secondo capitolo verrà esplorato il ruolo delle tecnologie digitali nella promozione dell'attività fisica e il punto di vista della psicologia comportamentale riguardo alle funzionalità di questi strumenti come alleati per incentivare stili di vita attivi. In seguito a una panoramica generale, sarà dedicata una sezione agli *active video games*, che rappresentano la base concettuale e tecnica sulla quale si fonda lo sviluppo dei software per l'allenamento in realtà virtuale immersiva. Sarà trattata l'evoluzione di questo

prodotto digitale nel tempo fino ad arrivare all'impiego in combinazione con le tecnologie immersive. Successivamente, il capitolo proseguirà con un approfondimento dettagliato sulla realtà virtuale immersiva. Verranno analizzate le funzionalità distintive e i meccanismi psicologici attivati nel suo utilizzo, che costituiscono il fondamento del suo potenziale applicativo. Infine, saranno riportati alcuni esempi individuati nella letteratura scientifica nei quali è stato condotto un primo tentativo di dimostrare, attraverso le basi teoriche della psicologia del cambiamento comportamentale, come le caratteristiche peculiari delle tecnologie immersive possano favorire il processo di adesione alla pratica regolare di esercizio fisico.

Nel terzo capitolo presento i risultati di una systematic review sugli studi che hanno esaminato l'efficacia della IVR-PA in relazione a specifiche variabili, riconosciute come determinanti per facilitare il coinvolgimento e incentivare l'adesione alla pratica regolare di esercizio fisico. La *review* intitolata "Enhancing Physical Activity with Immersive Virtual Reality", presentata nel terzo capitolo, è stata pubblicata nella rivista *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*. Grazie a questo lavoro, è stato possibile chiarire lo stato dell'arte, oltre che ampliare e consolidare le basi sulle quali è stato strutturato l'intervento descritto nello studio pilota, riportato nel quarto capitolo. L'esposizione di quest'ultimo sarà anticipata da una premessa, volta a riepilogare i concetti emersi nell'elaborato e a illustrare gli aspetti pratici che hanno determinato la configurazione del progetto e le scelte compiute nella sua applicazione.

Il quinto e ultimo capitolo sarà dedicato all'esposizione di quanto realizzato parallelamente al progetto principale come attività di Terza Missione e delle iniziative elaborate per la futura implementazione. Saranno quindi riportate le motivazioni e le considerazioni che hanno guidato lo sviluppo di queste iniziative e la direzione dei progetti futuri, emerse sia dall'attività di ricerca legata alla IVR, sia dal dialogo con alcuni degli enti territoriali che si occupano di promozione della salute.

Capitolo I. Promuovere stili di vita attivi: un investimento necessario per la salute globale

1. Obiettivi globali e indicazioni per la ricerca

Il miglioramento della salute globale rappresenta una delle sfide più urgenti e rilevanti per la società contemporanea. Gli studi epidemiologici mostrano numeri ancora preoccupanti relativamente al rischio di mortalità prematura, oltre che alla diffusione di malattie croniche non trasmissibili (MCNT) e disturbi della salute mentale. Gli stili di vita sedentari e le abitudini malsane, assieme ai fattori di rischio ambientali e in relazione all'invecchiamento della popolazione, sono tra i fattori di rischio che maggiormente incidono sulla qualità della vita delle persone e impongono un notevole carico sui sistemi sanitari. In un contesto paradossale dove, anche nei Paesi più sviluppati, accanto al rapido progresso scientifico e tecnologico coesistono realtà di iniquità nell'accesso alla salute, emerge con forza la necessità di sviluppare strategie più sostenibili e inclusive.

Il contrasto dei fattori di rischio e la costruzione di possibilità eque richiedono un approccio integrato e multisettoriale che non solo si focalizzi sul trattamento delle patologie, ma che investa in modo significativo sulla prevenzione e sulla promozione della salute. Promuovere stili di vita attivi e garantirne l'accesso è di fatto riconosciuto come uno dei pilastri fondamentali per ridurre il rischio di sviluppare malattie croniche e migliorare il benessere psicofisico della popolazione.

In questo scenario, le Nazioni Unite, attraverso gli Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile (*Sustainable Development Goals*, SDGs) del 2015, hanno delineato un'agenda per la promozione della salute e del benessere globale (United Nations, n.d.). In particolare, all'interno dell'Obiettivo 3 (Salute e Benessere), sono definiti i principali traguardi legati alla sanità che mirano a contenere e appianare le principali problematiche per la salute, a garantire il diritto a una vita sana e a promuovere il benessere per tutti, a tutte le età. In questo elenco di traguardi, tutti di grande rilevanza, è annoverato l'obiettivo di ridurre di un terzo la mortalità prematura causata da patologie croniche non trasmissibili, entro il 2030, tramite una combinazione di prevenzione e trattamento delle malattie. A questo, si aggiunge l'impegno verso il miglioramento della salute mentale e del benessere, riconosciuti come elementi chiave per il raggiungimento di un completo stato di salute. Entrambe, le malattie croniche non trasmissibili e i disturbi della salute mentale, comportano una grossa fetta degli accessi al sistema sanitario e costituiscono un fenomeno che impone la necessità di strategie preventive innovative, applicabili su larga scala.

Stili di vita sedentari e inattivi costituiscono uno dei principali fattori di rischio per molte malattie croniche non trasmissibili (MCNT) e sono spesso collegati con altre abitudini malsane. A livello globale, i dati epidemiologici mostrano che una parte significativa della popolazione mondiale non raggiunge i

livelli raccomandati di attività fisica, contribuendo così all'aumento dei casi di patologie croniche prevenibili. Promuovere l'attività fisica rappresenta una delle strategie preventive più efficaci per migliorare la salute pubblica, riducendo la prevalenza delle MCNT e mitigando lo sviluppo di disturbi della salute mentale: questa azione rientra tra le priorità della World Health Organization (World Health Organization, n.d.-b), agenzia delle Nazioni Unite responsabile della salute pubblica globale. La WHO si occupa da decenni di guidare l'operato degli Stati membri al fine di promuovere la salute, tramite l'elaborazione di report e linee guida aggiornati sui dati globali e sulla ricerca scientifica. Nel 2010, la pubblicazione delle *Global Recommendations on Physical Activity for Health* (World Health Organization, 2010) pone le fondamenta per la progettazione di interventi efficaci per la promozione della salute, basati sull'attività fisica. In questo documento sono presenti anche le indicazioni per la diffusione e l'applicazione delle linee guida, oltre che la definizione di criteri standard per la sorveglianza della popolazione e il monitoraggio dei progressi sulle politiche di promozione della salute per contrastare la sedentarietà. Nel 2020 viene pubblicato l'aggiornamento di queste linee guida (*Guidelines on Physical Activity and Sedentary Behaviour, World Health Organization, 2020a*) e nel 2022 viene pubblicato il *Global Status Report on Physical Activity* (World Health Organization, 2022a) che fornisce una panoramica dello stato globale dell'attività fisica, valutando il progresso delle politiche nazionali e globali per promuovere uno stile di vita attivo.

Assieme al monitoraggio della diffusione di stili di vita inattivi e all'elaborazione di raccomandazioni specifiche sui livelli consigliati di attività fisica, la WHO fornisce indicazioni concrete ai governi degli Stati membri, in modo che possano agire in modo coordinato nel contrasto alla sedentarietà. Con questo scopo, in linea con i SDGs delle Nazioni Unite, nel 2018 la WHO ha pubblicato il *Global Action Plan on Physical Activity 2018-2030* (GAPPA) (World Health Organization, 2018), che definisce una serie di linee guida per l'elaborazione e l'implementazione delle politiche per la promozione dell'attività fisica, con l'obiettivo di ridurre del 15% la di popolazione globale inattiva entro il 2030. L'obiettivo specifico del GAPPA è quello di promuovere politiche che rendano più facile per le persone – di tutte le età e qualsiasi livello di abilità – essere attive con regolarità, non solo attraverso sport organizzati, ma anche mediante semplici attività quotidiane come, ad esempio, camminare e andare in bicicletta. Il piano affronta la problematica da una prospettiva multisettoriale, coinvolgendo non solo il settore sanitario, ma anche quello dell'istruzione, dei trasporti, dell'urbanistica e dello sport.

Con queste finalità, il GAPPA si articola su quattro linee d'azione fondamentali, che riflettono il suo approccio multidimensionale (Figura 1). Ogni linea d'azione racchiude una serie di strategie per le quali vengono fornite le indicazioni relative all'implementazione, rivolte sia agli organi statali e alle istituzioni, sia agli enti privati e a tutti gli altri stakeholders coinvolti all'interno degli Stati membri.

In sintesi, le quattro linee d'azione consistono in:

1. **Creare società attive:** trasformare le norme sociali e gli atteggiamenti verso l'attività fisica, promuovendo una maggiore consapevolezza dei benefici fisici e mentali che questa comporta se praticata con regolarità. Si tratta di un cambiamento culturale necessario affinché l'attività fisica diventi una parte integrante della vita quotidiana di tutte le persone.
2. **Creare ambienti attivi:** implementare ambienti che facilitino l'accesso e la fruizione in sicurezza a spazi e luoghi dove praticare attività fisica. Questo è necessario per agevolare attività quali camminare, andare in bicicletta e partecipare ad altre attività sportive, soprattutto per gruppi svantaggiati o a rischio.
3. **Creare persone attive:** promuovere l'accesso a programmi e opportunità di attività fisica per tutte le persone, agendo nei contesti più rilevanti della vita delle persone, come il sistema educativo e il lavoro, e fornendo servizi sanitari e di supporto per facilitare la partecipazione.
4. **Creare sistemi attivi:** rafforzare la gestione e le collaborazioni tra diversi settori e il quadro istituzionale per sostenere le politiche dedicate alla promozione dell'attività fisica. Ottimizzare i sistemi sanitari e migliorare le strategie di sorveglianza per monitorare i progressi e valutare l'impatto degli interventi.



Figura 1. Obiettivi e strategie del *Global Action Plan on Physical Activity 2018-2030*. Estratto da World Health Organization, 2018.

In particolare, all'interno delle sezioni 3 e 4, sono presenti le indicazioni sulle quali si sviluppa la tematica di questo progetto di dottorato:

- 3.3 – “Potenziare l'offerta e le opportunità di programmi di attività fisica [...] nei luoghi di lavoro pubblici e privati [...] per sostenere la partecipazione all'attività fisica di persone con abilità diverse.”
- 4.3 – “Rafforzare la capacità nazionale e istituzionale di ricerca e valutazione e stimolare l'applicazione delle tecnologie digitali e dell'innovazione per accelerare lo sviluppo e l'implementazione di soluzioni politiche efficaci volte ad aumentare l'attività fisica e ridurre il comportamento sedentario.”

Il luogo di lavoro costituisce uno dei contesti più rilevanti per la popolazione adulta e offre la possibilità di raggiungere un gran numero di persone. Inoltre, la prevalenza di impieghi sedentari, soprattutto nei paesi economicamente più sviluppati, rende necessario intervenire all'interno dell'ambiente lavorativo con delle strategie mirate per ridurre i livelli di inattività.

La realtà virtuale immersiva (*Immersive Virtual Reality, IVR*) rappresenta uno strumento innovativo per la promozione dell'attività motoria. Oltre ad essere in linea con le indicazioni per la ricerca sull'applicazione delle nuove tecnologie, l'utilizzo della IVR consente di adattare l'esercizio fisico ai diversi gradi di abilità degli individui e superare determinate resistenze che limitano l'adozione di stili di vita attivi.

Il presente progetto di dottorato coniuga entrambi questi aspetti con l'obiettivo di contribuire all'avanzamento della ricerca sull'elaborazione di nuove soluzioni che possano agire in modo efficace nel contrasto al fenomeno della sedentarietà. La linea che congiunge questo lavoro agli obiettivi stabiliti dalla WHO passa attraverso le indicazioni internazionali per la ricerca, che si allineano agli obiettivi e i piani di sviluppo proposti dalle Nazioni Unite, per poi concretizzarsi grazie alle indicazioni nazionali che si ispirano, nel caso dell'Italia, alle direttive dell'Unione Europea.

Nello specifico, il Programma-quadro per la ricerca e l'innovazione *Horizon Europe 2021-2027* (European Commission, n.d.), dichiara specificamente il sostegno ai SDGs. Primo dei sei cluster del Programma Specifico è quello sulla salute, che si dirama nelle tematiche della prevenzione, diagnosi, trattamento delle malattie e dell'assistenza sanitaria, per affrontare le numerose esigenze relative alla sanità. L'Unione Europea mira al miglioramento della salute pubblica promuovendo stili di vita sani e prevenendo le malattie fin dalla nascita. Questo approccio include l'implementazione di iniziative per la promozione di stili di vita attivi e per l'educazione sanitaria, con il fine di ridurre i rischi lungo il corso della vita, a favore di un migliore invecchiamento della popolazione. Viene posta attenzione ai fattori ambientali e sociali che influenzano la salute, con l'obiettivo di creare ambienti di vita e di lavoro più

salutari e sostenibili. Tra i punti focali, è incoraggiata la ricerca relativa al contrasto delle patologie croniche, prima causa in Europa di accesso ai servizi sanitari: è fondamentale progredire nello sviluppo di soluzioni ottimali per la loro prevenzione e trattamento. Infine, la tecnologia riveste un ruolo fondamentale e si inserisce in tutte le aree di sviluppo in quanto elemento chiave per l'innovazione, con la direttiva di elaborare e applicare tecnologie all'avanguardia che possano migliorare la qualità dei trattamenti e rendere le soluzioni sanitarie più accessibili ed efficaci.

In qualità di Stato membro, l'Italia, attraverso il Ministero dell'Università e della Ricerca, ha elaborato il Programma Nazionale per la Ricerca (PNR) 2021-2027 (Ministero dell'Università e della Ricerca, n.d.), allineandolo alle priorità europee. Il programma mantiene nella sua macrostruttura i contenuti dei sei cluster definiti da Horizon Europe, adattandoli al contesto e alle esigenze specifiche del panorama nazionale. All'interno della sezione Salute, nella voce "Temi Generali", si evidenzia come il benessere della popolazione sia messo a rischio dal progressivo invecchiamento, dall'aumento dei fattori di rischio comportamentali (come fumo, sedentarietà, abuso di alcol e cattiva alimentazione) e non comportamentali (come inquinamento, resistenza agli antibiotici e il ritardo nella digitalizzazione del sistema sanitario), oltre che dalle patologie cronico-degenerative. Tra le aree di sviluppo, volte ad affrontare le criticità descritte nei "Temi Generali", è presente l'Articolazione 7, la quale focalizza l'attenzione sulla promozione della salute, la prevenzione delle malattie e l'accesso al sistema sanitario.

Le priorità di ricerca stabilite in questo ambito prevedono l'individuazione e la sperimentazione di attività di promozione della salute e di prevenzione volte a rispondere in modo efficace ai bisogni sanitari sempre più complessi, coordinatamente alle esigenze di equità, di accesso ai servizi e solidarietà, tenendo conto delle risorse disponibili. Seguendo questa direzione, si mira a ridurre il carico del sistema sanitario, a generare impatto sugli stili di vita e sensibilizzare i cittadini, agendo sulla salute collettiva tramite gli ambienti di vita e di lavoro, favorendo l'invecchiamento attivo della popolazione e riducendo al contempo i fattori di rischio legati a disuguaglianze socio-economiche e culturali.

Come introdotto in questa sezione, la sedentarietà è uno dei principali fattori di rischio per le più diffuse problematiche che minano la salute pubblica. Al contrario, l'attività fisica rappresenta uno strumento di prevenzione dal considerevole potenziale. Tuttavia, è necessario contrastare le resistenze che ne ostacolano la pratica, mettendo in atto strategie efficaci per incentivare l'adesione e il coinvolgimento. Nelle prossime sezioni di questo capitolo seguirà un'analisi trasversale del fenomeno della sedentarietà per comprendere le sue sfaccettature, l'entità della problematica e i rischi che comporta. Assieme alla trattazione dei benefici di uno stile di vita attivo, gli argomenti esplorati serviranno a comprendere le motivazioni alla base della necessità globale di investire sulla promozione dell'attività fisica.

2. Sedentarietà: un'analisi trasversale

La diffusione della sedentarietà può essere identificata come uno dei riflessi dell'evoluzione tecnologica del genere umano. Per milioni di anni, l'attività fisica è stata cruciale per la sopravvivenza: dalla preistoria fino all'epoca contemporanea, il movimento è stato alla base del sostentamento e delle interazioni sociali. Tuttavia, alcuni passaggi fondamentali della storia, i quali hanno contribuito indubbiamente a migliorare la qualità della vita degli esseri umani, rendendola più confortevole, hanno determinato un mutamento profondo dello stile di vita, nella direzione di abitudini sempre più sedentarie.

La prima rivoluzione agricola, che risale a circa 10.000 anni fa, ha portato all'introduzione dell'agricoltura e dell'allevamento, consentendo alle comunità umane di produrre il cibo in loco e divenire stanziali. Proseguendo nei secoli, con la nascita delle prime civiltà e delle città l'organizzazione sociale e la divisione del lavoro hanno contribuito ulteriormente a un decremento dell'attività fisica tra le classi più privilegiate. La maggior parte della popolazione rimaneva comunque impegnata in lavori manuali, che richiedevano ancora sforzi fisici considerevoli. L'avvento della prima rivoluzione industriale, nel XVIII secolo, ha segnato il punto di partenza del rapido sviluppo tecnologico che ha caratterizzato l'età contemporanea. Di pari passo all'introduzione e all'evoluzione delle macchine nei vari aspetti della vita delle persone, si sono diffusi stili di vita tendenzialmente meno attivi, che nel tempo hanno assunto in modo crescente le caratteristiche di un fenomeno di massa. A partire da questo periodo storico, tenendo in considerazione le differenze dello sviluppo economico e tecnologico nelle diverse aree geografiche, si verifica un decremento della necessità di mansioni lavorative manuali e faticose, a favore di occupazioni principalmente orientate a compiti che richiedono l'esclusivo ausilio dell'intelletto. Sebbene questi eventi abbiano avuto un impatto rilevante, i passaggi storici che più di tutti hanno determinato la diffusione esponenziale dello stile di vita sedentario sono più vicini ai giorni nostri e sono identificabili nelle ondate della rivoluzione digitale, iniziata a partire dal XX secolo. La diffusione della televisione e dei computer, degli smartphone e di internet, assieme all'automazione di molte attività quotidiane, hanno portato a un cambiamento radicale dello stile di vita in relazione all'attività fisica, superando i confini del contesto lavorativo e penetrando in numerosi aspetti della quotidianità.

Se nelle fasi precedenti la transizione a uno stile di vita sedentario aveva tutt'al più il significato di una riduzione della necessità di compiere sforzo fisico, i cambiamenti che si sono succeduti negli ultimi 70 anni hanno portato alla comparsa di abitudini nocive, nelle quali la componente movimento ha raggiunto livelli vicinissimi allo zero. La gravità del fenomeno risiede nel suo forte radicamento culturale, nella sua diffusione su larga scala e nella quantità di tempo speso in queste abitudini: tutti assieme,

queste componenti fanno sì che oggi la sedentarietà rappresenti una delle principali sfide per la salute pubblica. (Goyal & Rakhra, 2024; Kirchengast, 2014; Leitzmann et al., 2018; Woessner et al., 2021)

Di fatto, la sedentarietà è uno dei fattori di rischio comportamentali più incisivi per l'insorgenza e il peggioramento delle malattie croniche non trasmissibili (MCNT) più diffuse (World Health Organization, 2022b). Comporta l'instaurarsi di una serie di meccanismi fisiologici che con il tempo contribuiscono a determinare lo sviluppo di numerosi problemi di salute (Figura 2). Le principali conseguenze della sedentarietà sono lo sviluppo di patologie cardiovascolari, diabete di tipo 2, obesità, sindrome metabolica, alcuni tipi di cancro, osteoporosi, malattie respiratorie, demenza e disturbi della salute mentale quali depressione e ansia (Booth et al., 2012; Knight, 2012): queste comportano la maggior parte degli accessi alle cure, generano conseguenze rilevanti che influiscono negativamente sulla qualità della vita e costituiscono le principali cause di decesso nella maggior parte del pianeta (World Health Organization, 2020b, 2022b, 2024b). Diversi studi documentano che la salute fisica e mentale sono correlate tra loro (Doherty & Gaughran, 2014; Jamal et al., 2024; Kemp & Quintana, 2013; Ohrnberger et al., 2017): le due dimensioni interagiscono e spesso si influenzano reciprocamente, comportando effetti negativi sinergici sulla qualità della vita complessiva. Queste implicazioni hanno richiamato l'attenzione della comunità scientifica, dando origine a vasti filoni di ricerca sull'argomento per comprendere meglio sia gli aspetti legati alla salute, sia quelli socio-culturali dello stile di vita sedentario.

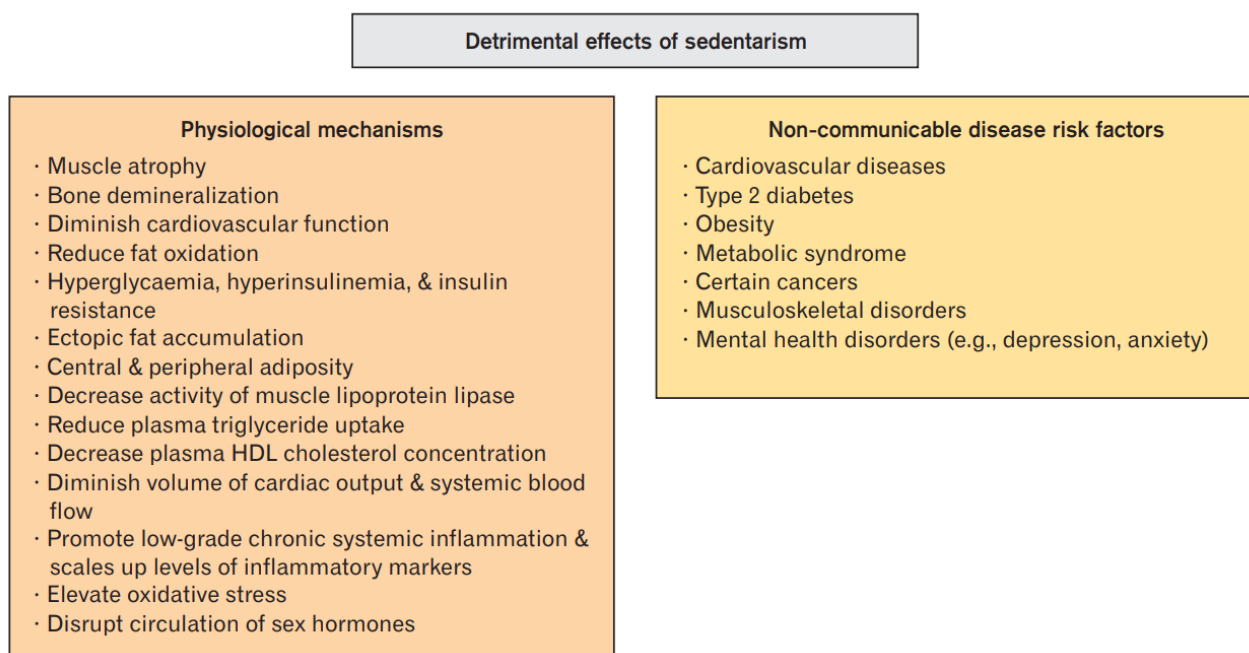


Figura 2 . Effetti nocivi della sedentarietà. HDL, high-density lipoprotein; VO2 max, maximal oxygen consumption. (Adattato da: Goyal & Rakhra, 2024).

Nonostante i numerosi progressi della ricerca, il concetto di sedentarietà (o stile di vita sedentario) è complesso e comprende diversi aspetti che non sempre vengono analizzati in modo uniforme. Da una parte troviamo i comportamenti sedentari (come il tempo trascorso seduti, guardando la televisione o lavorando al computer), classificabili come tali per il loro scarso dispendio energetico; dall'altra, l'inattività fisica, definita come il mancato raggiungimento dei livelli minimi raccomandati di attività fisica. Comprendere questa distinzione è fondamentale per interpretare correttamente i risultati della ricerca sull'impatto dello stile di vita sedentario e per sviluppare strategie efficaci volte alla promozione della salute pubblica. Per questo motivo, prima di trattare più nel dettaglio i rischi legati allo stile di vita sedentario e i benefici della pratica regolare di attività fisica, nei prossimi sottocapitoli approfondiremo la distinzione tra queste due componenti, esaminando le criticità incontrate nella ricerca scientifica e riportando la dimensione di questi fenomeni da un punto di vista epidemiologico.

2.1. Comportamenti sedentari

Sebbene la ricerca sull'argomento abbia radici antecedenti, la definizione univoca e più ampiamente riconosciuta di "comportamento sedentario" è stata sancita nel 2017, grazie al progetto del *Sedentary Behaviour Research Network* (SBRN) (Tremblay et al., 2017). La questione sull'ambiguità terminologica, sollevata dallo stesso gruppo di ricerca in una lettera all'editore della rivista *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* (Sedentary Behaviour Research Network, 2012), è stata risolta con la formulazione di un vocabolario che racchiude la definizione dei concetti chiave sulla sedentarietà, arricchisce le voci selezionate con esempi, precisazioni sul significato e sfumature interpretative (Tabella 1. Sedentary Behaviour Research Network, 2017). Il progetto, condotto da un gran numero di ricercatori e professionisti legati all'ambito della sedentarietà, ha portato a una definizione standard di comportamento sedentario, che coniuga l'aspetto posturale assieme a quello metabolico e definisce una netta separazione dal concetto di inattività fisica (Tremblay et al., 2017).

Per quanto la definizione di una terminologia standard chiarisca la distinzione tra comportamenti sedentari e inattività fisica, agevolando la comprensione della ricerca, facilitando il confronto tra gli studi e l'implementazione di interventi efficaci, rimane comunque necessario considerare entrambe le componenti per avere un quadro completo sullo stile di vita. Infatti, la dicotomizzazione del concetto di stile di vita come attivo o sedentario risente del fatto che modelli di comportamento sedentario tali da comportare un rischio per la salute possono coesistere sia con l'inattività fisica, sia con la pratica di attività fisica pari o oltre i livelli raccomandati. A prima vista, la chiave di lettura potrebbe risiedere nel bilanciamento tra i livelli di attività fisica praticata – la quale andrebbe ad escludere l'inattività fisica nel momento in cui si raggiungano i livelli raccomandati – e l'accumulo di comportamenti sedentari.

Tuttavia, se da un punto di vista teorico possiamo identificare con precisione tutti questi fattori, da un punto di vista pratico l'applicabilità di questa netta separazione resta complicata.

Tabella 1. Alcuni estratti da “Final definitions, caveats and examples of key terms from the Sedentary Behavior Research Network (SBRN) Terminology Consensus Project”. (Sedentary Behaviour Research Network, 2017).

Termine	Comportamento sedentario (Sedentary Behaviour)
Definizione generale	Qualsiasi comportamento, durante le ore di veglia, caratterizzato da un dispendio energetico ≤ 1.5 Equivalenti Metabolici (MET) mentre si è in posizione seduta, reclinata o distesa.
Precisazioni	• Tempo sedentario: tempo trascorso in comportamenti sedentari per qualsiasi durata (es. minuti al giorno) o in qualsiasi contesto (es. scuola, lavoro). • Periodo sedentario (Sedentary bout): un periodo di tempo sedentario continuo, senza interruzioni. • Interruzioni/pause sedentarie: (Sedentary interruptions/breaks): un periodo non-sedentario che si verifica tra due periodi sedentari.
Esempi	• Adulti (età ≥ 18 anni): uso di dispositivi elettronici (es. televisione, computer, tablet, telefono) mentre si è seduti, reclinati o distesi; leggere/scrivere/parlare mentre si è seduti; sedersi in autobus, auto o treno. • Persone che usano una sedia a rotelle manuale o elettrica: spostarsi da un luogo all'altro su una sedia a rotelle elettrica; essere spinti mentre si è seduti passivamente su una sedia a rotelle manuale.
Termine	Inattività fisica (Physical Inactivity)
Definizione generale	Un livello di attività fisica insufficiente per soddisfare le attuali raccomandazioni di attività fisica.
Precisazioni	• La definizione generale si applica a tutti i gruppi di età e abilità.
Esempi	• Adulti: Non raggiungono i 150 minuti di attività fisica di intensità moderata o vigorosa a settimana, oppure 75 minuti di attività fisica di intensità vigorosa a settimana, o una combinazione equivalente di attività di intensità moderata e vigorosa.
Termine	Schema/modello di comportamento sedentario (Sedentary Behaviour Pattern)
Definizione generale	Il modo in cui il comportamento sedentario si accumula durante la giornata o la settimana mentre si è svegli (es. il momento, la durata e la frequenza dei periodi sedentari e delle pause).
Precisazioni	• La definizione generale si applica a tutti i gruppi di età e abilità.
Esempi	• “Prolonger”: Una persona che accumula tempo sedentario in lunghi periodi continui. • “Breaker”: Una persona che accumula tempo sedentario con frequenti interruzioni e in brevi periodi.

Keys: MET: Metabolic Equivalent of Task. 1 MET= 3.5 ml O₂/kg/min negli adulti senza disabilità motorie o malattie croniche.

Relativamente agli schemi di comportamento sedentario, non è ancora stato raggiunto un consenso su quali *pattern* siano più o meno dannosi per la salute, in quanto non è ancora diffuso un metodo univoco per misurarne l'accumulo (Hibbing et al., 2022). Per quanto il tempo sedentario totale sia il parametro più comunemente utilizzato (Healy et al., 2011), si è arrivati alla consapevolezza che questo valore non tiene conto del numero e della durata dei periodi sedentari e delle loro interruzioni. In una revisione sistematica e meta-analisi, Wu et al., (2023) hanno cercato di fare chiarezza su questo argomento. Dai risultati è emerso che un maggior numero di interruzioni dei periodi sedentari non riduce necessariamente i rischi per la salute in quanto, generalmente, l'ammontare di tempo sedentario totale è composto prevalentemente da periodi sedentari prolungati, meno frequenti ma più duraturi. La ricerca su questa tematica necessita comunque di approfondire in quanto, quando i periodi sedentari prolungati sono stati considerati il parametro di interesse, nessuno studio ha incluso il tempo sedentario totale come covariata. Pertanto, non è stato definito se i diversi modelli di comportamento sedentario prolungato fossero positivamente associati agli esiti negativi sulla salute indipendentemente dal tempo sedentario totale. Tuttavia, gli episodi sedentari prolungati (≥ 30 , 60 e 90 minuti) rappresentano generalmente più della metà del tempo sedentario totale (Diaz et al., 2016), fattore che rende la correlazione plausibile. Inoltre, questa associazione è rafforzata dai risultati di altri studi, i quali affermano che episodi sedentari superiori ai 30 minuti contribuiscono ad aumentare significativamente il rischio di MCNT (Bellettiere et al., 2019; Dempsey et al., 2022; Evenson et al., 2017; Honda et al., 2016; Judice et al., 2015; King et al., 2016). Quindi, anche se un modello di comportamento sedentario prolungato non è un fattore di rischio indipendente per esiti negativi sulla salute, dovrebbe comunque essere considerato nella formulazione delle raccomandazioni e delle linee guida relative agli interventi comportamentali (Wu et al., 2023).

Per quanto riguarda il tempo sedentario totale, diversi studi hanno riportato un'associazione dose-risposta con le principali MCNT, come patologie cardiovascolari, sindrome metabolica, diabete di tipo 2. Nei casi in cui il tempo sedentario raggiunge livelli elevati, i rischi associati crescono indipendentemente dai livelli di attività fisica praticata (Guo et al., 2020; Pandey et al., 2016; Wu et al., 2022). Analogamente, Patterson et al., (2018) riportano che i rischi per la salute – con evidenze più forti per la mortalità complessiva e le patologie cardiovascolari – iniziano ad aumentare in modo considerevole quando il tempo trascorso in posizione seduta supera le 6-8 ore al giorno, indipendentemente dai livelli di attività fisica. D'altro canto, i risultati di una un'altra meta-analisi basata sui dati di oltre un milione di individui, hanno rilevato che praticare almeno 60-75 minuti al giorno di attività fisica di intensità moderata o vigorosa può annullare il rischio di mortalità associato a più di 8 ore trascorse in comportamenti sedentari (Ekelund et al., 2016). È comunque importante notare che questa quantità di attività fisica supera significativamente i livelli raccomandati (≥ 150 –300 minuti a settimana di attività fisica moderata o vigorosa) nella maggior parte delle linee guida (Australian

Government Department of Health and Aged Care, 2021; Piercy et al., 2018; World Health Organization, 2020a).

Fino al 2020 solo uno studio forniva un quadro epidemiologico ampio sui comportamenti sedentari, basato su dati raccolti tra il 2001 e il 2011 in 54 paesi (Rezende et al., 2016), che consideravano come indicatore il tempo sedentario totale. Il report più aggiornato, condotto da Mclaughlin et al. (2020), contiene i dati di 62 Paesi che rispettavano i criteri di inclusione stabiliti per la raccolta delle informazioni. Il campione di questo studio rappresentava il 29% del totale dei Paesi globali: circa la metà erano Paesi europei; del totale, il 29% erano classificati come economie a reddito medio e il 61% economie a reddito alto. Il campione analizzato rappresentava il 47% della popolazione globale, in base ai numeri registrati nel 2015. La maggior parte degli studi utilizzavano i dati dei questionari *International Physical Activity Questionnaire* (IPAQ, Craig et al., 2003) e *Global Physical Activity Questionnaire* (GPAQ, Armstrong & Bull, 2006):

- IPAQ: *“How much time do you spend sitting on a usual day? This may include time spent at a desk, visiting friends, studying or watching television”*
- GPAQ: *“The following question is about sitting or reclining at work, at home, getting to and from places, or with friends including time spent sitting at a desk, sitting with friends, traveling in car, bus, train, reading, playing cards or watching television, but do not include time spent sleeping. How much time do you usually spend sitting or reclining on a typical day?”*

È risultato che la mediana del tempo medio trascorso in posizione seduta era di 279 minuti (4.7 ore) al giorno (Intervallo interquartile: 210-304 minuti). Inoltre, è emersa una differenza rilevante legata alla classificazione delle economie per livello di reddito: per i paesi classificati ad alto reddito la mediana è risultata essere quasi il doppio rispetto ai paesi a basso reddito (4.9 vs 2.7 ore al giorno).

Tuttavia, questi risultati vanno interpretati alla luce di alcune limitazioni. Per facilitare il confronto tra i paesi, è stata ridotta l'eterogeneità delle misure. Sono state incluse solo misure auto-riferite del tempo trascorso seduti, basate su un singolo item. Tali misure presentano una scarsa accuratezza e tendono a sottostimare il tempo quotidiano trascorso seduti di 1.4–2.1 ore rispetto alla misurazione attraverso appositi dispositivi (es. *actigraphs*, *wearable devices*) (Prince et al., 2020). Inoltre, i dati rappresentano solo la metà della popolazione globale e si riferiscono principalmente all'Europa e al Nord America. Infine, questi dati sono riferiti esclusivamente al tempo trascorso seduti: seguendo la logica delle definizioni proposte da Tremblay et al., (2017), questo report non tiene in considerazione tutte le sfumature del comportamento sedentario e la soglia di METs (≤ 1.5) che contraddistingue i comportamenti sedentari dall'inattività fisica. D'altronde, il tempo trascorso seduti è la misura più comunemente utilizzata per ottenere informazioni sul tempo sedentario totale (Healy et al., 2011). È

quindi fondamentale condurre ulteriori ricerche per stabilire criteri standardizzati e più accurati per la raccolta dei dati, al fine di garantire una maggiore comprensione dell'argomento.

Riassumendo quanto detto sopra, nonostante i progressi nella definizione del comportamento sedentario e delle sue conseguenze sulla salute, la letteratura recente presenta ancora punti di divergenza e incoerenza. Tali discrepanze sono dovute in gran parte alla difficoltà di stabilire metodi uniformi per misurare il tempo sedentario e al tentativo di conciliare le definizioni teoriche con la realtà pratica. La complessità nel distinguere tra comportamenti sedentari e inattività fisica, nonostante gli sforzi di standardizzazione, evidenzia l'importanza di proseguire con ricerche più approfondite per chiarire quali *pattern* sedentari siano più nocivi per la salute e per sviluppare criteri di misurazione più coerenti. Questi punti di incoerenza compromettendo l'inclusione di un numero sufficiente di Paesi per descrivere accuratamente la diffusione dei comportamenti sedentari, limitando così la portata delle indagini epidemiologiche.

2.2. Inattività fisica

Al contrario della letteratura sui comportamenti sedentari, che evidenzia importanti discrepanze, la ricerca scientifica sull'inattività fisica si distingue per una maggiore coerenza e uniformità grazie a una serie di fattori chiave.

La *World Health Organization* (WHO) ha stabilito criteri chiari per la sorveglianza globale dell'inattività fisica attraverso il "*Global Action Plan on Physical Activity 2018-2030*" (World Health Organization, 2018). Questo piano, assieme alle indicazioni elaborate in precedenza (World Health Organization, 2010), definisce metodi standardizzati di misurazione, facilitando una maggiore comparabilità dei dati registrati a livello globale. Tra questi metodi, il questionario GPAQ (Global Physical Activity Questionnaire, Armstrong & Bull, 2006) è stato ampiamente validato (Bull et al., 2009) e utilizzato come principale riferimento. Per i questionari diversi dal GPAQ, talvolta impiegati in studi nazionali o regionali, sono stati sviluppati strumenti di equiparazione, permettendo di armonizzare i risultati con il GPAQ e migliorare la coerenza delle misurazioni (Strain et al., 2024).

Il concetto di inattività fisica più ampiamente condiviso è espresso in funzione dei livelli di attività fisica e delle raccomandazioni che indicano la quantità e le modalità perché quest'ultima costituisca un fattore protettivo per la salute. Nell'accezione più comune, il concetto di inattività fisica appiana le problematiche che emergono in relazione alla classificazione di Tremblay et al., (2017), tralasciando il limite metabolico di 1,5 MET che dovrebbe stabilire il punto di cut-off con i comportamenti sedentari. Ciò nonostante, resta vivida la consapevolezza dell'impatto dei comportamenti sedentari. Infatti, le

principali linee guida includono al loro interno anche delle raccomandazioni sulla limitazione dei comportamenti sedentari, sebbene con minore precisione a causa della minore coerenza della letteratura sull'argomento. Inoltre, i questionari adottati per la sorveglianza dei livelli di attività fisica tengono conto del tempo trascorso in comportamenti sedentari, senza soffermarsi sulle sfaccettature legate agli aspetti metabolici. Questo punto di vista consente di evitare sovrapposizioni concettuali e facilita l'adozione di criteri più concreti per misurare l'inattività, concentrandosi sugli obiettivi di attività fisica raccomandati piuttosto che su un range continuo di intensità, il quale può indurre ad ambiguità interpretative.

Tuttavia, va notato che, nonostante la maggiore condivisione dei criteri di misurazione, anche questi sono basati su dati auto-riferiti. Tale approccio introduce un margine di errore dato dalla sovra- o sottostima dei propri livelli di attività fisica, un problema che potrebbe essere colmato con l'utilizzo di dati raccolti tramite *wearable device*.

A livello globale, esiste l'accordo quasi assoluto a proposito delle raccomandazioni sui livelli di attività fisica necessari per mantenere una buona salute. Le linee guida alle quali si fa riferimento più frequentemente sono le *WHO Guidelines on Physical Activity and Sedentary Behaviour*, aggiornate al 2020 (World Health Organization, 2020a). Gli Stati membri della WHO utilizzano queste linee guida come base per lo sviluppo di programmi di prevenzione e promozione della salute a livello nazionale. Sebbene esistano alcune sfumature locali, come ad esempio le *Physical Activity and Exercise Guidelines for All Australians* (Australian Government Department of Health and Aged Care, 2021), queste raccomandazioni sono generalmente in linea con quelle stabilite dalla WHO e condividono gli stessi principi fondamentali per promuovere uno stile di vita attivo e ridurre i comportamenti sedentari.

L'ammontare di attività fisica e le modalità consigliate dalla WHO differiscono a seconda della fascia di età. Sono presenti, inoltre, delle sezioni dedicate alla disabilità, alle condizioni patologiche croniche e alla gravidanza. La stessa suddivisione viene applicata anche per quanto riguarda le raccomandazioni sui comportamenti sedentari. (Tabella 2).

Tabella 2. Linee guida WHO sulla pratica di attività fisica e la limitazione dei comportamenti sedentari (World Health Organization, 2020a).

Popolazione di riferimento	Quantità e modalità attività fisica a settimana	Comportamento sedentario
Bambini e adolescenti (5-17 anni) Bambini e adolescenti con disabilità (5-17 anni)	• Almeno una media di 60 minuti al giorno di attività fisica di intensità da moderata a alta, principalmente aerobica; • Attività aerobica ad alta intensità e attività di rafforzamento muscolare dovrebbero essere incorporate almeno 3 volte a settimana.	• Limitare il tempo trascorso in comportamenti sedentari, soprattutto il tempo libero trascorso davanti agli schermi.
Adulti (18-64 anni)	• Almeno 150–300 minuti di attività fisica aerobica di intensità moderata o almeno 75–150 minuti di attività aerobica ad alta intensità, oppure una combinazione equivalente di attività a intensità moderata e intensa. + Attività di rafforzamento muscolare a intensità moderata o superiore, coinvolgendo tutti i principali gruppi muscolari per almeno 2 giorni.	• Limitare il tempo trascorso in modo sedentario e sostituirlo con attività fisica di qualsiasi intensità (inclusa quella leggera). • Per ridurre gli effetti negativi di alti livelli di comportamento sedentario sulla salute, dovrebbero cercare di superare i livelli raccomandati di attività fisica da moderata a intensa.
Anziani (sopra i 64 anni)	• Almeno 150–300 minuti di attività fisica aerobica a intensità moderata, oppure 75–150 minuti di attività aerobica ad alta intensità, o una combinazione equivalente di attività moderata e intensa. + Attività di rafforzamento muscolare a intensità moderata o superiore, coinvolgendo tutti i principali gruppi muscolari per almeno 2 giorni. • Come parte della loro attività fisica per almeno 3 giorni alla settimana dovrebbero concentrarsi su attività fisica che enfatizzi l'equilibrio funzionale e l'allenamento della forza a intensità moderata o superiore.	• Limitare il tempo trascorso in modo sedentario e sostituirlo con attività fisica di qualsiasi intensità (inclusa quella leggera). • Per ridurre gli effetti negativi di alti livelli di comportamento sedentario sulla salute, dovrebbero cercare di superare i livelli raccomandati di attività fisica da moderata a intensa.
Gravidanza e post-parto	• Salvo controindicazioni, praticare regolarmente attività fisica durante la gravidanza e il periodo post-parto. • Svolgere almeno 150 minuti di attività fisica aerobica a intensità moderata nel corso della settimana e includendo una varietà di attività aerobiche e di rafforzamento muscolare. Aggiungere esercizi di stretching lieve può essere vantaggioso. • Le donne che, prima della gravidanza, praticavano abitualmente attività aerobica a ad alta intensità vigorosa, o che erano fisicamente attive, possono continuare a svolgere queste attività durante la gravidanza e nel periodo post-parto.	• Limitare il tempo trascorso in modo sedentario e sostituirlo con attività fisica di qualsiasi intensità (inclusa quella leggera).
Adulti e anziani con patologie croniche (sopra i 18 anni) Adulti e anziani con disabilità (sopra i 18 anni)	• Almeno 150–300 minuti di attività fisica aerobica a intensità moderata, oppure 75–150 minuti di attività aerobica ad alta intensità, o una combinazione equivalente di attività moderata e intensa. + Attività di rafforzamento muscolare a intensità moderata o superiore, coinvolgendo tutti i principali gruppi muscolari per almeno 2 giorni. • Come parte della loro attività fisica per almeno 3 giorni alla settimana dovrebbero concentrarsi su attività fisica che enfatizzi l'equilibrio funzionale e l'allenamento della forza a intensità moderata o superiore. • Se non controindicato, possono aumentare l'attività fisica aerobica a intensità moderata a oltre 300 minuti, oppure svolgere più di 150 minuti di attività aerobica ad alta intensità, o una combinazione equivalente di attività a intensità moderata e intensa.	• Limitare il tempo trascorso in modo sedentario e sostituirlo con attività fisica di qualsiasi intensità (inclusa quella leggera). • Per ridurre gli effetti negativi di alti livelli di comportamento sedentario sulla salute, dovrebbero cercare di superare i livelli raccomandati di attività fisica da moderata a intensa.

2.2.1. Epidemiologia e impatto economico dell'inattività fisica

L'inattività fisica rappresenta una delle sfide più significative per la salute pubblica a livello globale. Con l'aumento dell'urbanizzazione e la digitalizzazione della vita quotidiana, molte popolazioni hanno sperimentato una riduzione dell'attività fisica. La WHO ha definito dei criteri per monitorare il fenomeno e ha esortato gli Stati membri ad attivarsi per fornire dati aggiornati sulla sua incidenza (World Health Organization, 2010, 2018). I dati raccolti dai paesi aderenti alla WHO sono stati assemblati ed elaborati in alcuni report scientifici esaustivi, pubblicati a partire dal 2018 (Guthold et al., 2018, 2020; Strain et al., 2024). Il report più aggiornato per la popolazione adulta risale al 2024 e comprende i dati raccolti in 163 paesi, con un campione di 5.7 milioni di individui che rappresenta il 93% della popolazione globale (Strain et al., 2024). I dati presenti in questo studio sono aggiornati al 2022 e si riferiscono a individui con età superiore ai 18 anni che non raggiungono i livelli minimi di attività fisica raccomandati dalla WHO. I dati esaminati derivano da questionari auto-riferiti: quelli raccolti tramite il Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ, Armstrong & Bull, 2006) sono stati elaborati secondo il protocollo della WHO (World Health Organization, n.d.-a), mentre quelli ottenuti con altri questionari, tra cui l'International Physical Activity Questionnaire (IPAQ, Craig et al., 2003), sono stati trattati con protocolli specifici, cercando di armonizzarli il più possibile con il protocollo del GPAQ.

I risultati dello studio mostrano che nel 2022, a livello globale, circa il 31.3% (95% UI 28.6-34.0) degli individui di età $\geq$ a 18 anni non raggiungevano i livelli di attività fisica raccomandati dalla WHO. La prevalenza dell'inattività fisica, negli ultimi 20 anni, risulta quindi aumentata (nel 2000: 23.4%, UI:21.1-26; nel 2010: 26.4%, UI 24.8-27.9). In Italia, la prevalenza del fenomeno è sopra la media, con una percentuale di adulti inattivi tra il 40 e il 50%. (Figura 3).

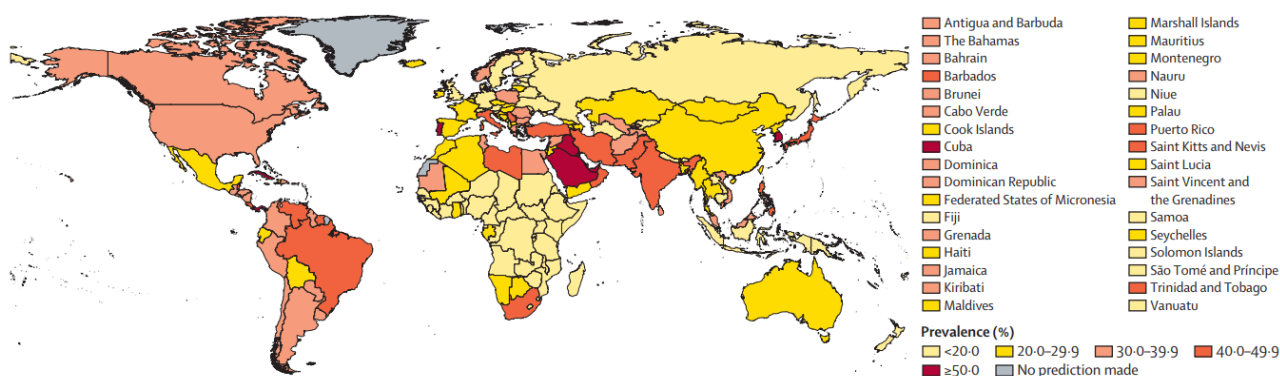


Figura 3. Prevalenza dell'inattività fisica negli adulti per l'anno 2022. Estratto da Strain et al., 2024.

In base alla suddivisione delle regioni per reddito definita nel 2022 (UN Department of Economic and Social Affairs, 2022), la prevalenza dell'inattività fisica era del 32.7% (UI 29.9-35.6) nei paesi ad alto reddito, del 26.9% (UI 23.3-30.9) nei paesi a medio-alto reddito, del 38.2% (UI 32.6-44.0) nei paesi a medio-basso reddito e del 17% (UI 14.0-20.6) nei paesi a basso reddito.

La prevalenza dell'inattività fisica mostra anche una disparità significativa in relazione al sesso, con 5 punti percentuale di differenza sul dato globale: la prevalenza per gli individui di sesso femminile era del 33.8% (UI 29.3-37.7), mentre per quelli di sesso maschile era del 28.7% (UI 25.0-32.6).

In relazione all'età, la prevalenza a livello globale era più elevata per la popolazione più anziana, con un incremento del livello di inattività fisica più accentuato dopo i 60 anni per entrambi i sessi.

In base alla tendenza registrata tra il 2010 e il 2022, i livelli di insufficiente attività fisica potrebbero salire fino ad arrivare a una prevalenza del 34.7% nel 2030 (Strain et al., 2024). In riferimento all'obiettivo stabilito nel 2018 di ridurre i livelli di inattività fisica del 15% entro il 2030 (World Health Organization, 2018), la WHO ha sottolineato che, secondo le proiezioni più recenti di Strain et al., (2024), il traguardo non sarà raggiunto (World Health Organization, 2024a).

Sebbene il report di Strain et al., (2024), tratti solamente i dati relativi agli adulti, esiste un report aggiornato al 2016 a proposito dei livelli di inattività fisica negli adolescenti (Guthold et al., 2020). Sempre in relazione alle raccomandazioni stabilite dalla WHO, globalmente l'81% (UI 77.8-87.7) degli adolescenti (età 11-17 anni) risulta non raggiungeva i livelli minimi di attività fisica consigliati. La prevalenza risulta anche in questo caso maggiore per gli individui di sesso femminile (87.4%, UI 83.0-88.2) rispetto a quelli di sesso maschile (77.6%, UI 76.1-80.4).

Oltre a incidere negativamente sulla salute e sulla qualità della vita delle persone, l'inattività fisica comporta un onere economico rilevante per i sistemi sanitari. Nel 2023 è stato pubblicato su *The Lancet Global Health* uno studio che riporta una stima dei costi futuri prevenibili associati all'inattività fisica per il decennio 2020-2030 (Santos et al., 2023). I risultati mostrano che se la prevalenza dell'inattività fisica dovesse rimanere invariata nella prossima decade, questa comporterebbe circa 500 milioni di nuovi casi di MCNT e disturbi della salute mentale prevenibili. Di questi nuovi casi, circa il 47% saranno dovuti all'ipertensione e il 34% a disturbi d'ansia e depressione e, per la maggior parte (il 74%), si verificheranno nei paesi a reddito medio-basso. Nonostante la maggior parte dei nuovi casi si registrerà nei paesi a basso e medio reddito, a sostenere la quota più rilevante (il 63%) dei costi economici saranno i paesi ad alto reddito per via della maggiore copertura del sistema sanitario e i costi più elevati delle prestazioni. Il peso economico dell'inattività fisica sarà maggiore nella regione europea (32%), seguita

dalle Americhe (25%), dalla regione del Pacifico occidentale (20%), dal Mediterraneo orientale (13%), dal Sud-Est asiatico (8%) e dall'Africa (2%).

Gli autori stimano che questo scenario comporterebbe un costo prevenibile di circa 300 miliardi di dollari statunitensi (520 miliardi di dollari internazionali) per il periodo 2020-2030, pari a circa 27 miliardi di dollari statunitensi (47 miliardi di dollari internazionali) all'anno. (Santos et al., 2023)

Questi costi potrebbero essere ridotti applicando politiche efficaci e sostenibili, mirate a promuovere l'attività fisica regolare. In particolare, l'implementazione di infrastrutture per favorire la mobilità attiva (come piste ciclabili o aree pedonali sicure), campagne educative e programmi di promozione della salute nelle scuole e nei luoghi di lavoro sono state indicate come strategie chiave per ridurre i costi a lungo termine (World Health Organization, 2018).

2.3. Rischi per la salute connessi alla sedentarietà

A causa delle differenze nei metodi di misurazione, della variabilità determinata dalle relazioni con le diverse patologie, dai diversi sottogruppi della popolazione e da altri fattori confondenti, non vi sono prove sufficienti per stabilire una raccomandazione univoca sulla soglia temporale sopra la quale i comportamenti sedentari comportano un rischio per la salute. Per questo motivo, la WHO raccomanda di limitarli al minimo indispensabile. In letteratura sono comunque presenti diverse revisioni e meta-analisi che riportano dati più dettagliati sul rischio determinato dai comportamenti sedentari per le patologie più diffuse.

Mortalità per tutte le cause

Diversi studi hanno esaminato la relazione tra il tempo trascorso in comportamenti sedentari e la mortalità per tutte le cause, rivelando risultati che sottolineano l'importanza di ridurre il tempo trascorso seduti, soprattutto nel caso di scarsi livelli di attività fisica. Nella meta-analisi di R. Patterson et al., (2018), è stata osservata una relazione non lineare, aggiustata per i livelli di attività fisica praticata, tra tempo sedentario totale e mortalità. Gli autori riportano che per ogni ora in più di tempo sedentario al giorno, il rischio di mortalità aumentava dell'1% se il tempo sedentario totale era inferiore a 8 ore al giorno, ma del 4% per ogni ora oltre le 8 ore al giorno. Inoltre, per il tempo trascorso guardando la TV, il rischio di mortalità per tutte le cause aumentava del 3% per ogni ora fino a 3,5 ore al giorno e del 6% per ogni ora oltre le 3,5 ore al giorno (Patterson et al., 2018). Secondo i risultati di una meta-analisi di Ekelund et al., (2016), gli individui che trascorrevano più di 8 ore al giorno in comportamenti sedentari e avevano bassi livelli di attività fisica (<2,5 MET-h a settimana) andavano incontro a un aumento del rischio di mortalità del 59% (*Hazard Ratio*= 1,59, IC 95% 1,52–1,66). In aggiunta, coloro che

trascorrevano più di 8 ore al giorno in comportamenti sedentari ma praticavano un'elevata quantità di attività fisica (>35,5 MET-h a settimana= 60-75 minuti di attività a intensità moderata al giorno) non mostravano un aumento significativo del rischio di mortalità (HR = 1,04; IC 95% 0,99–1,10). Tuttavia, i livelli di attività fisica indicata come fattore protettivo sono decisamente più alti del minimo raccomandato dalla WHO (Ekelund et al., 2016). Un'ulteriore meta-analisi condotta da Biswas et al., (2015), riporta risultati simili. Gli individui che praticavano livelli maggiori di attività fisica, a parità di tempo trascorso in comportamenti sedentari, hanno riportato in media un rischio di mortalità inferiore del 30% rispetto ai meno attivi (pooled HR, 1.16; IC, 0.84 to 1.59 vs. 1.46 IC, 1.22 to 1.75).

Patologie cardiovascolari

Secondo R. Patterson et al., (2018), il rischio di mortalità cardiovascolare aumenta dell'1% per ogni ora trascorsa in comportamenti sedentari quando il tempo sedentario totale è sotto la soglia delle 6 ore al giorno, mentre aumenta del 4% per ogni ora se viene superata la soglia delle 6 ore (le relazioni indicate sono aggiustate per l'attività fisica praticata). In aggiunta, il tempo trascorso a guardare la TV si è rivelato avere un impatto ancora più forte: l'aumento del rischio per la mortalità cardiovascolare è stimato al 2% per ogni ora fino alla soglia 4 ore al giorno, e dell'8% per ogni ora oltre le 4 ore di visione. Nel contesto delle malattie cardiovascolari, Booth et al., (2017) hanno osservato che la totale assenza di attività fisica conduce a un aumento del 45% del rischio di sviluppare patologie cardiovascolari rispetto a chi svolge almeno 41 MET-ore settimanali di attività fisica (circa 10 ore di attività fisica a intensità moderata o circa 5 ore ad alta intensità). Questo dato sottolinea l'importanza dell'attività fisica regolare nel ridurre il rischio di patologie cardiovascolari. Infine, Biswas et al., (2015) riportano che il tempo trascorso seduti è associato a un aumento del rischio di mortalità per malattie cardiovascolari e dell'incidenza di malattie cardiovascolari, rispettivamente del 18 e del 14% rispetto ai gruppi di riferimento più attivi.

Diabete di tipo 2

R. Patterson et al., (2018), hanno riportato che ogni ora di tempo sedentario totale al giorno è associata a un aumento dell'1% del rischio di diabete di tipo 2, mentre il tempo trascorso a guardare la TV è collegato a un incremento del 9% del rischio per ogni ora. Secondo i 14 *choort studies* individuati nella revisione di Booth et al., (2017), gli individui con livelli più bassi di attività fisica hanno in media un rischio del 35% più elevato di sviluppare diabete di tipo 2 rispetto agli individui più attivi. Un'analisi più ampia condotta su 55 studi da Aune et al., (2015) indica invece un rischio aumentato del 26% quando si considera solo l'attività fisica praticata nel tempo libero. Biswas et al., (2015) forniscono ulteriori prove dell'impatto della sedentarietà, identificando un aumento del 91% nell'incidenza di diabete di tipo 2 (HR 1,91; IC 95%, 1,64–2,22) nei gruppi con elevato tempo sedentario totale rispetto a quelli più attivi.

Cancro

Ogni ora in più trascorsa a guardare la TV è associata a un aumento del 3% della mortalità per cancro, indipendentemente dall'attività fisica (Patterson et al., 2018). Biswas et al., (2015) hanno identificato un aumento del 17% del rischio di mortalità per cancro (HR 1,17; IC 95%, 1,10–1,24) e un incremento del 13% del rischio di sviluppare cancro (HR 1,13; IC 95%, 1,04–1,22) nei gruppi con elevato tempo sedentario totale rispetto a quelli meno sedentari. In base alle diverse tipologie di cancro sono state stimate diverse percentuali in relazione al rischio di sviluppo (Booth et al., 2017; Boyle et al., 2012; Lynch et al., 2011).

La letteratura scientifica sui rischi della sedentarietà riporta evidenze crescenti anche a proposito dell'associazione tra comportamenti sedentari e i principali disturbi della salute mentale. Tuttavia, la ricerca disponibile in questo ambito è meno ampia e i risultati sono meno solidi e coerenti rispetto alle evidenze consolidate sui rischi per la salute fisica (Booth et al., 2017; Rezende et al., 2014; Saunders et al., 2020).

Depressione

I risultati della meta-analisi di Huang et al., (2020) mostrano un'associazione positiva tra comportamenti sedentari e rischio di depressione, con un rischio maggiore del 10% per gli individui più sedentari (RR= 1,10; IC 95% 1,03–1,19, $I^2 = 60,6\%$, $P < 0,01$). In particolare, i comportamenti sedentari mentalmente passivi (RR = 1,17, IC 95% 1,08–1,27), come guardare la televisione, risultano essere più rischiosi di quelli mentalmente attivi (RR = 0,98, IC 95% 0,83–1,15). Dall'analisi del tipo specifico di attività sedentaria è risultato che guardare la televisione è associato positivamente al rischio di depressione (RR = 1,18, IC 95% 1,07–1,30), mentre l'uso del computer non lo è (RR = 0,99, IC 95% 0,79–1,23). Inoltre, la depressione diagnosticata clinicamente era associata ad un aumento del rischio del 8% (RR = 1,08) a causa dei comportamenti sedentari. Coerentemente alla relazione generale tra comportamenti sedentari e rischio di depressione, i risultati di un'altra meta-analisi Fare clic o toccare qui per immettere il testo. mostrano risultati simili (RR=1.25; 95% CI 1.16 to 1.35, $I^2=50.7\%$). Tuttavia, analizzando le specifiche tipologie di comportamento sedentario, gli autori hanno osservato che sia la visione prolungata della televisione (RR=1.13; IC 95% 1.06 -1.21), sia l'uso prolungato del computer o di internet (RR=1,22; IC 95% 1,10–1,34) erano entrambi associati ad un aumento del rischio di depressione.

Ansia

In base agli studi inclusi nella meta-analisi di Allen et al., (2019), condurre uno stile di vita sedentario aumenta il rischio di sviluppare disturbi d'ansia del 48% ($k = 11$, OR = 1,48; IC 95%: 1,25-1,75; effetti

corretti per fattori sociodemografici e di salute). Gli autori riportano che l'associazione riscontrata con le misure del tempo trascorso in posizione seduta risultava più forte rispetto a quella con le misure relative al tempo trascorso davanti a uno schermo. Lo stesso è stato osservato per le misure dei sintomi dell'ansia, che presentavano un'associazione più forte con i comportamenti sedentari rispetto alle misure di presenza dei disturbi d'ansia. Tuttavia, gli autori evidenziano diverse limitazioni, come la bassa potenza statistica nei modelli di meta-regressione e l'eterogeneità nelle misurazioni dell'ansia e del comportamento sedentario.

Nonostante le evidenze sui disturbi specifici e la loro associazione con la sedentarietà mostrino minore coerenza e una quantità di produzione letteraria inferiore rispetto a quelle riferite alla salute fisica, è noto che gli individui che soffrono di disturbi della salute mentale tendono a presentare livelli significativamente più elevati di tempo trascorso in comportamenti sedentari rispetto alla popolazione sana della stessa età e genere ($p=0.003$). Nella meta-analisi di Vancampfort et al., (2017), gli autori riportano una media giornaliera di 476 minuti (IC 95% 407-545) di tempo sedentario totale e livelli di attività fisica (circa 38 minuti al giorno di attività fisica moderata o intensa; IC 95% 32-49) significativamente inferiori rispetto alla media dei gruppi di controllo di soggetti sani ($p=0.002$ per attività moderata; $p=0.001$ per attività intensa). Esaminando la tematica da un punto di vista più ampio e generale è possibile comprendere la rete di collegamenti che supporta la necessità di limitare stili di vita sedentari: la salute fisica e quella mentale si influenzano in modo reciproco: l'effetto negativo della sedentarietà su uno di questi elementi è in grado di provocare ripercussioni sull'altro. Gli individui con disturbi della salute mentale presentano un rischio aumentato di sviluppare malattie fisiche, che spesso vengono diagnosticate tardivamente, portando a tassi di mortalità notevolmente più alti rispetto alla popolazione generale. In parallelo, la presenza di patologie fisiche aumenta la probabilità di insorgenza di disturbi della salute mentale. Questa interdipendenza conduce a tassi più elevati di morbidità generale, utilizzo dei servizi sanitari e una qualità di vita significativamente peggiore (Doherty & Gaughran, 2014). Lo stato di salute fisica passato genera una serie di effetti indiretti (scelte legate allo stile di vita, fattori sociali, stato socio-economico, fattori biologici) che possono spiegare il 10% dell'influenza sullo stato di salute mentale presente; viceversa, gli effetti indiretti dello stato di salute mentale passato possono spiegare l'8% dello stato di salute fisica presente. Di questi fattori indiretti, l'attività fisica è il fattore con il maggior peso (Ohrnberger et al., 2017). Quindi, secondo queste evidenze, a causa dei più elevati livelli di comportamenti sedentari, gli individui affetti da disturbi della salute sono più soggetti al rischio di sviluppare MCNT, che a loro volta possono portare a una maggiore esposizione e peggioramento delle condizioni relative alla salute mentale. In questo circolo, si aggiunge una forte associazione tra i disturbi della salute mentale e una serie di abitudini malsane quali

tabagismo (McNeill, 2001; Prochaska et al., 2017), abuso di bevande alcoliche (Jane-Llopis & Matytsina, 2006; Puddephatt et al., 2022) e scarsi livelli di attività fisica (Vancampfort et al., 2017), che oltre a caratterizzare la popolazione generale più sedentaria costituiscono un ulteriore fattore di rischio per la salute fisica (Rhodes et al., 2012).

In sintesi, l'interazione tra salute mentale e fisica è alimentata da fattori multipli che sono strettamente legati anche con la sedentarietà. Per questo motivo, è molto importante che gli interventi per la promozione di stili di vita attivi tengano in forte considerazione gli aspetti legati alla salute mentale e integrino, assieme ad incentivare la pratica di attività motoria, degli elementi utili al contrasto dei comportamenti sedentari.

3. Benefici dell'attività fisica per la salute

È importante tenere in considerazione che le raccomandazioni proposte dalla WHO indicano i livelli di attività fisica ottimali perché questa costituisca un fattore protettivo per la salute, ma non rappresentano una soglia minima. Infatti, i benefici legati alla riduzione del rischio di sviluppare le più comuni patologie croniche si manifestano già passando dalla totale inattività fisica a bassi livelli di attività fisica, con effetti più accentuati per volumi sottostanti questa soglia e più attenuati per un volume più elevato (Figura 4).

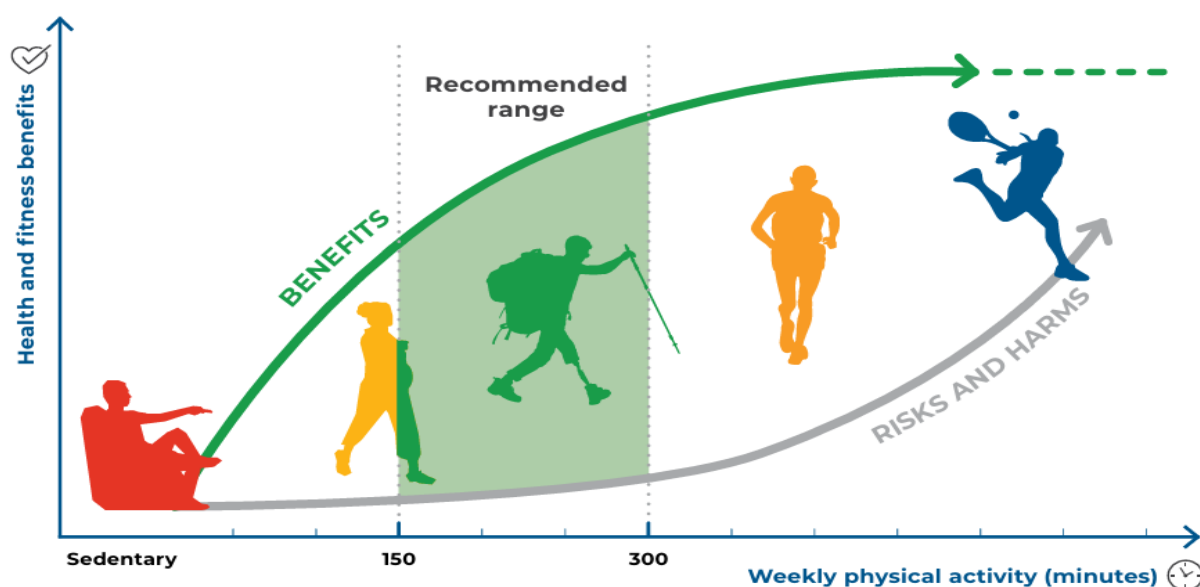


Figura 4. Relazione dose-risposta tra l'ammontare di attività fisica praticata e i benefici per la salute. Tratto da (World Health Organization, 2020a)

Questo significa che nelle fasi iniziali, ossia nel momento in cui si passa da uno stato di inattività a qualsiasi livello di partecipazione all'attività fisica, abbiamo il miglior rapporto costo-beneficio. Le soglie indicate dalla WHO segnano quindi il *range* entro il quale possiamo ottenere consistenti benefici per la salute con un rapporto ottimale dose-risposta (Warburton & Bredin, 2017; World Health Organization, 2020a).

Per molte persone, l'obiettivo di 150 minuti/settimana di attività fisica da moderata a intensa potrebbe essere difficile da raggiungere (Bredin et al., 2013; Bredin & Warburton, 2013) e potrebbe risultare demotivante, facendo percepire questo traguardo come irraggiungibile per una parte consistente della popolazione (Knox et al., 2014). Pertanto, al fine di coinvolgere ed evitare di scoraggiare gli individui meno attivi, i quali sono la principale popolazione *target* delle politiche di promozione dell'attività fisica, è fondamentale sottolineare la flessibilità delle raccomandazioni. Nella progettazione degli interventi è necessario adattare i contenuti, tenendo in considerazione i livelli di attività fisica di partenza della popolazione su cui vogliamo agire, in modo da implementare delle strategie inclusive e sostenibili.

Inoltre, è noto che l'adesione alla pratica di attività fisica è fortemente influenzata dal suo valore affettivo (Rhodes, Fiala, et al., 2009; Rhodes & Fiala, 2009; Rhodes & Quinlan, 2015). In particolare, il piacere (*enjoyment* - identificato nella letteratura scientifica sull'argomento talvolta come piacere, altre volte come divertimento) derivante dalla pratica di esercizio fisico è un fattore chiave per promuovere il cambiamento comportamentale verso stili di vita attivi (Craike et al., 2010; Hagberg et al., 2009a; Segar et al., 2016). Per questo motivo, è importante che le attività proposte negli interventi volti a incentivare la pratica di attività fisica siano stimolanti e coinvolgenti, che tengano conto dei fattori motivazionali e di altri accorgimenti utili a rendere l'esperienza più entusiasmante e significativa.

Analizzando le raccomandazioni attraverso l'ottica più appropriata, possiamo quindi evincere che queste sono state progettate per ottimizzare i benefici per la salute piuttosto che per fornire dei dosaggi minimi necessari per ottenerli. Attenersi al volume di attività fisica consigliato può ridurre del 20-30% il rischio di mortalità prematura e di sviluppare le più diffuse MCNT, oltre portare significativi vantaggi relativi alle funzioni cognitive (Warburton et al., 2010; Warburton & Bredin, 2017; World Health Organization, 2020a).

Per quanto riguarda la salute mentale, la letteratura scientifica sui benefici correlati alla pratica di attività fisica è di gran lunga più vasta e coerente di quella sui rischi connessi alla sedentarietà. Tuttavia, anche in questo caso, le evidenze più solide riguardano strettamente i disturbi più diffusi: depressione e ansia. Sono stati individuati diversi meccanismi che potrebbero spiegare il ruolo dell'esercizio fisico sia nella prevenzione dei disturbi della salute mentale, agendo come fattore protettivo, sia nella riduzione dei loro sintomi (Mikkelsen et al., 2017).

Dal punto di vista fisiologico:

- la produzione di endorfine e di endocannabinoidi sembra avere un effetto positivo sul tono dell'umore e sui sintomi della depressione (Balchin et al., 2016; Heyman et al., 2012);
- alcuni studi ipotizzano che la termogenesi conseguente l'esercizio fisico possa innescare miglioramenti dell'umore e la riduzione dei sintomi dell'ansia (Raglin, 1990; Raglin & Morgan, 1987);
- la funzione mitocondriale, compromessa dalla sarcopenia ma supportata dall'esercizio fisico, sembra rivestire un ruolo centrale nella fisiopatologia di diverse malattie, tra cui la depressione (Bansal & Kuhad, 2016; Duchon & Szabadkai, 2010);
- la regolazione dei livelli di serotonina tramite l'esercizio fisico aiuta a mitigare i sintomi della depressione (Melancon et al., 2014; Wipfli, 2008);
- la regolazione dell'asse ipotalamo-ipofisi-surrene, spesso alterata nei disturbi d'ansia e depressione (Landgraf et al., 1999; Pariante & Lightman, 2008), può essere modulata dalla pratica di esercizio fisico (Anderson & Shivakumar, 2013; Droste et al., 2003; Salmon, 2001).

Dal punto di vista psicologico, è stato dimostrato che praticare esercizio fisico possa offrire una distrazione dai pensieri negativi e dalle ruminazioni (*mental time-out*) (Bharke, 1978; Nolen-Hoeksema et al., 1993), migliori l'autostima attraverso il senso di autoefficacia o di padronanza (H. M. Chen et al., 2015; Gary, 2006; Middelkamp et al., 2017), e includa spesso un elemento sociale che può costituire un importante supporto per chi soffre di depressione, ansia e/o stress (Eyre et al., 2013).

Infine, è noto che l'infiammazione cronica possa influire negativamente sullo stato di salute mentale (Dantzer et al., 2008). Gli effetti positivi dell'esercizio fisico sulla salute mentale potrebbero essere dovuti ai suoi effetti antinfiammatori, che possono essere attribuiti a quattro meccanismi principali: l'influenza nel rilascio di citochine (Apostolopoulos et al., 2014; Euteneuer et al., 2017; Petersen & Pedersen, 2005), la riduzione della massa di grasso viscerale (Gleeson et al., 2011), la regolazione negativa dei recettori toll-like (Gleeson et al., 2006) e l'aumento del tono vagale (Kemp & Quintana, 2013; Routledge et al., 2010) (per approfondimenti: Mikkelsen et al., 2017).

Anche in merito ai benefici dell'attività fisica, in letteratura sono disponibili evidenze solide solamente in merito dei disturbi della salute mentale più diffusi. Diversi studi supportano l'effetto positivo della pratica di esercizio fisico nella riduzione del rischio di sviluppare depressione e nella riduzione dei sintomi (Choi et al., 2019, 2020; Gordon et al., 2018; Perez-Lopez et al., 2017; Schuch et al., 2018; per approfondimenti: Schuch & Vancampfort, 2021). Un esempio è la meta-analisi condotta da (Schuch et al., 2018), i quali risultati mostrano che gli individui più attivi hanno un rischio di sviluppare depressione ridotto del 17% (OR=0.83, I.C. 95%= 0.79-0.88) rispetto agli individui meno attivi. Gli autori riportano che la relazione rimane significativa anche in seguito all'aggiustamento per potenziali fattori confondenti. Un altro esempio interessante è lo studio di (Choi et al., 2020), dal quale è emerso che

l'attività fisica può compensare il rischio a tutti i livelli di vulnerabilità genetica alla depressione. A supporto delle raccomandazioni della WHO, che suggeriscono prevalentemente la pratica di esercizio aerobico, la meta-analisi di (Gordon et al., 2018), mostra che l'allenamento di resistenza abbia un effetto positivo sulla riduzione dei sintomi della depressione. Il ruolo protettivo dell'esercizio fisico è stato analizzato in più occasioni anche in relazione ai disturbi d'ansia (Schuch & Vancampfort, 2021). I risultati di una meta-analisi di Schuch et al., (2019), mostrano che gli individui più attivi hanno complessivamente un rischio di sviluppare disturbi d'ansia ridotto del 26% ($OR=0.74$, I.C. 95%= 0.62-0.88) rispetto agli individui meno attivi. Anche in questo caso, l'allenamento di resistenza sembra risultare un metodo molto efficace per la riduzione dei sintomi (Gordon et al., 2017). Relativamente ad altri disturbi della salute mentale, non altrettanto diffusi, le evidenze sul ruolo dell'attività fisica come fattore protettivo risultano scarse e meno solide (Brokmeier et al., 2020; Sun et al., 2020). Tuttavia, l'attività fisica riveste un ruolo importante nel trattamento di questi disturbi e diverse linee guida suggeriscono l'integrazione di programmi di attività motoria accanto al trattamento farmacologico e agli interventi psico-sociali (Schuch & Vancampfort, 2021).

La stessa raccomandazione di affiancare l'attività fisica al trattamento farmacologico è stata formulata già in passato in diversi contesti e per molteplici patologie (Pedersen & Saltin, 2006, 2015; Physical Activity Guidelines Advisory Committee, 2008). Numerosi studi e linee guida hanno evidenziato che l'attività fisica non solo potenzia l'efficacia dei farmaci, ma in alcuni casi può ridurne il dosaggio necessario o sostituirli completamente, come avviene per patologie croniche quali malattie cardiovascolari, diabete di tipo 2, disturbi neurologici e depressione (Brosse et al., 2002; Costa et al., 2018; Dinas et al., 2011; Groot et al., 2016; Liu et al., 2019; Pedersen & Saltin, 2006, 2015; Vina et al., 2012).

L'insieme delle evidenze analizzate indicano che l'esercizio fisico è un potente strumento a vantaggio della salute degli individui e che la promozione dell'attività motoria è un investimento fondamentale per raggiungere diversi obiettivi connessi al benessere globale. A causa della diffusione di impieghi sedentari, il luogo di lavoro rappresenta uno dei contesti principali su cui intervenire per contrastare i rischi legati agli stili di vita inattivi e ai comportamenti sedentari (Bailey, 2021; Parry & Straker, 2013). È fondamentale, inoltre, implementare strategie efficaci che tengano conto dei facilitatori e delle barriere alla pratica dell'attività motoria, anche in relazione al contesto specifico. Sulla base di questo scenario esaminato in questo capitolo, le tecnologie digitali hanno dimostrato di essere un forte alleato per la promozione di stili di vita attivi e offrono la possibilità di sviluppare soluzioni innovative dal carattere coinvolgente e accattivante, in grado di fare leva sugli aspetti psicologici che favoriscono l'adesione all'esercizio fisico e la pratica regolare.

Capitolo II. La promozione dell'attività fisica con il supporto delle tecnologie digitali: verso la comprensione della realtà virtuale immersiva

1. Il potenziale delle tecnologie digitali

Se da un lato la diffusione delle tecnologie digitali ha influenzato negativamente lo stile di vita del genere umano, favorendo l'adozione di abitudini sempre più sedentarie, dall'altro lato, con l'impiego dei giusti accorgimenti e adeguata consapevolezza, queste innovazioni possiedono un grande potenziale per supportare la promozione di stili di vita attivi (Gao & Lee, 2019; Woessner et al., 2021). Negli ultimi decenni, l'interesse della comunità scientifica in merito all'utilizzo delle tecnologie digitali a vantaggio della salute è cresciuto in modo esponenziale. Tra i diversi ambiti di applicazione, l'utilizzo di questi strumenti al fine di incentivare la pratica dell'attività motoria e migliorare l'esperienza dell'allenamento si distingue come uno dei settori più prolifici in termini di produzione letteraria, trainato dall'impatto sociale del fenomeno della digitalizzazione, oltre che dalla rapida evoluzione e diffusione di prodotti tecnologici innovativi (Luo et al., 2022). Dispositivi come *smartphone*, *wearable device* e prodotti virtuali come *social media*, *mobile app* e *videogames*, offrono la possibilità di raggiungere un pubblico vasto, facilitare la raccolta di dati obiettivi su larga scala e accrescere l'efficacia delle azioni di promozione dell'attività fisica. Numerosi studi hanno contribuito ad analizzare i benefici e le criticità associate a ciascuna di queste tecnologie: tuttavia, risulta complesso elaborare una scala gerarchica per stabilire quale di questi sia lo strumento migliore per efficacia. Tale difficoltà deriva non solo dall'eterogeneità degli strumenti, degli interventi e delle variabili analizzate, ma anche dalle diverse caratteristiche delle popolazioni coinvolte, dalle differenti teorie sottostanti agli studi e dall'uso simultaneo di più tecnologie, che rende complesso isolare l'impatto di ciascun fattore (Gao, 2017).

Le stesse caratteristiche che rendono i prodotti digitali particolarmente attraenti e, talvolta, in grado di generare dipendenza, inducendo come effetto collaterale comportamenti sedentari, possono essere sfruttate in maniera inversa per promuovere stili di vita attivi (Woessner et al., 2021). L'interazione tra essere umano e computer è stata approfonditamente esplorata in vari rami delle scienze comportamentali e sono state formulate diverse teorie che offrono il proprio punto di vista a proposito dell'influenza delle tecnologie digitali sul comportamento umano (Koumaditis & Hussain, 2017). Una delle teorie più ampiamente riconosciute, che mira a fare chiarezza su come le caratteristiche peculiari dei prodotti digitali possano intervenire sul cambiamento comportamentale e incentivare l'instaurarsi di abitudini positive, è stata introdotta da Fogg, (2002), assieme al concetto di "*Persuasive Technology*". Questo concetto si riferisce all'uso di strumenti tecnologici progettati per influenzare le attitudini o i comportamenti degli utenti senza coercizione, ma attraverso tecniche persuasive integrate nelle interfacce digitali. Dalla coniazione del termine è nato un campo di studi interdisciplinare che si è

evoluto in parallelo con lo sviluppo delle tecnologie interattive, le quali sono progredite al punto di monitorare, analizzare e rispondere al comportamento degli utenti in tempo reale. La crescente attenzione verso la salute pubblica ha spinto la ricerca e il mercato all'esplorazione, allo sviluppo e alla sperimentazione di sistemi tecnologici persuasivi che costituissero una soluzione efficace e innovativa per promuovere stili di vita attivi e contrastare i comportamenti sedentari. Pochi anni dopo dalla nascita del concetto sviluppato da Fogg, sono stati condotti i primi studi sull'utilizzo di questo strumento a supporto dell'attività fisica: Consolvo et al. (2006) iniziano a identificare i requisiti fondamentali per tecnologie in grado di incoraggiare la pratica di esercizio fisico, enfatizzando l'importanza di creare esperienze coinvolgenti e significative che fossero adattabili alle preferenze e alle motivazioni individuali degli utenti. Il campo di ricerca si è sviluppato notevolmente negli anni a seguire, dando vita a numerose applicazioni adattate alle principali innovazioni digitali (Dominic et al., 2013) che ai giorni nostri rappresentano ancora un'importante base per lo sviluppo.

Relativamente al concetto generale, un articolo di Oinas-Kukkonen & Harjuma, (2009) fornisce una guida dettagliata per la creazione di un sistema persuasivo. Gli autori definiscono sette postulati che devono essere tenuti in considerazione alla base del design e della valutazione di un sistema persuasivo, e sottolineano l'importanza di comprendere il contesto in cui si deve verificare l'azione persuasiva, analizzando l'interazione diretta tra sistema e utente, il momento e il luogo in cui avviene, oltre che le strategie da utilizzare per convincere l'utente. Al fine di rispondere ai sette postulati fondamentali e in base all'analisi del contesto, sono state indicate in una check-list le caratteristiche specifiche che possono essere incluse nel design di un sistema persuasivo perché questo risulti efficace, suddivise in quattro categorie principali:

- 1) **Supporto al compito principale:** include le caratteristiche utili a facilitare l'utente nello svolgere il compito per cui il sistema è stato creato e a semplificare il raggiungimento degli obiettivi primari dell'utente (Tabella 3).
- 2) **Supporto al dialogo:** include le caratteristiche utili a facilitare e stimolare l'interazione tra l'utente e il sistema (Tabella 4).
- 3) **Supporto alla credibilità del sistema:** include le caratteristiche utili a ottenere la fiducia dell'utente e a far sì che questo accetti di essere persuaso (Tabella 5).
- 4) **Supporto sociale:** include le funzionalità che promuovono l'interazione sociale e il supporto tra utenti (Tabella 6).

Tabella 3. Caratteristiche chiave per il design di un sistema persuasivo: “supporto al compito principale”.

Caratteristica	Definizione requisito
Reduction (Riduzione)	Ridurre la complessità e lo sforzo del compito che l'utente deve completare, ad esempio suddividendo un obiettivo complesso in compiti più semplici.
Tunneling (Orientamento)	Guidare l'utente attraverso un processo o una sequenza di azioni predefinita per incoraggiare determinate scelte o comportamenti.
Tailoring (Adattamento)	Adattare il contenuto o le esperienze del sistema in base alle esigenze, preferenze o caratteristiche dell'utente.
Personalization (Personalizzazione)	Offrire la possibilità di personalizzare l'esperienza e i contenuti in base alle proprie esigenze, preferenze o caratteristiche.
Self-monitoring (Auto-monitoraggio)	Fornire all'utente strumenti per monitorare i propri comportamenti o progressi, favorendo una maggiore consapevolezza e motivazione.
Simulation (Simulazione)	Creare scenari simulati che permettano all'utente di comprendere meglio l'impatto delle proprie azioni o scelte.
Rehearsal (Ripetizione/ Esercitazione)	Consentire agli utenti di esercitarsi in determinati comportamenti o abilità in un ambiente simulato per migliorare la performance nella realtà.

Tabella 4. Caratteristiche chiave per il design di un sistema persuasivo: “supporto al dialogo”.

Caratteristica	Definizione requisito
Praise (Lode)	Il sistema fornisce feedback positivo o lode quando l'utente raggiunge un obiettivo o esegue correttamente un'azione, incoraggiandolo a continuare.
Rewards (Ricompense)	Offrire incentivi tangibili o simbolici per premiare determinati comportamenti o progressi.
Reminders (Promemoria)	Inviare notifiche o promemoria per mantenere l'utente concentrato sugli obiettivi o per incoraggiare comportamenti desiderati.
Suggestions (Suggerimenti)	Fornire consigli o suggerimenti al momento opportuno, in modo che l'utente possa prendere decisioni informate o compiere azioni desiderabili.
Similarity (Similarità)	Mostrare somiglianze tra il sistema e l'utente (ad esempio utilizzando avatar o personaggi con caratteristiche simili) per aumentare l'affinità e la fiducia.
Liking (Apprezzabilità)	Rendere il sistema visivamente o emotivamente attraente per gli utenti, per aumentarne il coinvolgimento.
Social role (Ruolo sociale)	Attribuire al sistema un ruolo sociale, come quello di un coach o un mentore, per facilitare l'interazione e rafforzare il rapporto con l'utente.

Tabella 5. Caratteristiche chiave per il design di un sistema persuasivo: “supporto alla credibilità del sistema”.

Caratteristica	Definizione
Trustworthiness (Affidabilità)	Il sistema dovrebbe apparire onesto, etico e degno di fiducia agli occhi dell'utente.
Expertise (Competenza)	Il sistema dovrebbe dimostrare di avere competenze ed esperienza nel dominio specifico in cui opera.
Surface Credibility (Credibilità superficiale)	Il sistema dovrebbe avere un'interfaccia utente ben progettata e professionale, in quanto un aspetto superficiale ordinato aumenta la credibilità.
Real-world feel (Sensazione di realtà)	Fornire informazioni e contesti che danno l'impressione che il sistema operi nel mondo reale, ad esempio mostrando contatti, immagini di persone reali o collegamenti ad attività del mondo reale.
Authority (Autorevolezza)	Il sistema può fare riferimento a fonti autorevoli o a esperti del settore.
Third-party endorsements (Approvazione di terze parti)	Ricevere riconoscimenti, premi o appoggi da parte di terzi autorevoli aumenta la credibilità percepita del sistema.
Verifiability (Verificabilità)	Fornire agli utenti la possibilità di verificare le informazioni o le affermazioni del sistema aumenta la sua credibilità.

Tabella 6. Caratteristiche chiave per il design di un sistema persuasivo: “supporto sociale”.

Caratteristica	Definizione
Social learning (Apprendimento sociale)	Gli utenti possono imparare osservando il comportamento di altri utenti e i risultati che ne derivano.
Social comparison (Confronto sociale)	Fornire agli utenti la possibilità di confrontare i propri progressi o comportamenti con quelli di altre persone.
Normative influence (Influenza normativa)	Utilizzare le aspettative sociali e le norme sociali per spingere gli utenti a conformarsi a determinati comportamenti.
Social facilitation (Facilitazione sociale)	Mostrare che altri utenti stanno eseguendo lo stesso compito o stanno utilizzando il sistema in tempo reale.
Cooperation (Cooperazione)	Offrire opportunità di cooperazione tra utenti per raggiungere obiettivi comuni.
Competition (Competizione)	Creare dinamiche competitive tra gli utenti per stimolare l'impegno e migliorare le prestazioni.
Recognition (Riconoscimento)	Riconoscere pubblicamente o socialmente i successi degli utenti, ad esempio tramite classifiche o premi visibili ad altri.

La presenza, in misura variabile, dei requisiti che definiscono i sistemi persuasivi è riscontrabile in una vasta gamma di prodotti tecnologici. Tale presenza non deriva necessariamente da una progettazione intenzionale o esplicita, ma spesso rappresenta una conseguenza diretta delle caratteristiche intrinseche di questi strumenti (Gao, 2017).

Gli interventi mirati alla promozione dell'attività fisica si prefiggono di generare cambiamenti stabili e duraturi, incoraggiando l'adesione alla pratica regolare. Tuttavia, il passaggio da uno stile di vita sedentario a uno più attivo rappresenta una sfida complessa. In questo contesto, le teorie sul cambiamento comportamentale offrono un prezioso supporto, fornendo strumenti utili per comprendere e facilitare questo processo. Secondo il modello elaborato da Fogg, (2002), perché si verifichi un cambiamento comportamentale devono convergere tre fattori principali:

- a) **Motivazione:** quanto è forte il desiderio di una persona di intraprendere una determinata azione;
- b) **Abilità:** quanto è facile o difficile per l'utente eseguire l'azione;
- c) **Trigger:** uno stimolo che innesca il comportamento nel momento giusto.

In questo modello, le tecnologie persuasive rivestono un ruolo importante nel favorire l'interazione sinergica tra questi tre elementi. Grazie alla loro capacità di potenziare la motivazione, semplificare l'azione attraverso interfacce intuitive e fornire stimoli opportuni nei momenti chiave, si configurano come strumenti altamente efficaci per promuovere cambiamenti comportamentali positivi e incoraggiare l'adozione di uno stile di vita più attivo. Inoltre, il modello di Fogg richiama gli elementi fondamentali di alcune teorie note e ampiamente riconosciute, che supportano l'iniziativa e l'adesione alla pratica di attività fisica. La motivazione, ad esempio, è un aspetto centrale della *Self-Determination Theory*, che pone l'accento sull'importanza di accrescere la motivazione intrinseca per garantire un

coinvolgimento duraturo (Deci & Ryan, 2000; Dishman et al., 1980; Richard et al., 1997). Allo stesso modo, l'autoefficacia è un elemento cardine della *Social-Cognitive Theory*, la quale evidenzia come la fiducia nelle proprie capacità abbia un peso considerevole nella scelta di investire sulla pratica di attività fisica (Ashford et al., 2010; Bandura, 1997b; Williams & French, 2011). Come sarà approfondito nel Capitolo 4, in relazione al contesto lavorativo, numerosi interventi di promozione dell'attività fisica, come quelli di natura psicoeducativa o basati sulla pratica diretta, sono progettati per agire su questi aspetti, con l'obiettivo di incentivare la pratica e incrementare i livelli di attività. Elaborare strategie che potenzino questi fattori è quindi essenziale, e la tecnologia rappresenta uno strumento versatile ed efficace per intervenire su di essi, grazie alla capacità di personalizzare le esperienze, fornire feedback immediati e creare ambienti motivanti.

In parallelo, la *Affective-Reflective Theory* (Brand & Ekkekakis, 2018) fornisce un'altra prospettiva sulla motivazione al cambiamento comportamentale. Questa teoria suggerisce che il valore affettivo immediato che un individuo associa a una determinata attività gioca un ruolo cruciale nell'avvicinamento e nell'adesione a comportamenti salutari, come l'attività fisica. In altre parole, se l'attività fisica è percepita come piacevole e gratificante, è più probabile che l'abitudine venga mantenuta nel tempo. La tecnologia può supportare questo processo grazie alle numerose possibilità hardware e software disponibili, creando esperienze significative che possono incrementare il piacere di praticare esercizio fisico.

A supporto di questa teoria, e in stretto collegamento con la motivazione, diversi studi riportano che l'*enjoyment* – concetto ampio, traducibile in questo frangente come il piacere di praticare attività fisica – sia un altro dei fattori decisivi per stimolare il coinvolgimento e l'aderenza all'esercizio fisico (Jekauc, 2015; Lewis et al., 2016; Wankel, 1993). L'incremento dell'*enjoyment* può essere realizzato attraverso la *gamification* (Mazeas et al., 2022; Van der Kooij et al., 2019), che consiste nell'integrazione di elementi di gioco come sfide, ricompense e competizioni, caratteristiche peculiari delle tecnologie digitali interattive, che rendono l'esperienza dell'attività fisica più piacevole e divertente.

Gli *active video games* rappresentano l'esempio più emblematico di *gamification* applicata all'esercizio fisico. Inoltre, costituiscono la base tecnologica e concettuale su cui si fondano i software impiegati per l'allenamento in realtà virtuale immersiva. Questa tecnologia espande le possibilità offerte dagli *active video games*, integrando ambienti tridimensionali altamente realistici e coinvolgenti che amplificano l'esperienza emotiva e cognitiva dell'utente. Per questo motivo, nella prossima sezione seguirà un breve approfondimento sugli *active video games*, per poi analizzare le peculiarità della realtà virtuale immersiva, protagonista della ricerca condotta in questo progetto di dottorato. Verranno esaminati i suoi elementi distintivi, che la rendono uno strumento dal significativo potenziale per incentivare e sostenere la promozione dell'attività motoria.

2. Active Video Games

Gli active video games (AVGs), noti anche come exergames, rappresentano una combinazione tra gioco virtuale e attività fisica: all'interno del *gameplay*, gli AVGs richiedono l'interazione con movimenti corporei più o meno complessi al fine di raggiungere gli obiettivi di gioco (Gao, 2017). Rispetto ai videogiochi tradizionali, da tempo criticati per il loro contributo alla sedentarietà, gli AVGs hanno la capacità di coinvolgere gli utenti in allenamenti stimolanti che favoriscono il dispendio energetico e possono migliorare la salute (Barnett et al., 2011; Gao, 2017; Gao et al., 2017). Anche se questo approccio è stato sperimentato principalmente nel campo della riabilitazione o in relazione a popolazioni di bambini e adolescenti, l'utilizzo di AVGs per la promozione dell'attività fisica è stato trattato in letteratura in diverse occasioni e sotto molteplici punti di vista (J. C. Davis et al., 2024; Gao, 2017; Kari, 2017; Peng et al., 2013).

La ricerca concorda sull'affermare che questa tipologia di *videogames* abbia un forte potenziale per essere utilizzato come strumento di intervento per promuovere l'attività fisica principalmente grazie all'esperienza che combina esercizio fisico con componenti ludiche, favorendo un ambiente motivante e coinvolgente (Gao, 2017).

Uno dei principali vantaggi degli AVGs è la loro capacità di incrementare l'interesse situazionale nei giocatori. Questo si verifica attraverso l'esplorazione di nuove funzionalità di gioco, la sperimentazione di sfide fisiche e cognitive e la stimolazione di un alto livello di attenzione durante il *gameplay*, aspetti che accrescono il coinvolgimento e il divertimento (Sun, 2012). È stato evidenziato che gli AVGs possono migliorare significativamente i livelli di attività fisica, soprattutto tra i giovani, aumentando la motivazione e riducendo le barriere percepite legate all'esercizio fisico (Gao, 2017; Peng et al., 2013). Tuttavia, la sostenibilità di questo strumento rimane ancora incerta: sebbene gli AVGs possano incentivare l'attività fisica nel breve termine, trasferire questa motivazione a comportamenti di attività fisica sostenibili al di fuori del contesto di gioco potrebbe risultare più complicato (J. C. Davis et al., 2024; Peng et al., 2013; Sun, 2012, 2015).

L'evoluzione delle console, come la *Nintendo Wii*, *Microsoft Kinect* e *PlayStation Move*, ha permesso di integrare il corpo come controller, offrendo nuove modalità di partecipazione attiva al gioco (Gao, 2017), aprendo così nuove prospettive nell'ambito della promozione dell'attività fisica e della salute pubblica. Uno studio di Sween et al., 2014 ha mostrato che l'uso di AVGs contribuisce non solo ad aumentare i livelli di attività fisica, ma anche a migliorare parametri di fitness, come la forza muscolare e la resistenza cardiovascolare. Inoltre, questi giochi hanno dimostrato di poter agire positivamente su componenti psicologiche come la motivazione, l'autoefficacia e l'umore, elementi cruciali per la continuità della pratica di esercizio fisico (J. C. Davis et al., 2024; Gao, 2017; Sween et al., 2014).

Assieme alla dinamica dell'interfaccia più attiva, molti AVGs consentono ampie possibilità di personalizzazione e l'adattabilità delle esperienze di gioco, elementi fondamentali per incrementare l'attrattività di questi strumenti (Kari, 2017; Peng et al., 2013; Vagheti et al., 2018).

Le origini degli AVGs possono risalire a circa 40 anni fa, con il lancio della *Atari "Joyboard"* nel 1980 e del *Nintendo "Power Pad"* nel 1988. Questi tappetini muniti di sensori di pressione, collegati alla rispettive console, rappresentavano uno dei primi tentativi di integrare l'attività fisica con i videogiochi. Dotati di sensori di pressione, questi dispositivi potevano rilevare la pressione esercitata dai piedi del giocatore su specifiche aree del tappeto, permettendo di interagire in modo più attivo con i *videogames* compatibili. Sebbene rudimentale, il sistema risultava pionieristico e offriva un modo alternativo di fruire dei videogiochi, coinvolgendo direttamente il movimento del giocatore. Alla fine degli anni '90, nelle sale giochi sono comparse le prime cabine che sfruttavano la stessa tecnologia, come il celebre *videogame "Dance Dance Revolution"* prodotto dalla *Konami*. I giocatori dovevano riprodurre la sequenza di movimenti indicata sullo schermo premendo a ritmo di musica delle frecce direzionali presenti su una pedana sensibile. Questo tipo di gioco rappresentò una svolta significativa, poiché incoraggiava il movimento fisico come parte centrale dell'esperienza di gioco, attraendo un pubblico ampio e contribuendo alla nascita di una nuova forma di intrattenimento attivo. La vera rivoluzione degli AVGs si è verificata però con l'uscita della *Nintendo "Wii"* nel 2006. La *"Wii"* incorporava tecnologie che per l'epoca erano ritenute all'avanguardia, come il *"Wiimote"*, un controller dotato di accelerometri e giroscopi che consentiva di rilevare i movimenti del giocatore in tempo reale. Questo permetteva di rendere il corpo parte integrante dell'interazione: i giocatori non erano limitati a premere dei pulsanti su un *joystick*, bensì potevano eseguire movimenti complessi che venivano tradotti immediatamente in azioni all'interno del gioco. Assieme a questa innovazione, la *Nintendo* lancia il pacchetto *Wii Sport*, che offriva la possibilità di simulare realisticamente diverse attività sportive come, ad esempio, partite di tennis o di golf e match di pugilato. Inoltre, con la *"Wii Balance Board"*, una periferica della console basata su un sofisticato sistema di sensori di pressione lanciata sul mercato nel 2007, la *Nintendo* introduce un nuovo concetto di *fitness* domestico e la possibilità di seguire programmi di allenamento guidati da un *trainer* virtuale. Pochi anni dopo, altre case produttrici di console per videogiochi hanno seguito l'esempio della *Nintendo*. Nel 2010, la *Microsoft* ha introdotto il sistema *"Kinect"* per *"Xbox 360"*, che utilizzava una telecamera a infrarossi e sensori di profondità per tracciare i movimenti dell'intero corpo senza la necessità di un controller fisico. In contemporanea, la *Sony* presenta *"PlayStation Move"*, un sistema basato su controller con sensori di movimento e una telecamera in grado di rilevare la posizione e i movimenti nello spazio tridimensionale. Entrambi questi sistemi hanno contribuito a espandere ulteriormente il concetto di videogiochi attivi, permettendo un'interazione sempre più naturale e coinvolgente, grazie anche alla diffusione di una vasta serie di *videogames* compatibili.

Queste innovazioni hanno permesso a milioni di persone di avvicinarsi all'attività fisica tramite il gioco, ampliandone il target di mercato a famiglie, anziani e persone che normalmente non avrebbero utilizzato i *videogames* tradizionali (Finco & Maass, 2014).

Sebbene al tempo queste innovazioni tecnologiche abbiano rappresentato una rivoluzione senza paragoni per l'*exergaming*, l'avvento dei sistemi di simulazione più sofisticati ha dato inizio a una nuova era, sorprendendo il pubblico dapprima con la possibilità di abbattere i confini dell'ambiente fisico ed entrare dentro il mondo virtuale attraverso i dispositivi per la realtà virtuale immersiva e, successivamente, di visualizzare elementi virtuali nello spazio fisico tramite la realtà aumentata. Questi strumenti consentono non solo di monitorare i movimenti del giocatore in modo ancora più preciso, ma immergono i sensi in ambienti tridimensionali interattivi, che la nostra mente riconosce come una vera e propria realtà.

3. Realtà Virtuale Immersiva

La diffusione commerciale di massa dei dispositivi per la realtà virtuale immersiva (*Immersive Virtual Reality*, IVR) ha avuto inizio nel 2016, con l'introduzione sul mercato dei modelli di *head mounted display* (HMD) *Rift*, prodotto dall'azienda *Oculus VR*, e *Vive*, frutto della collaborazione tra *Valve* e *HTC* (Castelvecchi, 2016; *Virtual Reality Society*, 2017). Tuttavia, lo sviluppo di questa tecnologia ha radici decisamente antecedenti. Nel 1965 Ivan Sutherland concettualizzò *Ultimate Display*, il primo HMD che, oltre a utilizzare immagini interattive, introdusse il tracciamento della testa per aggiornare le immagini in tempo reale (Sutherland, 1965). Questo concetto venne poi realizzato nel 1968 con il sistema *Sword of Damocles*, che permetteva una visione stereoscopica 3D sincronizzata con il tracciamento della testa (Sutherland, 1968). Negli anni '70, si ampliarono le possibilità di interazione con lo spazio virtuale, con il primo sistema capace di tradurre un segnale di forza, *GROPE* (Batter & Brooks Jr, 1972; Brooks Jr et al., 1990), realizzato dalla *North Carolina University*, e grazie a *VIDEOPLACE*, uno spazio virtuale 2D nel quale era possibile proiettare la figura corporea dell'utente catturata con delle videocamere (Krueger et al., 1985).

A partire da queste innovazioni, fino ad arrivare ai giorni nostri, la tecnologia incorporata nei sistemi per l'interfaccia con la IVR si è evoluta esponenzialmente, con l'intento di creare esperienze sempre più realistiche e coinvolgenti per accentuare l'illusione di essere fisicamente presenti nello spazio virtuale. Sono stati sviluppati sistemi di tracciamento dei movimenti ancora più sofisticati e precisi, al punto di essere in grado di monitorare e sincronizzare diverse parti del corpo e generare feedback basati sui movimenti oculari (Cipresso et al., 2018; Slater & Sanchez-Vives, 2016). Inoltre, i dispositivi moderni

sono dotati di sensori capaci di mappare lo spazio fisico circostante: questa funzione rende possibile dare maggior coerenza alle informazioni propriocettive e rendere più sicuro l'utilizzo degli HMD (Burdea & Coiffet, 2024; LaValle et al., 2014). L'evoluzione dei display e dei sistemi di grafica ha consentito di creare scenari virtuali progressivamente più dettagliati, vasti e realistici, oltre che di ridurre la latenza della sincronizzazione dell'immagine con l'input fisico-corporeo (Burdea & Coiffet, 2024; Cipresso et al., 2018; Slater & Sanchez-Vives, 2016). Grazie all'integrazione di tecnologie audio binaurali gli HMD moderni sono in grado di rendere più realistica l'esperienza uditiva e migliorare il senso di presenza nello spazio virtuale (Larsson et al., 2002). L'ergonomia degli HMD è stata perfezionata, con l'obiettivo di rendere i dispositivi più confortevoli, adattabili alle diverse caratteristiche anatomiche interpersonali e alla biomeccanica del corpo umano (Cavalcanti et al., 2021; Y. Chen et al., 2021).

A differenza della realtà virtuale non-immersiva (n-IVR), che consiste nell'interazione con ambienti virtuali attraverso uno schermo tradizionale, come i classici *videogames*, la IVR offre un'esperienza più completa, isolando la maggior parte dei sensi dal mondo fisico e sostituendo i segnali esterni con gli output sensoriali dello spazio virtuale, creando così l'illusione di essere all'interno di questo ambiente con il corpo e con la mente (Cipresso et al., 2018; Slater & Sanchez-Vives, 2016). Sebbene gran parte dei dispositivi per la IVR racchiudano l'esperienza dentro gli HMD, negli anni '90 è stato sviluppato CAVE, un sistema in grado di proiettare lo spazio virtuale in un'intera stanza, sincronizzato con l'utente tramite degli occhiali dotati di diversi tipi di sensori (Cruz-Neira et al., 1992, 2023).

Dal punto di vista grafico, un'immagine tridimensionale è in grado di evocare risposte psico-fisiologiche diverse rispetto al suo corrispettivo bidimensionale. Questo avviene perché la rappresentazione 3D, anche in ambienti virtuali, riesce a coinvolgere più profondamente il cervello umano, stimolando percezioni e reazioni più vicine a quelle che si avrebbero nella realtà fisica (Kisker et al., 2021; Schöne et al., 2023; Snow & Culham, 2021). Gli stimoli visivi rivestono un ruolo predominante nella nostra percezione e nell'elaborazione della realtà (Hutmacher, 2019): pertanto, i sistemi IVR tendono a focalizzarsi principalmente su elementi grafici e in secondo luogo sugli stimoli acustici, che sono più facili da integrare nelle interfacce utente. È possibile anche incorporare stimoli olfattivi e tattili, anche se questa integrazione è più complessa e non è ancora disponibile nei dispositivi commerciali (Ischer et al., 2014).

Grazie alla possibilità di ricreare fedelmente sia situazioni reali che scenari non riproducibili nel mondo fisico, la IVR ha attirato da subito l'attenzione della ricerca in campo psicologico, come strumento versatile e sicuro per lo studio del comportamento umano e dei processi cognitivi (Slater & Sanchez-Vives, 2016; Wrzus et al., 2024). Tuttavia, lo studio dell'interazione con le simulazioni virtuali porta con sé un interrogativo: gli stimoli virtuali e quelli reali possono essere considerati obiettivamente equivalenti? In quale misura la replica virtuale di uno stimolo o di una situazione reale può produrre gli

effetti dello stimolo che avviene nel mondo fisico? (Schöne et al., 2023). Sebbene sia difficile fornire una risposta univoca, sia per l'assenza di criteri oggettivi e standardizzati, sia perché la maggior parte degli elementi coinvolti hanno un valore fortemente soggettivo, è stato individuato un parametro che potrebbe descrivere il grado di realtà apparente della simulazione virtuale. Si tratta dell'immersività, che può essere definita come la capacità tecnica del sistema di ricreare un ambiente virtuale psicologicamente convincente, imponendo l'impressione che l'ambiente virtuale - e non quello fisico - sia l'ambiente predominante. A condizionare la qualità di questo elemento sono le caratteristiche hardware e software, che stanno alla base della capacità del sistema di riprodurre un'esperienza più o meno dettagliata e verosimile (Nilsson et al., 2016; Schöne et al., 2023; Wrzus et al., 2024).

Per quanto questa prospettiva possa dare la parvenza di una soluzione obiettiva, la concezione del grado di realtà di una simulazione virtuale è imprescindibilmente influenzata dall'esperienza e dalla consapevolezza soggettiva dell'utente. Le possibilità attuali di comprensione del fenomeno in questione acquisiscono maggiore coerenza se il quesito viene posto da un altro punto di osservazione: gli input sensoriali offerti dalla IVR possono essere sufficienti per indurre il cervello a considerare quell'esperienza come autentica, al punto da sostituire la percezione della realtà fisica? Questo implica che la IVR dovrebbe essere in grado di creare un'esperienza percepita come equivalente o quasi indistinguibile da quella del mondo reale, in relazione però alla percezione soggettiva di ciascun individuo (Schöne et al., 2023).

Su questo piano, la ricerca ha individuato due elementi chiave collegati al concetto di immersività, che contribuiscono a determinare quanto un'esperienza di IVR possa essere percepita come reale: il senso di presenza (*presence*) e il senso di agentività (*agency*). (Piccione et al., 2019; Schöne et al., 2023; Slater & Sanchez-Vives, 2016)

Il senso di presenza è l'illusione di trovarsi fisicamente e psicologicamente all'interno dell'ambiente virtuale. È il risultato dell'efficacia con cui il sistema riesce a simulare le condizioni sensoriali e motorie naturali, creando un'esperienza che il cervello riconosce come credibile. Possiamo scindere questo concetto in due componenti più specifiche: *place illusion*, ossia l'illusione di essere fisicamente in un luogo virtuale, e *plausibility illusion*, ossia l'illusione che gli eventi e le interazioni nell'ambiente virtuale siano reali (Slater & Sanchez-Vives, 2016). È da notare però che questo singolo aspetto non garantisce automaticamente una forte percezione di realtà. L'interazione credibile con l'ambiente e gli eventi virtuali è altrettanto fondamentale. Entra in gioco il concetto di agentività, che riguarda la percezione di controllo che l'utente ha sugli eventi virtuali e si verifica quando l'utente si sente responsabile delle azioni e dei cambiamenti nell'ambiente. Questo elemento è strettamente legato alla coerenza tra le intenzioni e le azioni dell'utente, e i risultati delle azioni osservati nella simulazione (Piccione et al., 2019; Schöne et al., 2023; Slater & Sanchez-Vives, 2016). Più il sistema è immersivo, offrendo quindi un

setting grafico di alta qualità e un feedback immediato, oltre che ricreando un'esperienza sensorialmente fedele al mondo reale, maggiori saranno il senso di presenza e di agentività. La relazione tra questi due fattori è complessa ma essenziale per determinare quanto l'esperienza IVR possa essere percepita come autentica. Un alto grado di presenza permette all'utente di sentirsi parte dell'ambiente, mentre un forte senso di agentività consente di percepire un controllo attivo su di esso. Quando i livelli di questi due fattori sono elevati, possiamo supporre che gli elementi che determinano l'immersività siano stati integrati in modo congruente ed efficace. Questa fusione tra presenza e agency è fondamentale in contesti applicativi come, ad esempio, la formazione, la riabilitazione, i trattamenti nel campo della psicologia clinica e della psichiatria, dove la credibilità dell'esperienza e il coinvolgimento dell'utente possono portare a benefici tangibili, sia in termini di apprendimento che di risposta emotiva e comportamentale. L'immersività, quindi, non è solo una questione tecnica, ma si intreccia con il modo in cui il cervello percepisce, interpreta e agisce all'interno di un ambiente virtuale. (Schöne et al., 2023; Slater & Sanchez-Vives, 2016; Wrzus et al., 2024).

In altre parole, l'immersività può essere vista come la capacità del sistema di coinvolgere l'utente tramite input sensoriali complessi: date le caratteristiche dei dispositivi più accessibili, questo aspetto è ricercato principalmente negli stimoli visivi. L'immersività generata dagli HMD permette di isolare l'utente dalla realtà fisica e farlo sentire presente in un ambiente virtuale che può seguire regole simili a quelle del mondo reale. Maggiore è la coerenza dell'ambiente virtuale con quello fisico, maggiore sarà la percezione di "reale" da parte degli utenti. Se il contesto virtuale è plausibile e reattivo, l'utente può essere indotto a comportarsi come farebbe nella realtà fisica, permettendo così di replicare nella IVR situazioni che, per motivi etici e pratici, sarebbe difficile studiare nella realtà (Schöne et al., 2023; Wrzus et al., 2024).

Un'altra caratteristica peculiare della IVR è il fenomeno dell'*embodiment*, che descrive la percezione soggettiva di incarnare e controllare un corpo virtuale (Kiltner et al., 2012). Questo fenomeno, in relazione alla percezione coerente e plausibile di sé stessi e degli altri in un contesto di IVR, migliora notevolmente l'impressione di trovarsi effettivamente in questo ambiente insieme ad altre entità nel caso della presenza di altri avatar (Miller & Bailenson, 2021; Pyasik et al., 2022). Diversi studi hanno mostrato che, durante l'esperienza virtuale, le persone percepiscono e trattano gli avatar in modo simile a come tratterebbero gli esseri umani (Banakou et al., 2016; McCall & Blascovich, 2009). Inoltre, le caratteristiche dell'avatar impersonato possono influenzare significativamente la percezione, il comportamento e le emozioni dell'utente (Pyasik et al., 2022; Ratan et al., 2020), in relazione al grado di *embodiment*, il quale può essere manipolato (Gall et al., 2021; Guy et al., 2023).

In sintesi, sebbene l'entità degli effetti mantenga un carattere soggettivo, uno stimolo virtuale ben progettato può indurre effetti molto simili a quelli di uno stimolo reale, come ad esempio risposte

emotive e comportamentali che riflettono meccanismi psicologici operanti anche nel mondo fisico (Bender et al., 2021; Freeman et al., 2017; Schöne et al., 2023; Wrzus et al., 2024). Lo stesso accade a livello fisiologico, per il quale sono state osservate, ad esempio, variazioni del battito cardiaco, della risposta ormonale e della conduttanza cutanea (Gromer et al., 2019; Helminen et al., 2019; Martens et al., 2019; Peterson et al., 2018; Voigt et al., 2024). Le risposte neurofisiologiche registrate durante un'esperienza IVR indicano che il cervello tratta gli stimoli virtuali in modo simile a quelli reali (Schöne et al., 2023). Tuttavia, per fare un confronto sistematico tra realtà ed esperimenti condotti in laboratorio, la letteratura più recente afferma che sia necessario un approccio più rigoroso, che preveda il confronto tra stimolo reale, stimolo virtuale immersivo e stimolo virtuale non-immersivo (Schöne et al., 2023).

Di pari passo con la sua diffusione e la sua evoluzione, questa tecnologia ha suscitato forte interesse della ricerca nel campo della psicologia, dando vita a una vasta produzione letteraria atta a comprendere i meccanismi alla base dell'interazione con l'ambiente virtuale e le possibili applicazioni (Slater & Sanchez-Vives, 2016; Wrzus et al., 2024).

La creazione di ambienti virtuali interattivi offre sconfinite possibilità per la simulazione di esperienze altamente significative: accanto al ruolo di facilitatore in termini di accessibilità e costi, questo strumento consente di affrontare e studiare in modo sicuro e controllato situazioni che, nel mondo reale, sarebbero difficili, pericolose o impossibili da simulare (Wrzus et al., 2024).

In riferimento a questi presupposti, possiamo portare alcuni esempi di applicazioni pratiche, come i trattamenti introdotti nella psicologia clinica e nella psichiatria, oppure gli interventi volti a sostenere un cambiamento comportamentale.

Nel primo caso, la IVR è stata impiegata in più occasioni per l'analisi e il trattamento di alcuni disturbi della salute mentale. In questo frangente, la produzione letteraria più ampia e le evidenze più consolidate riguardano il trattamento dei disturbi d'ansia (Freeman et al., 2017; Maples-Keller et al., 2017). Un esempio è il trattamento terapeutico di fobie, ansia sociale (Ling et al., 2014) e disturbo post-traumatico da stress (Kuhn & Owen, 2020), dove la IVR può essere utilizzata per l'esposizione graduale e controllata a stimoli ansiogeni. In aggiunta, la IVR è stata utilizzata in diverse occasioni in relazione alla comprensione, alla valutazione e al trattamento delle psicosi (Freeman et al., 2017; Geraets et al., 2021). Grazie alla possibilità di analizzare in tempo reale le risposte cognitive, emotive, comportamentali e fisiologiche in un ambiente controllato ma ecologicamente valido, la IVR ha un grande potenziale per studiare i processi psicologici e i meccanismi associati con l'esordio e il decorso delle psicosi (Valmaggia et al., 2016). Questa tecnologia può essere utilizzata in modo efficace sia come supporto al percorso di cura sia, ad esempio, per lavorare sul miglioramento delle funzioni cognitive (Chan et al., 2010; Tsang & Man, 2013) e delle abilità sociali (Park et al., 2011), sia per il trattamento dei sintomi (Bell et al., 2024).

Nel caso della ricerca e degli interventi volti allo studio dei cambiamenti comportamentali, in diverse occasioni la IVR è stata utilizzata come strumento per la promozione di stili di vita sani (Gillespie et al., 2021; Hu et al., 2024; Luai et al., 2024; Mocco et al., 2024; Sajjadi et al., 2022; Tatnell et al., 2022; Trahan et al., 2019), nonostante si tratti di un campo ancora ai suoi albori. Assieme alle caratteristiche intrinseche, esplorate in questa sezione, alla base del potenziale di questo strumento risiedono le innumerevoli possibilità per la creazione di esperienze virtuali, la possibilità di controllo sulle variabili del sistema che possono influenzare i risultati ottenuti negli interventi (Tao et al., 2021). Quello che apparentemente manca in questo scenario è un solido collegamento alle teorie della psicologia comportamentale e la presenza di linee guida chiare per strutturare strumenti e interventi che siano efficaci nel lungo termine (Kouijzer et al., 2023; Wienrich et al., 2021; Wittmann et al., 2021). Nella prossima sezione, per comprendere i vantaggi della IVR nelle strategie di promozione dell'attività fisica e come ottimizzarne l'applicazione, analizzeremo alcuni lavori nei quali è stato condotto il tentativo di collegare le caratteristiche peculiari delle tecnologie immersive ai fondamenti teorici sul cambiamento comportamentale. Inoltre, saranno esplorati i relativi modelli formulati per guidare la progettazione di interventi basati sull'utilizzo di queste tecnologie, con l'obiettivo di evidenziarne il potenziale applicativo.

3.1. Tecnologie immersive e cambiamento comportamentale

La IVR è considerata uno strumento promettente per sostenere cambiamenti comportamentali ma spesso gli interventi non si basano su solide basi teoriche che consentano di standardizzare i protocolli e di sviluppare modelli predittivi (Wienrich et al., 2021; Wittmann et al., 2021). Per strutturare interventi efficaci anche nel lungo termine e confrontare le metodologie adottate nella ricerca, è essenziale analizzare come le caratteristiche distintive e i meccanismi psicologici innescati dalle tecnologie immersive possano essere integrate con i modelli teorici del cambiamento comportamentale – un esempio esplorato nel capitolo precedente è il tentativo della *persuasive technology* (Fogg, 2009; Kelders et al., 2012). Con questo proposito, sono stati condotti alcuni studi preliminari, volti a fornire linee guida utili per ottimizzare l'efficacia degli strumenti immersivi. Di seguito sono riportati due esempi recenti, che si dichiarano essere i primi ad affrontare la strutturazione di modelli e linee guida specifici per la tecnologia immersiva.

Nel lavoro di Wittmann et al., (2021), gli autori hanno analizzato le funzionalità di diverse tecnologie digitali in base a due modelli consolidati (*Technology Acceptance Model, TAM*, F. D. Davis, 1989; *Unified Theory of Acceptance and Use of Technology, UTAUT*, Venkatesh et al., 2003) per comprendere, in relazione alle basi delle Tecniche di Cambiamento Comportamentale (*Behaviour Change Techniques*,

BCTs) (Michie et al., 2013), in che modo queste caratteristiche possono funzionare da facilitatori nei processi di cambiamento comportamentale. Nel caso specifico della IVR, in particolare nelle esperienze che prevedono l'incarnazione di un avatar, in base alle caratteristiche degli hardware, dei software e dei meccanismi sociali connessi a questa tecnologia, sono state individuate le funzionalità riportate nella Tabella 7.

Tabella 7. Funzionalità legate alla IVR e all'utilizzo di avatar che possono agevolare il processo di cambiamento comportamentale. Tratto da (Wittmann et al., 2021).

Tecnologia	Funzionalità tecnologiche
Realtà Virtuale Immersiva (in termini di hardware)	Vividezza, Interattività, Dinamismo, Capacità di intervento rapido, Feedback in tempo reale, Connettività, Portabilità/Mobilità, Presenza, Immersività, Personalizzazione, Accessibilità, Sensibilità al contesto, Reattività, Adattabilità.
Avatar (in termini di software e meccanismi sociali)	Vividezza, Interattività, Dinamismo, Feedback in tempo reale, Miglioramento della realtà, Connettività, Presenza, Personalizzazione, Sensibilità al contesto, Reattività, Adattabilità.

I motivi per i quali queste funzionalità possono favorire il cambiamento comportamentale a lungo termine sono riassumibili in tre punti:

1. le tecnologie immersive introducono nuove funzionalità che rendono la comunicazione e l'apprendimento di informazioni più efficace, e favoriscono l'accrescimento della consapevolezza dell'utente;
2. il feedback interattivo e personalizzato in tempo reale facilita il monitoraggio del comportamento. Incorporando funzionalità distintive della *gamification*, è possibile motivare l'utente a raggiungere i propri obiettivi, anche tramite ricompense, oltre che rafforzando l'auto-monitoraggio;
3. grazie alla connettività, all'interattività e all'adattabilità, le tecnologie immersive assumono un ruolo di supporto sociale ed empatico. L'incarnazione di un avatar favorisce l'immedesimazione in esperienze ricche di significato emotivo che possono rafforzare i meccanismi che spingono a un cambiamento comportamentale.

Una visione complementare è quella presentata nel lavoro di Wienrich et al., (2021), dove gli autori hanno mappato le barriere psicologiche che ostacolano il cambiamento comportamentale, mettendole in relazione con determinate caratteristiche dei sistemi immersivi (Figura 5).

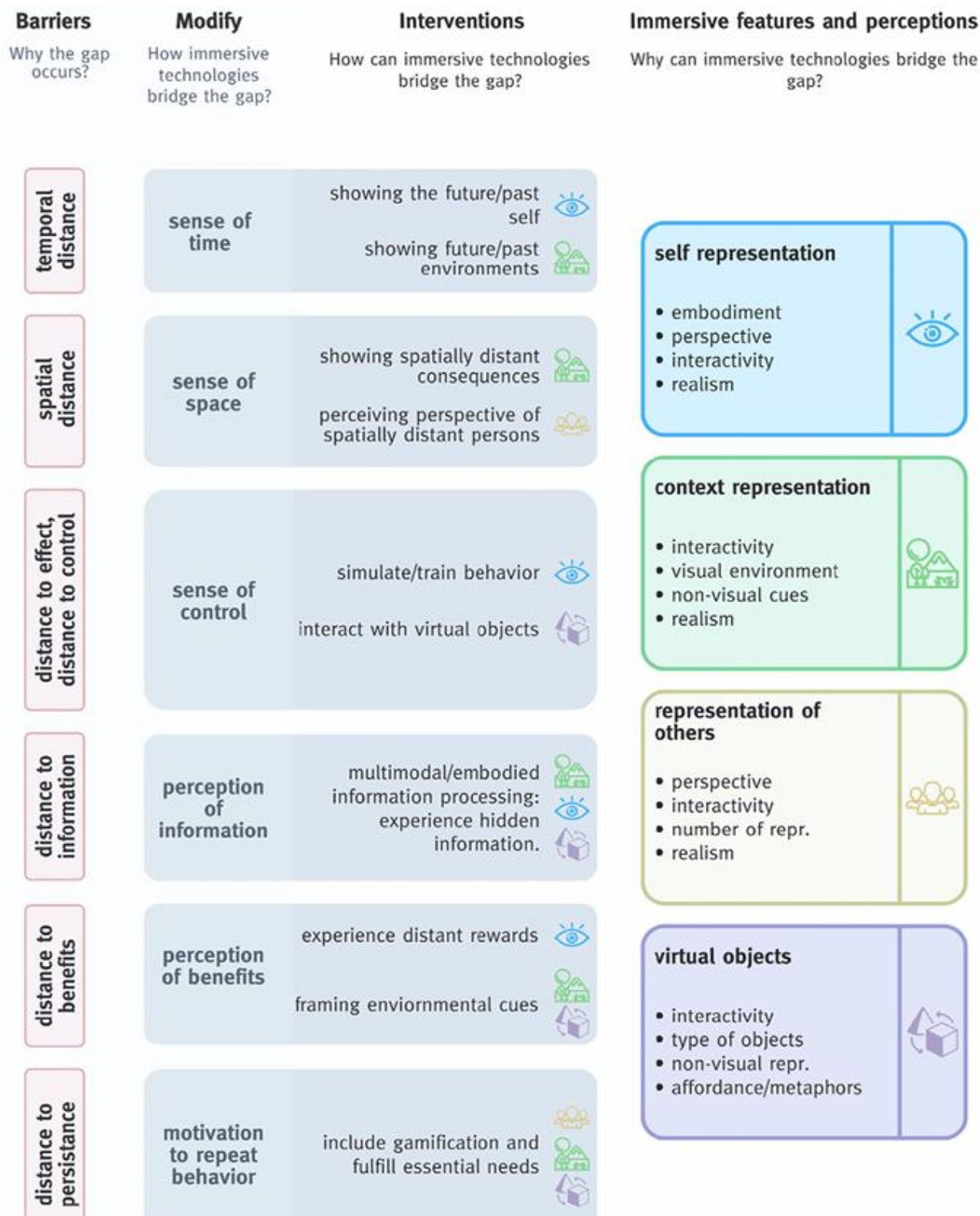


Figura 5. Supporto delle tecnologie immersive in relazione alle barriere che ostacolano il cambiamento comportamentale. Estratto da (Wienrich et al., 2021).

Questa prima mappatura evidenzia quali proprietà distintive della tecnologia immersiva potrebbero potenzialmente contribuire a superare gli ostacoli identificati. Similmente a Wittmann et al., (2021), gli autori proseguono riportando alcuni modelli psicologici che possono spiegare i meccanismi attraverso cui le caratteristiche di queste tecnologie possono agevolare il cambiamento comportamentale. Basandosi su questa analisi, propongono un *framework* strutturato in tre passi (Tabella 8), per la progettazione e la valutazione di interventi fondati sull'utilizzo di tecnologie immersive mirati a valicare il divario tra intenzione e azione.

Tabella 8. Domande guida per strutturare i tre step del *framework BehaveFIT*. Adattato da (Wienrich et al., 2021).

Step 1. Definire le pre-condizioni	Step 2. Definire le barriere psicologiche e le caratteristiche immersive corrispondenti	Step 3. Definire e valutare la traiettoria di impatto
1. Comportamento Target: Quale tipo di comportamento affronta l'intervento? 2. Impostazione dell'Intervento: In quale momento del processo di cambiamento comportamentale viene applicato l'intervento? 3. Impostazione dell'Intervento: In quale contesto, con quale frequenza e quando le persone target vengono confrontate con l'intervento? 4. Caratteristiche Individuali: Quali sono le origini e le caratteristiche delle persone target e quali persone sono escluse?	1. Analizzare: Perché le persone target mostrano il divario tra intenzione e comportamento? 2. Selezionare: Quale categoria di barriera è più probabile che ostacoli il processo di cambiamento e quale barriera psicologica concreta all'interno della categoria deve essere superata? 3. Selezionare: Quale tipo di caratteristica immersiva e percezione corrispondente è collegata alla barriera selezionata e quale funzione concreta della caratteristica dovrebbe indurre il cambiamento comportamentale?	1. Selezionare: Come dovrebbero influire le caratteristiche immersive sulle percezioni corrispondenti? 2. Selezionare: Come dovrebbero influire le percezioni corrispondenti sulla barriera psicologica? 3. Selezionare: Come dovrebbe influire la barriera sul comportamento/cambiamento comportamentale? 4. Verificare: Quali altre variabili possono confondere le relazioni attese?

L'analisi condotta in entrambi questi lavori offre una prospettiva che avvalora e sostiene l'impiego della IVR al fine di supportare i passaggi critici del cambiamento comportamentale e affrontare le resistenze che separano dall'adozione di abitudini sane, declinabile nell'ottica della promozione di stili di vita attivi e della pratica regolare di attività fisica. L'integrazione dei fondamenti teorici, assieme all'ausilio di un *framework* permettono non solo di comprendere meglio il potenziale di questo strumento, ma anche di ottimizzare il suo utilizzo nella progettazione e nell'implementazione degli interventi, per renderli più efficaci e mirati.

Capitolo III. Promozione dell'attività fisica con il support della realtà virtuale immersiva: una revisione sistematica della letteratura

Accanto alle basi teoriche, esplorate nel capitolo precedente, che offrono una spiegazione ancora generica e di carattere deduttivo, a supportare l'impiego della IVR negli interventi mirati alla promozione dell'attività fisica intervengono gli studi che hanno esaminato l'efficacia di questo strumento in relazione a specifici *outcome*, riconosciuti come determinanti per incentivare l'adesione e la pratica regolare di esercizio fisico. I risultati di questi lavori mostrano una serie di effetti significativi sia sul piano psicologico che su quello fisiologico, spesso osservati anche nel confronto con alcune tecnologie non-immersive o con l'attività motoria tradizionale. Ciononostante, è importante tenere presente che la ricerca condotta su questo argomento è ancora molto giovane e l'effetto di questa tecnologia è stato esplorato in situazioni spesso differenti tra loro.

La distinzione delle tecnologie che compongono il concetto di *extended reality* è stata chiarita tempo addietro da numerose evidenze scientifiche, sottolineando le differenze tra le caratteristiche dei sistemi immersivi e quelli non-immersivi, nonché le relative implicazioni sia sul piano tecnico-pratico, sia su quello psicologico. Tuttavia, antecedentemente alla conduzione della nostra *systematic review*, le poche revisioni della letteratura reperibili, probabilmente a causa della limitata disponibilità di studi sulla IVR inerenti all'attività fisica, hanno trattato spesso queste tecnologie in modo indistinto (Ng et al., 2019; Qian et al., 2020).

Per fare chiarezza sullo stato dell'arte e per ampliare, oltre che consolidare, le basi su cui si struttura l'intervento di ricerca programmato per questo progetto di dottorato – riportato nel capitolo seguente – è stata condotta una revisione sistematica della letteratura, intitolata “*Enhancing Physical Activity with Immersive Virtual Reality*” (Appendice I), pubblicata sulla rivista *Cyberpsychology, Behaviour and Social Networking*. In questo lavoro sono stati esaminati gli studi che ad oggi hanno esplorato il potenziale della IVR come strumento per migliorare l'esperienza di attività motoria e per promuovere la pratica dell'esercizio fisico, al fine di rispondere alle seguenti domande: a) quali sono gli *outcome* psicologici, fisiologici e di performance legati all'esercizio tramite i quali la IVR-PA può migliorare l'esperienza dell'attività fisica?; b) quali sono le differenze tra l'attività fisica svolta con il supporto della IVR (IVR-PA), l'attività fisica tradizionale (TR-PA; senza utilizzare alcuna tecnologia VR) e l'attività fisica supportata da realtà virtuale non immersiva (nIVR-PA)?; c) L'IVR-PA è uno strumento efficace per promuovere il benessere psicologico e il coinvolgimento nell'attività fisica?

Materiali e metodi

Il presente lavoro è stato sviluppato seguendo le linee guida PRISMA per la stesura di revisioni sistematiche (Page et al., 2021). Il protocollo è stato registrato su PROSPERO (<https://www.crd.york.ac.uk/prospero/>) con il seguente ID: CRD42022330572. Come riportato su PROSPERO, la strategia di ricerca è stata modificata nelle prime fasi del processo di revisione per includere tutti gli studi sulla popolazione adulta generale, invece di concentrarci esclusivamente sugli studi condotti nell'ambiente lavorativo, in quanto non erano disponibili sufficienti evidenze su questo argomento.

Strategia di ricerca

La ricerca sistematica è stata effettuata sulle banche dati OVID (contenente Medline, Embase, Global Health, APA PsychInfo), Web of Science e Sport Discuss, dalla prima disponibilità dei database fino al 12 giugno 2023. La strategia di ricerca è stata adattata a ciascun database secondo le apposite linee guida. Nella Tabella 1 (Appendice I, pag. 99) è riportato l'elenco completo dei termini di ricerca e degli operatori utilizzati.

Criteri di selezione

Per formulare la domanda di ricerca è stato utilizzato il *framework Patient, Intervention, Comparison, Outcome* (PICO): P: popolazione adulta sana; I: IVR-PA utilizzata per esplorare gli effetti su esiti psicologici, fisiologici e di performance legati all'esercizio fisico; C: le condizioni di controllo includono interventi in cui l'attività fisica è stata svolta senza IVR o in cui il gruppo di controllo non è stato sottoposto ad alcun trattamento; O: efficacia, accettabilità e fattibilità dell'IVR-PA nel migliorare esiti psicologici, fisiologici e di performance legati all'esercizio fisico. Gli studi sono stati inclusi se: pubblicati su riviste sottoposte a peer review; scritti in inglese; presentavano dati originali; avevano un campione $n \geq 5$. Gli studi sono stati esclusi se: erano atti di conferenze, abstract, libri, sezioni di libri o tesi; testavano solo tecnologie virtuali non immersive; la tecnologia VR immersiva era testata senza un protocollo definito o applicata in un contesto clinico.

Estrazione dei dati

Lo *screening* è stato eseguito da due revisori (A.M., M.A.), utilizzando Zotero. La prima selezione è stata effettuata esaminando i titoli e gli abstract. Il testo completo degli articoli acquisiti nella prima fase dello *screening* è stato esaminato per valutarne l'idoneità. Dagli articoli inclusi sono stati estratti i seguenti dati utilizzando un modulo ad hoc: autori, paese, numero di partecipanti completanti lo studio, condizioni sperimentali e di controllo, età media del campione, popolazione, design dello studio, abbandoni per *cybersickness*, luogo dello studio, apparecchiature, compiti IVR, compiti nIVR, compiti TR-PA, numero di sessioni, follow-up, misure, strumenti per la valutazione degli esiti psicologici, risultati principali. Le discrepanze sono state risolte tramite discussione con un terzo autore (L.V.) quando necessario. A causa dell'eterogeneità delle caratteristiche degli studi e delle misure di esito, non è stata effettuata una meta-analisi.

Quality assessment

La valutazione della qualità degli studi è stata condotta utilizzando lo strumento di valutazione per studi quantitativi dell'Effective Public Health Practice Project (EPHPP) (Armijo-Olivo et al., 2012). L'EPHPP classifica gli studi come "debole", "moderato" o "forte" valutando i seguenti criteri: bias di selezione, design dello studio, fattori confondenti, *blinding*, raccolta dati e abbandoni. Gli studi ricevono una valutazione globale di: "Debole" per due o più ambiti metodologici deboli, "Moderato" per un solo ambito metodologico debole, "Forte" per nessun ambito metodologico debole. Lo strumento riclassifica gli studi randomizzati controllati (RCT) come studi clinici controllati (CCT) se non è riportato alcun metodo di randomizzazione. La valutazione della qualità è stata condotta indipendentemente da due revisori (A.M. e L.B.) ed è stata riesaminata da un altro autore (L.V.). Il team di ricerca si è riunito regolarmente per discutere eventuali discrepanze fino al raggiungimento di un consenso.

Risultati

Caratteristiche degli studi

In totale, sono stati identificati 26548 articoli (APA PsychInfo = 1623; Embase = 8890; Global Health = 530; Medline = 4689; Web of Science = 9421; Sport Discuss = 1391; altre fonti = 4). Il testo completo di 51 studi è stato acquisito per valutare l'idoneità. Di questi, sono stati selezionati 20 studi, pubblicati tra il 2009 e il 2023, che hanno soddisfatto i criteri di inclusione. Nella Figura 1 (Appendice I, pag. 100) è riportato il diagramma di flusso PRISMA sul processo di selezione degli studi.

Le caratteristiche degli studi sono riportate nella Tabella 2 (Appendice I, pag. 101-105). Complessivamente, gli studi includevano 798 partecipanti, di cui 747 hanno preso parte a un intervento di IVR-PA. Il numero di partecipanti negli studi variava da 12 a 73. Tutti gli studi (n = 20) hanno confrontato l'utilizzo della IVR-PA in rapporto a una *baseline*, alla TR-PA o alla nIVR-PA, per valutare gli effetti della IVR-PA su esiti psicologici, fisiologici e/o di performance legati all'esercizio fisico.

Sedici studi sono stati condotti in laboratorio: nove includevano studenti (Fox & Bailenson, 2009; W. Liu et al., 2019; McClure & Schofield, 2019; McDonough et al., 2020; Rutkowski et al., 2021; Xu et al., 2020, 2021; Zeng et al., 2017, 2022), tre includevano la popolazione generale (Farrow et al., 2019; Feodoroff et al., 2019; Sakhare et al., 2019) e quattro non specificavano le caratteristiche della popolazione (Gomez et al., 2018; Jones & Wheat, 2023; Ochi et al., 2022; Zhou, 2020). Uno studio ha incluso un campione di dipendenti ed è stato condotto all'interno del luogo di lavoro (Touloudi et al., 2022). Uno studio è stato condotto parzialmente in laboratorio e parzialmente in una location esterna, utilizzata per costruire l'ambiente virtuale (Calogiuri et al., 2018) e ha coinvolto un campione della popolazione generale. Due studi non hanno specificato la località e hanno utilizzato un campione di studenti (Gani et al., 2023; Mologne et al., 2022).

Quindici studi hanno applicato un *within-subject* design (Calogiuri et al., 2018; Farrow et al., 2019; Feodoroff et al., 2019; Gomez et al., 2018; W. Liu et al., 2019; McClure & Schofield, 2019; McDonough et al., 2020; Ochi et al., 2022; Rutkowski et al., 2021; Touloudi et al., 2022; Xu et al., 2020, 2021; Zeng et al., 2017, 2022), mentre cinque studi hanno applicato un *between-subject* design (Fox & Bailenson, 2009; Gani et al., 2023; Mologne et al., 2022; Sakhare et al., 2019; Zhou, 2020). La maggior parte degli studi includeva una sola sessione in cui venivano testate da due a quattro condizioni diverse. Tre studi hanno testato gli effetti di interventi longitudinali (Gani et al., 2023; Mologne et al., 2022; Xu et al., 2021) della durata compresa tra 2-6 settimane, comprendenti tra 11-36 sessioni. Le sessioni variavano da 9 a 60 minuti di attività fisica e venivano suddivise in set, a seconda del numero di condizioni e protocolli. Inoltre, uno studio ha incluso un follow-up di 24 ore dopo l'intervento (Fox & Bailenson, 2009).

Dieci studi hanno coinvolto i partecipanti in sessioni di ciclismo stazionario: tre studi hanno confrontato i risultati delle sessioni di IVR-PA sia con quelle di nIVR-PA sia con quelle di TR-PA (W. Liu et al., 2019; McDonough et al., 2020; Zeng et al., 2022). Le condizioni n-IVR consistevano nell'eseguire una sessione di ciclismo mentre si giocava a un videogame visualizzato su un comune schermo piatto. Cinque dei dieci studi hanno confrontato la sessione di IVR-PA solo con una sessione di TR-PA (Farrow et al., 2019; McClure & Schofield, 2019; Rutkowski et al., 2021; Touloudi et al., 2022; Zeng et al., 2017). Due studi hanno utilizzato sessioni di ciclismo stazionario per confrontare diverse condizioni di IVR-PA (Jones & Wheat, 2023; Sakhare et al., 2019).

Nove studi includevano sessioni di allenamento con *exergame* interattivi in IVR. La maggior parte di essi consisteva nello svolgimento di sessioni di attività fisica in piedi, senza l'uso di macchinari da palestra (Fox & Bailenson, 2009; Gani et al., 2023; Gomez et al., 2018; Ochi et al., 2022; Xu et al., 2020, 2021; Zhou, 2020). Due studi hanno associato gli *exergame* in IVR all'utilizzo di un macchinario da palestra (Feodoroff et al., 2019; Mologne et al., 2022). Tra questi nove studi, due hanno confrontato le condizioni IVR con quelle nIVR (Ochi et al., 2022; Xu et al., 2020), mentre tre hanno confrontato la IVR-PA con la TR-PA (Gani et al., 2023; Mologne et al., 2022; Zhou, 2020). Cinque studi hanno confrontato diverse condizioni IVR (Feodoroff et al., 2019; Fox & Bailenson, 2009; Gomez et al., 2018; Xu et al., 2020; Zhou, 2020), e tre studi hanno confrontato le condizioni IVR con la baseline (Feodoroff et al., 2019; Gomez et al., 2018; Xu et al., 2021). Uno studio ha confrontato una passeggiata in un ambiente naturale con una passeggiata virtuale su un tapis roulant, visualizzando sul visore un video a 360° della località naturale (Calogiuri et al., 2018). Queste due condizioni sono state confrontate con l'esposizione al video a 360° mentre i partecipanti erano seduti su una sedia.

Diciannove studi hanno esaminato gli effetti dell'IVR-PA sugli esiti psicologici. Tredici di questi hanno anche misurato parametri fisiologici e di performance legati all'esercizio fisico (Calogiuri et al., 2018; Farrow et al., 2019; Feodoroff et al., 2019; Gani et al., 2023; Gomez et al., 2018; McClure & Schofield, 2019; McDonough et al., 2020; Mologne et al., 2022; Ochi et al., 2022; Xu et al., 2020; Zeng et al., 2017, 2022). Uno studio ha misurato solo parametri fisiologici (Rutkowski et al., 2021).

Effetti della IVR-PA sugli esiti psicologici e confronto con nIVR-PA e TR-PA

La maggior parte degli studi ha rilevato che la IVR può migliorare l'esperienza dell'attività fisica influenzando su diversi fattori psicologici. Gli *outcome* più frequentemente osservati erano relativi alle sensazioni provate durante l'attività fisica (Calogiuri et al., 2018; Farrow et al., 2019; Feodoroff et al., 2019; Jones & Wheat, 2023; McClure & Schofield, 2019; McDonough et al., 2020; Mologne et al., 2022; Sakhare et al., 2019; Touloudi et al., 2022; Xu et al., 2020; Zeng et al., 2017). In particolare, il piacere di svolgere l'attività (*enjoyment*) era la variabile più ricorrente. A seguire, troviamo la percezione dello sforzo fisico (Rated Perceived Exertion – RPE, Borg, 1973, 1982), misurata con la scala di Borg (Calogiuri et al., 2018; Farrow et al., 2019; Feodoroff et al., 2019; Gomez et al., 2018; McDonough et al., 2020; Mologne et al., 2022; Xu et al., 2020; Zeng et al., 2017, 2022).

I risultati complessivi hanno mostrato che la pratica di IVR-PA era significativamente più piacevole rispetto alla nIVR-PA e/o alla TR-PA (Jones & Wheat, 2023; McDonough et al., 2020; Mologne et al., 2022; Touloudi et al., 2022; Zeng et al., 2017); gli studi che non hanno confrontato la IVR-PA con altre modalità di allenamento hanno comunque riscontrato alti livelli di *enjoyment* (Feodoroff et al., 2019; Sakhare et

al., 2019). Tuttavia, uno studio (Calogiuri et al., 2018) ha rilevato livelli inferiori nelle condizioni IVR rispetto alla TR-PA, a causa dell'influenza negativa del *cybersickness*.

Per quanto riguarda la percezione dello sforzo fisico, alcuni studi hanno riportato che l'RPE era inferiore o significativamente inferiore durante le condizioni IVR-PA rispetto a quelle TR-PA (McDonough et al., 2020; Zeng et al., 2017, 2022), sostenendo che l'IVR-PA potrebbe essere uno strumento efficace per indurre le persone a esercitarsi di più. (McClure & Schofield, 2019) hanno valutato le sensazioni corporee percepite, riportando che l'IVR può ridurre questo parametro e di conseguenza favorire una maggiore durata dell'esercizio. Tuttavia, altri studi hanno riportato un RPE più alto in IVR, spiegando che ciò potrebbe essere dovuto alla *cybersickness* e alla difficoltà nel mantenere il controllo posturale durante l'uso dell'HMD (Calogiuri et al., 2018; Xu et al., 2020).

Altri fattori analizzati sui quali l'IVR ha un effetto positivo in relazione all'attività fisica sono l'autoefficacia legata all'attività fisica (McDonough et al., 2020; Zeng et al., 2017), la motivazione intrinseca (Farrow et al., 2019; McDonough et al., 2020), le intenzioni di praticare esercizio (Fox & Bailenson, 2009; Zhou, 2020), la vitalità (Farrow et al., 2019; Ochi et al., 2022) e la soddisfazione (McClure & Schofield, 2019). Nello specifico, McDonough et al. (2020) hanno rilevato che l'autoefficacia era significativamente più alta in relazione al compito IVR-PA rispetto a quelli nIVR-PA e TR-PA. Zeng et al. (2017) ha condotto un confronto solo con TR-PA trovando ugualmente una differenza significativa. W. Liu et al. (2019) hanno rilevato livelli di motivazione intrinseca più alti in IVR rispetto sia alla nIVR-PA che alla TR-PA; Farrow et al. (2019) hanno confrontato soltanto la IVR-PA con la TR-PA, con lo stesso risultato a favore della IVR-PA. Due studi hanno indagato le intenzioni di praticare esercizio fisico (Fox & Bailenson, 2009; Zhou, 2020), concentrandosi sull'effetto della personalizzazione dell'avatar e del rinforzo vicario (aumento o diminuzione di peso dell'avatar) sulle intenzioni di esercizio, e misurando le ripetizioni di esercizi in una sessione libera dopo l'esposizione al rinforzo virtuale. I risultati mostrano che l'identificazione con un avatar somigliante induce un'intenzione di praticare esercizio significativamente maggiore. (Farrow et al. (2019) e Ochi et al. (2022) hanno osservato livelli più elevati di vitalità nelle condizioni IVR rispettivamente in confronto alla TR-PA e alla nIVR-PA. Inoltre, McClure & Schofield (2019) hanno riportato valori di soddisfazione più elevati nella condizione IVR rispetto alla TR-PA.

Tre studi hanno riportato abbandoni dei partecipanti a causa della *cybersickness* (CS) (Feodoroff et al., 2019; Sakhare et al., 2019; Zeng et al., 2022). La percentuale più alta di abbandoni dovuti alla CS è stata riportata da Feodoroff et al. (2019) (19%), seguita da Sakhare et al. (2019) (10%) e Zeng et al., (2022) (2%). Gli altri studi non hanno menzionato abbandoni per CS, a eccezione di due che hanno specificato che i partecipanti non hanno sperimentato sintomi di CS (W. Liu et al., 2019; Touloudi et al., 2022).

Infine, Xu et al. (2021) hanno misurato gli effetti di un intervento a lungo termine di IVR-PA su ansia, depressione e stress, rilevando una riduzione dei livelli di depressione.

Effetti della IVR-PA sugli esiti fisiologici e di performance legati all'esercizio e confronto con nIVR-PA e TR-PA

Per valutare gli outcome fisiologici, diversi studi hanno misurato la frequenza cardiaca (Calogiuri et al., 2018; Farrow et al., 2019; Feodoroff et al., 2019; Gomez et al., 2018; Jones & Wheat, 2023; McClure & Schofield, 2019; Ochi et al., 2022; Rutkowski et al., 2021; Xu et al., 2020), la variabilità della frequenza cardiaca (Mologne et al., 2022; Rutkowski et al., 2021) e il consumo di ossigeno durante l'attività (Farrow et al., 2019; Gomez et al., 2018). Diversi studi hanno mostrato che la IVR aumenta significativamente la frequenza cardiaca (Feodoroff et al., 2019; Gomez et al., 2018; Ochi et al., 2022) e il consumo di ossigeno (Gomez et al., 2018). I risultati sono discordanti: due studi hanno riportato una frequenza cardiaca più alta durante la IVR-PA rispetto alla TR-PA (McClure & Schofield, 2019; Xu et al., 2020), mentre altri studi non hanno rilevato differenze tra IVR e TR-PA o nIVR-PA (Calogiuri et al., 2018; Farrow et al., 2019; Jones & Wheat, 2023). Solo Rutkowski et al. (2021) hanno trovato una frequenza cardiaca più bassa a parità di intensità (misurata in Watt) dell'esercizio in IVR rispetto alla TR-PA. Non sono state trovate differenze nel consumo di ossigeno tra IVR e TR-PA (Farrow et al., 2019; Gomez et al., 2018).

Quattro studi hanno valutato gli esiti legati alla performance (Feodoroff et al., 2019; Gani et al., 2023; Mologne et al., 2022; Zeng et al., 2022). Feodoroff et al. (2019) hanno misurato l'attività muscolare con l'elettromiografia, mostrando che il protocollo IVR-PA testato è utile per allenare solo la resistenza muscolare, poiché l'attivazione muscolare non era abbastanza forte per allenamenti più intensi. Zeng et al. (2022) hanno valutato la frequenza di pedalata, rilevando che l'intensità dell'esercizio era maggiore durante la condizione IVR-PA rispetto a quelle nIVR e TR-PA. Due studi hanno confrontato gli effetti di un intervento longitudinale, riscontrando un miglioramento maggiore nella forza muscolare e nella performance aerobica nei soggetti che seguivano un allenamento IVR rispetto al gruppo di controllo che seguiva un protocollo TR-PA (Gani et al., 2023; Mologne et al., 2022). Mologne et al. (2022) hanno inoltre osservato un miglioramento maggiore nella variabilità della frequenza cardiaca e nel metabolismo basale a riposo.

Efficacia della IVR-PA per la promozione dell'attività fisica e del benessere

La maggior parte degli studi valutati ha affermato che l'IVR-PA può essere uno strumento motivante e piacevole per promuovere la partecipazione e l'aderenza all'attività fisica in diverse popolazioni (Farrow et al., 2019; Fox & Bailenson, 2009; Gomez et al., 2018; Jones & Wheat, 2023; McClure & Schofield,

2019; McDonough et al., 2020; Sakhare et al., 2019; Zeng et al., 2017, 2022; Zhou, 2020). Touloudi et al. (2022) hanno indagato sull'applicazione di un intervento di IVR-PA sul posto di lavoro, con risultati che mostrano un alto livello di usabilità. Inoltre, Xu et al. (2021) hanno riscontrato una buona usabilità e accettabilità per un intervento di IVR-PA longitudinale somministrato a un gruppo di studenti. L'IVR-PA si è dimostrato anche in grado di promuovere il benessere psicologico (Gani et al., 2023) e di ridurre i livelli di depressione (Xu et al., 2021). In generale, i risultati suggeriscono che la IVR potrebbe rappresentare uno strumento dal considerevole potenziale per la promozione dell'attività fisica e della salute, principalmente tra popolazioni universitarie (W. Liu et al., 2019; McClure & Schofield, 2019; Zeng et al., 2017, 2022), ma ha mostrato buone risposte anche tra i più anziani (Sakhare et al., 2019).

Quality assessment

La valutazione della qualità degli studi è stata stabilita come "forte" per 1 studio, "moderata" per 10 studi e "debole" per 9 studi. I dettagli sulle valutazioni qualitative individuali sono riportati nella Tabella 3 (Appendice I, pag. 106).

Discussione

L'obiettivo principale di questa *systematic review* era quello di comprendere in che modo la IVR può migliorare l'esperienza di attività fisica, indagando quali sono gli *outcome* psicologici, fisiologici e di performance legati all'esercizio osservati in letteratura esistente questo strumento è in grado di influenzare. Inoltre, sono state esplorate le differenze con la TR-PA e la nIVR-PA, con lo scopo di comprendere i potenziali vantaggi della IVR in merito al suo utilizzo come strumento per promuovere la pratica di attività fisica e il benessere degli individui. I risultati suggeriscono che la IVR-PA ha il potenziale per essere utilizzata come strumento per supportare, promuovere e migliorare l'attività fisica e il benessere psicologico. Sono stati individuati diversi fattori che indicano come la IVR possa influenzare l'esperienza complessiva dell'attività fisica. Tuttavia, è fondamentale notare che la ricerca sull'argomento è ancora ai suoi albori, e le connessioni tra le variabili analizzate rimangono poco chiare.

Per quanto riguarda gli esiti psicologici, il risultato principale di questa revisione indica che la IVR-PA può influenzare positivamente il valore affettivo della pratica di attività fisica, in particolare grazie al suo effetto positivo sul piacere di praticare l'attività fisica. Secondo la teoria della motivazione edonica, gli individui sono spinti a ripetere un comportamento intrinsecamente soddisfacente (Cabanac, 1992), e l'aumento del piacere nell'utilizzo della IVR-PA potrebbe rappresentare un fattore importante per promuovere e potenziare l'attività fisica (Hagberg et al., 2009). Poiché è stato anche riscontrato che

l'enjoyment è un predittore significativo dell'impegno nell'attività fisica, indipendentemente dall'età (Crain et al., 2010; Rhodes, Warburton, et al., 2009) e dallo stato di salute (Charlier et al., 2013; Ungar et al., 2016), l'aumento del piacere sperimentato nella IVR-PA potrebbe favorire il coinvolgimento e l'incremento della pratica di attività fisica. A supportare il potenziale della IVR-PA, alcuni studi suggeriscono che l'allenamento in IVR possa ridurre la percezione dello sforzo fisico. Le evidenze indicano che l'intensità percepita può influenzare l'intenzione di intraprendere e proseguire un'attività fisica, favorendo l'adesione, specialmente tra le persone sedentarie o con bassi livelli di attività fisica (Dishman & Buckworth, 1996; Heinrich et al., 2014; Perri et al., 2002; Sallis et al., 1986).

Alcuni studi hanno osservato un'associazione tra la pratica di IVR-PA con un aumento dell'autoefficacia legata all'attività fisica (McDonough et al., 2020; Zeng et al., 2017). L'autoefficacia è definita come la percezione situazione-specifica delle proprie capacità, che si riferisce al giudizio di un individuo circa le sue capacità di organizzare ed eseguire le azioni o le attività necessarie per raggiungere una determinata performance, nonché come un fattore cognitivo che si pensa influenzi il comportamento attraverso le credenze sulle proprie abilità (Bandura, 1986, 1997a). Applicata all'attività fisica, può essere definita come la fiducia nella propria capacità di svolgere un determinato compito fisico, che è a sua volta strettamente legata all'effettiva capacità di eseguire tale compito (Marcus et al., 1992a). Diversi studi hanno riportato che l'autoefficacia è uno dei fattori principali che influiscono sull'intenzione, sulla performance, sulla disponibilità a compiere uno sforzo e sulla perseveranza in ambito sportivo (Feltz & Magyar, 2006; Gao et al., 2008, 2009b; Gao & Kosma, 2008; Mcauley & Courneya, 1993; Moritz et al., 2000). Inoltre, alcuni degli studi esaminati hanno riscontrato un effetto positivo della IVR-PA sui livelli di motivazione, maggiore rispetto alle altre modalità di allenamento (Farrow et al., 2019; W. Liu et al., 2019). Come l'autoefficacia, anche la motivazione è nota per il suo ruolo determinante nel sostenere cambiamenti comportamentali e nell'adozione di stili di vita attivi (Deci & Ryan, 2000; Ntoumanis et al., 2012; Samdal et al., 2017; Teixeira et al., 2012).

Tutti i fattori precedenti sembrerebbero facilitare il coinvolgimento e l'aderenza all'attività fisica, ma la breve durata degli interventi analizzati ci permette di avere solo un'idea dell'effetto acuto dell'esposizione. Per una comprensione più approfondita sull'impatto della IVR-PA sull'aderenza all'attività fisica sarebbe utile impiegare protocolli longitudinali che includano follow-up e il monitoraggio dei livelli di attività fisica per diversi mesi. Questa valutazione avrebbe lo scopo di determinare se vi sia un cambiamento comportamentale sostanziale e duraturo. Sebbene alcuni studi abbiano esplorato l'influenza di IVR-PA sull'intenzione di esercitarsi, questi interventi sono stati relativamente brevi. Inoltre, l'analisi di questi studi si è principalmente concentrata sull'identificazione con l'avatar come unico fattore di influenza sull'intenzione di esercitarsi. Questi studi hanno mostrato che i partecipanti trascorrevano più tempo a praticare attività fisica volontaria ed erano maggiormente disposti a fare allenamento in futuro quando il giocatore impersonava un avatar che lo rappresentava

rispetto a quando l'avatar rappresentava un'altra persona (Fox & Bailenson, 2009; Zhou, 2020). L'effetto è stato spiegato con la teoria dell'identificazione, affermando che maggiore è il grado in cui un individuo si relaziona con un modello e sente di essere simile al modello, maggiore è la probabilità di eseguire un comportamento (Bandura, 2001; Bandura & Walters, 1977).

Oltre ai vantaggi che hanno un'influenza positiva, è importante esplorare anche i fattori negativi legati alla IVR. La *cybersickness* è definita come il malessere da movimento comunemente causato dall'utilizzo di videogiochi e realtà virtuale, che provoca sintomi come nausea, affaticamento oculare, capogiri e vertigini (Gallagher & Ferrè, 2018). È stata associata a livelli più bassi di piacere nella pratica di IVR-PA e un piccolo aumento della percezione dello sforzo fisico (Calogiuri et al., 2018; Xu et al., 2020). Esistono diverse teorie che spiegano il fenomeno della *cybersickness*. Le più conosciute sono la teoria del conflitto sensoriale e la teoria dell'instabilità posturale: la prima afferma che la *cybersickness* è principalmente dovuta ai segnali contrastanti ricevuti dal sistema visivo e vestibolare; la seconda afferma che la *cybersickness* può sorgere a causa di lunghi periodi senza controllo posturale (LaViola, 2000). È necessario menzionare che, tra tutti gli studi, solo alcuni hanno riportato abbandoni causati dalla *cybersickness* (Feodoroff et al., 2019; Sakhare et al., 2019; Zeng et al., 2022) e solo uno studio di quelli che hanno misurato la presenza di sintomi correlati ha mostrato un alto numero di partecipanti colpiti da questa condizione (Calogiuri et al., 2018). Inoltre, i nuovi sviluppi nell'hardware della realtà virtuale hanno ridotto significativamente l'insorgenza della *cybersickness* (Ramaseri Chandra et al., 2022) e, grazie al miglioramento dei software, lo stimolo visivo diventa più simile alla realtà, per cui l'utente è più immerso nel contesto virtuale e gli input vestibolari attesi corrispondano alla stimolazione visiva (Chang et al., 2020).

Per quanto riguarda gli *outcome* fisiologici e di performance legati all'esercizio fisico, i risultati offrono preziose informazioni sulla qualità dell'attività fisica svolta. Oltre a valutare il livello di coinvolgimento e la capacità di favorire l'adesione, è importante considerare l'efficacia dell'attività fisica come fattore protettivo per la salute generale del corpo. La frequenza cardiaca e il consumo di ossigeno sono stati misurati in alcuni degli studi esaminati come indicatore dell'attività del sistema cardiovascolare (Calogiuri et al., 2018; Farrow et al., 2019; Feodoroff et al., 2019; Gomez et al., 2018; McClure & Schofield, 2019; Xu et al., 2020), mentre tre studi hanno preso in considerazione l'attività muscolare (Feodoroff et al., 2019) e la forza muscolare (Gani et al., 2023; Mologne et al., 2022) come esiti principali. I risultati sono contrastanti e sono necessarie ulteriori ricerche per determinare se la IVR-PA possa agire positivamente sull'espressione di questi parametri fisiologici. Dal punto di vista muscolare, solo uno studio ha analizzato l'attivazione tramite elettromiografia e ha riportato che, in relazione all'allenamento della forza, l'attività proposta era funzionale solo per l'allenamento di resistenza a bassa intensità (Feodoroff et al., 2019). Due studi hanno misurato la forza muscolare dopo un intervento longitudinale di IVR-PA e hanno trovato un aumento maggiore di questo parametro nei soggetti che

hanno svolto l'allenamento IVR rispetto al gruppo coinvolto nella condizione TR-PA (Gani et al., 2023; Mologne et al., 2022). Tuttavia, questo aspetto rimane poco esplorato, e non è possibile generalizzare i risultati, in quanto le attività proposte negli *exergame* utilizzati erano diverse per tipo di movimenti e per componente metabolica coinvolta. Inoltre, nella maggior parte degli studi l'intensità dell'attività in IVR non è stata monitorata con costanza e non era coerente nelle diverse condizioni. Solo uno studio (Rutkowski et al., 2021) ha utilizzato la stessa intensità per entrambe le condizioni e ha osservato che i partecipanti del gruppo IVR, a pari intensità raggiungevano valori di frequenza cardiaca inferiori rispetto al gruppo TR-PA, permettendo loro di raggiungere una maggiore espressione di potenza. Gli autori hanno monitorato la variabilità della frequenza cardiaca durante il test e hanno suggerito che ciò potesse essere dovuto a una risposta diversa dell'attività del sistema nervoso autonomo durante la condizione IVR, che favoriva la predominanza parasimpatica. La misurazione delle variabili fisiologiche presenta diverse lacune che necessitano di essere affrontate. In primo luogo, per ottenere un confronto equo tra IVR-PA e altre modalità di allenamento, è necessario garantire che le attività svolte presentino lo stesso livello di intensità. Questo passaggio è cruciale per eliminare le differenze intrinseche negli esercizi effettuati, che potrebbero introdurre elementi confondenti. Di conseguenza, prima di confrontare le diverse condizioni, è essenziale misurare l'impegno fisiologico degli *exergame* utilizzati, considerando le possibili variazioni nei livelli di attivazione metabolica. Standardizzare la misurazione dell'intensità dell'esercizio faciliterebbe i confronti tra i protocolli impiegati nei vari studi. In secondo luogo, anche il livello di forma fisica della popolazione studiata potrebbe agire come un fattore confondente. È consigliabile effettuare e riportare misurazioni standardizzate, come il consumo massimo di ossigeno e la potenza espressa, per analizzare la loro relazione con lo sforzo richiesto dall'esercizio. Questo approccio consentirebbe un confronto completo dei diversi protocolli utilizzati e migliorerebbe l'accuratezza dei risultati.

Alcuni degli studi analizzati suggeriscono che la IVR-PA potrebbe essere uno strumento efficace per migliorare il benessere psicologico, grazie agli effetti ben noti dell'attività fisica sulla salute mentale (Xu et al., 2021). La IVR-PA ha il potenziale per essere una risorsa utile alla promozione della salute (Farrow et al., 2019; Fox & Bailenson, 2009; Gomez et al., 2018; McClure & Schofield, 2019; McDonough et al., 2020; Sakhare et al., 2019; Zeng et al., 2017, 2022; Zhou, 2020), essendo uno strumento coinvolgente e accattivante. Può influire positivamente sull'impegno e sull'aderenza all'attività fisica, elementi di grande importanza in quanto, per produrre i suoi effetti positivi e mantenerli nel tempo l'esercizio deve essere praticata con costanza (Bull et al., 2020; Riebe et al., 2018). La IVR potrebbe abbattere le barriere che impediscono alle persone di allenarsi o che causano *dropout*, come la mancanza di motivazione e di coinvolgimento, che potrebbero essere colmate grazie al piacere di allenarsi, all'aumento dell'autoefficacia e alla minore percezione di fatica durante l'allenamento. La IVR-PA potrebbe essere integrata come strumento di promozione dell'attività fisica nei contesti di maggiore interesse della

popolazione: ad esempio, evidenze preliminari individuate negli studi esaminati e una *systematic review* di Riches et al., (2023) suggeriscono che l'IVR-PA possa essere uno strumento valido per incentivare l'attività fisica (Touloudi et al., 2022) e la promozione del benessere psicologico nel luogo di lavoro (Riches et al., 2023).

Limiti della ricerca

La ricerca sulla IVR-PA è ancora ai suoi albori e presenta diverse limitazioni che richiedono ulteriori studi. Ancora non è possibile effettuare una meta-analisi a causa dell'eterogeneità delle variabili raccolte e delle metodologie utilizzate. Questo argomento è ancora poco conosciuto e molti parametri sono stati studiati in una singola sessione, rendendo impossibile identificare una tendenza e gli effetti nel tempo. Inoltre, la qualità degli studi è generalmente debole/moderata, motivo per il quale si presenta la necessità di protocolli più robusti. Sono necessari studi longitudinali gli effetti a lungo termine dei protocolli applicati, oltre che maggiore coerenza negli strumenti e nelle modalità di misurazione. Un'altra limitazione è rappresentata dalla scarsità di RCT (trial clinici randomizzati), dalla ridotta dimensione dei campioni valutati, oltre che dalla scarsa eterogeneità della popolazione inclusa negli studi, prevalentemente composta da studenti universitari. Inoltre, la maggior parte degli studi è stata condotta in Nord America; sarebbe quindi necessario estendere la ricerca ad altre popolazioni. Per comprendere meglio gli effetti della IVR-PA in contesti reali, sarebbe opportuno sperimentare questa tecnologia al di fuori dei laboratori e analizzarne l'efficacia mediante studi condotti in condizioni ecologiche.

Infine, con l'obiettivo di porre basi più solide per la sperimentazione, sarebbe utile svolgere ulteriori studi preliminari sulla fattibilità dell'applicazione della IVR-PA nei contesti di maggiore interesse della popolazione, come il luogo di lavoro, la scuola e il contesto clinico.

Conclusioni

Grazie alla capacità di agire positivamente su diversi aspetti psicologici che influenzano il valore affettivo dell'esercizio fisico, la IVR-PA ha il potenziale per migliorare l'esperienza di allenamento e per diventare uno strumento efficace per incentivare la pratica di attività motoria. Tuttavia, il numero delle evidenze disponibili è ancora limitato e gli studi presentano diverse limitazioni e una forte eterogeneità che al momento non consentono ulteriori generalizzazioni.

Capitolo IV. Incentivare stili di vita attivi per migliorare il benessere dei lavoratori attraverso l'attività motoria supportata da realtà virtuale immersiva: uno studio pilota

Sintetizzando gli argomenti esplorati nei primi due capitoli di questo elaborato, uno stile di vita inattivo e sedentario, caratterizzato da scarsi livelli di attività fisica e un regime elevato di comportamenti sedentari, costituisce un fattore di rischio rilevante per lo sviluppo e il peggioramento di una serie di patologie croniche non trasmissibili e disturbi della salute mentale. L'alta prevalenza di tali abitudini influisce in gran misura sullo stato di salute della popolazione e, di conseguenza, grava in termini di costi e sostenibilità dei sistemi sanitari. Per fare fronte a questo scenario globale, la WHO ha formulato delle linee guida per orientare l'azione dei paesi aderenti: le indicazioni suggeriscono chiaramente l'implementazione di politiche per la promozione dell'attività fisica che interessino i contesti di maggior rilievo della vita delle persone, come l'ambiente lavorativo, tenendo sempre presente le caratteristiche specifiche della realtà sulla quale si ha intenzione di intervenire. Inoltre, con lo stesso *Global Action Plan on Physical Activity 2018-2030*, la WHO ha invitato i paesi membri a impegnarsi nella ricerca, al fine di trovare soluzioni innovative ed efficaci per la promozione dell'attività motoria. Sia le indicazioni dell'Unione Europea che il PNR 2021-2027 riflettono l'impegno a realizzare gli obiettivi della WHO, includendo nell'area tematica della salute diversi spunti sulla ricerca in ambito di prevenzione, con particolare attenzione all'integrazione delle nuove tecnologie digitali.

Ispirandosi alle indicazioni della WHO e alle direttive per la ricerca, l'obiettivo stabilito per questo progetto di dottorato era quello di avanzare sulla comprensione in merito all'applicazione della IVR come strumento per incentivare la pratica di attività motoria e migliorare il benessere all'interno del luogo di lavoro. Le risorse bibliografiche sull'impiego della IVR per la promozione dell'attività fisica risultano ancora limitate. Nel secondo e nel terzo capitolo di questo elaborato sono state esplorate le evidenze disponibili che supportano l'impiego di questa tecnologia innovativa. Tuttavia, il carattere multidisciplinare della tematica, in aggiunta alla capacità d'azione multidimensionale di questo strumento, rendono necessari diversi approfondimenti che chiariscano il complesso collegamento tra gli aspetti pratici, le funzionalità e i meccanismi psicologici sollecitati che, assieme, determinano il potenziale della IVR. Sebbene le evidenze esaminate non risultino del tutto conclusive, costituiscono una base per identificare quali sono i punti da sviluppare e per implementare indagini più consapevoli.

Data la prevalenza di studi trasversali, che hanno valutato gli effetti acuti della IVR in una singola sessione, l'intervento implementato all'interno di questo progetto di dottorato si è basato su un protocollo di tipo longitudinale, il cui obiettivo primario consisteva nella valutazione della fattibilità e l'accettabilità di questo strumento per la promozione dell'attività fisica nel luogo di lavoro. Prima di questo contributo, un unico studio condotto da Touloudi et al. (2022) aveva esplorato il contesto

lavorativo, analizzando l'applicabilità dell'attività motoria in IVR, anche in quel caso limitandosi a una singola sessione.

La marcata influenza della IVR sulla sfera psicologica, le variabili prese in esame negli studi individuati nella *systematic review*, oltre alla necessità – emersa nel primo capitolo – di approfondire la comprensione dei benefici dell'attività fisica rispetto alla salute mentale, hanno orientato la progettazione e la selezione degli *outcome* del nostro intervento. Di fatto, come obiettivo secondario è stata condotta un'esplorazione preliminare degli effetti dell'attività fisica in IVR sulle variabili di interesse, selezionate in base alla letteratura precedentemente esaminata.

In relazione alla selezione degli strumenti e delle modalità integrate all'interno del programma di allenamento in IVR, è stata di fondamentale importanza l'esperienza da me acquisita durante il periodo all'estero come *visiting researcher* presso il *IoPPN Virtual Reality Lab del King's College London*. Durante questo periodo, compreso tra metà settembre e metà dicembre 2022, grazie agli strumenti messi a mia disposizione dal *Lab*, ho potuto sperimentare diversi dispositivi e software per la pratica di esercizio fisico in IVR. Inoltre, ho avuto modo di confrontarmi con gli esperti del gruppo di ricerca e di partecipare agli incontri di aggiornamento sui lavori del *Lab*. Tutte queste occasioni sono state utili per arricchire le mie conoscenze sulla IVR e di ispirazione per lo sviluppo del mio progetto di dottorato.

Per avere una visione più consapevole in merito al potenziale dell'attività fisica in IVR, è stato deciso di affiancare un metro di paragone all'analisi principale: parallelamente al programma di allenamento in IVR, è stato condotto un percorso di psicoeducazione di carattere informativo/educativo sui benefici dell'attività motoria, inserito come attività del gruppo di controllo. Come vedremo nell'introduzione dello studio pilota, questa tecnica rappresenta la metodica più frequentemente utilizzata nella ricerca volta a esplorare le strategie per incentivare la pratica di attività motoria nel contesto lavorativo.

La possibilità di inserire il percorso di psicoeducazione nel progetto si è presentata in itinere, grazie ai finanziamenti ottenuti per un assegno di ricerca, tramite il bando Alma Idea dell'Università di Bologna, che ha consentito di includere nel team di ricerca una psicologa psicoterapeuta da novembre 2022 a novembre 2023. Questa figura è stata impiegata principalmente nella strutturazione e nella conduzione dell'intervento di psicoeducazione. Inoltre, è stata di supporto anche nello sviluppo e nell'implementazione delle iniziative di Terza Missione volte alla promozione dell'attività fisica (trattate nel capitolo successivo), condotte dal Centro di Medicina Transculturale e Psicosomatica dell'Università di Bologna, al quale ho prestato il mio contributo durante lo svolgimento del progetto di dottorato.

Per concludere l'analisi delle motivazioni che hanno guidato la progettazione di questo studio pilota, è importante considerare come le azioni finalizzate al cambiamento comportamentale riportano spesso

come limite la difficoltà a mantenere i risultati nel tempo (Wienrich et al., 2021). La stessa criticità è stata osservata anche in relazione agli interventi che integrano l'uso degli *active video games*, nei quali, di frequente, i risultati sono generati dall'entusiasmo iniziale e circoscritti nel periodo di utilizzo di questi strumenti, mentre il trasferimento della motivazione e dei comportamenti al di fuori del contesto di gioco risulta più complicato (J. C. Davis et al., 2024; Peng et al., 2013; Sun, 2012, 2015). Secondo la prospettiva di questo progetto, la IVR dovrebbe funzionare come strumento motivazionale volto a sostenere l'adozione di uno stile di vita attivo, che si rifletta oltre i confini del visore, nel contesto fisico. Per questo motivo, al fine di osservare un possibile trasferimento delle buone abitudini al di là della pratica in IVR, in seguito all'esperienza virtuale è stata garantita ai partecipanti la possibilità prendere parte un programma di attività motoria di gruppo, organizzato sempre all'interno del luogo di lavoro. Il progetto originale, in linea con la tematica ministeriale assegnata alla borsa di studio che ha finanziato questo progetto di dottorato, prevedeva di svolgere questa fase in modalità outdoor, grazie anche alla possibilità di usufruire delle aree verdi situate all'interno del perimetro dell'azienda. Le risorse e le opportunità disponibili hanno determinato che il progetto si concentrasse sulla IVR piuttosto che sul "green exercise". Le evidenze scientifiche non chiariscono se l'allenamento all'aria aperta possa di per sé migliorare l'efficacia dell'attività fisica o favorirne la pratica (Eigenschenk et al., 2019; Lahart et al., 2019; Noseworthy et al., 2023; Thompson Coon et al., 2011), ma visti i considerevoli benefici sulla salute mentale del contatto con la natura e in generale delle attività svolte all'aria aperta (Bowler et al., 2010; Triguero-Mas et al., 2015), è stato deciso di inserire l'attività fisica *outdoor* all'interno del protocollo come modalità di allenamento verso cui orientare l'eventuale spinta suscitata dalla IVR. Tuttavia, a causa delle condizioni climatiche verificatesi durante questa fase dell'intervento, non è stato possibile svolgere tutte le sessioni all'aperto, nelle aree verdi, e non è stato possibile posticipare le date del programma sia per garantire il rispetto delle tempistiche del progetto, sia delle esigenze aziendali e degli accordi intercorsi con l'azienda ospitante.

Sulla base di queste premesse, è stato elaborato lo studio pilota riportato di seguito.

Introduzione

L'evoluzione socio-economica avvenuta durante gli ultimi 60 anni di storia ha implicato un cambiamento radicale nella tipologia delle mansioni lavorative, riducendo la necessità di manodopera e lavori fisicamente attivi a favore di occupazioni sedentarie (Church et al., 2011; Federico, 2018). Secondo i dati aggiornati al 2022, in Europa, il 43% dei lavoratori svolge mansioni prevalentemente sedentarie e il 18.5% è impiegato in occupazioni che richiedono di stare prevalentemente in piedi, ma caratterizzate da scarsa attività fisica. Il restante 38.5% svolge lavori che includono sforzi fisici di intensità da moderata (27.5%) a intensa (11%). In Italia si presenta un quadro simile, con il 62.8% dei lavoratori impiegati in occupazioni distinte da scarsi livelli di attività fisica (39.4% sedentari, 23.4% in piedi) (Eurostat, a). Queste percentuali, se combinate con il monte ore di lavoro settimanali medio registrato in Europa, attestato a circa 36 ore (Eurostat, b) evidenziano la necessità di intervenire con politiche per la promozione dell'attività fisica all'interno del contesto lavorativo. A tal proposito, la WHO suggerisce agli stati membri di implementare politiche e interventi che agiscano sui contesti più rilevanti della vita delle persone (World Health Organization, 2018): tra questi, il luogo di lavoro, nel quale mediamente un individuo adulto spende almeno $\frac{1}{4}$ della sua giornata.

Nonostante il contesto lavorativo offra in linea teorica la possibilità di raggiungere un ampio numero di persone, bisogna considerare che l'applicazione di interventi di promozione dell'attività motoria al suo interno è accompagnata da una serie di barriere da tenere presenti al fine di mettere in campo delle strategie efficaci (Dabkowski et al., 2023; I. L. Santos & Miragaia, 2023). Le principali barriere percepite dai lavoratori che limitano la partecipazione ai programmi di attività fisica nel luogo di lavoro sono la mancanza di tempo e di energie causate dai ritmi lavorativi (Bardus et al., 2014; Edmunds et al., 2013; Hunter et al., 2018; Mariam & Mazin, 2019; Metcalfe et al., 2020), le caratteristiche dell'attività lavorativa, del contesto e degli spazi (Edmunds et al., 2013; Passey et al., 2014), la mancanza di adeguata motivazione e la perdita di interesse per le attività proposte (Bardus et al., 2014; Hunter et al., 2018; Metcalfe et al., 2020; Taylor et al., 2013), la percezione di scarsa auto-efficacia in relazione all'esercizio fisico, oltre che opinioni culturali e atteggiamenti sfavorevoli (Edmunds et al., 2013; Hunter et al., 2018). Nella *review* di Ilić et al., (2024), gli autori hanno condotto un'indagine di più ampio spettro, relativa alle barriere che ostacolano i lavoratori nella pratica di attività motoria, sia all'interno che all'esterno dell'ambiente lavorativo. Dall'analisi di 138 studi sull'argomento, per una popolazione di 346.037 partecipanti, Ilić et al., (2024) hanno individuato tre macro-cluster in cui è possibile raggruppare questi fattori: barriere legate al contesto lavorativo (esempi principali: mancanza di tempo ed energie legate ai turni di lavoro e alla natura dell'incarico, inadeguatezza delle strutture e mancanza di supporto organizzativo), barriere legate agli impegni relazionali, familiari e domestici (esempi

principali: responsabilità nella cura dei figli e altri familiari, assieme alla gestione domestica e relativa mancanza di tempo e di energie, specialmente per le donne), barriere comportamentali, socio-economiche e fattori ecologici (alcuni esempi: difficoltà a trovare la motivazione o l'autodisciplina per iniziare e mantenere un programma di esercizio; reddito basso, che rende difficile accedere a palestre o attività fisiche a pagamento; fattori psicologici e fisici, come la paura di infortuni, la percezione che l'esercizio sia troppo faticoso o la mancanza di compagnia).

Nel mondo della ricerca, le prime indagini sulla pratica di attività motoria nel luogo di lavoro sono state pubblicate a cavallo tra la fine degli anni '60 e il corso degli anni '70, per dare vita a una produzione scientifica molto maggiore dagli anni '80 in poi (Conn et al., 2009), che continua fino ai giorni nostri (Schaller et al., 2024). Gli argomenti trattati spaziano dall'incremento dei livelli di attività motoria (Jirathananuwat & Pongpirul, 2017; Ramezani et al., 2022; Schaller et al., 2024) e i relativi benefici per la salute fisica (Conn et al., 2009; Moreira-Silva et al., 2016; Roman-Liu et al., 2020) e mentale (Abdin et al., 2018; Chu et al., 2014; Martland et al., 2024) dei lavoratori, a quelli per le aziende, come l'incremento delle prestazioni lavorative (Calderwood et al., 2021; Grimani et al., 2019; Lusa et al., 2020) e della produttività (Grimani et al., 2019; Marin-Farrona et al., 2023; Pereira et al., 2015; White et al., 2016) legato al benessere del personale.

Relativamente alla promozione dell'attività motoria, questo tipo di interventi hanno come obiettivo quello di incrementare i livelli di attività fisica praticata e ridurre il tempo trascorso in comportamenti sedentari, sia all'interno che fuori dal contesto lavorativo. Le tipologie di intervento possono essere distinte principalmente in quattro categorie (Ramezani et al., 2022), dalle attività prettamente pratiche, dove i partecipanti sono coinvolti in programmi di esercizio fisico nell'ambiente lavorativo, agli interventi comportamentali basati su stimoli motivazionali e su azioni di supporto, sul monitoraggio e sui feedback, sull'informazione e sull'educazione (Gawlik et al., 2023; Ramezani et al., 2022), i quali possono essere attuati agevolmente anche con il supporto della tecnologia (Forberger et al., 2022; Taylor et al., 2023). Gli *outcome* più frequentemente utilizzati per valutare l'incremento dei livelli di attività fisica sono il numero di passi, misurato tramite contapassi o *wearable device* con questa funzione inclusa (Lock et al., 2021), e questionari *self-report*, principalmente GPAQ (Armstrong & Bull, 2006) e IPAQ (Craig et al., 2003), per misurare la frequenza e la durata dell'attività fisica praticata settimanalmente (Ramezani et al., 2022). In base alla meta-analisi condotta da Lock et al., (2021), gli interventi che presentano maggiore efficacia sull'incremento dei livelli di attività fisica praticata sono principalmente quelli basati su sessioni di esercizio sul luogo di lavoro o in strutture vicine, supervisionate o parzialmente supervisionate. Coerentemente con questa meta-analisi, la *systematic review* condotta da Ramezani et al., (2022) mostra che gli interventi che includono attività pratiche abbiano maggiore potenziale rispetto agli interventi che, anche se supportati da basi teoriche sul

cambiamento comportamentale, non includono una componente attiva legata all'esercizio. Tuttavia, la maggior parte degli interventi identificati in questa revisione applicavano principalmente approcci di carattere informativo sulle conseguenze e i benefici dell'adottare determinati comportamenti in relazione alla salute (Ramezani et al., 2022). Su 39 studi inclusi, nella maggior parte degli interventi analizzati in questa *systematic review*, la teoria alla base del cambiamento comportamentale più frequentemente adoperata era la *Self-Determination Theory*. Questa tecnica, che mette al centro il lavoro sulla qualità della motivazione (Deci & Ryan, 2000), è stata testata in diverse occasioni relativamente alla promozione della pratica di attività motoria e all'adozione di stili di vita attivi, mostrando di essere efficace nel sostenere cambiamenti comportamentali anche a lungo termine (Ntoumanis et al., 2012; Samdal et al., 2017; Teixeira et al., 2012).

La meta-analisi di Lock et al., (2021), riporta un confronto sull'efficacia degli interventi di promozione dell'attività fisica sul luogo di lavoro, comparando quelli basati su teorie di cambiamento comportamentale e quelli costruiti senza un preciso riferimento a fondamenti teorici. A differenza della *systematic review* di Ramezani et al., (2022), gli autori evidenziano che la maggior parte degli studi *theory-informed* inclusi, aventi come obiettivo l'incremento dei livelli di attività fisica, si basavano sulla *Social Cognitive Theory*, la quale mette al centro del cambiamento comportamentale il concetto di auto-efficacia (Bandura, 1997b).

In sintesi, secondo le teorie menzionate, accrescere la motivazione (nella sua sfumatura di motivazione intrinseca) e l'auto-efficacia percepita in relazione all'obiettivo stabilito di praticare in modo regolare attività motoria, sembra contribuire in modo decisivo nel processo di cambiamento comportamentale verso uno stile di vita attivo, favorendo l'aderenza a lungo termine (Dishman et al., 1985; Marcus et al., 1992b; Ntoumanis, 2001, 2005; Teixeira et al., 2012).

Entrambi i costrutti sono stati analizzati in alcuni degli studi sulla pratica di attività motoria con il supporto della IVR, per comprendere se questa combinazione avesse il potenziale per essere adoperata come strumento per incentivare la pratica di esercizio fisico. Sebbene l'argomento necessiti di ulteriori investigazioni più approfondite, è stato dimostrato che l'attività motoria in IVR, come effetto acuto, determini livelli maggiori di motivazione (W. Liu et al., 2019) e di auto-efficacia (McDonough et al., 2020; Zeng et al., 2017) rispetto all'esercizio in realtà virtuale non immersiva e all'attività motoria praticata senza alcun ausilio tecnologico.

Gli effetti dell'attività fisica in IVR sono stati studiati prevalentemente su campioni di studenti (Mocco et al., 2024) ed è presente solo uno studio sull'applicazione all'interno del contesto lavorativo (Touloudi et al., 2022). Le evidenze suggeriscono che la IVR-PA può incrementare il piacere di praticare esercizio fisico e motivare le persone a svolgere attività fisica con un'intensità più elevata rispetto sia alla IVR non

immersiva che all'attività fisica tradizionale, non supportata dalla tecnologia (Barbour et al., 2024; Mocco et al., 2024). Altri studi condotti nel luogo di lavoro si sono focalizzati sull'utilizzo della IVR per migliorare il benessere dei lavoratori tramite interventi finalizzati a ridurre i livelli di stress, che però non comprendevano la pratica di attività motoria (Riches et al., 2023).

Nello studio di Touloudi et al., (2022) sono state esaminate l'accettabilità, l'usabilità, l'intenzione di utilizzo futuro, l'interesse e il piacere di praticare l'attività relativamente a un sistema di allenamento in IVR. Quest'ultimo è stato comparato con un corrispettivo di attività motoria tradizionale ed entrambi sono stati svolti durante le pause lavorative. Il sistema IVR ha ottenuto risultati positivi, maggiori dell'allenamento tradizionale: tuttavia, lo studio è stato condotto su una singola sessione perciò, allo stato attuale, non sono presenti evidenze sull'applicazione longitudinale di protocolli di attività motoria in IVR all'interno del contesto lavorativo.

Pertanto, sulla base dei presupposti trattati - tenendo conto dei più recenti sviluppi- e con il supporto dei risultati della *systematic review* condotta, per contribuire all'avanzamento della ricerca su questa tematica, l'ultimo passo di questo progetto è stato quello di progettare e implementare un intervento longitudinale di promozione dell'attività motoria, con focus sulla IVR, da applicare all'interno del luogo di lavoro. Considerato lo stato ancora embrionale dell'argomento, con l'intento di porre le fondamenta per la futura sperimentazione su larga scala, l'obiettivo di questo studio è stato quelli di condurre un'analisi preliminare sulla fattibilità e l'accettabilità dell'intervento elaborato. Inoltre, al fine di valutare l'efficacia dell'intervento, con intento esplorativo, sono state esaminate le seguenti variabili, selezionate sulla base dei principali fattori di interesse riscontrati in letteratura: livelli di attività fisica, di benessere psicologico, di motivazione e di auto-efficacia relativi all'attività motoria del campione incluso nello studio.

Per poter fare una comparazione con la metodica più frequentemente utilizzare nella ricerca volta a esplorare le strategie per incentivare la pratica di attività motoria nel contesto lavorativo, il percorso di allenamento in IVR è stato messo a confronto con un percorso di psicoeducazione di carattere informativo/educativo sui benefici dell'attività motoria. In seguito alla partecipazione a una delle due linee di intervento e a un *follow-up* di tre mesi, i partecipanti sono stati invitati a prendere parte a un programma di attività motoria di gruppo, organizzato sempre all'interno delle pertinenze dell'azienda ospitante il progetto. L'obiettivo di questa seconda fase del progetto era quello di valutare se una delle attività precedenti avrebbe generato maggiore adesione e partecipazione al programma di gruppo.

L'ipotesi principale di questo studio era che, comparato al percorso di psicoeducazione, l'intervento di attività motoria in IVR avrebbe mostrato maggiore fattibilità e accettabilità, e avrebbe portato a maggiore aderenza e partecipazione al programma di attività motoria di gruppo. In relazione all'analisi

esplorativa dell'efficacia degli interventi, è stato ipotizzato che l'attività motoria in IVR avrebbe ottenuto risultati migliori della psicoeducazione.

Materiali e Metodi

Disegno sperimentale

Il presente studio è stato sviluppato e riportato in conformità con le linee guida CONSORT per studi pilota e di fattibilità (Eldridge et al., 2016), adottando gli appositi accorgimenti indicati per gli studi non randomizzati (Lancaster & Thabane, 2019). È stato utilizzato un *design* ibrido, composto da una prima fase nella quale i partecipanti sono stati divisi in due gruppi che hanno ricevuto in parallelo trattamenti differenti [gruppo sperimentale: attività fisica in realtà virtuale immersiva (*immersive virtual reality-physical activity*, IVR-PA); gruppo di controllo: psicoeducazione (*psychoeducation*, PSYED)], e una seconda fase dove entrambi i gruppi hanno ricevuto lo stesso trattamento (follow-up + programma di attività motoria di gruppo), atto a monitorare gli effetti della prima fase (Figura 6).

In seguito al questionario somministrato alla *baseline*, i partecipanti sono stati divisi nei due gruppi (IVR-PA e PSYED) in modo bilanciato in base alle variabili sesso, età e tipo di lavoro (attivo o sedentario). Non è stato possibile seguire una randomizzazione stratificata perfetta a causa delle dinamiche organizzative interne dell'azienda, le quali non erano sotto il nostro controllo.

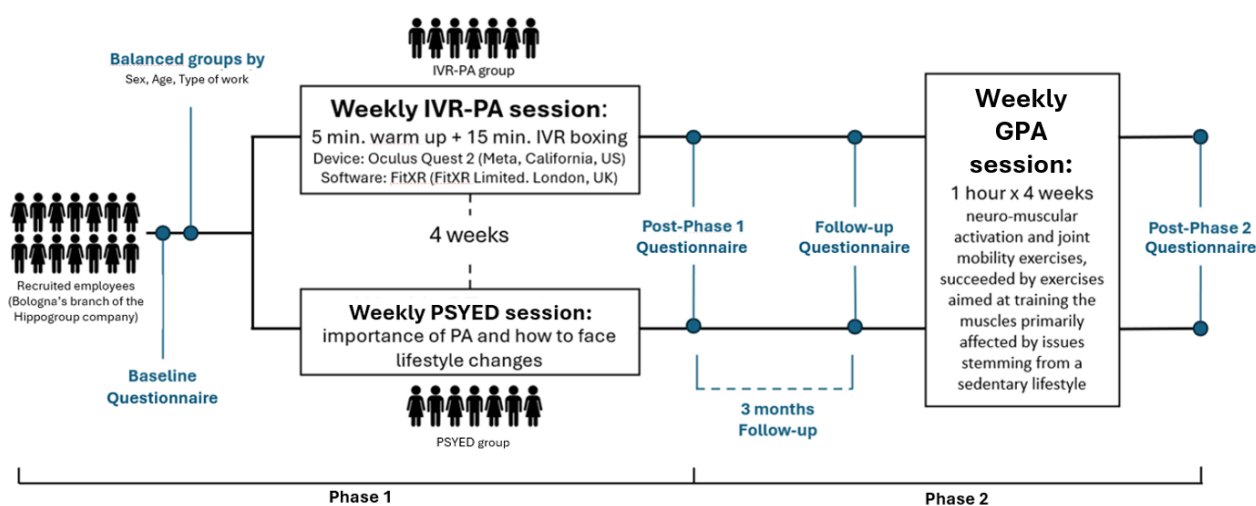


Figura 6. Design dello studio. IVR-PA, immersive virtual reality-physical activity; PSYED, psychoeducation; GPA, group physical activity.

Modalità dell'intervento

Fase 1:

Gruppo sperimentale (IVR-PA): i partecipanti hanno svolto individualmente una sessione settimanale di attività fisica in realtà virtuale immersiva per 4 settimane. Ogni sessione durava 20 minuti ed era costituita da 5 minuti di attivazione neuro-muscolare guidata da un *coach* virtuale, seguiti da 15 minuti di *shadow boxe* nella quale i partecipanti dovevano colpire dei bersagli virtuali che venivano proiettati contro di essi. Le sessioni di allenamento sono state svolte utilizzando la modalità *boxe* del pacchetto software *FitXR* (FitXR Limited; London, UK), impostato a livello di difficoltà intermedia. Come dispositivo per l'interfaccia di IVR (*wireless head mounted display + 2 controller*) è stato utilizzato il *Meta Quest 2* (Meta; Menlo Park, CA, USA). Durante le sessioni, i partecipanti erano assistiti e monitorati da un chinesologo (dr. Alessio Mocco) per garantire che l'allenamento venisse svolto in condizioni di sicurezza.

Gruppo di controllo (PSYED): gli individui assegnati a questo gruppo hanno partecipato a un percorso collettivo di psicoeducazione della durata di 4 settimane, suddiviso in 4 sedute settimanali da un'ora. Le sessioni di psicoeducazione sono state condotte da una psicologa psicoterapeuta (dott.ssa Lara Bernardi) e trattavano i seguenti argomenti: rischi di uno stile di vita sedentario e benefici per la salute connessi alla pratica di attività motoria; implicazioni legate al cambiamento dello stile di vita, facilitatori e resistenze al cambiamento.

Fase 2:

Follow-up: terminate la Fase 1, è seguito un periodo di follow-up di tre mesi atto a verificare la persistenza nel tempo di eventuali effetti prodotti dall'intervento. Durante questo periodo non è stato applicato alcun trattamento.

Programma di attività motoria di gruppo (group physical activity, GPA): al termine del periodo di follow-up, tutti i partecipanti sono stati riuniti in un unico gruppo che ha svolto una sessione settimanale di attività motoria di gruppo della durata di un'ora, per 4 settimane. Le sessioni di allenamento, guidate da un chinesologo (dott. Alessio Mocco), comprendevano una fase preliminare di attivazione neuro-muscolare e mobilità articolare, seguita da esercizi di potenziamento muscolare e una fase finale di defaticamento e *stretching*.

Partecipanti

I partecipanti sono stati reclutati da un bacino di 58 dipendenti di una piccola azienda (Hippogroup Cesenate S.p.A.) situata nel Comune di Bologna. I criteri di inclusione per lo studio prevedevano la partecipazione di lavoratori di età compresa tra i 18 e i 65 anni, senza condizioni di salute che

controindicassero la pratica di attività motoria. Il personale dell'azienda è stato invitato dalla direzione, tramite e-mail, a partecipare a una riunione dello staff durante la quale il team di ricerca ha presentato lo studio. In tale occasione sono stati collezionati gli indirizzi e-mail degli individui interessati, ai quali è stato fornito il modulo per il consenso informato e il modulo contenente l'informativa sul trattamento dei dati. Lo studio ha ricevuto l'approvazione dal Comitato di Bioetica dell'Università di Bologna ed è stato condotto in conformità ai principi delineati nella Dichiarazione di Helsinki.

Procedura

La sperimentazione è stata condotta all'interno degli spazi dell'azienda ospitante. Il 26 aprile 2023 si è tenuta la riunione con il personale dell'azienda per la presentazione dello studio e il reclutamento dei partecipanti. La Fase 1 dell'intervento (gruppo sperimentale: sessioni di allenamento in IVR; gruppo di controllo: percorso di psicoeducazione) è stata svolta nelle 4 settimane dal 5 giugno al 30 giugno 2023. Entrambe le attività della Fase 1 sono state effettuate negli uffici dell'azienda: le sessioni di allenamento in IVR si sono svolte in una stanza appositamente adibita per svolgere l'attività in sicurezza (area libera da ostacoli necessaria di 3m x 3m); il percorso di psicoeducazione si è tenuto in una sala riunioni.

Nella fase 2, il periodo di follow-up di tre mesi ha avuto inizio il 1° luglio e decorso fino al 1° ottobre 2023. Successivamente, a partire dalla settimana del 2 ottobre, fino alla settimana del 31 ottobre, è stato svolto il programma di GPA, che ha avuto luogo parzialmente nelle aree verdi presenti nel perimetro dell'interno dell'azienda, come prevedeva in origine il progetto, e parzialmente all'interno di uno degli edifici del plesso aziendale – che offriva ampi spazi per l'allenamento – a causa delle condizioni meteorologiche.

Relativamente alla raccolta dati, prima dell'inizio della Fase 1, ai partecipanti è stato somministrato un questionario per collezionare le informazioni demografiche e stabilire la *baseline* (successivamente menzionato come “Questionario Baseline”). Al termine della Fase 1 (IVR-PA / PSYED), del follow-up e del programma GPA sono state ripetute le misurazioni effettuate alla *baseline*. Al termine della Fase 1 e del programma GPA, i questionari somministrati contenevano anche gli *item* relativi all'accettabilità delle attività svolte e delle domande a risposta aperta per raccogliere un feedback su eventuali aspetti positivi, aspetti negativi e suggerimenti in merito all'intervento. Soltanto per l'intervento IVR-PA, in ogni sessione è stato somministrato un questionario PRE-POST per valutare alcuni degli effetti acuti e il gradimento (successivamente menzionato come “Questionario *session by session*”, SbS).

I questionari sono stati strutturati con l'ausilio del software Microsoft Forms del pacchetto Office (Microsoft Corporation; Redmond, Washington, USA) e somministrati in formato digitale. Solamente il questionario SbS è stato somministrato in formato cartaceo.

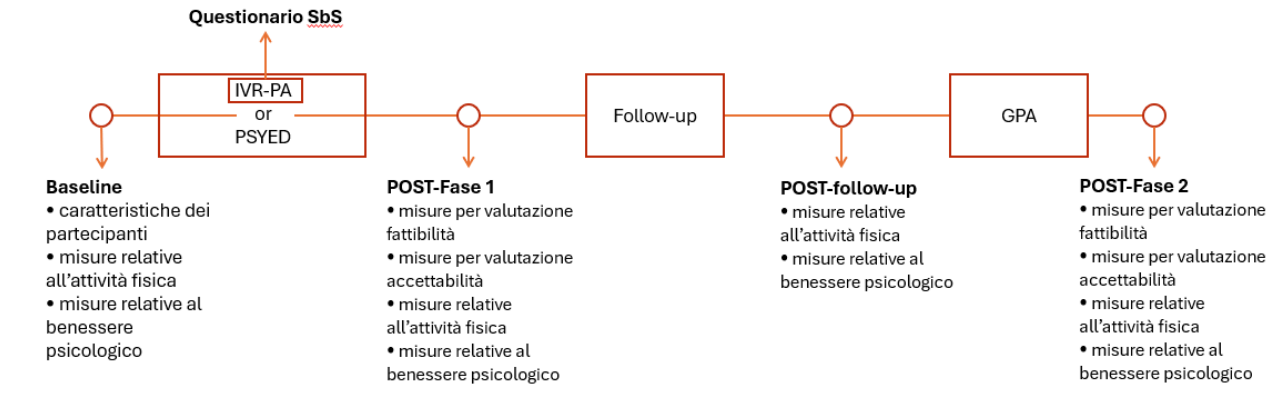


Figura 7. Linea temporale raccolta dati. IVR-PA, immersive virtual reality-physical activity; PSYED, psychoeducation; GPA, group physical activity; SbS, session by session (effetti acuti sessioni IVR-PA).

Outcome misurati

➤ Caratteristiche dei partecipanti

Assieme ai dati demografici, sono stati raccolti alcuni dati sulla salute dei partecipanti, quali: presenza di patologie croniche, tabagismo, assunzione farmaci, alcol e sostanze stupefacenti. Inoltre, è stato chiesto loro di auto-valutare il proprio stato di salute generale su una scala da 1 a 10, dove 1 significava "molto scarso" e 10 "molto buono".

Ai partecipanti è stato inoltre chiesto di valutare la soddisfazione lavorativa e lo stress correlato al lavoro su una scala da 1 a 10, dove 1 rappresentava il punteggio minimo e 10 il massimo.

La qualità del sonno è stata valutata tramite due elementi adattati dal Insomnia Severity Index (Castronovo et al., 2016). I partecipanti dovevano esprimere una valutazione della soddisfazione per la qualità del sonno e della rilevanza del sonno in relazione al loro benessere psicofisico su una scala da 0 (per nulla) a 4 (estremamente).

➤ Fattibilità e accettabilità

La fattibilità è stata misurata in termini di tasso di reclutamento, ritenzione dei partecipanti, partecipazione alle attività dell'intervento e disponibilità a partecipare a futuri interventi simili.

In merito all'accettabilità, è stato chiesto ai partecipanti di valutare su una scala da 1 a 10 (1: per nulla; 10: completamente) la propria soddisfazione e il coinvolgimento relativo alle attività svolte, oltre che l'adeguatezza delle attività al contesto lavorativo. L'opinione relativa alla frequenza e alla durata delle sessioni è stata classificata come "scarsa", "adeguata" o "eccessiva".

➤ Feedback dei partecipanti

Alla fine della prima e della seconda fase dello studio, è stato chiesto ai partecipanti di rispondere ad alcune domande aperte per fornire la loro opinione in merito ad eventuali aspetti positivi e negativi delle attività dell'intervento. Ai partecipanti è stato inoltre chiesto di fornire suggerimenti per un possibile miglioramento delle attività.

➤ Stima esplorativa dell'effetto

- Effetti acuti IVR-PA (Questionario SbS):

Sono stati misurati lo stress percepito, l'ansia e l'umore depresso prima e dopo ogni sessione. Al termine di ogni sessione è stata raccolta l'opinione dei partecipanti in merito al coinvolgimento, alla soddisfazione e al senso di presenza in relazione all'allenamento virtuale. Ogni *item* richiedeva la risposta su una scala da 1 (per nulla) a 10 (estremamente).

- Misure relative all'attività fisica:

La quantità e la frequenza dell'attività fisica praticata è stata valutata utilizzando il *General Physical Activity Questionnaire* (GPAQ) (Wanner et al., 2017). Questo strumento, composto da 16 domande, misura il tempo dedicato all'attività fisica in base a tre domini (attività lavorativa, spostamenti da e verso luoghi e attività ricreative), oltre al tempo trascorso in comportamenti sedentari. Il questionario fornisce il tempo settimanale dedicato all'attività fisica. I minuti trascorsi in attività fisica intensa vengono moltiplicati per 8 Equivalenti Metabolici (*Metabolic Equivalent of Task*, MET), mentre i minuti di attività fisica moderata vengono moltiplicati per 4 MET. Il punteggio finale è espresso in MET settimanali. La soglia di riferimento è fissata a 600 MET a settimana, valore che rappresenta l'ammontare di attività fisica settimanale raccomandata dalla WHO (World Health Organization, 2020a).

Per valutare l'autoefficacia percepita relativa all'attività motoria, è stato utilizzato un questionario adattato da Gao et al., (2009). I partecipanti hanno risposto alle seguenti domande utilizzando una scala Likert a 5 punti (da 1: "fortemente in disaccordo" a 5: "fortemente d'accordo"):

- (a) " Ho fiducia nella mia abilità di svolgere attività fisica in modo appropriato ";
- (b) " Ho fiducia nella mia abilità di apprendere competenze relative all'attività fisica in modo appropriato";
- (c) " Ho fiducia nella mia prestanza relativa all'attività fisica".

Il punteggio finale è dato dalla media di questi tre item.

La motivazione legata all'attività fisica è stata valutata utilizzando la *Situational Motivation Scale* (SIMS), un questionario composto da 16 item con scala Likert a 7 punti (da 1: "fortemente in disaccordo" a 7: "fortemente d'accordo") (Guay et al., 2000). Il questionario include quattro sezioni, ciascuna composta da 4 item, corrispondenti a: motivazione intrinseca (*intrinsic motivation*), regolazione identificata (*identified regulation*), regolazione esterna (*external regulation*), amotivazione (*amotivation*) (Ryan & Deci, 2000). Punteggi più elevati di motivazione intrinseca e regolazione identificata indicano livelli più alti di motivazione autodeterminata. Al contrario, punteggi più alti di regolazione esterna e amotivazione sono associati a livelli più bassi di motivazione autodeterminata a impegnarsi in una determinata attività.

- Misure relative al benessere psicologico:

Il benessere mentale generale è stato valutato utilizzando la Short Warwick-Edinburgh Mental Well-being Scale (SWEMWBS) (Gremigni et al., 2009; Gremigni & Stewart-Brown, 2011), un questionario composto da 7 item con una scala Likert a 5 punti (1: mai a 5: sempre). Punteggi superiori a 28,1 indicano livelli elevati di benessere mentale, mentre punteggi inferiori a 19,3 indicano livelli bassi di benessere mentale (Ng Fat et al., 2017).

Sono stati utilizzati dei questionari per lo screening di ansia e depressione, rispettivamente il *Generalized Anxiety Disorder 2-item* (GAD-2) e il *Patient Health Questionnaire 2-item* (PHQ-2) (Giuliani et al., 2021). Entrambi i questionari utilizzano una scala Likert a 4 punti da 0 (mai) a 3 (ogni giorno) e utilizzano un *cut-off* di 3 punti sul punteggio totale che determina la potenziale presenza di un disturbo d'ansia o di depressione.

Analisi

L'obiettivo di queste analisi era quello di fornire statistiche descrittive riassuntive per le variabili in esame, al fine di orientare la progettazione di un successivo studio su larga scala. L'analisi non includeva la segnalazione dei valori di p , seguendo le raccomandazioni secondo cui "*L'analisi di uno studio pilota dovrebbe essere principalmente descrittiva o focalizzarsi sulla stima degli intervalli di confidenza.*" (Lancaster et al., 2004).

La distribuzione dei dati è stata verificata utilizzando il test di Shapiro-Wilk. Poiché i dati non seguivano una distribuzione normale, le analisi sono state condotte utilizzando metodi statistici non parametrici.

Le misure di fattibilità sono state valutate utilizzando delle proporzioni e i relativi intervalli di confidenza al 95% sono stati calcolati applicando il metodo esatto di Clopper-Pearson.

Per le misure esplorative per la stima dell'effetto sono state valutate nel modo seguente. Gli intervalli di confidenza sono stati calcolati utilizzando il metodo BCa del Bootstrap con 1.000 ri-scampionamenti. Per misurare i cambiamenti tra le condizioni Pre e Post all'interno di ciascun gruppo il calcolo è stato condotto sulla base dei risultati del *Wilcoxon signed-rank test*. Per le differenze $\Delta = \text{Post} - \text{Pre}$ trattamento tra gruppo sperimentale e gruppo di controllo i calcoli sono stati basati sui risultati del *Mann-Whitney U test* per campioni indipendenti. La formula utilizzata per calcolare l'*effect size* era

$$r = \frac{|Z|}{\sqrt{N}}, \text{ dove } Z \text{ era il risultato del test statistico e } N \text{ il numero del campione analizzato.}$$

L'analisi dei dati è stata eseguita utilizzando il Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versione 26 (Chicago, IL, USA).

Risultati

Caratteristiche dei partecipanti

Allo studio hanno partecipato 14 dipendenti (7 donne e 7 uomini; età media: $36,3 \pm 11,7$ anni). Di questi, 7 erano impegnati in un'attività lavorativa sedentaria, mentre i restanti 7 svolgevano un compito più attivo. Durante il periodo di follow-up, due partecipanti hanno abbandonato lo studio per aver intrapreso un nuovo lavoro, mentre un altro non ha completato il questionario finale, somministrato dopo il programma di GPA. Le caratteristiche generali dei partecipanti, insieme agli indicatori di salute fisica e psicologica, sono riportate nella Tabella 9.

Fattibilità

Il diagramma di flusso dei partecipanti è riportato nella Figura 8.

Un totale di 25 dipendenti (43,1%; IC 95%: 30,2-56,8%) sui 58 impiegati dell'azienda ha partecipato alla riunione informativa durante la quale è stato presentato il protocollo dello studio. Di questi, 15 (60%, IC 95%: 38,7-78,9%) hanno firmato il consenso informato per partecipare allo studio ma uno (6,7%, IC 95%: 0,2-31,9%) ha abbandonato prima di completare la valutazione alla *baseline* a causa del cambiamento di impiego. Pertanto, 14 (56%, C.I. 34.9 to 75.6%) dipendenti dell'azienda hanno preso parte allo studio.

Tabella 9. Caratteristiche dei partecipanti

	Totale (N=14)		Gruppo IVR-PA (N=7)		Gruppo PSYED group (N=7)	
	N	% o Media (DS)	N	% o Media (DS)	N	% o Media (DS)
<u>Caratteristiche generali</u>						
Sesso						
Maschio	7	50%	4	57.1%	3	42.9%
Femmina	7	50%	3	42.9%	4	57.1%
Età (anni)	14	36.3 (11.7)	7	35.4 (10.7)	7	37.1 (13.4)
Stato civile						
Non sposato	9	64.2%	5	71.4%	4	57.1%
Convivente	1	7.1%	1	14.3%	-	-
Sposato	4	28.6%	1	14.3%	3	42.9%
Vive da solo						
Si	9	64.3%	4	57.1%	1	85.7%
No	5	35.7%	3	42.9%	6	14.3%
Educazione						
Diploma/Maturità	8	57.1%	5	71.4%	3	42.9%
Laurea	4	28.6%	-	-	4	57.1%
Laurea Magistrale	2	14.3%	2	28.6%	-	-
Tipo di lavoro						
Attivo	7	50%	4	57.1%	3	42.9%
Sedentario	7	50%	3	42.9%	4	57.1%
<u>Salute fisica e benessere psicologico</u>						
BMI	14	22.9 (3.7)	7	23.4 (4.8)	7	22.5 (2.4)
Patologie croniche						
Si	2	14.3%	-	-	2	28.6%
No	12	85.7%	7	100%	5	71.4%
Fumatore						
Si	7	50%	3	42.9%	4	57.1%
No	7	50%	4	57.1%	3	42.9%
Sigarette al giorno	14	15.4 (4.2)	7	16 (5.3)	7	15 (4.1)
Soddisfazione per il lavoro	14	7.1 (2)	7	6.7 (2.4)	7	7.6 (1.7)
Stress lavoro-correlato	14	7.9 (1.9)	7	8.6 (1.4)	7	7.3 (2.3)
Assunzione farmaci						
Mai	7	50%	4	57.1%	3	42.9%
Occasionalmente	7	50%	3	42.9%	4	57.1%
Regolarmente	-	-	-	-	-	-
Assunzione alcolici						
Mai	1	7.1%	-	-	1	14.3%
Occasionalmente	10	71.4%	6	85.7%	4	57.1%
Regolarmente	3	21.4%	1	14.3%	2	28.6%
Assunzione sostanze stupefacenti						
Mai	10	71.4%	5	71.4%	5	71.4%
Occasionalmente	3	21.4%	2	28.6%	1	14.3%
Regolarmente	1	7.1%	-	-	1	14.3%
Stato di salute percepito	14	7.4 (2.2)	7	7.7 (0.8)	7	7.1 (3.2)
Soddisfazione qualità del sonno	14	2.5 (0.9)	7	2.4 (0.8)	7	2.6 (1.1)
Influenza qualità del sonno sulla salute	14	3.6 (0.9)	7	3.7 (0.8)	7	3.4 (1.1)

All'inizio della Fase 1 i partecipanti sono stati divisi in due gruppi: intervento IVR-PA (n=7, 50%) e intervento PSYED (n=7, 50%). Tutti i partecipanti hanno completato la Fase 1 e la relativa raccolta dati (Totale n=14, 100%; IC 95%: 76,8-100%; IVR-PA: n=7, 100%; IC 95%: 59-100%; PSYED: n=7, 100%; IC 95%: 59-100%).

Durante la fase di follow-up, due partecipanti hanno lasciato l'azienda, quindi, un totale di 12 partecipanti (85,7%, IC 95%: 57,2-98,2%) ha completato il questionario di follow-up ed è stato coinvolto nel programma di GPA.

Per quanto riguarda la partecipazione al programma GPA, 5 partecipanti hanno frequentato tutte e quattro le sessioni (Totale: 41,7%, IC 95%: 15,2-72,3%; gruppo IVR-PA: n=3, 50%, IC 95%: 11,8-88,2%; gruppo PSYED: n=2, 33,3%, IC 95%: 4,3-77,7%), 4 partecipanti hanno frequentato 3 sessioni (Totale: 33,3%, IC 95%: 9,9-65,1%; gruppo IVR-PA: n=3, 50%, IC 95%: 11,8-88,2%; gruppo PSYED: n=1, 16,7%, IC 95%: 0,4-64,1%), 2 partecipanti hanno frequentato 2 sessioni (Totale: 16,7%, IC 95%: 2,1-48,4%; gruppo PSYED: n=2, 33,3%, IC 95%: 4,3-77,7%) e 1 partecipante ha frequentato a una sola sessione (Totale: 8,3%, IC 95%: 0,2-38,5%; gruppo PE: n=1, 16,7%, IC 95%: 0,4-64,1%).

Dei 12 partecipanti al programma GPA, 11 (91,7%, IC 95%: 61,5-99,8%) hanno completato il questionario finale, somministrato al termine della Fase 2. Il tasso totale di ritenzione, basato sul completamento di tutte le fasi e valutazioni del protocollo è pari al 85.7% per il gruppo IVR-PA (IC 95%: 42.1-99.6%) e al 71.4% per il gruppo di PSYED (IC 95%: 29-96.63%).

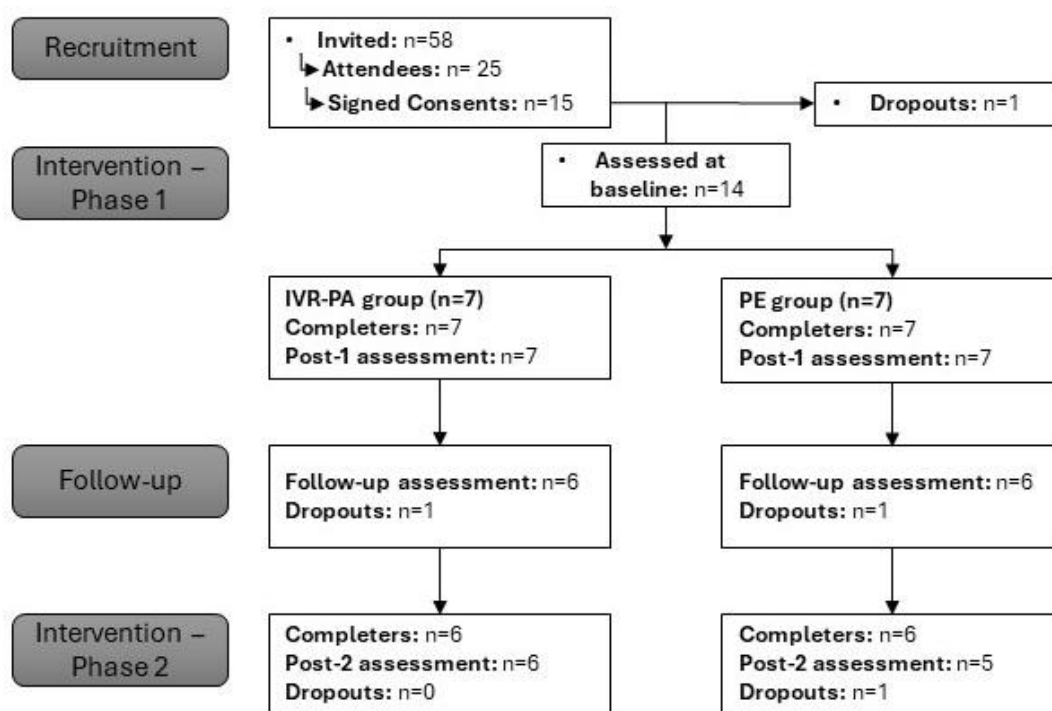


Figura 8. Diagramma di flusso dei partecipanti.

I partecipanti sono stati invitati a esprimere la propria volontà di partecipare a futuri interventi simili. Per quanto riguarda la Fase 1, 11 partecipanti su 14 (78,6%, IC 95%: 49,2-95,3%) hanno risposto "Sì" alla possibilità di prendere parte a interventi futuri simili (IVR-PA: n=6 su 7, 85,7%, IC 95%: 42,1-99,6%; PSYED: n=5 su 7, 71,4%, IC 95%: 29-96,3%). Inoltre, in relazione al programma GPA, 9 partecipanti su 11 (81,8%; IC 95%: 48,2-97,7%) hanno dichiarato di essere disponibili a partecipare a interventi simili.

Accettabilità

I risultati del questionario sulla accettabilità delle attività svolte dai partecipanti sono riportati nella Tabella 10.

Per quanto riguarda la Fase 1, l'intervento la IVR-PA ha ottenuto punteggi leggermente più alti rispetto alla PSYED per soddisfazione (Media $\pm$ DS = 8,7 $\pm$ 1,8 vs 7,1 $\pm$ 3,1), coinvolgimento (Media $\pm$ DS = 8,7 $\pm$ 1,8 vs 7,6 $\pm$ 3) e all'adeguatezza al contesto (Media $\pm$ DS = 7 $\pm$ 4,2 vs 6,1 $\pm$ 2,7). Nella Fase 2, i partecipanti hanno assegnato un punteggio medio di 8,4 ($\pm$ DS 1,7) alla soddisfazione, 8,9 ($\pm$ DS 1,5) al coinvolgimento e 7,7 ($\pm$ DS 2,1) e all'adeguatezza al contesto.

La frequenza delle sessioni di IVR-PA è stata giudicata come "adeguata" da 6 partecipanti (85,7%) e come "scarsa" da 1 partecipante (14,3%). Per quanto riguarda la PSYED, 6 partecipanti (85,7%) hanno valutato la frequenza come "adeguata" e 1 (14,3%) come "eccessiva". La frequenza delle sessioni GPA è stata valutata come "adeguata" da 10 partecipanti (90,9%) e come "scarsa" da 1 partecipante (9,1%).

La durata delle sessioni è stata valutata come "adeguata" da 6 partecipanti (85,7%) e come "eccessiva" da 1 partecipante (14,3%) sia per la IVR-PA che per la PSYED. Per quanto riguarda la durata delle sessioni GPA, è stata giudicata come "adeguata" da tutti gli 11 partecipanti.

Rispetto all'item "Consiglierei IVR-PA/PSYED a un amico o ad altri colleghi", 6 partecipanti (85,7%) hanno risposto "sì" e 1 (14,3%) ha risposto "no" sia per la IVR-PA che per la PSYED. Per la GPA, 10 partecipanti (90,9%) hanno risposto "sì" e 1 (9,1%) ha risposto "no".

Feedback dei partecipanti

Le opinion emerse dagli *item* relativi al feedback dei partecipanti sono sintetizzate nella Tabella 11.

Tabella 10. Misure accettabilità: statistiche descrittive

	Fase 1						Fase 2		
	IVR-PA (N=7)			PSYED (N=7)			GPA (N=11)		
	N	% o Media (DS)	IC 95%	N	% o Media (DS)	IC 95%	N	% o Media (DS)	IC 95%
Soddisfazione	7	8.7 (1.8)	7.3-9.8	7	7.1 (3.1)	4.4-9.2	11	8.4 (1.7)	7.6-9.2
Coinvolgimento	7	8.7 (1.8)	7.3-9.8	7	7.6 (3)	4.8-9.3	11	8.9 (1.5)	8.1-9.6
Adeguatezza al contesto	7	7 (4.2)	3.8-9.8	7	6.1 (2.7)	3.9-8.0	11	7.7 (2.1)	7.2-9.1
Frequenza sessioni									
Scarsa	1	14.3%	0.04-57.9	-	-		1	9.1 %	0.23-51.8
Adeguate	6	85.7%	42.1-99.6	6	85.7%	42.1-99.6	10	90.9 %	58.7-99.8
Eccessiva	-	-		1	14.3%	0.04-57.9	-	-	
Durata sessioni									
Scarsa	-	-		-	-		-	-	
Adeguate	6	85.7%	42.1-99.6	6	85.7%	42.1-99.6	11	100%	71.5-100
Eccessiva	1	14.3%	0.04-57.9	1	14.3%	0.04-57.9	-	-	
Consiglierebbe l'attività ad altre persone									
Si	6	85.7%	42.1-99.6	6	85.7%	42.1-99.6	10	90.9 %	58.7-99.8
No	1	14.3%	0.04-57.9	1	14.3%	0.04-57.9	1	9.1 %	0.23-51.8

Tabella 11. Feedback dei partecipanti

Aspetti positivi IVR-PA	Aspetti negativi IVR-PA
· Coinvolgente, divertente, rilassante e facile da utilizzare. · Offre la possibilità di svolgere attività fisica durante le pause senza eccessive difficoltà.	· Non sempre adatto al livello di fitness di tutti. · Le sessioni sono troppo corte.
Aspetti positivi PSYED	Aspetti negativi PSYED
· Argomenti interessanti da discutere nel contesto lavorativo. · Gli argomenti sono stati trattati in modo chiaro e semplice. · L'esperienza è stata motivante.	Nessuna risposta.
Aspetti positivi GPA	Aspetti negativi GPA
· Consente un momento di svago e pausa dal lavoro. · Offre l'opportunità di acquisire maggiore consapevolezza del proprio corpo e degli spunti per praticare più attività fisica durante una giornata sedentaria. · Create a pleasant environment and cohesion with colleagues; · Stimolante e coinvolgente.	· Non sempre adatto al livello di fitness di tutti. · Poca flessibilità nella programmazione degli incontri.

Analisi esplorative per la stima dell'effetto

- Effetti acuti della IVR-PA

I risultati mostrano che i partecipanti hanno percepito una riduzione dello stress, dell'ansia e dell'umore depresso dopo ogni sessione (Media $\pm$ DS = 4,5 $\pm$ 2 vs 2,5 $\pm$ 1,7 per lo stress; 3,1 $\pm$ 2,1 vs 1,6 $\pm$ 1,2 per l'ansia; 2,4 $\pm$ 1,7 vs 1,8 $\pm$ 1,4 per l'umore depresso). Durante le sessioni di IVR-PA i partecipanti hanno sperimentato alti livelli di soddisfazione (Media $\pm$ DS = 8,3 $\pm$ 1,6), coinvolgimento (Media $\pm$ DS = 9,3 $\pm$ 0,7) e senso di presenza (Media $\pm$ DS = 8,6 $\pm$ 1,2), che sono rimasti costanti nel corso del tempo. I risultati di ogni sessione sono riportati nella Tabella 12 e contengono la valutazione delle differenze per le misure ripetute Pre-Post (Wilcoxon signed rank test, Z) e il calcolo dell'*effect size* (r). La dimensione dell'effetto per le differenze Pre-Post sessione era prevalentemente di grande entità (r >0.5), in particolare per stress e ansia percepite.

- Misure relative all'attività fisica e al benessere psicologico

Nella Tabella 13 sono riportate le statistiche descrittive delle variabili in esame. Le variazioni dei punteggi per i due gruppi nei diversi punti temporali sono visibili nella Figura 9. Nella Figura 10 sono riportati gli istogrammi relativi ai diversi domini del GPAQ (lavoro, spostamenti e tempo libero) e della SIMS (motivazione intrinseca, regolazione identificata, regolazione esterna e amotivazione).

La Tabella 14 mostra i risultati del *Wilcoxon signed-rank test* e il relativo *effect size* calcolato per le differenze all'interno dello stesso gruppo tra i diversi punti temporali. I risultati del *Mann-Whitney U test* e il relativo *effect size*, calcolato per il confronto delle variazioni (Δ) nei diversi punti temporali tra i due gruppi, sono riportati nella tabella 15.

Dall'analisi dei dati non sono emerse variazioni a favore della IVR-PA rispetto alla PSYED. L'ampiezza delle deviazioni standard indica una notevole variabilità nelle risposte individuali. Dal calcolo degli *effect size* sono osservabili effetti prevalentemente di piccola entità (r <0.3) sia per le differenze all'interno dello stesso gruppo, sia per le differenze tra gruppi.

Tabella 12. Questionario *Session-by-session* - effetti acuti IVR-PA: statistiche descrittive, differenze inter-gruppo per misure ripetute Pre vs Post con *Wilcoxon signed-rank test* (Z) ed *effect size* (r)

		<i>Sessione 1</i>					<i>Session 2</i>					<i>Session 3</i>					<i>Session 4</i>					<i>Total</i>				
	N	Media (DS)	IC 95%	Z	r	Media (DS)	IC 95%	Z	r	Media (DS)	IC 95%	Z	r	Media (DS)	IC 95%	Z	r	Media (DS)	IC 95%	Z	r					
<u>PRE</u>																										
Stress	7	4.9 (2)	3.9-5.9	-	-	3.9 (2.9)	2.4-5.6	-	-	4.9 (0.7)	4.6-5.3	-	-	4.4 (2.1)	3.1-6.0	-	-	4.5 (2)	4.1-5.0	-	-					
Ansia	7	3.4 (2.2)	2.1-4.9	-	-	3 (3.2)	1.7-4.4	-	-	3.6 (1.5)	2.6-4.9	-	-	2.4 (1.6)	1.3-3.6	-	-	3.1 (2.1)	2.4-3.9	-	-					
Umore depresso	7	1.6 (0.8)	1.3-1.9	-	-	1.9 (0.7)	1.6-2.1	-	-	3 (2)	1.9-4.3	-	-	3.1 (2.3)	1.7-4.7	-	-	2.4 (1.7)	1.8-3.1	-	-					
<u>POST</u>																										
Stress	7	2 (1.3)	1.3-2.7	-2,388	0,90	2.4 (2.3)	1.1-4.1	-2,232	0,84	2.9 (1.6)	1.7-3.9	-2,06	0,78	2.7 (1.6)	1.6-3.9	-1,983	0,75	2.5 (1.7)	1.6-3.4	-2,371	0,90					
Ansia	7	1.6 (1)	1.3-1.9	-2,214	0,84	1.9 (1.9)	1.1-2.7	-1,725	0,65	1.4 (0.5)	1.3-1.6	-2,023	0,76	1.7 (1.3)	1.0-2.6	-1,342	0,51	1.6 (1.2)	1.3-2.1	-2,366	0,89					
Umore depresso	7	1.3 (0.5)	1.0-1.6	-1,414	0,53	1.3 (0.8)	1.0-1.6	-1,414	0,53	2.1 (1.6)	1.3-3.0	-0,962	0,36	2.6 (2.1)	1.3-4.0	-0,68	0,26	1.8 (1.4)	1.2-2.6	-1,265	0,48					
Soddisfazione	7	8.9 (1.3)	8.1-9.6	-	-	8 (1.3)	7.4-8.7	-	-	7.7 (1.9)	6.6-8.7	-	-	8.6 (1.7)	7.6-9.4	-	-	8.3 (1.6)	7.6-8.9	-	-					
Coinvolgimento	7	9.4 (0.8)	9.0-9.9	-	-	9.1 (0.7)	8.9-9.4	-	-	9.1 (0.7)	8.9-9.4	-	-	9.4 (0.5)	9.3-9.6	-	-	9.3 (0.7)	9.0-9.6	-	-					
Senso di presenza	7	8.9 (1.2)	8.3-9.6	-	-	8.4 (1.3)	7.9-9.0	-	-	8.4 (1.5)	7.7-9.2	-	-	8.7 (1.1)	8.1-9.3	-	-	8.6 (1.2)	8.0-9.3	-	-					

Tabella 13. Misure relative all'attività fisica e al benessere psicologico: statistiche descrittive

Gruppo IVR-PA		Baseline		Post 1		Follow-up		Post 2	
	N	Media (DS)	IC 95%	N	Media (DS)	IC 95%	N	Media (DS)	IC 95%
GPAQ (MET/week)	7	4440 (3999)	1440-7806	7	4342 (4053)	1653-7816	6	3940 (3444)	1361-6661
SE	7	3.9 (0.9)	3.3-4.3	7	4.1 (0.7)	3.7-4.6	6	4 (0.6)	3.7-4.3
SIMS- IM	7	21 (4)	18.4-23.7	7	23.4 (5.3)	17.1-27.4	6	23.2 (4.1)	19.8-26
SIMS- IR	7	24.6 (2.8)	22.8-26.1	7	25.9 (3.5)	21.9-27.8	6	24.7 (4.5)	20-27.4
SIMS - ER	7	6 (1.7)	5.1-6.9	7	6.1 (2.3)	4.6-7.8	6	6.8 (4.6)	4.6-10.2
SIMS- AM	7	5.7 (1.5)	4.8-6.7	7	6.1 (2.2)	5-7.5	6	6.3 (4.8)	04-ott
SWEMWBS	7	25.71 (3.3)	23.5-27.8	7	24.4 (2.8)	22.8-26.1	6	26.8 (3.8)	24-29.8
PHQ	7	0.7 (1.1)	0-1.8	7	1 (0.8)	0.5-1.5	6	1.5 (0.6)	1.2-1.8
GAD	7	1.4 (0.5)	1.1-1.8	7	2 (1)	1.4-2.6	6	1.7 (0.8)	1.1-2.3

Gruppo PSYED		Baseline		Post 1		Follow-up		Post 2	
	N	Media (DS)	IC 95%	N	Media (DS)	IC 95%	N	Media (DS)	IC 95%
GPAQ (MET/week)	7	3880 (4133)	840-6885	7	3931 (3194)	1906-6000	6	1360 (1346)	430-2541
SE	7	3.4 (1)	2.8-4.2	7	3.6 (0.8)	2.8-4	6	3.5 (0.8)	2.9-4
SIMS- IM	7	18.7 (6.4)	13-24	7	16.6 (5.8)	11.5-21	6	17.3 (7.7)	11.3-22.5
SIMS- IR	7	22.9 (5.3)	17.5-26.9	7	22.1 (7)	15.5-26.6	6	21.3 (6.9)	16-25.5
SIMS - ER	7	9.1 (5.6)	5.2-13.7	7	10.9 (5.6)	7.6-14	6	8.2 (3.8)	6-10.6
SIMS- AM	7	6.3 (3.1)	4.4-8.5	7	7 (6)	4.2-10.6	6	4.7 (1.6)	04-giu
SWEMWBS	7	23.4 (9.5)	13.7-30	7	21.9 (8)	13.8-28.5	6	24.5 (6.1)	19.6-28.8
PHQ	7	1.7 (1.4)	1-2.5	7	1.9 (1.6)	1.1-1.8	6	1.3 (1.2)	0.6-2
GAD	7	2 (1.2)	1.5-2.6	7	2.1 (2)	1.2-3.4	6	1.7 (1.4)	0.8-2.5

Legenda: GPAQ, General Physical Activity Questionnaire; SE, Self-Efficacy scale; SIMS, Situational Motivation Scale; IM, Intrinsic Motivation subscale; IR, Identified Regulation subscale; ER, External Regulation subscale; AM, Amotivation subscale; SWEMWBS, Short Warwick Edinburgh Mental Well-being Scale; PHQ, Patient Health Questionnaire – depression screening scale; GAD, General Anxiety Disorder - anxiety screening scale.

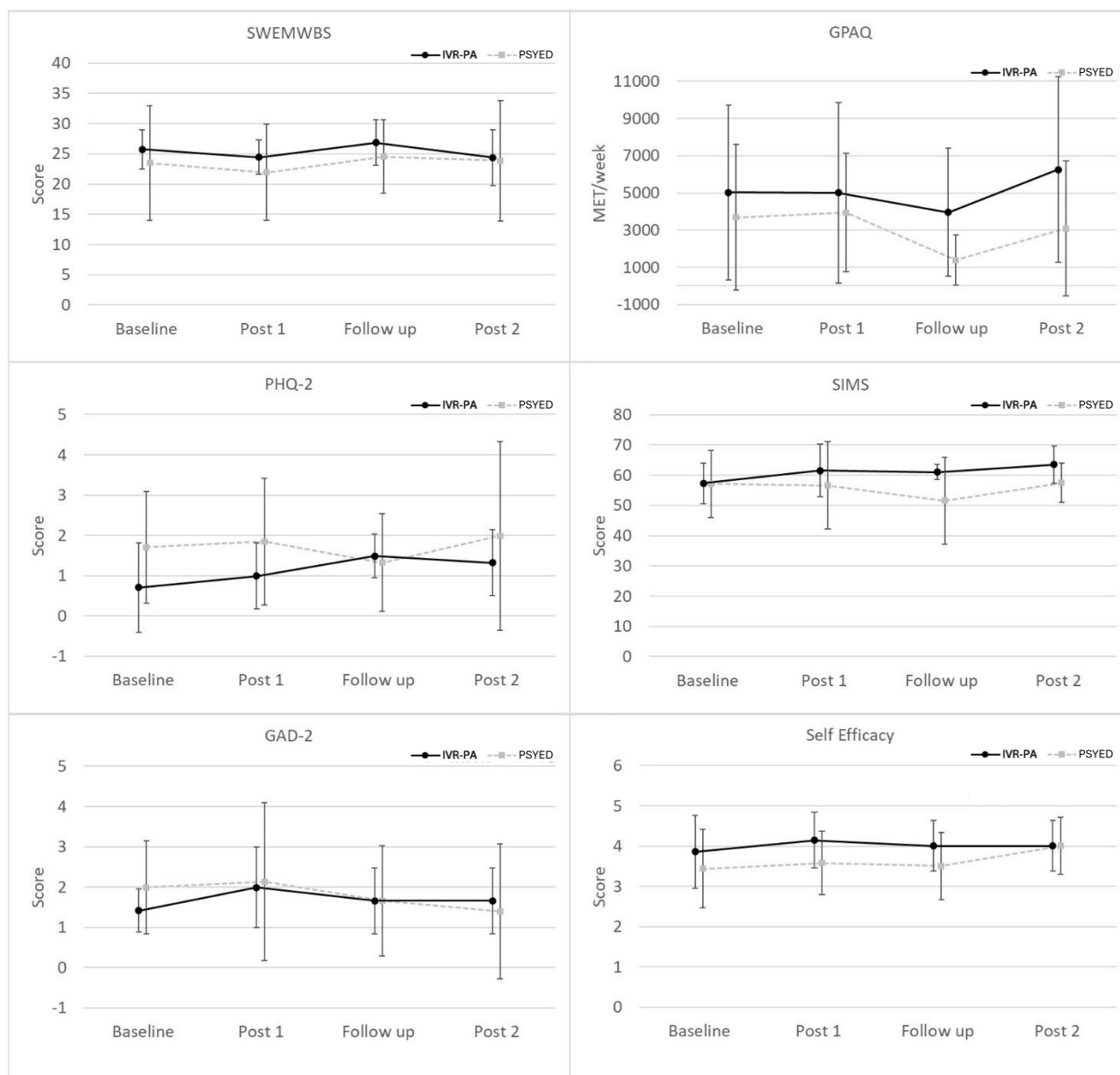


Figura 9. Misure relative all'attività fisica e al benessere psicologico nei diversi *timepoint*: Media e Deviazione Standard. SWEMWBS, Short Warwick Edinburgh Mental Well-being Scale; PHQ, Patient Health Questionnaire – depression screening scale; GAD, General Anxiety Disorder - anxiety screening scale; GPAQ, General Physical Activity Questionnaire; SE, Self-Efficacy scale; SIMS, Situational Motivation Scale;

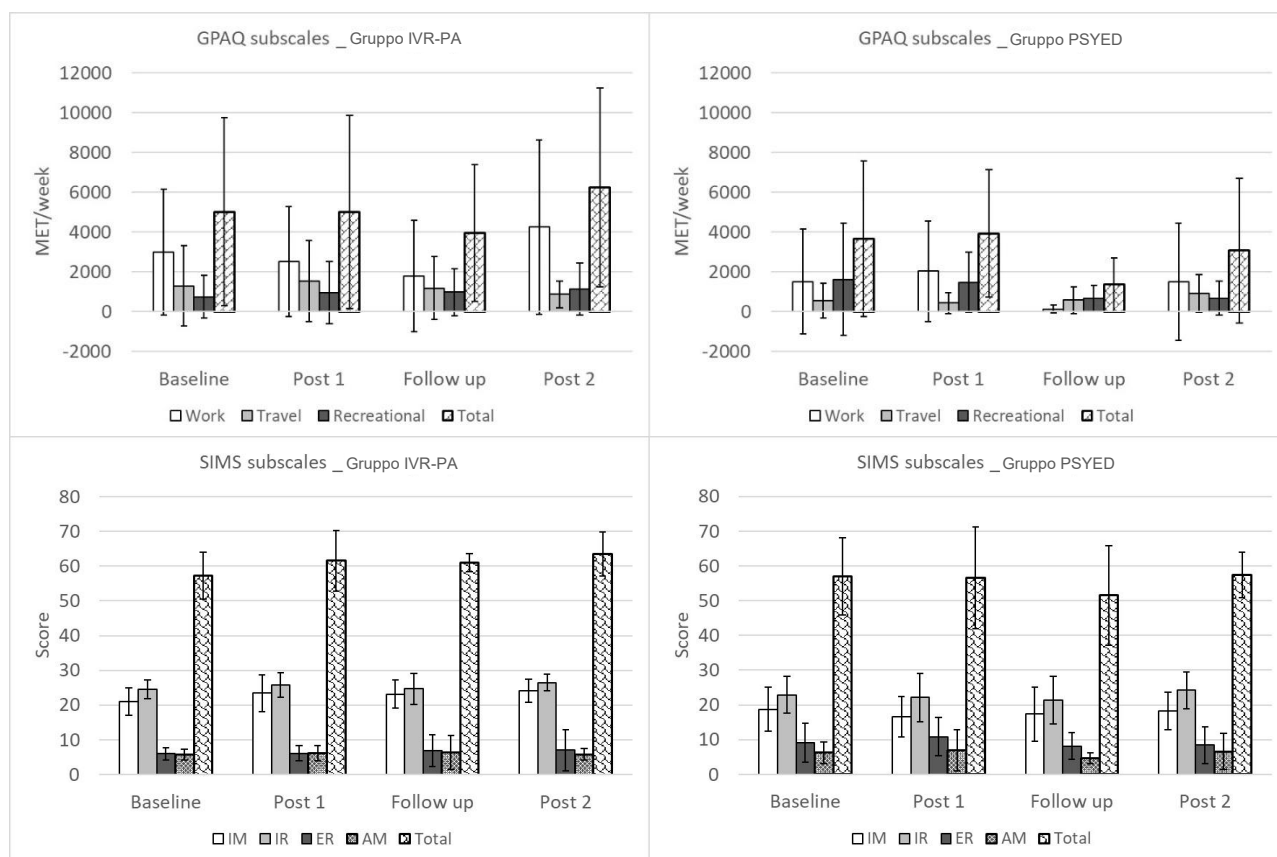


Figura 10. GPAQ e SIMS *subscales* nei diversi *timepoint*: Media e Deviazione Standard. GPAQ, General Physical Activity Questionnaire; SIMS, Situational Motivation Scale; IM, Intrinsic Motivation subscale; IR, Identified Regulation subscale; ER, External Regulation subscale; AM, Amotivation subscale.

Tabella 14. Misure relative all'attività fisica e al benessere psicologico: differenze intra-gruppo *Wilcoxon signed-rank test* (Z) ed *effect size* (r)

	Baseline vs Post Fase 1			Post Fase 1 vs Follow-up		Baseline vs Follow-up		Follow-up vs Post Fase 2	
	N	Z	r	Z	r	Z	r	Z	r
<u>Gruppo IVR-PA</u>									
GPAQ	7	-0,405	0,15	0	0,00	-0,105	0,04	-1,577	0,60
SE	7	-1	0,38	-0,577	0,22	0	0,00	0	0,00
SIMS-IM	7	-1,016	0,38	0	0,00	-0,742	0,28	-0,736	0,28
SIMS-IR	7	-0,851	0,32	-0,948	0,36	-0,136	0,05	-0,948	0,36
SIMS-ER	7	-0,412	0,16	-0,368	0,14	-0,368	0,14	-0,184	0,07
SIMS-AM	7	-0,425	0,16	0	0,00	-0,677	0,26	0	0,00
SWEMWBS	7	-1,236	0,47	-0,813	0,31	-0,105	0,04	-0,742	0,28
PHQ	7	-0,816	0,31	-1,414	0,53	-2,333	0,88	-0,577	0,22
GAD	7	-1,19	0,45	-0,447	0,17	-0,577	0,22	0	0,00
<u>Gruppo PSYED</u>									
GPAQ	7	-0,524	0,20	-1,761	0,67	-0,405	0,15	-0,73	0,28
SE	7	-0,577	0,22	0	0,00	0	0,00	-1,342	0,51
SIMS-IM	7	-1,997	0,75	-0,542	0,20	-1,826	0,69	-1,214	0,46
SIMS-IR	7	-0,594	0,22	-0,135	0,05	-1,461	0,55	-1,461	0,55
SIMS-ER	7	-0,42	0,16	-0,73	0,28	-1,461	0,55	0	0,00
SIMS-AM	7	-0,631	0,24	-1,342	0,51	-1,604	0,61	-1,342	0,51
SWEMWBS	7	-0,631	0,24	-1,355	0,51	-0,53	0,20	0	0,00
PHQ	7	-0,577	0,22	-0,816	0,31	-0,272	0,10	0,816	-0,31
GAD	7	-0,378	0,14	-0,535	0,20	-0,276	0,10	-0,272	0,10

Tabella 15. Misure relative all'attività fisica e al benessere psicologico: differenze inter-gruppo Mann-Whitney U test (Z) ed *effect size* (r)

	N	Δ Baseline vs Post Fase 1		Δ Post Fase 1 vs Follow-up		Δ Baseline vs Follow-up		Δ Follow-up vs Post Fase 2	
		Z	r	Z	r	Z	r	Z	r
GPAQ	14	-0,578	0,15	-0,889	0,24	-0,321	0,09	-0,549	0,15
SE	14	-0,421	0,11	-0,451	0,12	0	0,00	-1,625	0,43
SIMS-IM	14	-1,415	0,38	-0,081	0,02	-1,774	0,47	-0,648	0,17
SIMS-IR	14	-0,84	0,22	-0,645	0,17	-1,133	0,30	-0,368	0,10
SIMS-ER	14	-0,064	0,02	-0,411	0,11	-0,411	0,11	0	0,00
SIMS-AM	14	-0,643	0,17	-0,357	0,10	-0,41	0,11	-0,768	0,21
SWEMWBS	14	-0,387	0,10	-0,402	0,11	-0,241	0,06	-0,643	0,17
PHQ	14	-0,142	0,04	-2,095	0,56	-2,095	0,56	-0,873	0,23
GAD	14	-0,659	0,18	-0,357	0,10	-0,579	0,15	-0,697	0,19

Legenda: GPAQ, General Physical Activity Questionnaire; SE, Self-Efficacy scale; SIMS, Situational Motivation Scale; IM, Intrinsic Motivation subscale; IR, Identified Regulation subscale; ER, External Regulation subscale; AM, Amotivation subscale; SWEMWBS, Short Warwick Edinburgh Mental Well-being Scale; PHQ, Patient Health Questionnaire – depression screening scale; GAD, General Anxiety Disorder - anxiety screening scale.

Discussione

L'obiettivo principale di questo studio era di condurre un'indagine preliminare sulla fattibilità e sull'accettabilità di un intervento longitudinale di IVR-PA nel contesto lavorativo, oltre che sulla sua capacità di promuovere l'adesione e la partecipazione a un successivo programma di GPA. Inoltre, la IVR-PA è stata messa a confronto con l'approccio più frequentemente utilizzato nella ricerca per la promozione dell'attività motoria nell'ambiente lavorativo, ossia un intervento di psicoeducazione di carattere informativo/educativo. A favore della nostra ipotesi, per la quale si prevedevano risultati migliori per l'intervento di IVR-PA, questo approccio ha registrato punteggi leggermente più alti rispetto alla PSYED in relazione alla soddisfazione, al coinvolgimento e all'adeguatezza al contesto lavorativo. La frequenza e la durata delle sessioni sono state valutate come adeguate dallo stesso numero di partecipanti in entrambi i gruppi. Il tasso di ritenzione dei partecipanti e l'adesione al programma GPA sono risultati simili per la IVR-PA e la PSYED: tuttavia, i partecipanti del gruppo IVR-PA hanno partecipato a un numero maggiore di sessioni di GPA.

Il tasso di ritenzione del nostro intervento di IVR-PA, tenendo in considerazione il periodo di 4 settimane di effettiva applicazione, è risultato superiore (100% vs 48%) rispetto a quello riportato in uno studio simile condotto da Xu et al., (2021), nel quale è stato utilizzato lo stesso exergame di FitXR su un campione di studenti universitari. Ciononostante, la differenza potrebbe dipendere dalla diversa composizione del campione, oltre che al maggiore impegno derivante dal protocollo di Xu et al. Infatti, i partecipanti avrebbero dovuto svolgere due sessioni settimanali per 6 settimane consecutive, a differenza del nostro protocollo che prevedeva una sessione settimanale per 4 settimane.

Il tasso di ritenzione riscontrato in questo studio, inoltre, è coerente con quello identificato in altri lavori che hanno indagato sulla capacità della IVR-PA di migliorare l'esperienza e promuovere la pratica dell'attività motoria, nei quali il tasso varia dal 76.2 al 100% Mocco et al., (2024). Tuttavia, questi studi hanno utilizzato approcci differenti e la maggior parte prevedeva l'applicazione di una singola sessione di IVR-PA (Calogiuri et al., 2018; Farrow et al., 2019; Feodoroff et al., 2019; J. Fox & Bailenson, 2009; Gomez et al., 2018; Jones & Wheat, 2023; W. Liu et al., 2019; McClure & Schofield, 2019; McDonough et al., 2020; Ochi et al., 2022; Rutkowski et al., 2021; Sakhare et al., 2019; Touloudi et al., 2022; Xu et al., 2020; Zeng et al., 2017, 2022; Zhou, 2020). È comunque interessante notare che gli studi che hanno condotto interventi a lungo termine hanno registrato un tasso di ritenzione pari al 100% (Gani et al., 2023; Mologne et al., 2022). Pertanto, riteniamo che il nostro intervento abbia raggiunto un buon tasso di mantenimento e che, in generale, l'IVR-PA abbia un forte potenziale nel generare adesione.

I risultati relativi agli effetti acuti delle sessioni di IVR-PA supportano quanto emerso dalla valutazione sulla accettabilità dell'intervento: i partecipanti hanno riportato costantemente elevati livelli di

soddisfazione, coinvolgimento e senso di presenza, i quali possono contribuire a migliorare l'esperienza complessiva dell'attività fisica (Mocco et al., 2024). Inoltre, questo approccio potrebbe avere il potenziale per ridurre i livelli di stress e ansia, oltre che migliorare l'umore dei lavoratori. In letteratura non sono presenti altre evidenze che supportano questi effetti della IVR-PA, ma lo studio di Xu et al., (2021), suggerisce che questo approccio potrebbe portare ad alcuni miglioramenti del benessere psicologico, in particolare per quanto riguarda i livelli di depressione.

Nel complesso i risultati dello studio indicano che la IVR-PA potrebbe rappresentare uno strumento promettente per il miglioramento del benessere dei dipendenti quando integrata nel contesto lavorativo. Questi risultati sono in linea con quanto riportato da (Touloudi et al., 2022), in cui i partecipanti hanno descritto l'IVR-PA come un'attività in grado di facilitare il rilassamento mentale e fornire una pausa piacevole dallo stress lavorativo, percezione condivisa anche dai partecipanti del nostro studio. Inoltre, sono coerenti con altre evidenze che hanno riportato degli effetti positivi sulla sfera psicologica. Ad esempio, nello studio di Farrow et al., (2019), è stato osservato un incremento significativo della vitalità soggettiva associato alla IVR-PA rispetto all'attività fisica tradizionale, dopo una singola sessione. Analogamente, Ochi et al., (2022), hanno riportato effetti positivi sull'umore a favore della l'IVR-PA rispetto a sessioni di attività fisica in realtà virtuale non-immersiva.

L'analisi esplorativa sui livelli di attività fisica, di motivazione e auto-efficacia, oltre che di benessere mentale è stata condotta per valutare in via preliminare l'efficacia dell'intervento. Tuttavia, la potenza statistica dello studio non era sufficiente per rilevare differenze significative nelle variabili esaminate, e potrebbe essere stata influenzata dalla dimensione del campione. Altri studi hanno riscontrato miglioramenti significativi nella motivazione e nell'autoefficacia, sia rispetto ai valori di baseline (Farrow et al., 2019) sia nel confronto con altre modalità di svolgimento dell'attività motoria (W. Liu et al., 2019; McDonough et al., 2020; Zeng et al., 2017), anche in seguito a una singola sessione.

Questo studio è soggetto a diverse limitazioni che devono essere considerate nell'interpretazione dei risultati. La ridotta dimensione del campione non consente di generalizzare le evidenze emerse. Il reclutamento è stato circoscritto ai dipendenti di una singola azienda situata a Bologna, restringendo l'applicabilità dei risultati ad altri contesti lavorativi e ad altre popolazioni di lavoratori. L'assenza dell'osservazione precisa di un metodo di randomizzazione nell'assegnazione dei partecipanti ai gruppi di intervento rappresenta un potenziale *bias*. La breve durata dell'intervento potrebbe aver limitato la rilevazione di effetti significativi. Protocolli a lungo termine potrebbero fornire risultati più robusti e approfondire l'analisi sulla fattibilità e la sostenibilità dell'intervento, oltre che sull'impatto relativo alla pratica di attività e al benessere psicologico. L'utilizzo di misure auto-riferite per la rilevazione dei livelli di attività fisica potrebbe aver introdotto errori di valutazione. Nello specifico, il GPAQ necessita di istruzioni più dettagliate per i partecipanti per quanto concerne la quantificazione dell'intensità

percepita in relazione all'attività fisica praticata. Nel nostro caso, si è osservata una probabile sovrastima dell'attività fisica svolta durante l'orario lavorativo. Per migliorare l'accuratezza dei dati, si suggerisce la somministrazione in forma di intervista, spiegando più chiaramente le intensità di attività descritte nel questionario. Relativamente alle sessioni di IVR-PA, alcuni partecipanti hanno trovato il livello di intensità dell'allenamento troppo alto rispetto al proprio livello di fitness. Nel nostro intervento, il livello di difficoltà del software è stato impostato allo stesso modo per tutti i partecipanti, al fine di garantire la standardizzazione. Tuttavia, l'*exergame* utilizzato offre la possibilità di adattare il livello di intensità e la durata dell'esercizio. In base ai presupposti che facilitano l'adesione alla pratica regolare di attività fisica, studi futuri dovrebbero valutare il livello di fitness dei partecipanti preventivamente e calibrare l'allenamento proposto tramite lo svolgimento di alcune sessioni di familiarizzazione con lo strumento.

La sperimentazione futura dovrebbe adottare metodi accurati di randomizzazione ed esplorare questo approccio con una numerosità campionaria adeguata al fine di migliorare la robustezza metodologica e la validità dei risultati. Per accrescere l'accuratezza delle misurazioni, sarebbe opportuno integrare i dati auto-riferiti con strumenti oggettivi, come *wearable device* per il monitoraggio dei parametri fisiologici e dell'attività fisica. Per ottimizzare l'efficacia degli interventi e consentirne adeguati confronti, sarebbe opportuno attenersi più rigorosamente alle linee guida ad oggi disponibili, le quali, tuttavia, richiederebbero una maggiore specificità. Un altro aspetto rilevante riguarda l'integrazione ottimale dell'IVR-PA nei contesti lavorativi: è necessario comprendere come questa tecnologia possa essere inserita nelle routine quotidiane, considerando anche le implicazioni organizzative e logistiche. Sarebbe importante valutare l'impatto dell'IVR-PA su altri aspetti di interesse delle aziende come la produttività e il miglioramento della performance lavorativa al fine di offrire una visione più completa dei suoi benefici e delle sfide correlate. Infine, sarebbe fondamentale condurre analisi costo-efficacia per valutare le implicazioni economiche dell'implementazione di interventi IVR-PA nei contesti professionali, supportando così decisioni consapevoli da parte di datori di lavoro e *policymaker*. L'estensione della ricerca a diversi settori, ambienti lavorativi e tipologie di popolazione sarebbe essenziale per generalizzare i risultati e analizzare l'adattabilità degli interventi IVR-PA in contesti eterogenei. Questi sviluppi rappresentano un'opportunità per avanzare la conoscenza nel campo dell'IVR-PA, e contribuirebbero alla creazione di ambienti lavorativi più sani, produttivi e inclusivi.

Conclusioni

Questo studio pilota fornisce informazioni preliminari a supporto della fattibilità e dell'accettabilità dell'IVR-PA come approccio innovativo per promuovere l'attività fisica e migliorare il benessere nel contesto lavorativo. Nonostante alcuni dei partecipanti si siano ritirati dallo studio durante il periodo di follow-up, i tassi complessivi di completamento dell'intervento risultano incoraggianti. I dati sulla partecipazione alle sessioni di GPA offrono una prima prova a sostegno del potenziale di questo approccio sia per incentivare l'adesione alla pratica di attività motoria, sia in relazione sia al trasferimento delle abitudini oltre il contesto virtuale. Sebbene le evidenze siano promettenti, sarà fondamentale condurre ulteriori studi per affrontare le limitazioni del presente lavoro e approfondire la comprensione degli interventi basati sulla IVR-PA.

Grazie alle possibilità di adattamento dell'attività motoria disponibili nel software utilizzato per l'intervento, questo strumento risulta particolarmente inclusivo. Questo fattore, assieme alla modalità di allenamento proposta, consentirebbero il coinvolgimento di individui con disabilità fisiche. La semplicità e l'immediatezza dell'interfaccia potrebbero favorire il superamento di alcune barriere, come quelle linguistiche, o quelle legate all'alfabetizzazione tecnologica. La possibilità di utilizzo in spazi contenuti e la versatilità generale dei dispositivi e dei software consentirebbero di adattare la pratica di IVR-PA alle esigenze logistiche dell'ambiente di applicazione. Queste caratteristiche, insieme a quelle individuate nel capitolo dedicato alla IVR, consentirebbero di ampliare notevolmente il campo di sperimentazione della IVR-PA, declinando il protocollo progettato per questo studio secondo le necessità di altri ambienti lavorativi o di contesti analoghi, come la scuola.

Capitolo V. Progetti paralleli e sviluppi futuri

Durante lo svolgimento del progetto di dottorato, grazie all'inclusione nel gruppo di ricerca del Centro di Medicina Transculturale e Psicosomatica dell'Università di Bologna (*Bologna Transcultural Psychosomatic Team*, BoTPT), ho avuto l'opportunità di avvicinarmi al mondo della salute mentale e di approfondire la mia esperienza sulla promozione dell'attività motoria in relazione ai bisogni specifici di questo contesto. Tramite l'associazione di promozione sociale (A.P.S.) Wind Mind (<https://centri.unibo.it/bo-tpt/it/innovazione/collaborazioni>, <https://centri.unibo.it/bo-tpt/it/iniziative>), il gruppo di ricerca opera nell'ambito della Terza Missione con l'obiettivo di diffondere la cultura del benessere psicofisico, prestando particolare attenzione agli aspetti legati alla sfera psicologica.

L'interesse comunitario per la tutela della salute mentale, cresciuto particolarmente in seguito alle conseguenze della scorsa pandemia di COVID-19, ha dato vita in questi anni a diversi tavoli di dialogo, con l'obiettivo di unire le forze per sviluppare strategie condivise e individuare soluzioni efficaci per affrontare le sfide emergenti di questo ambito. Congruentemente con le esigenze e con le risorse territoriali, individuate durante il confronto con il Dipartimento di Salute Mentale e il Dipartimento di Sanità Pubblica, mediante l'operato della A.P.S. Wind Mind abbiamo provveduto alla progettazione di una serie di iniziative volte alla promozione del benessere mentale tramite l'attività motoria, nelle quali ho prestato la mia collaborazione in veste di chinesologo. Tra queste iniziative, i progetti "Wind Mind for Health" e "Wind Mind for Schools" sono quelle di maggior rilievo: la prima, rivolta agli utenti dei servizi per la salute mentale, in particolare agli individui con stato mentale a rischio di psicosi, è stata attivata nel corso del 2022, con l'obiettivo di creare un servizio per l'orientamento alla scelta di un percorso di attività motoria tra le possibilità offerte dal territorio; la seconda, ispirata alla linea di intervento adottata per l'ambiente lavorativo, è rivolta al mondo della scuola secondaria di primo grado, e muoverà i primi passi a partire dal 2025.

Entrambi questi progetti, assieme alla sperimentazione dell'attività fisica in IVR condotta nel contesto lavorativo, hanno suscitato l'interesse dell'Ateneo, dal quale siamo stati invitati a presentare i nostri lavori nelle edizioni dal 2022 al 2024 dell'evento organizzato in occasione della Giornata Mondiale della Salute Mentale (<https://site.unibo.it/ci-vuole-una-citta/it>).

1. Progetto Wind Mind for Health (WM4H)

Come osservato nel primo capitolo, le problematiche della salute mentale sono frequentemente associate alla presenza di abitudini insalubri, tra cui una marcata tendenza a uno stile di vita sedentario. Le raccomandazioni internazionali per la promozione dell'attività fisica sottolineano l'importanza di prestare particolare attenzione agli individui più fragili, calibrando gli interventi sulle esigenze specifiche di ciascun gruppo, tenendo conto delle loro condizioni fisiche, psicologiche e sociali (World Health Organization, 2018). L'approccio personalizzato mira non solo a garantire l'accessibilità e la sostenibilità delle iniziative, ma anche a incrementare l'efficacia degli interventi e la persistenza dei loro effetti nel tempo. Inoltre, diverse linee guida raccomandano l'integrazione dell'attività motoria nei percorsi terapeutici per i disturbi della salute mentale, principalmente per la depressione e per la schizofrenia (Schuch & Vancampfort, 2021).

Su queste basi, WM4H è stato ideato con lo scopo di avvicinare gli utenti dei servizi per la salute mentale dell'area metropolitana di Bologna alla pratica di attività motoria. Il progetto, rivolto in particolare agli individui con stato mentale a rischio di psicosi, prevede l'attuazione di un intervento personalizzati di consulenza e di supporto per orientare i pazienti interessati ad affiancare l'attività motoria al proprio percorso di *recovery* nella scelta dell'attività più adatta alle proprie esigenze. Questo approccio mira a individuare e ad abbattere le barriere che separano l'intenzione di praticare esercizio fisico dall'azione, fare leva sui facilitatori che favoriscono la motivazione, e avvicinare gli individui alle realtà locali che si occupano di sport e fitness.

Divulgazione e reclutamento

Il progetto è stato svolto a partire da aprile 2022, con il supporto del Dipartimento di Salute Mentale della AUSL di Bologna, in particolare dei Centri per la Salute Mentale (CSM) del territorio, assieme ai quali sono stati individuati gli utenti interessati. La divulgazione del progetto è avvenuta in occasione di incontri di raccordo sulla gestione degli esordi psicotici e delle riunioni di coordinamento con gli operatori di alcuni dei CSM.

La divulgazione del progetto agli utenti è stata quindi mediata dagli operatori di riferimento, i quali avevano il compito di informare i pazienti della possibilità di partecipare e, in seguito alla manifestazione di interesse, di inviare alla nostra équipe la richiesta di inclusione. Tale richiesta, doveva pervenire corredata di valutazione psichiatrica e di un apposito modulo anamnestico del paziente, contenente alcune informazioni sul percorso di cura, al fine di avere a disposizione un quadro iniziale per la personalizzazione degli incontri e del percorso che sarebbe stato intrapreso. La documentazione menzionata è presentata nei materiali supplementari, negli allegati A e B (Appendice II- pag. 113-116).

Struttura del percorso

Al fine di integrare le competenze necessarie per lo svolgimento del progetto, è stata formata un'équipe composta da un medico psichiatra (prof.ssa Ilaria Tarricone), da una psicoterapeuta (dott.ssa Lara Bernardi) e da un chinesiologo (dott. Alessio Mocco). Il percorso di WM4H è stato strutturato in quattro passaggi.

In seguito alla prima analisi dei documenti allegati alla richiesta di partecipazione, il primo passo del progetto prevedeva la valutazione del partecipante, effettuata attraverso colloqui (uno o due incontri) quali-quantitativi. In particolare, veniva somministrato un questionario (Appendice II- Allegato C, pag. 117-124) per raccogliere in modo più approfondito i parametri socio-demografici e indagare i seguenti domini:

- Benessere psicologico (Short Warwick-Edinburgh Mental Well-being Scale, Gremigni et al., 2009; Gremigni & Stewart-Brown, 2011);
- Qualità del sonno (2-items screening, *Insomnia Severity Index*, Castronovo et al., 2016);
- Abitudini legate all'attività fisica (*General Physical Activity Questionnaire*, Wanner et al., 2017);
- Self-efficacy nello svolgimento dell'attività fisica (scala personalizzata, 3-items, adattata da Gao et al., 2009);
- Benessere generale e sociale (scala adattata da Stirling Children's Well-being Scale, Liddle & Carter, 2015);
- Motivazione nello svolgere attività fisica (*Situational Motivation Scale*, Guay et al., 2000);
- Screening dello stato generale di ansia (*Generalized Anxiety Disorder 2-item*, Giuliani et al., 2021);
- Screening depressione (*Patient Health Questionnaire 2-item*, Giuliani et al., 2021);
- checklist sul background sportivo, sugli hobby, le aspirazioni e le preferenze riguardo le attività da svolgere.

In base al profilo costruito sui dati raccolti e alla valutazione da parte dell'équipe, veniva elaborata una serie di proposte relative all'attività fisica consigliata, discusse con il partecipante come secondo passo del percorso. Definite le preferenze del partecipante, il terzo passaggio consisteva nell'individuazione delle possibilità di realizzazione presenti nel territorio, in base anche alle sue disponibilità organizzative. Per garantire uno standard di qualità, personale formato e un ambiente ottimale per le esigenze dell'individuo, è stata creata una rete di dialogo che costituiva anche un bacino preferenziale per la scelta delle strutture, e comprendeva:

- il Dipartimento di Sanità Pubblica, riferimento e tramite per le strutture registrate come “Palestre che promuovono la Salute” sulla piattaforma “Mappa della Salute” (<https://www.mappadellasalute.it/>);
- il Centro Universitario Sportivo dell’Università di Bologna (<https://cusb.unibo.it/it>).

Solo dopo aver sondato la presenza delle attività selezionate all’interno di questi canali, in caso di esito negativo veniva estesa la ricerca ad altre strutture presenti nell’area di interesse del partecipante, previo contatto e verifica dell’adeguatezza.

Individuata l’attività e la struttura in accordo con il partecipante, il quarto passaggio prevedeva il supporto all’avvio dell’attività e il monitoraggio periodico tramite colloquio per valutarne l’andamento e l’aderenza.

Questo progetto mira principalmente a favorire il miglioramento del benessere psicofisico dei partecipanti, con l’obiettivo di rafforzare la fiducia nelle proprie capacità e stimolare la motivazione intrinseca verso l’attività motoria. Inoltre, si prevede che l’esperienza possa contribuire a sviluppare maggiore autonomia, iniziativa e capacità di organizzazione. Per i partecipanti interessati ad attività di gruppo, si ipotizza anche un beneficio nel miglioramento e nell’ampliamento della loro rete sociale.

2. Progetto Wind Mind for Schools

La pratica regolare di attività fisica, oltre a costituire un fattore protettivo per la salute, porta con sé numerosi benefici per lo sviluppo fisico e cognitivo durante l’età evolutiva (Cui et al., 2024; Lubans et al., 2016; World Health Organization, 2020a). Tuttavia, in relazione alle raccomandazioni internazionali, in base ai dati più aggiornati, la popolazione nella fascia di età tra gli 11 e i 17 è quella che mostra il più elevato tasso di inattività fisica. L’81% (I.C. 95% 77.8-88.7) degli adolescenti non raggiunge i livelli raccomandati dalla WHO, con una prevalenza maggiore tra le ragazze rispetto ai ragazzi (84.7% I.C. 95% 83-88.2 vs 77.6% I.C. 95% 76.1-80.4) (Guthold et al., 2020). Inoltre, questo periodo della vita rappresenta una fase particolarmente vulnerabile per l’insorgenza di disturbi della salute mentale (Kieling et al., 2024). Pertanto, accanto all’intervento sulla popolazione adulta, la quale è cronologicamente più prossima al rischio di sviluppare patologie croniche ed è un importante alleato per l’educazione delle nuove generazioni, è fondamentale intensificare gli sforzi dedicati alla prevenzione sugli individui più giovani, che rappresentano la possibilità di raggiungere, mantenere e tramandare gli obiettivi globali relativi alla salute nel futuro.

Nonostante la tematica di questo dottorato di ricerca fosse focalizzata sui lavoratori, al fine di includere nella sperimentazione anche la popolazione più giovane è stato deciso di orientare gli sviluppi futuri

verso il mondo della scuola. Infatti, attraverso questo ambiente, sarebbe possibile implementare un'azione congiunta rivolta sia ai docenti, sia agli studenti, per i quali la scuola rappresenta un contesto analogo a quello del lavoro, anche in relazione alla manifestazione di comportamenti sedentari intrinseci alla comune modalità di svolgimento delle lezioni (Van Stralen et al., 2014).

In base alle risorse attualmente disponibili, il progetto Wind Mind for Schools prevede lo svolgimento di una fase preliminare di avvicinamento e sensibilizzazione delle scuole, che sarà realizzata con un corso di formazione, finalizzata a creare le basi per la successiva sperimentazione.

Fase preliminare

All'interno del corso di formazione verrà illustrato il progetto complessivo e sarà condotto l'addestramento alla somministrazione dell'intervento basato su: 1) l'applicazione di un percorso di psico-educazione finalizzato all'incremento della consapevolezza sui benefici della pratica regolare di attività fisica, sui rischi di uno stile di vita sedentario e sull'utilizzo della IVR per la promozione e per la pratica dell'attività motoria; 2) l'applicazione di un intervento per la motivazione all'attività motoria tramite la pratica di attività ludico-sportive con il supporto della IVR. Gli argomenti saranno affrontati nell'ottica di un'applicazione sia su una popolazione target di giovani studenti, sia sui lavoratori, con particolare attenzione al personale scolastico. Questo corso avrà lo scopo di sondare l'interesse a partecipare alla futura sperimentazione, di raccogliere feedback per l'adattamento del protocollo al mondo della scuola e di fornire gli strumenti per la somministrazione autonoma e consapevole dell'intervento. La formazione sarà rivolta al personale docente e dirigente della scuola secondaria di primo grado, con la possibilità di partecipazione aperta anche agli studenti e ai genitori interessati, dato il carattere divulgativo ed educativo di questa iniziativa. Inoltre, saranno invitati a partecipare anche gli operatori dei servizi per la salute mentale, importante risorsa per coltivare e approfondire la linea di sviluppo intrapresa in campo clinico con il progetto Wind Mind for Health.

Al fine di valutare l'accettabilità e l'applicabilità percepita, l'intenzione alla futura applicazione, oltre che per raccogliere feedback sul gradimento del corso e suggerimenti per l'adattamento del protocollo, al termine della formazione verrà somministrato un questionario che sarà compilato in forma anonima.

I docenti e gli operatori interessati alla futura applicazione dell'intervento saranno invitati a partecipare a una secondo incontro volto alla familiarizzazione con i dispositivi per l'interfaccia con la IVR e con il software selezionato per la sperimentazione.

I destinatari del corso di formazione saranno individuati secondo le seguenti modalità. Gli istituti scolastici saranno suddivisi in base alla locazione territoriale, secondo le aree di pertinenza dei Centri di Salute Mentale del Comune di Bologna (Nord-Sud-Est-Ovest). L'ordine di contatto delle scuole

avverrà in modo randomizzato per ciascuna area e verranno così selezionati 4 istituti nei quali svolgere l'intervento formativo, il quale sarà concentrato in un incontro per ciascun istituto. Sarà valutata la possibilità di accorpare più istituti della stessa area territoriale in ciascun incontro in base alle disponibilità e alle manifestazioni di interesse. Gli operatori dei servizi per la salute mentale saranno invitati agli incontri in base alla propria area di pertinenza.

Rispetto al protocollo adottato nella ricerca condotta nel contesto lavorativo, per la futura sperimentazione sono state pianificate alcune modifiche. Tra queste, è stata proposta l'introduzione del percorso di psicoeducazione prima della fase di attività motoria con la IVR. Questa modifica ha l'obiettivo di potenziare l'intervento, aumentando preventivamente la consapevolezza sull'importanza di aderire a uno stile di vita attivo, assieme a quella sull'utilizzo della IVR, necessaria considerato il delicato rapporto tra i giovani e la tecnologia. Inoltre, la variazione della popolazione target necessita l'adattamento degli strumenti utilizzati per monitorare gli esiti, motivo per il quale saranno selezionate scale e questionari validati sugli adolescenti. Tali adattamenti sono stati definiti sulla base delle considerazioni emerse dalla sperimentazione precedente, con l'intento di ottimizzare l'efficacia e la sicurezza del protocollo nel nuovo contesto applicativo.

Fase di sperimentazione

Di seguito è descritto il protocollo dell'intervento oggetto del corso di formazione nella modalità dedicata agli studenti, che sarà calibrato a seconda dei feedback raccolti nella fase preliminare.

Saranno inclusi nella sperimentazione gli studenti della scuola secondaria di primo grado, di età compresa tra i 10 e i 14 anni. Le classi delle scuole secondarie di primo grado di norma possono essere composte da un minimo di 18 a un massimo di 27 alunni; pertanto, si prevede di applicare l'intervento su 12 classi – distribuite nei 4 istituti scolastici selezionati – e quindi di includere nello studio tra i 216 e i 324 studenti.

L'obiettivo dell'intervento sarà quello di valutare la fattibilità e l'accettabilità dell'intervento, oltre all'efficacia sui livelli di attività fisica, sul benessere psicologico, sui livelli di motivazione e auto-efficacia relativi alla pratica di attività motoria. Lo studio sarà condotto utilizzando un *within-group design*, in cui la valutazione degli esiti prevede un confronto delle misurazioni raccolte nelle fasi Pre e Post intervento.

Successivamente all'acquisizione della *baseline*, gli studenti parteciperanno a un percorso di psicoeducazione sui benefici della pratica regolare di attività fisica, sui rischi legati a uno stile di vita sedentario e sull'uso consapevole della IVR. Il percorso sarà composto da 4 incontri della durata approssimativa di un'ora. Al termine del percorso di psicoeducazione saranno ripetute le misure

raccolte alla *baseline* e successivamente avrà inizio il programma di attività fisica in IVR (*immersive virtual reality-physical activity*, IVR-PA). Questa fase avrà durata di 6 settimane, nelle quali ciascun partecipante potrà svolgere fino a 2 sessioni settimanali di IVR-PA. Ogni sessione avrà durata di 25 minuti, suddivisi in 5 minuti di *warm-up* con un coach virtuale e 25 minuti della specifica modalità di allenamento selezionata. In ogni sessione sarà somministrato un questionario per valutare gli effetti acuti della IVR sull'umore, oltre che il grado di soddisfazione e coinvolgimento percepiti. Al termine della fase IVR-PA e a 3, 6 e 12 mesi dalla fine dell'intervento saranno ripetute le misure effettuate alle *baseline*.

Terminato l'intervento, si prevede di allestire presso ciascuno degli istituti coinvolti nella ricerca uno sportello per l'orientamento alla scelta dell'attività motoria, adattato sul modello del progetto Wind Mind for Health (descritto nel sottocapitolo precedente). Questo servizio sarà attivo per tutto il periodo di follow-up. Su prenotazione, gli studenti, accompagnati dai loro genitori, potranno incontrare un chinesologo esperto in promozione dell'attività motoria per una consulenza volta a individuare le possibilità presenti nel territorio e per ricevere supporto al contatto con le strutture e l'avvio dell'attività.

Per valutare la fattibilità dell'intervento saranno calcolati il tasso di reclutamento, il tasso di ritenzione e il tasso di partecipazione alle attività. L'accettabilità sarà valutata in termini di soddisfazione, coinvolgimento, oltre che di adeguatezza dei contenuti, della durata e della frequenza degli incontri.

Le misure per valutare l'efficacia dell'intervento saranno raccolte tramite questionari auto-riferiti che includeranno la misurazione dei livelli di attività fisica praticata, di benessere mentale, di motivazione e di auto-efficacia relativi all'attività motoria, possibilmente con strumenti validati sui giovani studenti.

Sulla base della sperimentazione condotta nel contesto lavorativo, si ipotizza che l'intervento possa registrare alti livelli di fattibilità e accettabilità. Inoltre, si ipotizza che la partecipazione all'intervento possa contribuire al miglioramento dei livelli di benessere mentale degli studenti, dei livelli di attività fisica, oltre che dei fattori alla base dell'aderenza alla pratica regolare.

3. Conclusioni

L'approccio sviluppato per il futuro progetto *Wind Mind for Schools* integra tutte le esperienze maturate durante questo progetto di dottorato, configurandosi come una metodologia completa e flessibile, adattabile a diversi contesti. Lo stesso protocollo, con opportuni adattamenti, può essere applicato sia agli studenti che ai docenti nei diversi livelli dell'istruzione, e declinato secondo le esigenze dell'ambito clinico sia per potenziare il percorso di cura degli utenti dei servizi per la salute mentale, così come per supportare gli operatori del settore.

La versatilità di questo approccio consentirebbe di condurre una sperimentazione coerente e garantirebbe la possibilità di confronto delle diverse azioni di ricerca. L'insieme delle attività incluse nel protocollo rappresentano un metodo promettente per superare gli ostacoli al cambiamento comportamentale, grazie alla costruzione della consapevolezza attraverso la psicoeducazione, all'uso della IVR per stimolare il piacere nella pratica dell'attività fisica e il supporto al trasferimento delle abitudini al mondo reale, reso possibile dalla metodica sviluppata nel progetto *Wind Mind for Health*. Quest'ultima non solo aiuta l'individuo a valorizzare le proprie competenze, ma rappresenta anche un elemento significativo per la promozione del territorio, favorendo una maggiore consapevolezza delle opportunità disponibili. La divulgazione di questo approccio complessivo nei diversi contesti territoriali potrebbe contribuire a gettare le basi per un'azione coordinata, in linea con le raccomandazioni della WHO e con gli obiettivi globali per la promozione della salute.

Capitolo VI. Conclusioni

I risultati dello studio e delle esperienze condotte nel corso del mio progetto di dottorato di ricerca sulla efficacia e la fattibilità della IVR nel promuovere attività motoria forniscono evidenze per quanto riguarda la sua applicazione negli ambienti di lavoro e iniziali incoraggiamenti per altri contesti (scuola, servizi sanitari, etc.), in linea con quanto riscontrato nella revisione sistematica della letteratura da me condotta. I risultati della *systematic review* offrono, in particolare, conoscenze sia sul potenziale di questa tecnologia nel migliorare la propensione alla pratica dell'esercizio fisico, sia sui fattori determinanti il coinvolgimento nell'attività motoria (quali l'*enjoyment*, la motivazione e l'autoefficacia). Le evidenze preliminari emerse dall'applicazione del nostro intervento, assieme al riscontro positivo espresso dai lavoratori che hanno partecipato alla ricerca, incoraggiano la conduzione di ulteriori studi volti a valutare gli effetti a lungo termine della IVR come strumento per promuovere l'attività fisica e in ultima analisi, grazie ai benefici di quest'ultima sulla salute, per migliorare il benessere psicologico e fisico dei lavoratori.

L'esperienza maturata a contatto con il mondo della salute mentale, mediante la collaborazione con il Centro Studi di Medicina Transculturale e Psicosomatica di Bologna BoTPT (Università di Bologna) e con il Dipartimento di Salute Mentale e dipendenze Patologiche (AUSL di Bologna), oltre al dialogo con il Dipartimento di Sanità Pubblica (AUSL di Bologna), hanno consentito di estendere le prospettive di applicazione verso nuovi contesti. La IVR, grazie alle caratteristiche del dispositivo (versatilità e portabilità e quindi adattabilità a diversi setting) e del software utilizzato (immediatezza, adattabilità al livello di fitness e caratteristiche della persona) rappresenta uno strumento inclusivo e sostenibile, adattabile secondo i diversi livelli di abilità degli individui. Inoltre, la versatilità di questa tecnologia e la flessibilità del protocollo ideato per la nostra ricerca offrono l'opportunità di inserire questo approccio all'interno di iniziative rivolte a molteplici target, da studenti delle scuole medie, a lavoratori e utenti dei servizi di salute mentale, per fare alcuni esempi.

Sebbene vada mantenuta nella prospettiva di primo step verso lo svolgimento di attività motoria nel "mondo reale", possiamo concludere che abbiamo oggi nella IVR quel passaggio intermedio e molte volte necessario per diffondere uno stile sano e protettivo per la salute, come lo è l'attività motoria. In conclusione, è molto suggestivo pensare che nell'avanzamento tecnologico abbiamo sia le cause della maggior sedentarietà dei giovani e della popolazione in generale, che le vie di uscite. Secondo Pirsig, l'autore del celebre *Lo zen e l'arte della manutenzione della motocicletta*, conoscere la tecnologia e interrogarsi sul suo funzionamento è di per sé la chiave per comprendere perché da una parte la tecnologia possa generare odio e malessere, ma dall'altra sia necessaria per vivere bene e in salute. Di fondo in questo ragionamento è contenuto il principale *take home message* che mi sento di condividere

con colleghi e altri operatori coinvolti nella promozione del benessere delle persone. Conoscere e sapere applicare la IVR è un passaggio necessario per promuovere il benessere psicofisico nell'era digitale.

Appendice I – Enhancing Physical Activity with Immersive Virtual Reality: A Systematic Review

Open camera or QR reader and
scan code to access this article
and other resources online.



Enhancing Physical Activity with Immersive Virtual Reality: A Systematic Review

Alessio Mocco, MSc,¹ Lucia Valmaggia, PhD,²⁻⁴ Lara Bernardi, MSc,¹ Margherita Alfieri, MSc,⁵
and Ilaria Tarricone, PhD^{1,6}

Abstract

The aim of this article is to review how immersive virtual reality-enhanced physical activity (IVR-PA) can be used to improve psychological, physiological, and performance outcomes linked to exercising and to compare it with non-immersive virtual reality-enhanced physical activity (nIVR-PA) and with traditional physical activity (TR-PA). We also aimed to explore the effectiveness of IVR-PA in promoting psychological well-being and engagement in physical activity. A systematic literature review (Prospero CRD42022330572) was conducted following Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis guidelines. OVID (including Medline, Embase, GlobalHealth, and APA PsychInfo), Web of Science, and Sport Discuss were searched. The quality of the studies was assessed using the Effective Public Health Practice Project Quality Assessment. The search identified 26,548 titles. After screening, 20 studies (the total number of participants was 798) published between 2009 and 2023 were included in this systematic review. The quality of the studies was rated as weak ($n = 9$), moderate ($n = 10$), or strong ($n = 1$). Overall, the reviewed studies indicated that, compared with TR-PA and nIVR-PA, IVR-PA was associated with an increase in enjoyment of physical activity, a reduction in perceived exertion, and increased rates of self-efficacy, intrinsic motivation, and exercise intention. Furthermore, some studies showed higher muscular strength and aerobic increase after an IVR-PA intervention compared with TR-PA. The findings suggest that IVR-PA can improve psychological, physiological, and performance outcomes linked to exercising, as well as improving psychological well-being and engagement in physical activity. However, owing to the methodological limitations of the reviewed studies, further research is encouraged.

Keywords: immersive virtual reality, physical activity, health promotion, psycho-physical well-being

Introduction

Physical inactivity is a risk factor for premature mortality.¹ It is the fourth leading cause of death worldwide² and is responsible for 6–10% of the global burden of non-communicable diseases.³ The World Health Organization (WHO) has estimated that 27.5% of adults and 81% of adolescents around the world are physically inactive partly due to societal and lifestyle changes.^{4,5} Furthermore, it has been reported that, based on daily steps, physical activity

worldwide trend has decreased since the beginning of the COVID-19 pandemic and has not reached the pre-pandemic levels.⁶

In 2018, the WHO launched a global action plan to reduce physical inactivity by a relative 10% by 2025, and 15% by 2030.⁷ One of the main objectives of the action plan is the need to broaden and deepen the research about the promotion of physical activity: among the topics of interest, the use of new digital technologies is a high relevant area of the health promotion policies.⁴

¹Department of Medical and Surgical Science, Psychiatry Unit, Alma Mater Studiorum University of Bologna, Bologna, Italy.

²ORYGEN, Centre for Youth Mental Health, University of Melbourne, Parkville, Australia.

³Department of Psychology, King's College London, Institute of Psychiatry, Psychology & Neuroscience, London, United Kingdom.

⁴Department of Clinical Psychiatry, Universiteit Leuven, Leuven, Belgium.

⁵PGY-3 Resident in Psychiatry, Department of Biomedical and Neuromotor Sciences, Alma Mater Studiorum University of Bologna, Bologna, Italy.

⁶Department of Mental Health, AUSL Bologna, Bologna, Italy.

Virtual reality (VR) is defined as a digital technology where users can be immersed in sensory experiences artificially created and manipulate the objects within a virtual environment.⁸ VR has been used in psychology, neuroscience, physical activity, and professional training as a tool to enhance experiences and make them more accessible.⁹

Although it has been mostly studied in rehabilitative clinical settings,¹⁰ VR-enhanced physical activity is considered a promising approach in promoting physical exercise and healthy behaviors¹¹ and preventing noncommunicable diseases, having large effects on improving duration and intensity of exercising, and small effects on some performance outcomes.¹² It can also enhance the psychological benefits of physical exercise and increase the likelihood of long-term adherence to exercise.^{13,14}

With regard to studies related to VR-enhanced physical activity, we can distinguish two types of VR technologies: immersive VR (IVR) and non-immersive VR (n-IVR). IVR allows one to experience a virtual environment wearing a head-mounted display or being in a projected virtual room (CAVE) in which, thanks to body movement sensors, real-time graphics, and advanced interface devices, users can interact with the virtual objects and move in the virtual environment. In n-IVR, on the other hand, the virtual environment is shown on a flat television/computer screen, and users can interact with it using a connected keyboard, controller, and/or joystick, without a complete visual separation from the real surroundings.^{15,16} IVR is able to conduce to a greater sense of presence, which means users feel more “physically present” in the virtual environment¹⁷ and experience physiological reactions similar to those in real life.^{17,18} Recent reviews have also indicated that IVR is a feasible, acceptable, and effective tool to promote well-being through improving relaxation and decreasing stress^{19,20} but did not explore any aspects related to physical activity.

To the best of our knowledge, to date, most reviews about VR-enhanced physical activity took into consideration both VR technologies (immersive and non-immersive),¹² without discriminating between different degrees of immersion. Furthermore, most studies were conducted within the clinical and rehabilitation field.¹⁰ One review explored the effect of immersive and non-immersive VR on motivation, enjoyment, and engagement during exercising and found that IVR is more effective in enhancing these factors.²¹ However, this review did not investigate physiological and performance aspects related to physical activity and, likewise the aforementioned reviews, the last studies about immersive virtual reality-enhanced physical activity (IVR-PA) were not included.

Our review was conceptualized to bridge these gaps, in line with WHO recommendations and guidelines, we contextualized physical activity promotion interventions and contents that increase motivation and stimulate people’s adherence and involvement in carrying out physical activity,^{4,7} and we systematically reviewed the current body of literature focusing on the effect of immersive VR-enhanced physical activity in order to answer the following questions: 1) How can IVR-PA be used to improve psychological, physiological, and performance outcomes connected to exercising? 2) How do the effects on physical activity compare between IVR-PA, traditional physical activity (TR-PA; without using any VR technology), or non-immersive physical

activity (nIVR-PA)? 3) Is IVR-PA an effective tool to promote psychological well-being and engagement in physical activity?

Materials and Methods

The present work has been developed following the PRISMA guidelines for reporting systematic reviews.²² The protocol was registered on PROSPERO (<https://www.crd.york.ac.uk/prospero/>) with the following ID: CRD42022330572. As reported on PROSPERO, we amended the search strategy early on in our review process to include all studies in the general adult population rather than focus only on studies in the workplace as there were not enough published studies on this group.

Search strategy

A systematic search was performed on OVID (including Medline, Embase, Global Health, APA PsychInfo), on Web of Science and Sport Discuss, from inception to June 12, 2023.

The search strategy was adapted to each database. See Table 1 for the full list of search terms and search strategies. Truncations were used to search words with alternative endings. The search was restricted to English language, journal articles, and reviews for all databases.

Selection criteria

The Patient, Intervention, Comparison, Outcome framework was used to help formulate the research question. P: Healthy adult population; I: IVR-PA used to explore their effects on psychological, physiological, and performance outcomes connected to exercising; C: Control conditions include interventions in which physical activity was done without any immersive VR, or the control group was not exposed to any treatment; O: efficacy, acceptability and feasibility of IVR-PA to improve psychological, physiological and performance outcomes connected to exercising.

Studies were included if they were published in a peer-reviewed journal; written in English; presented original data; $n \geq 5$. Studies were excluded if they were conference proceedings, abstracts, books, book sections, or dissertations; tested only non-immersive virtual technologies; or if the immersive VR technology was tested without a defined protocol or applied in a clinical setting.

Data extraction

Searches and screening using Zotero were carried out by two reviewers (AM, MA). The first screening was made examining titles and abstract information. Full text of retrieved articles was examined to assess their eligibility. The following data were extracted from included articles on an *ad hoc* form: authors, country, completers, experimental and control conditions, sample mean age, population, study design, cybersickness dropouts, study location, apparatus, IVR task, nIVR task, TR-PA task, number of sessions, follow up, measures, instruments for psychological outcome assessment, main findings. Discrepancies were resolved through discussion with a third author (LV) where necessary. Due to the heterogeneity of the study characteristics and outcome measures, data synthesis and analysis were not performed.

TABLE 1. FULL LIST OF SEARCH TERMS, BOOLEAN OPERATORS, AND RESTRICTIONS APPLIED

<i>Virtual reality terms</i>	<i>Physical activity terms</i>	<i>Well-being terms</i>
“virtual real*” OR “virtual-real*” OR “VR” OR “augmented real*” OR “cross real” OR “XR” OR “virtual enviro*” OR “virtual world*” OR “virtual character*” OR “VCs” OR “interactive gam*” OR “simulation” OR “AR” OR “immers*” OR “3D”	AND “physical activit*” OR “motor activit*” OR “sport*” OR “sport activit*” OR “training*” OR “workout” OR “work-out” OR “physical workout” OR “physical work-out” OR “exercise*” OR “physical exercise*” OR “exercise game*” OR “game-based training” OR “virtual reality-based training*”	AND “well-being” OR “well-being” OR “burnout” OR “burn-out” OR “prevent*” OR “resilien*” OR “stress*” OR “cope*” OR “coping” OR “mental health” OR “psychological health” OR “mental well-being” OR “mental well-being” OR “psychological well-being” OR “psychological well-being” OR “wellness program*” OR “health promotion*” OR “health camping*” OR “healthy people program*”

Restrictions applied

OID:

Filters humans, all adults (18 plus years).

WEB OF SCIENCE:

Categories: Public Environmental Occupational Health, Multidisciplinary Sciences, Sport Sciences, Neurosciences, Psychiatry, Physiology, Health Care Sciences Services, Environmental Sciences, Computer Science Interdisciplinary Applications, Health Policy Services, Psychology Clinical, Psychology Multidisciplinary, Psychology, Computer Science Artificial Intelligence, Behavioral Sciences, Psychology Applied, Psychology Developmental, Social Sciences Interdisciplinary, Psychology Experimental, Psychology Social, Hospitality Leisure Sport Tourism, Psychology Educational.

Quality assessment

The Effective Public Health Practice Project quality assessment tool for quantitative studies (EPHPP) (EPHPP, 2010) was used for quality ratings. EPHPP rates studies as “weak,” “moderate,” or “strong” by evaluating the following six methodological components: selection bias, study design, confounders, blinding, data collection, and withdrawals. Studies are given a Global Rating of “weak” for two or more weak methodological domains, “moderate” for only one weak methodological domain, and “strong” for no weak methodological domains. The tool reclassifies randomized controlled trials (RCTs) as controlled clinical trials (CCTs) if no method of randomization is reported. The quality assessment was conducted independently by two researchers (AM and LB). Quality ratings were reviewed with another researcher (LV). The research team met regularly to discuss any discrepancies until a consensus was reached.

Results

Studies characteristics

In total, 26,548 articles were identified (APA PpsychInfo = 1,623; Embase = 8,890; Global Health = 530; Medline = 4,689; Web of Science = 9,421; Sport Discuss = 1,391; other sources = 4). Fifty-one full texts were retrieved and assessed for eligibility, and 20 studies, published between 2009 and 2023, met inclusion criteria and were included in this review. See Figure 1 for the PRISMA flowchart.

Study characteristics can be found in Table 2. In total, 798 people participated in the studies and 747 of them experienced an IVR-PA intervention. Studies ranged from 12 to 73 participants. All the studies ($n = 20$) compared the use of IVR-PA intervention to baseline or TR-PA, or nIVR-PA, to

evaluate the effects of IVR-PA intervention on psychological and/or physiological and/or performance outcomes.

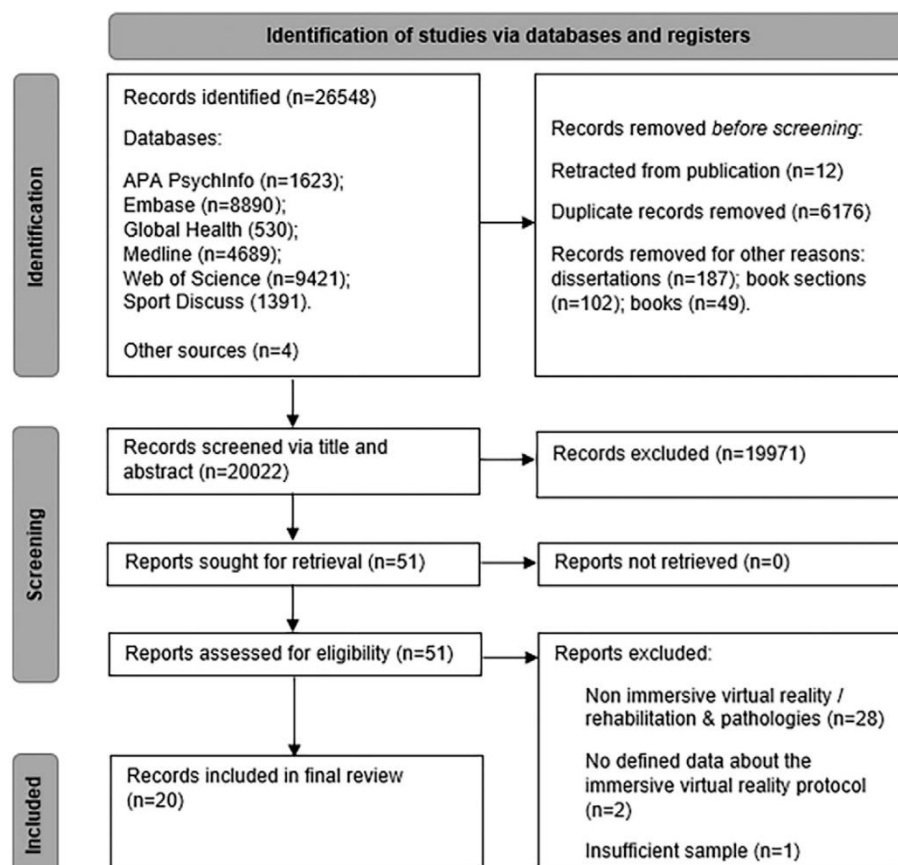
Sixteen studies were conducted in the laboratory: nine included students,^{23–31} three included general population,^{32–34} and four did not specify the population characteristics.^{35–38} One study included a sample of employees and was conducted in the workplace.³⁹ One study was partly conducted in the laboratory and partly in an outdoor location used to create the virtual environment⁴⁰ and included a sample from the general population. Two studies did not specify the location and used a sample of students.^{41,42}

Fifteen studies applied a within-subject design,^{24,25,35–37,39,40,26–33} while five studies applied a between-subjects design.^{23,34,38,41,42} Most of the studies included only one session in which two to four different conditions were tested. Three studies tested the effects of a longer term intervention^{29,41,42} lasting 2 to 6 weeks and including 11 to 36 sessions. Sessions ranged from 9 minutes to 60 minutes of physical activity and were divided into sets, according to the number of conditions and protocols. Further, one study included a follow-up performed 24 hours after the intervention.²³

Ten studies involved participants in stationary cycling sessions: three studies compared the outcomes of IVR-PA sessions to both nIVR-PA and TR-PA.^{24,26,31} The non-IVR conditions consisted of performing a bike session while playing a videogame displayed on a common flat screen. Five of the ten studies compared the IVR-PA session only to a TR-PA session.^{25,27,30,32,39} Two studies used stationary bike sessions to compare different IVR conditions.^{34,36}

Nine studies involved training with interactive IVR exergames. Most of them consisted in carrying out standing physical activity sessions, without using gym machines.^{23,28,29,35,37,38,42} Two studies associated the IVR exergames with the use of a gym machine.^{33,41}

FIG. 1. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses flowchart of immersive virtual reality enhanced physical activity.



Among these nine studies, two compared IVR conditions to n-IVR,^{28,37} while three compared IVR to TR-PA.^{38,41,42}

Five studies compared between different IVR conditions,^{23,28,33,35,38} and three studies compared IVR conditions to the baseline.^{29,33,35}

One study compared a walk in a natural environment to a virtual walk on a treadmill while watching the head-mounted display a 360° video reconstruction of the natural location.⁴⁰ These two conditions were compared to the exposure to the 360° video while participants were sitting on a chair.

Effects of IVR-PA on psychological outcomes and comparison with nIVR-PA and TR-PA

Nineteen studies examined the effects of IVR-PA on psychological outcomes. Thirteen of them also measured physiological parameters and performance outcomes related to the physical exercise.^{25,26,28,30–33,35,37,40–42} One study measured only physiological parameters.²⁷

Most studies found that IVR can improve the physical activity experience by acting on several psychological factors. The most studied outcomes were the feeling experienced during the physical activity task,^{25,26,28,30,32–34,36,39,40,41} particularly the enjoyment, and the reduction in perceived exertion ratio.^{26,28,30,31,40,41} Other outcomes analyzed on which IVR has a positive effect in relation to physical activity were physical activity-related self-efficacy^{26,30} and intrinsic motivation,^{24,32} bodily sensation,²⁵ exercising intentions,^{23,38} vitality,^{32,37} and satisfaction.²⁵ One study reported that enjoyment and perceived exertion were negatively affected by IVR due to

the cybersickness.⁴⁰ Finally, Xu et al. measured the effect of a long-term intervention of IVR-PA on anxiety, depression, and stress and found that it reduced levels of depression.

Effects of IVR-PA on physiological and performance outcomes and comparison with nIVR-PA and TR-PA

To assess the physiological outcomes, several studies measured heart rate,^{25,27,28,32,33,35–37,40} heart rate variability,^{27,41} and oxygen consumption during the activity.^{32,35} Several studies showed IVR significantly increased heart rate^{33,35,37} and oxygen consumption.³⁵ The results varied with two studies reporting higher heart rates in IVR-PA compared to a TR-PA,^{25,28} while the other studies reported no differences between the IVR and both TR-PA^{32,36,40} and nIVR-PA.^{36,37} Only Rutkowski et al. found lower heart rate at the same power output (i.e., exercise intensity measured in Watts) in IVR compared to TR-PA.²⁷ No differences in oxygen consumed during exercise were found between IVR and TR-PA.^{32,35}

Four studies assessed outcomes related to performance.^{31,33,41,42} Feodoroff et al. measured muscles activity with electromyography showing that the IVR-PA protocol they tested can be useful to train strength resistance only, as the muscle activation was not strong enough for more intense trainings. Zeng et al. evaluated the Pedal Revolutions Count, finding that the intensity of the exercise performed was stronger during the IVR-PA condition compared to the nIVR and TR-PA conditions.³¹ Two studies compared the effects of a longer intervention finding that subjects performing

TABLE 2. CHARACTERISTICS OF STUDIES OF IMMERSIVE VIRTUAL REALITY ENHANCED PHYSICAL ACTIVITY

Authors Country	Completers: conditions/ mean age (SD)/participants population/study design/ cybersickness dropouts	Study location/apparatus	IVR task Sessions/Follow-up	non-IVR and TR tasks Sessions	Physiological and performance measures	Psychological measures	Main findings
Calogiuri et al. ⁴⁰ Norway	26 (12F)/26 (8M)/General population/WSD	Laboratory and natural environment (same place used to create the virtual location)/ 360° IVE video capture: Camera (Samsung Gear 360 sm-c200). HMD (Samsung Gear VR mask+Samsung Galaxy S7 smartphone, with Android 7.0) + headphones (Sennheiser HD201); Treadmill (Woodway; Curve).	a) A 10-minute sedentary exposure to a 360° IVE video b) A 10-minute treadmill walk while being exposed to the same 360° IVE video. 1 session.	A 10-minute walk outdoors in a natural environment 1 session	HR; Walking speed.	Environmental perceptions: (Perceived Restorativeness Scale: "fascination" and "being away" items, 11-point Likert scale); Feeling of presence (7-items, 11-point Likert scale); Cyber sickness (1-item, 11-point Likert scale). Affective responses: Enjoyment (1-item, 11-point numbered line); Emotions felt during physical activity (PAAS: 12- items, placed in four quadrants, in line with Russell's circumplex model of affect and arousal; each item was measured on a 5-point rating scale). Qualitative data (open-ended questions about interaction with IVR and quantitative variables in order to explore the meaning behind participants' responses in more detail).	Occurrence of cybersickness and poor image quality negatively affect psychophysiological responses in an IVR conditions. Even if perceived environmental restorativeness and feeling of presence's outcome don't show significative differences between the different conditions, IVR lead to negative results about affective responses. Cyber sickness seems leading to a greater RPE due to the struggle to maintain postural control during the treadmill session.
Farrow et al. ³² United Kingdom	16 (8F)/22 (4M)/General population/WSD	Laboratory/HMD (Vive, HTC, Taiwan).	IVR-HIT (8 × 60 seconds intervals at 70% Pmax with 60 seconds recovery intervals at 12.5% Pmax, including a one-minute warm-up and cool-down) on a stationary bike: a) basic game mode: cling along a virtual straight road while avoiding obstacles leaning their head left or right in different conditions (track), b) competing against the ghost of the basic mode (ghost) c) hard mode (80% Pmax in high- intensity phases) + basic mode ghost (hard). 1 session.	Peak aerobic capacity assessment. Familiarization session: TR stationary bike HIT (8 × 60 seconds intervals at 70% Pmax with 60 seconds recovery intervals at 12.5% Pmax, including a one-minute warm-up and cool-down). IVR-HIT (8 × 60 seconds recovery intervals at 12.5% Pmax, including a one-minute warm-up and cool-down) on a stationary bike watching an empty blue screen (blank). 1 session.	Baseline and familiarization: VO ₂ peak; HRpeak. Sessions: Pmax; Pneat; VO ₂ ; Kcal expenditure; % HRpeak.	RPE (Borg scale). Intrinsic motivation: (IMI). Subjective vitality (SVS). Exercise intentions (2-item, 7-point scale). RPE (Borg scale).	IVR-exergaming is an effective intervention to increase enjoyment during a single bout of HIT in untrained individuals. The presence of a ghost may be an effective method to increase exercise intensity of IVR-HIT.
Feodoroff et al. ³³ Germany	25/24, 16 (4-82)/General population/WSD/6	Laboratory/HMD (Samsung Gear VR mask+Samsung Galaxy S6 smartphone, with Android 6.0.1) running the Icaros software; Icaros VR fitness machine and flight simulator (Icaros GmbH).	5 minutes (flights) of an isometric plank on a specific fitness machine while playing an IVR flight simulator. The flight simulator aim was to fly through 63 rings controlling the movement with the HMD inclination. 1 session.	Baseline: EMG MVIC measure and HRrest 1 session.	HRrest; HR; gyroscope data; MVIC.	Cyber sickness (SSQ). Enjoyment (PACES). Perceived mental, physical, and emotional demand (NASA-TLX). RPE (Borg scale).	IVR training systems can contribute to muscle-strengthening activities for healthy users. However, the dropout rate highlights the need for technological improvements in both software and hardware. The IVR trainings obtain positive scores in physical and mental demand, temporal demand, and enjoyment. The reinforcement group performed significantly more exercise in a voluntary phase than those in other conditions. Simply being immersed in a virtual environment or seeing a self-avatar without reinforces is not sufficient.
Fox et al. ²³ (Experiment 1) United States	63 (31F): VRS gaining weight every 3 seconds of inactivity (VRS-gw) (22); VRS that didn't change weight (VRS-ngw) (22); No virtual avatar in an empty room (NVA) (19)/20.28 (1.70)/Students/BSD	Laboratory/HMD (not specified).	For each group (VRS-gw, VRS-ngw, NVA) the protocol was the same: phase 1) completing 3 sets of 12 repetitions; phase 2) mandatory 2 minutes inactivity; phase 3) volunteer exercising. 1 session.		Exercise repetitions.	None	Participants exercised significantly more when they viewed the VRS, regardless of whether reward or punishment was shown. Identification in the avatar motivates to make people exercising more and is independent of vicarious reinforcement given to a reward or a punishment.
Fox et al. ²³ (Experiment 2) United States	53 (21F): VRS-reward (14); VRS-punishment (12); VRO-reward (14); VRO- punishment (13)/20.54 (5.81)/Students/BSD	Laboratory/HMD (not specified).	a) VRS Reward: the avatar loses weight exercising; b) VRS Punishment: the avatar gains weight because of the inactivity. c) VRO Reward: the avatar loses weight exercising. d) VRO Punishment: the avatar gains weight because of the inactivity. Each condition consisted in: phase 1) completing 3 sets of 20 repetitions; phase 2) mandatory 2 minutes inactivity; phase 3) volunteer exercising. 1 session.	Avatar resemblance (fully labeled 5-point scale)	Exercise repetitions.	Avatar resemblance (fully labeled 5-point scale)	Participants exercised significantly more when they viewed the VRS, regardless of whether reward or punishment was shown. Identification in the avatar motivates to make people exercising more and is independent of vicarious reinforcement given to a reward or a punishment.

(continued)

TABLE 2. (CONTINUED)

Authors Country	Completers: conditions/ mean age (SD)/participants/ populations/study design/ cybersickness dropouts	Study location/apparatus	Sessions/Follow-up	non-IVR and TR tasks Sessions	Physiological and performance measures	Psychological measures	Main findings
Fox et al. ²³ (Experiment 3) United States	73 (50F); VRS-running (25); VRO-running (24); VRS-loitering (24)/20/61 (2.50)/Students/BSID	Not specified/HMD (not specified).	a) VRS-running condition: Watching 5 minutes and 20 seconds of: VRS running on a treadmill. b) VRO-running condition: Watching 5 minutes and 20 seconds of: VRO running on a treadmill. c) VRS-loitering condition: Watching 5 minutes and 20 seconds of: VRS-loitering. 1 session/24 hours IVR Tabata training program Eleven sessions	Their daily training activities Eleven sessions	Follow up: Time spent doing physical activity in the following 24 hours (modified PPAQ).	Avatar resemblance (tully labeled 5-point scale)	Follow-up surveys revealed that participants in the VRS-running condition demonstrated significantly higher levels of exercise than those in other conditions.
Gani et al. ⁴² Indonesia	40; 20 EG; 20 CG/20/47 (0.9) EG; 21.05 (2.5) CG/Students-athletes/ BSID	Not specified/HMD (not specified).	1 session/24 hours IVR Tabata training program Eleven sessions	Their daily training activities Eleven sessions	Physical fitness tests: 20 m Shuttle Run (estimated VO ₂ max); 30 m Sprint Run (s); Horizontal Jump (cm); Leg dynamometer (kg).	Psychological Well-Being Scale (14 question items, 0–5 Likert scale); Qualitative instruments (in-depth interview of 30 minutes).	Differences were found in the values of physical fitness and psychological well-being between EG and CG after the experimental program. Both groups reported changes in physical fitness and psychological well-being level, but the EG showed a greater increase than the CG. Psychological well-being among student-athletes also changed because VR-based Tabata training resulted in more fun. Active IVR games can elicit significant increases in VO ₂ that are game- dependent, indicating greater energy expenditure. The exercise intensity a person can achieve while playing active IVR games could depend on the amount of whole-body movements during the session. Furthermore, each game had a lower intensity categorization based on RPE compared to %VO ₂ R or METs.
Gomez et al. ³⁵ United States	41 (20F)/25.2 (4.4)/not specified/WSD	Laboratory/HMD (Vive, HTC, Taiwan); Games: "Thrill of the Fight" (TOF), "Audioshield" (AS), "Holopoint" (HP).	a) 5 minutes familiarization with each game. b) 10 minutes of gameplay with each game, with a 5-minute rest between. 1 session.	Baseline visit: VO ₂ max and HR assessment.	Baseline measures: VO ₂ max; HR; Sessions: VO ₂ and HR during game sessions; Derivative measures: % VO ₂ R; METs.	RPE (Borg scale).	Active IVR games can elicit significant increases in VO ₂ that are game- dependent, indicating greater energy expenditure. The exercise intensity a person can achieve while playing active IVR games could depend on the amount of whole-body movements during the session. Furthermore, each game had a lower intensity categorization based on RPE compared to %VO ₂ R or METs.
Jones et al. ³⁶ United Kingdom	12 (4F)/26.2 (7.7)/not specified/WSD	Laboratory/HMD (Oculus Rift); Deathon Elops 100 Step Over Classic Bike mounted on a turbo trainer Tacx Vortex.	a) IVR-PA task (interactive virtual natural environment): 3-minute warm-up at 50% of exercise workload, followed by 20 minutes of IVR cycling, and ended with a 2-minute cool-down at 50% of exercise workload. b) IVR-PA task (watching a 360° video of a natural environment): 3-minute warm- up at 50% of exercise workload, followed by 20 minutes of IVR cycling, and ended with a 2-minute cool-down at 50% of exercise workload. 1 session	TR-PA task (in a visually and auditorily sterile environment): 3-minute warm- up at 50% of exercise workload, followed by 20 minutes of cycling, and ended with a 2-minute cool-down at 50% of exercise workload. 1 session	%HRpeak; Power output (Watts).	Sense of presence (PQ); Cyber sickness (SSQ); Affective valence (EF); Attentional focus (100-point scale); Enjoyment (PAES).	Cycling in a virtual green environment with a virtual landscape can improve the exercise experience. In this study, we found that 360° video of a natural environment was more pleasant than an exercise condition involving a VR natural environment that created a greater sense of presence. Immersion in an emotionally positive stimulus is of greater relevance than the sense of presence for fostering positive affect during exercise.
Liu et al. ²⁴ United States	49 (35F)/23.6 (3.4)/Students/ WSD	Laboratory/IVR session: HMD (PlayStation VR system); VirtZoom Bike connected to a PlayStation 4 (Cambridge, MA, USA; Sony; Tokyo, Japan); Games: "Le Tour" and "Race Car". Non-IVR session: Gamercize Bike connected to an Xbox 360 (Southampton, UK; Microsoft; Redmond, WA, USA); Game: "Motocross". Traditional stationary bike session: Sprint Fitness 156 XBU55 Upright Bike (Sprint Fitness; Jonesboro, AR, USA).	1 session 20 minutes IVR stationary bike session while playing a virtual game interacting with cycling frequency and head inclination. 1 session.	20 minutes non-IVR stationary bike session while playing a traditional videogame showed on a flat screen, cycling at 60 revolutions per minute. Twenty-minute TR stationary bike session maintaining HR between 65–85% Hrmax. 1 session.	None	Motivation (16-item SM survey, 7-point Likert-type scale).	Participants elicited the highest level of intrinsic motivation in IVR cycling compared to the other two sessions. Moreover, participants in both IVR and TR cycling showed greater identified regulation than in the non- IVR session. Furthermore, participants showed greater external regulation compared to the IVR session. In addition, greater motivation was observed in non-IVR compared to the IVR session. Findings suggested that IVR exercise has the potential to be an attractive exercise alternative, possibly promoting greater PA participation and adherence among young adults.

(continued)

TABLE 2. (CONTINUED)

Authors Country	Completers: conditions/ mean age (SD)/participants population/study design/ cybersickness dropouts	Study location/apparatus	IVR task Sessions/Follow-up	non-IVR and TR tasks Sessions	Physiological and performance measures	Psychological measures	Main findings
Mc Clure et al. ²⁵ United States	29 (not reported F/not specified)/Students/WSD	Laboratory/HMD (not specified).	6 minutes IVR bike session in a virtual outdoor scenery (riding down a sidewalk). 1 session.	6 minutes TR stationary bike session. 1 session.	HRRest: HR during session.	Body sensations (self-reported questionnaire, 5-point scale). Satisfaction (self-reported questionnaire, 5-point scale).	Working out while wearing an IVR headset will lead to a higher HR, and in turn can lead to burning more Kcal during a workout. The study also found participants who wore the IVR headset were able to remove themselves from their bodily sensations allowing them to workout longer.
Mc Donough et al. ²⁶ United States	49 (34F)/23.6 (3.4)/Students/ WSD	Laboratory/IVR session: VirZoom Bike connected to a PlayStation 4 (Cambridge, MA, USA; Sony; Tokyo, Japan); HMD (PlayStation VR system); Games: "Le Tour" and "Race Car". non-IVR session: Spirit Fitness XBR25 Recumbent Bike (Spirit Fitness; Jonesboro, AR) + an integrated Gamercize unit (Gamercize; Southampton, United Kingdom) connected to a Microsoft Xbox 360 console (Microsoft; Redmond, WA); Game: "Motocross."	20 minutes IVR bike session, playing a virtual game interacting with cycling frequency and head inclination. 1 session.	20 minutes non-IVR bike session while playing a traditional videogame showed on a flat screen, cycling at 60 revolutions per minute. Twenty-minute TR bike session maintaining HR between 65–85% Hmax. 1 session.	BP (pre- and post- session).	Enjoyment (5-item survey, 5-point Likert-type scale). Self-efficacy (3-item survey, 5-point Likert-type scale). RPE (Borg scale).	Incorporating IVR equipment with traditional stationary bike may be favorable when seeking to promote enjoyable PA in college students. RPE was significantly lower during the IVR session compared with TR stationary bike. Significant differences were also observed for enjoyment, and self-efficacy, with higher values seen during IVR sessions compared with both non- IVR and TR sessions.
Mologne et al. ⁴¹ United States	32 (14F); 16 EG, 16 CG/24.3 (4)/healthy college-aged individuals/BSID	Not specified/IVR training: HMD: (Vive Pro, HTC, Taiwan); IVR-based cable resistance exergaming machine, Black Box VR (Black Box VR, Boise, ID, USA); Traditional training: Cable/pulley-based crossover machine.	12 weeks of IVR training with the Black Box VR, 3 times a week. Thirty-six sessions	12 weeks of traditional cable resistance training, 3 times a week. Thirty-six sessions	Anthropometry: BP; Resting metabolic rate; HRV; Body composition; Muscle strength endurance; Lower body peak power; Acrobic performance; Modified Sit-in- Reach Test.	Enjoyment (PACES); Cybersickness (SSQ); RPE (Borg scale).	An IVR exergaming system with the goal of improving anthropometric, cardiometabolic, and fitness parameters such as body fat percentage, lean body mass, 1-RM and 3-RM, and rVO2max, among others, may lend itself to be more superior and time-efficient when compared to a traditional, cable- resistance protocol.
Ochi et al. ³⁷ Japan	12 (6F)/20.15 (3.05)/not specified/WSD	Laboratory/IVR session: HMD (Oculus Quest 2; Meta Platforms, Inc.); Game: FitXR exergame (FITXR LIMITED); Non-IVR session: Flat screen (27- in., 1920 × 1080 pixels, 60 Hz); Game: FitXR exergame (FITXR LIMITED).	a) 10 minutes IVR exercise (VR-EX) 1 session b) 10 minutes non-IVR exercise in front of a flat screen (2D-EX) c) 10 minutes rest 1 session.	10 minutes non-IVR exercise in front of a flat screen (2D-EX) 1 session.	HR.	Mood (POMS2 short form and TDMS short form). RPE (Borg scale).	VR exergaming improves some mood items, such as vigor-activity and vitality; 2D-EX and VR-EX conditions correspond to moderate- intensity exercises, as there was no difference in HR between conditions.
Rutkowski et al. ²⁷ Poland	65 (48F)/23.7 (1)/healthy college-age individuals/ WSD	Laboratory/HMD (Vive Pro, HTC, Taiwan); IVR cycling software (VR healthcare-aerobic exercise- (Thoth Technology Ltd., Ontario, Canada). HTC Vive Tracker (linking pedal speed with the VR images)	IVR Submaximal incremental cycling test: Participants had to maintain 60– 70 pedal rotations per minute. The test began at 50 Watts + 25 Watts every 3 minutes. The test terminated when the subjects reached 85% of the age-predicted maximal HR. 1 session	Submaximal incremental cycling test: Participants had to maintain 60–70 pedal rotations per minute. The test began at 50 Watts + 25 Watts every 3 minutes. The test terminated when the subjects reached 85% of the age-predicted maximal HR. 1 session	HR; HRV; Power output (Watts).	None	Exercising in VR is associated with lower HR which allows subjects to exercise for a longer time before reaching the target heart rate (HR). In addition, the increase in exercise duration was found to be related to an adjustment in autonomic nervous activity at a given work rate favoring parasympathetic predominance.

(continued)

TABLE 2. (CONTINUED)

Authors Country	Completers: conditions/ mean age (SD)/participants population/study design/ cybersickness dropouts	Study location/apparatus	IVR task Sessions/Follow-up	non-IVR and TR tasks Sessions	Physiological and performance measures	Psychological measures	Main findings
Sakhare et al. ³⁴ United States	20 (9F) YA; 20 (10F) OA Twenty-five, 9 (3.7) YA; 63.6 (5.6) OA/General population/BSID/1 YA; 3 OA	Laboratory/HMD (Vive Pro, HTC, Taiwan); Custom-built stationary exercise bike.	1-minute familiarization session (to bike around an enclosed oval track) followed by four 2–3 minutes task trials of cycling in the virtual park. Task 1 e 2: "learning" (arrows indicate the pathway to follow; destinations were highlighted from narrow beam of light); Task 3: "cued recall" (destinations were highlighted from narrow beam of light); Task 4: "free recall" (no indications). To optimize engagement and motivation, participants were asked to select a reward after the first three tasks. 1 session.	15 minutes TR stationary bike session answering 20 numerical questions orally. Participants received feedback about their cycling time, their speed, and distance on a connected computer, and at the end, they were informed about their scores in cognitive questions. The cycling performance was at a constant speed ranging from 15 km/h to 20 km/h. In every trial, the bike workload and speed were adjusted according to the exercise protocol. 1 session.	None	Mood (SAC). Pre-post VR simulator sickness (SSQ). Simulator sickness during VR exposure (SSC: shortened version of the SSQ). Historical motion sickness as a child and adult (MSSQ: MSSQ-C and MSSQ-A). Presence (ITC-SOPT). RPE (Borg scale).	This study demonstrates that spatial navigation while cycling is feasible and that older adults report similar experiences to younger adults. IVR may be a powerful tool for engaging physical and cognitive activity in older adults with acceptable adverse effects and with reports of enjoyment.
Touloudi et al. ²⁹ Greece	40 (40F)/42.58 (10.77)/ Employees/WSD	Office room/HMD (Oculus Quest 2, Facebook technologies, LCC, Hacker Way, Menlo Park, CA, USA). IVR software: VRADA (VR exercise App for Dementia and Alzheimer's patients). Cycle-ergometer (stationary seated bike type; Toornx, Chrono Line, BRX R 300).	15 minutes IVR stationary bike session in a virtual outdoor environment, using the VRADA system and answering 20 simple math calculations, displayed on the screen, using the controller. Participants receive feedback about the cycling time, their speed, distance, and correct answers on cognitive exercises on their screen. The cycling performance was at a constant speed ranging from 15 km/h to 20 km/h. In every trial, the bike workload and speed were adjusted according to the exercise protocol. 1 session.	15 minutes TR stationary bike session answering 20 numerical questions orally. Participants received feedback about their cycling time, their speed, and distance on a connected computer, and at the end, they were informed about their scores in cognitive questions. The cycling performance was at a constant speed ranging from 15 km/h to 20 km/h. In every trial, the bike workload and speed were adjusted according to the exercise protocol. 1 session.	None	Acceptance: perceived enjoyment (6- item, 5-point Likert-type scale). attitudes (6 bipolar items, 7-point semantic differential scale), intended future use (3-item, 5-point semantic differential scale). Usability (SUS). Preferences (6-item, 5-point Likert-type scale). Interests/Enjoyment (IMIQ). Perceptions of using the IVR system (9- item, 5-point Likert-type scale). Subjective feelings and perceptions about the reasons for using VRADA (semi- structured interview).	Preference and interest/enjoyment scores were significant higher for the IVR condition compared to the TR stationary bike session. The study has shown that IVR-assisted physical activity is an acceptable and usable method to do physical activity during their break within working hours and has a higher potential in promoting physical activity compared to a traditional workout in the real environment.
Xu et al. ²⁸ (experiment 2) China	16 (5F)/21.75 (SD not reported)/Students/WSD	Laboratory/HMD (Oculus Rift CV1); Flat screen: 50-inch 4K TV; Game: "GestureStar"; Body motion tracking: Microsoft Kinect 2.	1 session. Completing a session of "GestureStar" in different conditions: a) IVR first person. b) IVR third person. One game lasted about 8 minutes (1 minute for training and 7 minutes for the actual experiment). Participants were required to perform 10 gestures during training and 70 during gameplay. There were 6 different gestures. 1 session.	Completing a session of "GestureStar" in different conditions: a) non-IVR first person. b) non-IVR IVR third person. One game lasted about 8 minutes (1 minute for training and 7 minutes for the actual experiment). Participants were required to perform 10 gestures during training and 70 during gameplay. There were 6 different gestures. 1 session.	HR; Kcal; Task performance (% of successful actions); Physiological involvement (EEG engagement index).	Game experience (GEQ: 33 items). Cyber sickness (SSQ: 16 items). Preference of the conditions (ranking). RPE (Borg scale).	The IVR gesture-based exergame had a higher level of exertion (%HRmax, calories consumption, and Borg RPE), although the number of performed gestures was not significantly different. Participants felt that IVR was much more challenging, immersive (flow, sensory, and imaginative immersion), and had a lower negative affect than a 50-inch TV; however, IVR was more likely to make participants have higher cybersickness.
Xu et al. ²⁹ China	15 (7F)/19.1 (0.96)/Students/ WSD	Laboratory/HMD (Oculus Quest 1, Facebook technologies, LCC, Hacker Way, Menlo Park, CA, USA). Game: FitXR boxing exergame (FitXR Limited).	6 weeks intervention, carrying out two 30 minutes sessions per week of a boxing exergame. Twelve sessions.	Baseline: anxiety, depression, and stress assessment.	None	Anxiety (BAI). Depression (BDI-II). Perceived stress (PSS). Feasibility and acceptability (self- reported questionnaires).	The results gained from this study show that the IVR exergame has good usability, is highly acceptable, and has the potential to reduce depression levels among university students.
Zeng et al. ³⁰ United States	12 (9F)/25.01 (4.74)/ Students/WSD	Laboratory/IVR session: ViziZoom Bike connected to a PlayStation 4 (Cambridge, MA, USA); Sony; Tokyo, Japan); HMD (PlayStation VR system); Games: "Le Tour" and "Race Car."	20-minute IVR stationary bike session while playing a virtual game interacting with cycling frequency and head inclination. 1 session.	20-minute TR stationary bike session maintaining HR between 65–85% Hrmax. 1 session.	BP (pre- and post- session).	Enjoyment (5-item survey, 5-point Likert-type scale). Self-efficacy (3-item survey, 5-point Likert-type scale). RPE (Borg scale).	The commercially available IVR-based exercise bike (ViziZoom) may be considered an effective, enjoyable, and motivating physical activity tool. Participants had significantly higher self-efficacy and enjoyment scores during the IVR-based biking exercise compared with the TR stationary biking exercise.

(continued)

TABLE 2. (CONTINUED)

Authors Country	Completers: conditions/ mean age (SD)/participants population/study design/ cybersickness dropouts	Study location/apparatus	IVR task Sessions/Follow-up	non-IVR and TR tasks Sessions	Physiological and performance measures	Psychological measures	Main findings
Zeng et al. ³¹ United States	48 (34F)/23-58 (3.39)/ Students/WSD/I	Laboratory/IVR session (vBike): VirZoom Bike connected to a PlayStation 4 (Cambridge, MA, USA; Sony; Tokyo, Japan); HMD (PlayStation VR system). Games: "Le Tour" and "Race Car". Non-IVR session (eBike): Spirit Fitness XBR25 Recumbent Bike (Spirit Fitness; Jonesboro, AK) + an integrated Gamercize unit (Gamercize; Southampton, United Kingdom) connected to a Microsoft Xbox 360 console (Microsoft; Redmond, WA); Game: "Motocross."	20-minute IVR stationary bike session while playing a virtual game interacting with cycling frequency and head inclination. 1 session.	20-minute non-IVR stationary bike session while playing a traditional videogame showed on a flat screen, cycling at 60 revolutions per minute. Twenty-minute traditional bike session maintaining HR between 65-85% Hmax. 1 session.	Pedal revolutions count.	RPE (Borg scale).	IVR exercise bike (VirZoom) can trigger more overall physical activity while being perceived as less intense compared to traditional cycling, indicating it is a promising tool to promote physical activity.
Zhou ³⁸ United States	42 (24F): VRS (13); VRO (14); TR-PA (15) / 33 (11.57) / not specified / BSD	Traditional stationary bike session (Bike): Spirit Fitness I 56 XBUS5 Upright Bike (Spirit Fitness; Jonesboro, AR, USA). Laboratory/HMD (not specified).	a) IVR Fitness Center Experience with VRS: 1st task) obese self-avatars; 5 sets x 6 repetitions of upper body exercises. second task) fitter self-avatars after losing weight; participants could choose exercises and keep training as long as they want, feeling free to leave the virtual fitness center at any time. b) IVR Fitness Center Experience with VRO: first task) obese non-personalized avatars; 5 sets x 6 repetitions of upper body exercises. second task) fitter non-personalized avatars after losing weight; participants could choose exercises and keep training as long as they want, feeling free to leave the virtual fitness center at any time. 1 session.	c) TR-PA following exercises showed in a 30-second workout 2D video. 1 session.	Exercise repetitions in the second task.	Ego-centric projection (7 close-ended questions, 7-point scale). Identification (10-item identification scale, 7-point scale). Perceived agency (4 items, 7-point scale). Sense of presence (10 items, 7-point scale). Intention to exercise the week before (time).	The VRS group exercised more in the voluntary task than the VRO group. However, participants in the VRS condition perceived a lower level of sense of presence compared to participants in the VRO condition. Compared to people in the TR-PA, those who exercised the virtual fitness center, regardless of the avatar personalization, planned to spend more time exercising in the following week.

Sample: BSD, between-subjects design, CG= Control Group, EG, Experimental Group, F, Female, IVE, Immersive Virtual Environment, TR-PA, traditional physical activity, YA, younger adults, OA, older adults, WSD, within-subjects design. **Equipment:** HMD, head-mounted display, VE, virtual environment, VR, virtual reality, UHD, ultra-high-definition. **Measures:** %VO2R, percentage of VO2 reserve, BAI, Beck anxiety inventory, BDI-II, Beck depression inventory-II, BP, blood pressure, CWST, color-word Stroop task, EEG, electroencephalography, FS, feeling scale, GEQ, game experience questionnaire, HR, heart rate, Hrest, resting heart rate, HRV, heart rate variability, IMT, intrinsic motivation inventory, IMIQ, intrinsic motivation inventory questionnaire, ITC-SOPI, international test commission-sense of presence inventory, IVR, immersive virtual reality, KCAI, total energy expenditure, METs, metabolic equivalents, MVIC, maximum voluntary isometric contraction, NASA-TLX, NASA task load index, non-IVR, non-immersive virtual reality, PAAS, physical activity affect scale, PACES, physical activity enjoyment scale, Pmax, maximum power output, Pmean, mean power output, POMS2, profile of mood states second edition, PQ, presence questionnaire, PPAQ, Paffenbarger physical activity questionnaire, PSS, perceived stress scale, RPE, rating of perceived exertion, RPS, perceived restorativeness scale, sEMG, surface electromyography, SM, situational motivation, SAC, stress arousal checklist, SSC, short symptom checklist, SSQ, simulator sickness questionnaire, SUS, system usability scale, SVS, subjective vitality scale, TDMS, Two-Dimensional Mood Scale, VO2, oxygen consumption, VO2peak, peak aerobic capacity, VR-HIT, virtual reality assisted high intensity interval training, VRO, virtual representation of another person, VRS, virtual representation of the physical self.

IVR training had a greater improvement in muscle strength and aerobic performance than the control group who followed a TR-PA protocol.^{41,42} Mologne et al. also found a greater improvement in heart rate variability and resting metabolic rate.⁴¹

IVR-PA effectiveness for PA and well-being promotion

The majority of the assessed studies stated that IVR-PA could be a motivating and enjoyable tool for promoting physical activity participation and physical activity adherence among different populations.^{23,25,26,30–32,34–36,38} Touloudi et al. explored the usability of an IVR-physical activity intervention within the workplace. Results showed high levels of usability in employees. Furthermore, Xu et al. found good usability and acceptability of a long-lasting IVR-PA intervention administered in a group of students. Usability was assessed using the system usability scale in both the studies, while Xu et al. assessed acceptability using a customized questionnaire. IVR-PA was also found to promote psychological well-being,⁴² and reduce depression levels.²⁹ Overall, we found IVR seems a feasible instrument, which can be implemented for physical activity and health promotion mainly in college populations,^{24,25,30,31} although it also showed a good response among the elderly.³⁴

Quality assessment

Global ratings were “strong” ($n = 1$), “moderate” ($n = 10$), and “weak” ($n = 9$). See Table 3 for details on the individual quality ratings.

Discussion

This systematic review indicates that IVR can be used as a tool to support, promote, and improve physical activity, and psychological well-being. We have outlined various factors that demonstrate how IVR could impact the overall physical activity experience. Nevertheless, it is crucial to note that the research is still in its early stages, and the connections between the analyzed variables remain unclear. In light of this, our aim is to conceptualize a framework outlining the structure of relationships among the identified elements. This endeavor is intended to enhance comprehension of the subject. Additionally, we will endeavor to pinpoint existing gaps that require further exploration, guiding future research in this domain.

With regard to psychological outcomes, our main findings were that IVR-PA has a positive effect on the enjoyment felt while doing physical activity and that it can reduce perceived exertion. According to the hedonic motivation theory, individuals are driven to repeat an intrinsically satisfying behavior⁴³ and the increased enjoyment in IVR-PA could be an important factor to promote and enhance physical activity.⁴⁴ As enjoyment has also been found to be a significant predictor of engagement in physical activity regardless of age^{45,46} and health status^{47,48} the increased enjoyment experienced in IVR-PA could increase the uptake of physical activity is promising.

The reduction of perceived exertion is a well-known and accurate indicator of perceived exercise intensity.^{49,50} Several studies state that perceived exercise intensity may affect the intention to undertake and perform physical activity and adherence to this.^{51–54} These studies show that sedentary people or people who perform low levels of physical activity

TABLE 3. SUMMARY OF QUALITY RATINGS OF STUDIES OF IMMERSIVE VIRTUAL REALITY ENHANCED PHYSICAL ACTIVITY

Study	A. Selection bias	B. Study design	C. Confounders	D. Blinding	E. Data collection method	F. Withdrawals and drop-outs	Global rating
Calogiuri et al. ⁴⁰	MODERATE	MODERATE	WEAK	MODERATE	STRONG	MODERATE	MODERATE
Farrow et al. ³²	WEAK	MODERATE	WEAK	MODERATE	STRONG	MODERATE	WEAK
Feodoroff et al. ³³	MODERATE	MODERATE	WEAK	MODERATE	STRONG	MODERATE	MODERATE
Fox et al. ²³	MODERATE	STRONG	WEAK	MODERATE	WEAK	STRONG	WEAK
Gani et al. ⁴²	STRONG	MODERATE	WEAK	MODERATE	STRONG	STRONG	MODERATE
Gomez et al. ³⁵	MODERATE	MODERATE	WEAK	MODERATE	STRONG	STRONG	MODERATE
Jones et al. ³⁶	WEAK	MODERATE	MODERATE	MODERATE	MODERATE	STRONG	MODERATE
Liu et al. ²⁴	MODERATE	MODERATE	WEAK	MODERATE	STRONG	STRONG	MODERATE
Mc Clure et al. ²⁵	WEAK	MODERATE	WEAK	MODERATE	WEAK	WEAK	WEAK
Mc Donough et al. ²⁶	MODERATE	MODERATE	WEAK	MODERATE	STRONG	STRONG	MODERATE
Mologne et al. ⁴¹	MODERATE	STRONG	STRONG	MODERATE	MODERATE	STRONG	STRONG
Ochi et al. ³⁷	WEAK	MODERATE	WEAK	MODERATE	WEAK	STRONG	WEAK
owski et al. ²⁷	MODERATE	MODERATE	WEAK	MODERATE	STRONG	STRONG	MODERATE
Sakhare et al. ³⁴	WEAK	STRONG	WEAK	MODERATE	STRONG	STRONG	WEAK
Touloudi et al. ³⁹	WEAK	MODERATE	WEAK	MODERATE	WEAK	STRONG	WEAK
Xu et al. ²⁸	WEAK	MODERATE	WEAK	MODERATE	STRONG	STRONG	WEAK
Xu et al. ²⁹	WEAK	MODERATE	WEAK	MODERATE	STRONG	WEAK	WEAK
Zeng et al. ³⁰	MODERATE	MODERATE	WEAK	MODERATE	STRONG	STRONG	MODERATE
Zeng et al. ³¹	MODERATE	MODERATE	WEAK	MODERATE	STRONG	STRONG	MODERATE
Zhou ³⁸	MODERATE	STRONG	WEAK	MODERATE	WEAK	STRONG	WEAK
STRONG	1						
MODERATE	10						
WEAK	9						

are more involved and inclined to adhere to a proposal for moderate-intensity physical activity.

Following on psychological outcomes, IVR was associated with an increase in physical activity-related self-efficacy.^{26,30} Self-efficacy is defined as situation-specific ability beliefs, which refers to an individual's judgments of their capabilities to organize and execute actions or activities required to attain designated types of performances, as well as a cognitive factor thought to drive behavior through beliefs in personal agency.^{55,56} Applied to physical activity, it could be defined as the confidence in the ability of performing a given physical activity task, which is in turn strongly related to the ability to perform a task.⁵⁷ Several studies reported that self-efficacy is a major factor affecting intention, performance, willingness to expend effort, and persistence in sports and physical activity fields among children and young adults.^{58–63} Particularly, higher self-efficacy is linked to longer persistence and higher performance, with respect to low self-efficacy.

All the previous factors would seem to facilitate involvement and adherence to physical activity, but the short duration of the interventions allows us to have only an idea of the acute effect of exposure. For a more comprehensive understanding of the impact on adherence to physical activity (IVR-PA), employing extended protocols that incorporate follow-ups would be beneficial. This extended approach involves assessing adherence in practical terms, such as monitoring physical activity levels over several months. This extended evaluation aims to determine whether there is a substantial and lasting behavioral change.

While some studies have explored the influence of IVR-PA on exercise intention, often viewed as a measure of adherence, these interventions have been relatively brief. Additionally, the scope of these studies has primarily focused on the identification within the avatar as the sole factor influencing exercise intention. They showed participants spent more time in voluntary physical activity and were willing to train in the future, when the player impersonates an avatar representing himself versus when the avatar represents another person.^{23,38} They explained this effect with the identification theory, referring to the social cognitive theory,^{64,65} stating the extent to which an individual relates to a model and feels that he is similar to the model increases the likelihood of performing a behavior.

In addition to the advantages that have a positive influence, we must also explore the negative factors related to IVR.

Cyber sickness is defined as motion sickness commonly due to video games and VR utilization, causing symptoms such as nausea, eyestrain, dizziness, and vertigo.⁶⁶ It was associated with lower enjoyment levels⁴⁰ and a smaller increase of perceived exertion.^{28,40} There are different theories explaining cybersickness, the most known are the sensory conflict theory and the postural instability theory: the first states that cybersickness is mainly due to the contrasting signals received by the visual and the vestibular system; the second that cybersickness can arise because of long periods without postural control.⁶⁷ It is worth to mention that, among all the studies, only a few reported dropouts caused by cybersickness^{31,33,34} and only one study of those which measured the presence of related symptoms, showed a high

number of participants affected by this condition.⁴⁰ New developments in VR hardware have significantly reduced the occurrence of cybersickness.⁶⁸ Furthermore, as with better software, the visual stimulus becomes more similar to reality, the user is more immersed in the VR and expects vestibular inputs corresponding to the visual stimulation.⁶⁹

Based on what has been reported, we posit that enjoyment, and perceived self-efficacy can be influenced by the intrinsic characteristics of the IVR-PA experience. Specifically, these factors can be affected by the degree of immersion, identification in the avatar, as well as the occurrence and level of cybersickness. All these factors would in turn influence the effect that the IVR-PA experience has on involvement and adherence to physical activity. However, to have a clearer picture, it would be useful to deepen our knowledge of the relationships between these factors and the weight of their causal relationships. Deepening knowledge about the characteristics underlying the quality of the IVR-PA experience would be helpful both for the construction of more effective interventions and for the development of this technology.

Beyond examining psychological variables, it is crucial to direct attention toward the physiological and performance outcomes linked to exercise. These outcomes offer valuable insights into the quality of the conducted physical activity. Aside from assessing the level of involvement and the capacity to foster adherence, it is imperative to consider the effectiveness of physical activity as a protective factor for overall bodily health.

Heart rate and oxygen consumption were measured in some of the examined studies as an indicator of the cardiovascular system activity,^{25,28,32,33,35,40} while three studies took into consideration muscular activity³³ and muscular strength^{41,42} as main outcomes. The findings were controversial and further research is needed to determine whether IVR-PA can improve these physiological parameters.

From a muscular point of view, only one study analyzed muscle activation and reported that, in relation to strength training, the proposed activity was only functional for low-intensity resistance training.³³ Two studies measured muscular strength after a longer IVR-PA intervention and found a greater increase of this parameter in subjects who carried out the IVR training compared to the group involved in the TR-PA condition.^{41,42} However, this aspect remains underresearched, and it is not possible to extend these results, as the activities proposed by the various active video games were different in the type of movements and in the affected metabolic component. Further, the intensity of the activity in IVR and in other conditions was not consistent and constantly monitored in the majority of studies. Only one study²⁷ used the same intensity for both conditions and they found participants performing a submaximal incremental cycling test reached lower heart rate values at the same intensity while working out in the IVR condition compared to the TR-PA, allowing them to reach a higher power output. The authors monitored heart rate variability during the test and suggested that it could be due to a different response of the autonomic nervous activity during the IVR condition, which favored parasympathetic predominance.

There are several gaps in the measurement of physiological variables that need addressing. Firstly, achieving a fair comparison between IVR-PA and other training modalities

requires ensuring that the activities performed exhibit the same level of intensity. This step is crucial to eliminate intrinsic differences in the exercises conducted, which could introduce confusion as a variable. Consequently, prior to making comparisons, it is essential to measure the physiological engagement of the exergames used in research, considering potential variations in metabolic activation levels. Standardizing the measurement of exercise intensity would facilitate comparisons across protocols employed in various studies. Secondly, the physical fitness level of the studied population could act as a confounding factor. It is advisable to conduct and report standardized measurements, such as maximum oxygen consumption and power output, to analyze their relationship with the effort required by the exercise. This approach allows for a comprehensive comparison of different protocols used and enhances the accuracy of findings.

IVR-PA could be an effective tool to improve psychological well-being due to the well-known effects of physical activity on mental health.²⁹ IVR-PA has the potential to be an important resource to promote health through physical activity,^{23,25,26,30–32,34,35,38} being captivating and engaging. It can positively affect the involvement and adherence to physical activity, which are elements of great importance due to the value of perseverance in physical activity in improving health and well-being. Physical activity, as highlighted by various health promotion organizations (e.g., WHO, ACSM) must be performed at least to some extent to produce positive effects and only a constant practice induces health benefits over time.^{70,71} IVR could break down barriers that prevent people from exercising or that cause disengagement, such as the lack of motivation and involvement that could be filled thanks to greater enjoyment, the increase in self-efficacy, and the lesser perception of fatigue in training. The reviewed studies indicate that, compared to traditional physical activity, IVR-PA increases exercise intentions, especially when the player impersonates a self-representing avatar.^{23,38} Furthermore, the reviewed studies suggest that IVR-PA can be a valid tool for health promotion in the workplace³⁹ and among university students.³⁸ This is in line with findings from a previous review²⁰ reporting that IVR is a feasible, acceptable, and effective tool for promoting well-being in the workplace.

In the pursuit of promoting physical activity, it is imperative that future research delves into the factors influencing adherence to IVR-PA. This necessitates the application of extended interventions to ascertain whether, in comparison to alternative training methods, IVR-PA proves more effective in instigating enduring behavioral changes. Moreover, for a more nuanced understanding of its effectiveness in preventing chronic pathologies associated with a sedentary lifestyle, a more precise measurement of physiological and performance variables linked to exercise should be incorporated.

Aligned with the WHO's objectives, another avenue of research should explore the feasibility and applicability of IVR-PA in real-life contexts. This research aims to assess how IVR-PA can serve as a facilitator for promoting physical activity, ultimately refining interventions to offer tailored content for specific target populations. To enhance the efficacy of the utilized exergames, the inclusion of suggestions and educational content regarding the quality of exercise

performance could be a beneficial approach. Furthermore, we propose that the integration of IVR-PA into work and educational environments holds promise, given the substantial time individuals spend in these settings. By introducing the option of practicing IVR-PA in these contexts, potential barriers hindering physical activity engagement could be dismantled, fostering increased awareness and commitment to health promotion among both institutions and individuals.

Strengths and limitations of the reviewed studies

Research on IVR-PA is still new and there are several limitations in the literature reviewed for which further studies are needed. One of the limitations encountered is the impossibility of carrying out a meta-analysis because the collected variables and the methodologies used are different from each other. Little is still known about this topic and many of the parameters have only been studied in one session where it is not possible to identify a trend. Moreover, all the reviewed studies had a cross-sectional design, and most of them were rated as moderate or weak for the quality assessment. Longitudinal studies are needed to evaluate the repeatability of the measures and the long-term effects of the applied protocols, as well as their standardization, in line with a more accurate definition of the physical activity intensity parameters. Another limitation is the lack of RCTs and the small sample size, which would require randomized trials in a larger sample population. Furthermore, studies on different populations are needed, as most of the reviewed studies were conducted on university students. In fact, while a younger population may be more comfortable with technology, which could affect the effectiveness of this tool, it may cause discomfort for an adult audience. To evaluate the effects of IVR-PA in a real-life setting, it would be helpful to explore this technology outside the lab environment and evaluate the efficacy of IVR-PA through ecological studies. Also, most of the studies are done in North America, so it would be necessary to carry out the research on different populations as well. Finally, it would be useful to carry out studies about costing of applying IVR-PA in health promotion contexts in order to evaluate the feasibility of the practical application of this tool. Future studies could investigate the application of IVR-PA in more ecological conditions, in contexts where the need to protect mental health is of fundamental importance, such as the work environment, but also in a clinical setting.

Conclusions

IVR-PA has the potential to become an effective tool for improving physical activity, increasing involvement and adherence, above all given its positive effects on enjoyment and due to the reduction of perceived fatigue during training compared to TR-PA. These factors would make it an effective tool for promoting well-being through physical.

Acknowledgments

LV would like to express their gratitude to the National Institute for Health Research (NIHR) Biomedical Research Center for Mental Health at South London and Maudsley NHS Foundation Trust and King's College London. The views expressed are those of the author(s) and not necessarily those of the NHS, the NIHR, the Department of Health,

or King's College London. For the purposes of open access, the author has applied a Creative Commons Attribution (CC BY) license to any Accepted Author Article version arising from this submission.

Authorship Contribution Statement

A.M., L.V., and I.T. conceived the concept and the design of the study. A.M., L.B., and M.A. conducted the data extraction and quality rating. A.M. and L.V. led in writing the article. All authors contributed to and approved the final article.

Authors' Disclosure Statement

No competing financial interests exist.

Funding Information

This systematic review was produced while attending the PhD program in General Medical and Services Sciences at the University of Bologna, Cycle XXXVII, with the support of a scholarship funded by FSE REACT-EU-A.A. 2021/2022 resources.

References

- Katzmarzyk PT, Friedenreich C, Shiroma EJ, et al. Physical inactivity and non-communicable disease burden in low-income, middle-income and high-income countries. *Br J Sports Med* 2022;56(2):101–106; doi: 10.1136/bjsports-2020-103640
- Kohl HW, 3rd, Craig CL, Lambert EV, et al. The pandemic of physical inactivity: Global action for public health. *Lancet* 2012;380(9838):294–305; doi: 10.1016/S0140-6736(12)60898-8
- Lee I-M, Shiroma EJ, Lobelo F, et al. Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: An analysis of burden of disease and life expectancy. *Lancet* 2012; 380(9838):219–229; doi: 10.1016/S0140-6736(12)61031-9
- World Health Organization. Global Status Report on Physical Activity 2022; 2022.
- Guthold R, Stevens GA, Riley LM, et al. Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: A pooled analysis of 358 population-based surveys with 1.9 million participants. *Lancet Glob Health* 2018;6(10):e1077–e1086; doi: 10.1016/S2214-109X(18)30357-7
- Tison GH, Barrios J, Avram R, et al. Worldwide physical activity trends since COVID-19 onset. *Lancet Glob Health* 2022; 10(10):e1381–e1382; doi: 10.1016/S2214-109X(22)00361-8
- World Health Organization. Global Action Plan on Physical Activity 2018–2030. More Active People for a Healthier World. World Health Organization; 2018.
- Pasco D. The potential of using virtual reality technology in physical activity settings. *Quest* 2013;65(4):429–441; doi: 10.1080/00336297.2013.795906
- Slater M, Sanchez-Vives MV. Enhancing our lives with immersive virtual reality. *Front Robot AI* 2016;3; doi: 10.3389/frobt.2016.00074
- Qian J, McDonough DJ, Gao Z. The effectiveness of virtual reality exercise on individual's physiological, psychological and rehabilitative outcomes: A systematic review. *Int J Environ Res Public Health* 2020;17(11); doi: 10.3390/ijerph17114133
- Ahn SJ-G, Fox J Immersive virtual environments, avatars, and agents for health, *Encyclopedia of Health and Risk Message Design and Processing*. (Parriott R. Ed.) Oxford University Press. 2017; doi: 10.1093/acrefore/9780190228613.013.325
- Ng Y-L, Ma F, Ho FK, et al. Effectiveness of virtual and augmented reality-enhanced exercise on physical activity, psychological outcomes, and physical performance: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Comput Human Behav* 2019;99:278–291; doi: 10.1016/j.chb.2019.05.026
- Mestre DR, Dagonneau V, Mercier C-S. Does virtual reality enhance exercise performance, enjoyment, and dissociation? An exploratory study on a stationary bike apparatus. *Presence Teleoperators Virtual Environ* 2011;20(1):1–14; doi: 10.1162/pres_a_00031
- Plante TG, Frazier S, Tittle A, et al. Does virtual reality enhance the psychological benefits of exercise? *J Hum Mov Stud* 2003;45(6):485–507.
- Zeng N, Pope Z, Lee JE, et al. Virtual reality exercise for anxiety and depression: A preliminary review of current research in an emerging field. *J Clin Med* 2018;7(3):42; doi: 10.3390/jcm7030042
- Gao Z, Zeng N, Pope ZC, et al. Effects of exergaming on motor skill competence, perceived competence, and physical activity in preschool children. *J Sport Health Sci* 2019; 8(2):106–113; doi: 10.1016/j.jshs.2018.12.001
- Sanchez-Vives MV, Slater M. From presence to consciousness through virtual reality. *Nat Rev Neurosci* 2005;6(4): 332–339; doi: 10.1038/nrn1651
- Jelić A, Tieri G, De Matteis F, et al. The enactive approach to architectural experience: A neurophysiological perspective on embodiment, motivation, and affordances. *Front Psychol* 2016;7:481; doi: 10.3389/fpsyg.2016.00481
- Riches S, Azevedo L, Bird L, et al. Virtual reality relaxation for the general population: A systematic review. *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol* 2021;56(10):1707–1727; doi: 10.1007/s00127-021-02110-z
- Riches S, Taylor L, Jeyarajaguru P, et al. Virtual reality and immersive technologies to promote workplace wellbeing: A systematic review. *J Ment Health* 2023;1–21; doi: 10.1080/09638237.2023.2182428
- Mouatt B, Smith AE, Mellow ML, et al. The use of virtual reality to influence motivation, affect, enjoyment, and engagement during exercise: A scoping review. *Front Virtual Real* 2020;1:564664; doi: 10.3389/frvir.2020.564664
- Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *Bmj* 2021;372:n71; doi: 10.1136/bmj.n71
- Fox J, Bailenson JN. Virtual self-modeling: The effects of vicarious reinforcement and identification on exercise behaviors. *Media Psychol* 2009;12(1):1–25; doi: 10.1080/15213260802669474
- Liu W, Zeng N, Pope ZC, et al. Acute effects of immersive virtual reality exercise on young adults' situational motivation. *J Clin Med* 2019;8(11):1947; doi: 10.3390/jcm8111947
- McClure C, Schofield D. Running virtual: The effect of virtual reality on exercise. 2019.
- McDonough DJ, Pope ZC, Zeng N, et al. Comparison of college students' blood pressure, perceived exertion, and psychosocial outcomes during virtual reality, exergaming, and traditional exercise: An exploratory study. *Games Health J* 2020;9(4):290–296; doi: 10.1089/g4h.2019.0196

27. Rutkowski S, Szary P, Sacha J, et al. Immersive virtual reality influences physiologic responses to submaximal exercise: A randomized, crossover trial. *Front Physiol* 2021;12: 702266; doi: 10.3389/fphys.2021.702266
28. Xu W, Liang H-N, Zhang Z, et al. Studying the effect of display type and viewing perspective on user experience in virtual reality exergames. *Games Health J* 2020;9(6): 405–414; doi: 10.1089/g4h.2019.0102
29. Xu W, Liang H-N, Baghaei N, et al. Effects of an immersive virtual reality exergame on university students' anxiety, depression, and perceived stress: Pilot feasibility and usability study. *JMIR Serious Games* 2021;9(4):e29330; doi: 10.2196/29330
30. Zeng N, Pope Z, Gao Z. Acute effect of virtual reality exercise bike games on college students' physiological and psychological outcomes. *Cyberpsychol Behav Soc Netw* 2017; 20(7):453–457; doi: 10.1089/cyber.2017.0042
31. Zeng N, Liu W, Pope ZC, et al. acute effects of virtual reality exercise biking on college students' physical responses. *Res Q Exerc Sport* 2022;93(3):633–639; doi: 10.1080/02701367.2021.1891188
32. Farrow M, Lutteroth C, Rouse PC, et al. Virtual-reality exergaming improves performance during high-intensity interval training. *Eur J Sport Sci* 2019;19(6):719–727; doi: 10.1080/17461391.2018.1542459
33. Feodoroff B, Konstantinidis I, Froböse I. Effects of full body exergaming in virtual reality on cardiovascular and muscular parameters: Cross-sectional experiment. *JMIR Serious Games* 2019;7(3):e12324; doi: 10.2196/12324
34. Sakhare AR, Yang V, Stradford J, et al. Cycling and spatial navigation in an enriched, immersive 3d virtual park environment: A feasibility study in younger and older adults. *Front Aging Neurosci* 2019;11:218; doi: 10.3389/fnagi.2019.00218
35. Gomez DH, Bagley JR, Bolter N, et al. Metabolic cost and exercise intensity during active virtual reality gaming. *Games Health J* 2018;7(5):310–316; doi: 10.1089/g4h.2018.0012
36. Jones L, Wheat J. Green and pleasant lands: The affective and cerebral hemodynamic effects of presence in virtual environments during exercise. *Percept Mot Skills* 2023; 130(2):826–843; doi: 10.1177/00315125221146614
37. Ochi G, Kuwamizu R, Fujimoto T, et al. The effects of acute virtual reality exergaming on mood and executive function: Exploratory crossover trial. *JMIR Serious Games* 2022;10(3):e38200; doi: 10.2196/38200
38. Zhou S. Using virtual reality to promote physical activity. *JSEA* 2020;13(11):312–326.
39. Touloudi E, Hassandra M, Galanis E, et al. applicability of an immersive virtual reality exercise training system for office workers during working hours. *Sports* 2022;10(7); doi: 10.3390/sports10070104
40. Calogiuri G, Litleskare S, Fagerheim KA, et al. experiencing nature through immersive virtual environments: Environmental perceptions, physical engagement, and affective responses during a simulated nature walk. *Front Psychol* 2018;8:2321; doi: 10.3389/fpsyg.2017.02321
41. Mologne MS, Hu J, Carrillo E, et al. The efficacy of an immersive virtual reality exergame incorporating an adaptive cable resistance system on fitness and cardiometabolic measures: A 12-week randomized controlled trial. *Int J Environ Res Public Health* 2023;20(1):210; doi: 10.3390/ijerph20010210
42. Gani RA, Setiawan E, Achmad IZ, et al. Virtual reality-based tabata training: A professional method for changing levels physical fitness and psychological well-being on student-athletes. *ppcs* 2023;27(2):91–101; doi: 10.15561/26649837.2023.0201
43. Cabanac M. Pleasure: The common currency. *J Theor Biol* 1992;155(2):173–200; doi: 10.1016/s0022-5193(05) 80594-6
44. Hagberg LA, Lindahl B, Nyberg L, et al. Importance of enjoyment when promoting physical exercise. *Scand J Med Sci Sports* 2009;19(5):740–747; doi: 10.1111/j.1600-0838.2008.00844.x
45. Crain AL, Martinson BC, Sherwood NE, et al. The long and winding road to physical activity maintenance. *Am J Health Behav* 2010;34(6):764–775; doi: 10.5993/ajhb.34.6.11
46. Rhodes RE, Warburton DER, Bredin SSD. Predicting the effect of interactive video bikes on exercise adherence: An efficacy trial. *Psychol Health Med* 2009;14(6):631–640; doi: 10.1080/13548500903281088
47. Charlier C, Van Hoof E, Pauwels E, et al. The contribution of general and cancer-related variables in explaining physical activity in a breast cancer population 3 weeks to 6 months post-treatment. *Psychooncology* 2013;22(1):203–211; doi: 10.1002/pon.2079
48. Ungar N, Wiskemann J, Sieverding M. Physical activity enjoyment and self-efficacy as predictors of cancer patients' physical activity level. *Front Psychol* 2016;7:898; doi: 10.3389/fpsyg.2016.00898
49. Borg GA. Perceived exertion: A note on “history” and methods. *Med Sci Sports* 1973;5(2):90–93.
50. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982;14(5):377–381.
51. Dishman RK, Buckworth J. Increasing physical activity: A quantitative synthesis. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28(6): 706–719; doi: 10.1097/00005768-199606000-00010
52. Heinrich KM, Patel PM, O'Neal JL, et al. High-intensity compared to moderate-intensity training for exercise initiation, enjoyment, adherence, and intentions: An intervention study. *BMC Public Health* 2014;14:789; doi: 10.1186/1471-2458-14-789
53. Perri MG, Anton SD, Durning PE, et al. Adherence to exercise prescriptions: Effects of prescribing moderate versus higher levels of intensity and frequency. *Heal Psychol Off J Div Heal Psychol Am Psychol Assoc* 2002;21(5):452–458.
54. Sallis JF, Haskell WL, Fortmann SP, et al. Predictors of adoption and maintenance of physical activity in a community sample. *Prev Med* 1986;15(4):331–341; doi: 10.1016/0091-7435(86)90001-0
55. Bandura A. *Social Foundations of Thought and Action: A Social Cognitive Theory*. Prentice-Hall Series in Social Learning Theory. Prentice-Hall, Inc: Englewood Cliffs, NJ, US; 1986.
56. Bandura A. *Self-Efficacy: The Exercise of Control*. W H Freeman/Times Books/Henry Holt & Co: New York, NY, US; 1997.
57. Marcus BH, Selby VC, Niaura RS, et al. Self-efficacy and the stages of exercise behavior change. *Res Q Exerc Sport* 1992;63(1):60–66; doi: 10.1080/02701367.1992.10607557
58. Feltz DL, Magyar TM. Self-efficacy and adolescents in sport and physical activity. *Self-Efficacy Beliefs Adolesc* 2006;4:161–179.
59. Gao Z, Kosma M. Intention as a mediator of weight training behavior among college students: An integrative framework. *J Appl Sport Psychol* 2008;20(3):363–374; doi: 10.1080/10413200701871200

60. Mcauley E, Courneya KS. Adherence to exercise and physical activity as health-promoting behaviors: Attitudinal and self-efficacy influences. *Appl Prev Psychol* 1993;2(2): 65–77; doi: 10.1016/S0962-1849(05)80113-1
61. Gao Z, Xiang P, Lee AM, et al. Self-efficacy and outcome expectancy in beginning weight training class: Their relations to students' behavioral intention and actual behavior. *Res Q Exerc Sport* 2008;79(1):92–100; doi: 10.1080/02701367.2008.10599464
62. Gao Z, Lodewyk KR, Zhang T. The role of ability beliefs and incentives in middle school students' intention, cardiovascular fitness, and effort. *J Teach Phys Educ* 2009;28(1):3–20.
63. Moritz SE, Feltz DL, Fahrbach KR, et al. The relation of self-efficacy measures to sport performance: A meta-analytic review. *Res Q Exerc Sport* 2000;71(3):280–294; doi: 10.1080/02701367.2000.10608908
64. Bandura A, Walters RH. *Social Learning Theory*. Englewood cliffs Prentice Hall; 1977.
65. Bandura A. Social cognitive theory of mass communication. *Media Psychol* 2001;3(3):265–299; doi: 10.1207/S1532785XMEP0303_03
66. Gallagher M, Ferrè ER. Cybersickness: A multisensory integration perspective. *Multisens Res* 2018;31(7):645–674; doi: 10.1163/22134808-20181293
67. LaViola JJ. A Discussion of cybersickness in virtual environments. *SIGCHI Bull* 2000;32(1):47–56; doi: 10.1145/333329.333344
68. Ramaseri Chandra AN, El Jamiy F, Reza H. A systematic survey on cybersickness in virtual environments. *Computers* 2022;11(4):51; doi: 10.3390/computers11040051
69. Chang E, Kim HT, Yoo B. Virtual reality sickness: A review of causes and measurements. *Int J Human-Computer Interact* 2020;36(17):1658–1682; doi: 10.1080/10447318.2020.1778351
70. Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Br J Sports Med* 2020;54(24):1451–1462; doi: 10.1136/bjsports-2020-102955
71. Riebe D, Ehrman JK, Liguori G, et al. *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. Wolters Kluwer; 2018.

Address correspondence to:

Dr. Alessio Mocco

Department of Medical and Surgical Science

Psychiatry Unit

Alma Mater Studiorum University of Bologna

via Carlo Pepoli 5

40123, Bologna

Italy

E-mail: alessio.mocco2@unibo.it

Appendice II- Allegati e questionario progetto Wind Mind for Health



DIPARTIMENTO DI SCIENZE MEDICHE E CHIRURGICHE
CENTRO DI MEDICINA TRANSCULTURALE E PSICOSOMATICA DI BOLOGNA
(BOLOGNA TRANSCULTURAL PSYCHOSOMATIC TEAM – BOTPT)

ALLEGATO A: modulo “Richiesta attivazione progetto WM4H”

Data _____

• Dati Anagrafici:

Nome e Cognome del paziente: _____ M ☐ F ☐

Data e Luogo di nascita: _____

Residenza: _____

Recapiti telefonici: _____

Scuola e Classe frequentate/Percorso formativo se concluso _____

Occupazione _____

Nome del MMG : _____

• Sintesi Anamnestica e Dati Clinici:



DIPARTIMENTO DI SCIENZE MEDICHE E CHIRURGICHE
CENTRO DI MEDICINA TRANSCULTURALE E PSICOSOMATICA DI BOLOGNA
(BOLOGNA TRANSCULTURAL PSYCHOSOMATIC TEAM – BOTPT)

- Presenza di Documentazione allegata (Cartacea, video o di altro tipo): **Si** ☐ **No** ☐
Specificare:

- Visite specialistiche:

- Trattamenti in atto (farmacologici e non):

- Profilo dell'utente:
 - a) Valutazione Diagnostica:

 - b) Profilo Funzionale:

 - c) Piano Educativo/Riabilitativo:

 - d) Altro:

- Indicazioni per l'osservazione:



DIPARTIMENTO DI SCIENZE MEDICHE E CHIRURGICHE

CENTRO DI MEDICINA TRANSCULTURALE E PSICOSOMATICA DI BOLOGNA

(BOLOGNA TRANSCULTURAL PSYCHOSOMATIC TEAM – BOTPT)

- **Richiedente:** CSM ☐ NPIA ☐ _____
- Area Territoriale di appartenenza: Area Nord ☐ Area Centro ☐ Area Sud ☐ Area Est ☐

Referente Clinico: _____

Recapito telefonico lavorativo: _____

Altri Operatori coinvolti: _____

Motivo dell'invio/richiesta presa in carico: _____

Firma del richiedente



DIPARTIMENTO DI SCIENZE MEDICHE E CHIRURGICHE
CENTRO DI MEDICINA TRANSCULTURALE E PSICOSOMATICA DI BOLOGNA
(BOLOGNA TRANSCULTURAL PSYCHOSOMATIC TEAM – BOTPT)

ALLEGATO B: Lista scale di valutazione stati mentali a rischio

Si richiede l'utilizzo di una di queste scale sotto elencate prima dell'invio al progetto; nel caso non sia stata effettuata una di queste valutazioni, segnalarlo allo staff del progetto che provvederà alla somministrazione della Frankfurt-Pamplona Subjective Experiences Scale (FPSES).

- Italian Prodromal Questionnaire 16 (iPQ16)
- Frankfurt-Pamplona Subjective Experiences Scale (FPSES)
- Bonn Scale for the Assessment of Basic Symptoms (BSABS)
- Comprehensive Assessment for At Risk Mental States (CAARMS)
- Schizophrenia Proneness Instrument- Adult Version (SPI-A)
- Schizophrenia Proneness Instrument- Child and Youth Version (SPI-CY)
- Examination of Anomalous Self-Experiences (EASE)
- The Psychosis-Risk Syndrome (SIPS)
- Breve Scala di Valutazione Psichiatrica (BPRS)
- Health of the Nation Outcome Scales (HoNos)
- Checklist per la valutazione dell'esordio psicotico (CVEP)



DIPARTIMENTO DI SCIENZE MEDICHE E CHIRURGICHE

CENTRO DI MEDICINA TRANSCULTURALE E PSICOSOMATICA DI BOLOGNA

(BOLOGNA TRANSCULTURAL PSYCHOSOMATIC TEAM – BOTPT)

Questionario n. _____

PROGETTO WH4M

In questo questionario anonimo troverà una serie di domande che la guideranno a descrivere la sua persona, le sue opinioni, il suo sentire e le sue abitudini; quindi non vi sono risposte “giuste” o “sbagliate”. La preghiamo di rispondere a TUTTE le domande con attenzione e sincerità. Legga le istruzioni che precedono ogni parte di questo questionario, quindi legga una domanda alla volta con attenzione, nell’ordine proposto, senza tralasciarne nessuna e risponda nel modo che le pare più opportuno, senza tuttavia stare troppo a pensarci; alla fine di ogni pagina controlli di aver risposto a tutte.

Metta una crocetta sul quadratino che corrisponde alle sue caratteristiche biologiche

☐ Femmina ☐ Maschio

Qual è il suo anno di nascita? Scriva l’anno _____

Paese di origine _____ Cittadinanza _____ Etnia _____

Qual è il suo titolo di studio? _____

Anni di scolarizzazione _____

Aggiunga eventuali corsi di formazione specifici _____

Indichi se lei al momento è:

☐ Occupato	☐ Casalinga/o
☐ Disoccupato, alla ricerca di lavoro	☐ Studente
☐ Disoccupato, non più alla ricerca	☐ Pensionato
☐ In cerca di prima occupazione	☐ In altra condizione

Specifichi la professione, l’arte o il mestiere che esercita _____

Indichi qual è al momento Attuale il suo Stato civile, ponendo una crocetta sulla voce più adatta:

☐ Celibe / Nubile	☐ Coppia di fatto
☐ Coniugato/a	☐ Separato legalmente dall’anno _____
☐ Vedovo/a dall’anno _____	☐ Divorziato dall’anno _____

Attualmente ha una relazione affettiva? ☐ Sì ☐ No ☐ Nessuna delle precedenti

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
SEDE AMMINISTRATIVA C/O AZIENDA OSPEDALIERO-UNIVERSITARIA – POLICLINICO S. ORSOLA-MALPIGHI
VIA MASSARETTI 9, PADIGLIONE 11 - 40138 BOLOGNA - ITALIA



DIPARTIMENTO DI SCIENZE MEDICHE E CHIRURGICHE

CENTRO DI MEDICINA TRANSCULTURALE E PSICOSOMATICA DI BOLOGNA

(BOLOGNA TRANSCULTURAL PSYCHOSOMATIC TEAM – BOTPT)

Attualmente vive da solo/a? ☐ Sì ☐ Sì, per parte della settimana ☐ No

Elenchi le persone con cui attualmente vive (indichi l'eventuale grado di parentela, l'età, la professione e lo stato civile):

	Nome e Cognome	Parentela	Età	Professione	Stato civile
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					
7.					

Soffre di qualche malattia cronica o ricorrente? (asma, allergie ecc...)

Indichi qui sotto le malattie di cui soffre _____

Attualmente fuma tabacco? ☐ Sì, fumo ☐ Non ho mai fumato ☐ Ex fumatore/trice

Quante sigarette o similari fuma al giorno? Scriva il numero _____

A che età ha iniziato a fumare? _____

Qual è il suo peso? (circa) Kg _____ Qual è la tua altezza?(circa) cm _____

Con quale frequenza usa le sostanze indicate sotto? Selezioni solo le sostanze che eventualmente usa.

	Occasionalmente	Regolarmente
Antidolorifici, sonniferi, calmanti ecc.	☐	☐
Caffè tè e altre sostanze eccitanti	☐	☐
Bevande alcoliche	☐	☐
Sostanze stupefacenti	☐	☐



DIPARTIMENTO DI SCIENZE MEDICHE E CHIRURGICHE

CENTRO DI MEDICINA TRANSCULTURALE E PSICOSOMATICA DI BOLOGNA

(BOLOGNA TRANSCULTURAL PSYCHOSOMATIC TEAM – BOTPT)

Come valuta, complessivamente, il suo attuale stato di salute?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Pessimo ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Eccellente

Indichi quanto è soddisfatto/a della qualità del suo sonno

0 1 2 3 4

Per nulla soddisfatto/a ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Completamente soddisfatto/a

Indichi quanto ritiene che la sua qualità del riposo incida sul suo benessere

0 1 2 3 4

Per nulla rilevante ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Estremamente rilevante

SWEMWBS-7

Come si è sentito/a nelle ultime 2 settimane

	Mai	Raramente	Qualche volta	Spesso	Sempre
1. Mi sono sentito ottimista riguardo al futuro	1	2	3	4	5
2. Mi sono sentito utile	1	2	3	4	5
3. Mi sono sentito rilassato	1	2	3	4	5
4. Ho affrontato bene i problemi	1	2	3	4	5
5. Ho pensato in modo chiaro	1	2	3	4	5
6. Mi sono sentito vicino ad altre persone	1	2	3	4	5
7. Sono stato in grado di prendere alcune decisioni	1	2	3	4	5



DIPARTIMENTO DI SCIENZE MEDICHE E CHIRURGICHE
CENTRO DI MEDICINA TRANSCULTURALE E PSICOSOMATICA DI BOLOGNA
(BOLOGNA TRANSCULTURAL PSYCHOSOMATIC TEAM – BOTPT)

Hai mai praticato qualche sport o qualche attività ricreativa? ☐ Sì ☐ No

Se si quali sport e/o attività ricreativa ha praticato nel corso della sua vita (Elenchi le attività nella tabella)

ANNO/ANNI	DESCRIZIONE ATTIVITÀ	DURATA

GPAQ-16

Attività fisica - Nelle prossime domande si indaga quanto tempo, in una settimana normale, dedica a diverse attività fisiche		
È pregato/a di rispondere a queste domande anche se non ritiene di essere una persona attiva. Pensi innanzitutto al tempo che passa a lavorare. Includa tutti i compiti che deve svolgere, lavoro retribuito e non retribuito, studio/apprendimento, compiti domestici, giardinaggio ecc...		
Domande	Risposta	Codice
Attività sul luogo di lavoro		
1. Il suo lavoro prevede intensa attività fisica durante la quale aumentano notevolmente la respirazione e il battito cardiaco, come trasportare o sollevare carichi pesanti, scavare o eseguire lavori edili per almeno dieci minuti?	Sì 1 No 2 Passare alla domanda P4	P1
2. Quanti giorni di una settimana normale svolge intensa attività fisica al lavoro?	Numero di giorni	P2
3. Quanto tempo trascorre compiendo intensa attività fisica in una normale giornata lavorativa?	Ore : Minuti: : Ore Minuti	P3 (a-b)
4. Il suo lavoro prevede attività fisica moderata durante la quale aumentano leggermente la respirazione e il battito cardiaco, come un'andatura rapida o trasportare carichi leggeri per almeno dieci minuti?	Sì 1 No 2 Passare alla domanda P7	P4
5. Quanti giorni di una settimana normale svolge attività fisica moderata al lavoro?	Numero di giorni	P5
6. Quanto tempo trascorre compiendo moderata attività fisica in una normale giornata lavorativa?	Ore : Minuti: : Ore Minuti	P6 (a-b)
Spostamenti da un posto all'altro		
La prossima domanda esclude l'attività fisica sul luogo di lavoro che ha già menzionato precedentemente. Ora le chiederò come si sposta in genere da un posto all'altro. Per esempio, per andare al lavoro, a fare la spesa, al luogo di culto.		
7. Si sposta da un posto all'altro a piedi o in bicicletta per almeno dieci minuti?	Sì 1 No 2 Passare alla domanda P10	P7
8. Quanti giorni di una settimana normale va a piedi o in bicicletta per almeno dieci minuti per spostarsi da un posto all'altro?	Numero di giorni	P8
9. Quanto tempo investe in una giornata normale per spostarsi a piedi o in bicicletta da un posto all'altro?	Ore : Minuti: : Ore Minuti	P9 (a-b)

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
SEDE AMMINISTRATIVA C/O AZIENDA OSPEDALIERO-UNIVERSITARIA - POLICLINICO S. ORSOLA-MALPIGHI
VIA MASSARENTI 9, PADIGLIONE 11 - 40138 BOLOGNA - ITALIA



DIPARTIMENTO DI SCIENZE MEDICHE E CHIRURGICHE
CENTRO DI MEDICINA TRANSCULTURALE E PSICOSOMATICA DI BOLOGNA
(BOLOGNA TRANSCULTURAL PSYCHOSOMATIC TEAM – BOTPT)

Attività nel tempo libero		
La prossima domanda esclude l'attività fisica sul luogo di lavoro e gli spostamenti da un posto all'altro che ha già menzionato precedentemente. Ora le chiederò che sport fa, se fa fitness e quali attività svolge nel tempo libero.		
Domande	Risposta	Codice
10. Nel tempo libero pratica intensa attività fisica o sport con forte accelerazione della respirazione o del battito cardiaco, come correre o giocare a calcio, per almeno dieci minuti?	Si 1 No 2 Passare alla domanda P13	P10
11. Quanti giorni di una settimana normale pratica intensa attività fisica o sport nel tempo libero?	Numero di giorni	P11
12. Quanto tempo investe in intensa attività fisica o sport in una normale giornata di tempo libero?	Ore : Minuti: : Ore Minuti	P12 (a-b)
13. Nel tempo libero pratica attività fisica moderata o sport con leggera accelerazione della respirazione o del battito cardiaco, come un'andatura sostenuta o andare in bicicletta, nuotare o giocare a pallavolo per almeno dieci minuti?	Si 1 No 2 Passare alla domanda P16	P13
14. Quanti giorni di una settimana normale pratica attività fisica moderata o sport nel tempo libero?	Numero di giorni	P14
15. Quanto tempo investe in attività fisica moderata o sport in una normale giornata di tempo libero?	Ore : Minuti: : Ore Minuti	P15 (a-b)
Comportamento sedentario		
La prossima domanda riguarda lo stare seduti al lavoro, a casa, quando ci si sposta da un posto all'altro, e quando si possa del tempo con gli amici, per esempio stando seduti alla scrivania, in macchina, sul pulman, a leggere, giocare a carte o guardare la televisione, ma non riguarda il tempo in cui si dorme.		
16. Quanto tempo trascorre seduto o a riposo in una giornata normale?	Ore : Minuti: : Ore Minuti	P16 (a-b)

Ritiene di avere un appetito normale? ☐ Si ☐ No

Fornisca qualche informazione sulle sue abitudini alimentari: (può dare una o più risposte)

Mangio spesso fuori pasto	Mangio in fretta e finisco sempre prima degli altri
Nella giornata riservo solo una breve interruzione per i pasti	Mi sono più volte proposto/a di mangiare meno per ridurre il peso
Mangio "in continuazione" quando sono stanco/a e nervoso/a	Mangio pochissimo quando sono stanco/a o nervoso/a perché mi si chiude lo stomaco
Abitualmente faccio colazione e i pasti principali	Mangio troppo, ho sempre molto appetito
Mangio poco, non ho mai appetito	Ho tentato di seguire o rispettare una dieta senza riuscirci

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
SEDE AMMINISTRATIVA C/O AZIENDA OSPEDALIERO-UNIVERSITARIA - POLICLINICO S. ORSOLA-MALPIGHI
VIA MASSARENTI 9, PADIGLIONE 11 - 40138 BOLOGNA - ITALIA



DIPARTIMENTO DI SCIENZE MEDICHE E CHIRURGICHE
CENTRO DI MEDICINA TRANSCULTURALE E PSICOSOMATICA DI BOLOGNA
(BOLOGNA TRANSCULTURAL PSYCHOSOMATIC TEAM – BOTPT)

SE-3

Indichi quanto condivide le seguenti affermazioni

SE-3

Indichi quanto condivide le seguenti affermazioni

	Completamente in disaccordo	In disaccordo	Né in disaccordo D'accordo	Completamente d'accordo	
1. Ho fiducia nella mia abilità di svolgere attività fisica in modo appropriato	1	2	3	4	5
2. Ho fiducia nella mia abilità di apprendere competenze relative all'attività fisica in modo appropriato	1	2	3	4	5
3. Ho fiducia nella mia prestanza relativa all'attività fisica	1	2	3	4	5

SCWBS-4

Indichi con che frequenza, nelle ultime due settimane, si è sentito/a in questo modo?

	Mai	Raramente	Qualche volta	Spesso	Sempre
1. Ho trovato attività divertenti da fare	1	2	3	4	5
2. Mi sono sentito/a bravo/a in alcune cose	1	2	3	4	5
3. Ci sono persone nella mia vita che si prendono cura di me	1	2	3	4	5
4. Ci sono cose di cui posso essere orgoglioso/a	1	2	3	4	5

GAD-2

Indichi con che frequenza, nelle ultime due settimane, si è sentito/a in questo modo?

	Mai	Alcuni giorni	Per oltre la metà del giorno	Quasi ogni giorno
1. Mi sono sentito/a nervoso/a, ansioso/a o teso/a	0	1	2	3
2. Non riesco a smettere di preoccuparmi o a tenere sotto controllo le preoccupazioni	0	1	2	3



DIPARTIMENTO DI SCIENZE MEDICHE E CHIRURGICHE
CENTRO DI MEDICINA TRANSCULTURALE E PSICOSOMATICA DI BOLOGNA
(BOLOGNA TRANSCULTURAL PSYCHOSOMATIC TEAM – BOTPT)

SIMS-16

Le affermazioni seguenti rappresentano alcuni motivi per cui le persone fanno attività fisica. Indichi qual è il grado di accordo con ciascuna affermazione.

PERCHÉ PRATICA ATTIVITÀ FISICA E SPORTIVA?

	Per nulla d'accordo	Molto poco d'accordo	Poco d'accordo	Mediamente d'accordo	Abbastanza d'accordo	Fortemente d'accordo	Completamente d'accordo
1. Perché trovo queste attività interessanti	1	2	3	4	5	6	7
2. Perché ho scelto di farle per il mio benessere	1	2	3	4	5	6	7
3. Perché sono spinto dagli altri a praticarle	1	2	3	4	5	6	7
4. Potrebbero esserci buoni motivi per praticare questa attività, ma personalmente non ne vedo alcuno	1	2	3	4	5	6	7
5. Perché trovo queste attività veramente piacevoli	1	2	3	4	5	6	7
6. Perché trovo che queste attività mi facciano bene	1	2	3	4	5	6	7
7. Perché è qualcosa che sono obbligato a fare	1	2	3	4	5	6	7
8. Pratico queste attività ma non sono sicuro ne valga la pena	1	2	3	4	5	6	7
9. Perché trovo queste attività divertenti	1	2	3	4	5	6	7
10. Per una mia decisione personale	1	2	3	4	5	6	7
11. Perché non ho altra scelta che farle	1	2	3	4	5	6	7
12. Non lo so, non ne vedo il vantaggio	1	2	3	4	5	6	7
13. Per il benessere che provo quando faccio queste attività	1	2	3	4	5	6	7
14. Perché credo che queste attività siano importanti per me	1	2	3	4	5	6	7
15. Perché gli altri si aspettano che io lo faccia	1	2	3	4	5	6	7
16. Pratico queste attività, ma mi chiedo se sia una buona cosa continuare	1	2	3	4	5	6	7

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
SEDE AMMINISTRATIVA C/O AZIENDA OSPEDALIERO-UNIVERSITARIA – POLICLINICO S. ORSOLA-MALPIGHI
VIA MASSARENTI 9, PADIGLIONE 11 - 40138 BOLOGNA - ITALIA



DIPARTIMENTO DI SCIENZE MEDICHE E CHIRURGICHE
CENTRO DI MEDICINA TRANSCULTURALE E PSICOSOMATICA DI BOLOGNA
(BOLOGNA TRANSCULTURAL PSYCHOSOMATIC TEAM – BOTPT)

PHQ-2

Indichi con che frequenza, nelle ultime due settimane, si è sentito/a in questo modo?

	Mai	Alcuni giorni	Per oltre la metà del giorno	Quasi ogni giorno
1. Ho provato poco interesse o piacere nel fare le cose	0	1	2	3
2. Mi sono sentito/a giù di morale, depresso/a, senza speranze	0	1	2	3

Che attività sportiva e/o ricreativa le piacerebbe fare/iniziare/riprendere?

Cosa si aspetta dalla partecipazione a questi incontri / a questo progetto?

Grazie per la preziosa collaborazione!

Ci auguriamo che rispondere al questionario sia stato un momento utile di riflessione su di lei, sulle sue abitudini e sul suo modo di sentire e di ragionare.

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
SEDE AMMINISTRATIVA C/O AZIENDA OSPEDALIERO-UNIVERSITARIA – POLICLINICO S. ORSOLA-MALPIGHI
VIA MASSARENTI 9, PADIGLIONE 11 - 40138 BOLOGNA - ITALIA

Bibliografia

- Abdin, S., Welch, R. K., Byron-Daniel, J., & Meyrick, J. (2018). The effectiveness of physical activity interventions in improving well-being across office-based workplace settings: a systematic review. *Public Health, 160*, 70–76.
- Allen, M. S., Walter, E. E., & Swann, C. (2019). Sedentary behaviour and risk of anxiety: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Affective Disorders, 242*, 5–13.
- Anderson, E., & Shivakumar, G. (2013). Effects of exercise and physical activity on anxiety. *Frontiers in Psychiatry, 4*, 27.
- Apostolopoulos, V., Borkoles, E., Polman, R., & Stojanovska, L. (2014). Physical and immunological aspects of exercise in chronic diseases. *Immunotherapy, 6*(10), 1145–1157.
- Armijo-Olivo, S., Stiles, C. R., Hagen, N. A., Biondo, P. D., & Cummings, G. G. (2012). Assessment of study quality for systematic reviews: a comparison of the Cochrane Collaboration Risk of Bias Tool and the Effective Public Health Practice Project Quality Assessment Tool: methodological research. *Journal of Evaluation in Clinical Practice, 18*(1), 12–18.
- Armstrong, T., & Bull, F. (2006). Development of the world health organization global physical activity questionnaire (GPAQ). *Journal of Public Health, 14*, 66–70.
- Ashford, S., Edmunds, J., & French, D. P. (2010). What is the best way to change self-efficacy to promote lifestyle and recreational physical activity? A systematic review with meta-analysis. *British Journal of Health Psychology, 15*(2), 265–288.
- Aune, D., Norat, T., Leitzmann, M., Tonstad, S., & Vatten, L. J. (2015). Physical activity and the risk of type 2 diabetes: a systematic review and dose–response meta-analysis. *European Journal of Epidemiology, 30*, 529–542.
- Australian Government Department of Health and Aged Care. (2021). *Physical activity and exercise guidelines for all Australians*. <https://www.health.gov.au/topics/physical-activity-and-exercise/physical-activity-and-exercise-guidelines-for-all-australians>
- Bailey, D. P. (2021). Sedentary behaviour in the workplace: prevalence, health implications and interventions. *British Medical Bulletin, 137*(1), 42–50.
- Balchin, R., Linde, J., Blackhurst, D., Rauch, H. G. L., & Schönbachler, G. (2016). Sweating away depression? The impact of intensive exercise on depression. *Journal of Affective Disorders, 200*, 218–221.
- Banakou, D., Hanumanthu, P. D., & Slater, M. (2016). Virtual embodiment of white people in a black virtual body leads to a sustained reduction in their implicit racial bias. *Frontiers in Human Neuroscience, 10*, 226766.
- Bandura, A. (1986). Social foundations of thought and action: A social cognitive theory. In *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Prentice-Hall, Inc.
- Bandura, A. (1997a). Self-efficacy: The exercise of control. In *Self-efficacy: The exercise of control*. W H Freeman/Times Books/ Henry Holt & Co.
- Bandura, A. (1997b). *Self-efficacy: The exercise of control*. Macmillan.

- Bandura, A. (2001). Social cognitive theory of mass communication. *Media Psychology*, 3, 265–299. https://doi.org/10.1207/S1532785XMEP0303_03
- Bandura, A., & Walters, R. H. (1977). *Social learning theory* (Vol. 1). Englewood cliffs Prentice Hall.
- Bansal, Y., & Kuhad, A. (2016). Mitochondrial dysfunction in depression. *Current Neuropharmacology*, 14(6), 610–618.
- Barbour, B., Sefton, L., Bruce, R. M., Valmaggia, L., & Runswick, O. R. (2024). Acute psychological and physiological benefits of exercising with virtual reality. *PloS One*, 19(12), e0314331.
- Bardus, M., Blake, H., Lloyd, S., & Suzanne Suggs, L. (2014). Reasons for participating and not participating in a e-health workplace physical activity intervention: A qualitative analysis. *International Journal of Workplace Health Management*, 7(4), 229–246.
- Barnett, A., Cerin, E., & Baranowski, T. (2011). Active video games for youth: a systematic review. *Journal of Physical Activity and Health*, 8(5), 724–737.
- Batter, J. J., & Brooks Jr, F. P. (1972). GROPE-1: A computer display to the sense of feel. *Inf. Process.;(Netherlands)*, 71.
- Bell, I. H., Pot-Kolder, R., Rizzo, A., Rus-Calafell, M., Cardi, V., Cella, M., Ward, T., Riches, S., Reinoso, M., & Thompson, A. (2024). Advances in the use of virtual reality to treat mental health conditions. *Nature Reviews Psychology*, 3(8), 552–567.
- Bellettiere, J., LaMonte, M. J., Evenson, K. R., Rillamas-Sun, E., Kerr, J., Lee, I.-M., Di, C., Rosenberg, D. E., Stefanick, M. L., & Buchner, D. M. (2019). Sedentary behavior and cardiovascular disease in older women: the OPACH study. *Circulation*, 139(8), 1036–1046.
- Bender, S. M., Broderick, M., Bender, S. M., & Broderick, M. (2021). Virtual Reality Exposure Therapy. *Virtual Realities: Case Studies in Immersion and Phenomenology*, 77–107.
- Bharke, M. M. (1978). Anxiety reduction following exercise and meditation cognitive therapy and research. *Cognit. Ther. Res.*, 2(4).
- Biswas, A., Oh, P. I., Faulkner, G. E., Bajaj, R. R., Silver, M. A., Mitchell, M. S., & Alter, D. A. (2015). Sedentary time and its association with risk for disease incidence, mortality, and hospitalization in adults: a systematic review and meta-analysis. *Annals of Internal Medicine*, 162(2), 123–132.
- Booth, F. W., Roberts, C. K., & Laye, M. J. (2012). Lack of exercise is a major cause of chronic diseases. *Comprehensive Physiology*, 2(2), 1143.
- Booth, F. W., Roberts, C. K., Thyfault, J. P., Ruegsegger, G. N., & Toedebusch, R. G. (2017). Role of inactivity in chronic diseases: evolutionary insight and pathophysiological mechanisms. *Physiological Reviews*.
- Borg, G. A. (1973). Perceived exertion: a note on “history” and methods. *Medicine and Science in Sports*, 5(2), 90–93.
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(5), 377–381.
- Bowler, D. E., Buyung-Ali, L. M., Knight, T. M., & Pullin, A. S. (2010). A systematic review of evidence for the added benefits to health of exposure to natural environments. *BMC Public Health*, 10, 1–10.

- Boyle, T., Keegel, T., Bull, F., Heyworth, J., & Fritschi, L. (2012). Physical activity and risks of proximal and distal colon cancers: a systematic review and meta-analysis. *Journal of the National Cancer Institute*, 104(20), 1548–1561.
- Brand, R., & Ekkekakis, P. (2018). Affective–reflective theory of physical inactivity and exercise. *German Journal of Exercise and Sport Research*, 48(1), 48–58.
- Bredin, S. S. D., Gledhill, N., Jamnik, V. K., & Warburton, D. E. R. (2013). PAR-Q+ and ePARmed-X+: new risk stratification and physical activity clearance strategy for physicians and patients alike. *Canadian Family Physician*, 59(3), 273–277.
- Bredin, S. S. D., & Warburton, D. E. R. (2013). Physical activity line: effective knowledge translation of evidence-based best practice in the real-world setting. *Canadian Family Physician*, 59(9), 967–968.
- Brokmeier, L. L., Firth, J., Vancampfort, D., Smith, L., Deenik, J., Rosenbaum, S., Stubbs, B., & Schuch, F. B. (2020). Does physical activity reduce the risk of psychosis? A systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Psychiatry Research*, 284, 112675.
- Brooks Jr, F. P., Ouh-Young, M., Batter, J. J., & Jerome Kilpatrick, P. (1990). Project GROPEHaptic displays for scientific visualization. *ACM SIGGraph Computer Graphics*, 24(4), 177–185.
- Brosse, A. L., Sheets, E. S., Lett, H. S., & Blumenthal, J. A. (2002). Exercise and the treatment of clinical depression in adults: recent findings and future directions. *Sports Medicine*, 32, 741–760.
- Bull, F. C., Al-Ansari, S. S., Biddle, S., Borodulin, K., Buman, M. P., Cardon, G., Carty, C., Chaput, J.-P., Chastin, S., Chou, R., Dempsey, P. C., DiPietro, L., Ekelund, U., Firth, J., Friedenreich, C. M., Garcia, L., Gichu, M., Jago, R., Katzmarzyk, P. T., ... Willumsen, J. F. (2020). World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British Journal of Sports Medicine*, 54(24), 1451–1462. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955>
- Bull, F. C., Maslin, T. S., & Armstrong, T. (2009). Global physical activity questionnaire (GPAQ): nine country reliability and validity study. *Journal of Physical Activity and Health*, 6(6), 790–804.
- Burdea, G. C., & Coiffet, P. (2024). *Virtual reality technology*. John Wiley & Sons.
- Cabanac, M. (1992). Pleasure: the common currency. *Journal of Theoretical Biology*, 155(2), 173–200. [https://doi.org/10.1016/s0022-5193\(05\)80594-6](https://doi.org/10.1016/s0022-5193(05)80594-6)
- Calderwood, C., ten Brummelhuis, L. L., Patel, A. S., Watkins, T., Gabriel, A. S., & Rosen, C. C. (2021). Employee physical activity: A multidisciplinary integrative review. *Journal of Management*, 47(1), 144–170.
- Calogiuri, G., Litleskare, S., Fagerheim, K. A., Rydgren, T. L., Brambilla, E., & Thurston, M. (2018). Experiencing Nature through Immersive Virtual Environments: Environmental Perceptions, Physical Engagement, and Affective Responses during a Simulated Nature Walk. *Frontiers in Psychology*, 8, 2321. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.02321>
- Castelvecchi, D. (2016). Low-cost headsets boost virtual reality's lab appeal. *Nature*, 533(7602).
- Castronovo, V., Galbiati, A., Marelli, S., Brombin, C., Cugnata, F., Giarolli, L., Anelli, M. M., Rinaldi, F., & Ferini-Strambi, L. (2016). Validation study of the Italian version of the Insomnia Severity Index (ISI). *Neurological Sciences*, 37, 1517–1524.

- Cavalcanti, J. F., Duarte, F. C. A., Ayabe, R. C. F., & da Silva, A. G. B. (2021). Virtual Reality and Ergonomics: Making the Immersive Experience. *International Conference on Human-Computer Interaction*, 158–170.
- Chan, C. L. F., Ngai, E. K. Y., Leung, P. K. H., & Wong, S. (2010). Effect of the adapted virtual reality cognitive training program among Chinese older adults with chronic schizophrenia: a pilot study. *International Journal of Geriatric Psychiatry: A Journal of the Psychiatry of Late Life and Allied Sciences*, 25(6), 643–649.
- Chang, E., Kim, H. T., & Yoo, B. (2020). Virtual Reality Sickness: A Review of Causes and Measurements. *International Journal of Human–Computer Interaction*, 36(17), 1658–1682. <https://doi.org/10.1080/10447318.2020.1778351>
- Charlier, C., Van Hoof, E., Pauwels, E., Lechner, L., Spittaels, H., & De Bourdeaudhuij, I. (2013). The contribution of general and cancer-related variables in explaining physical activity in a breast cancer population 3 weeks to 6 months post-treatment. *Psycho-Oncology*, 22(1), 203–211. <https://doi.org/10.1002/pon.2079>
- Chen, H. M., Tsai, C. M., Wu, Y. C., Lin, K. C., & Lin, C. C. (2015). Randomised controlled trial on the effectiveness of home-based walking exercise on anxiety, depression and cancer-related symptoms in patients with lung cancer. *British Journal of Cancer*, 112(3), 438–445.
- Chen, Y., Wang, X., & Xu, H. (2021). Human factors/ergonomics evaluation for virtual reality headsets: a review. *CCF Transactions on Pervasive Computing and Interaction*, 3(2), 99–111.
- Choi, K. W., Chen, C.-Y., Stein, M. B., Klimentidis, Y. C., Wang, M.-J., Koenen, K. C., & Smoller, J. W. (2019). Assessment of bidirectional relationships between physical activity and depression among adults: a 2-sample Mendelian randomization study. *JAMA Psychiatry*, 76(4), 399–408.
- Choi, K. W., Zheutlin, A. B., Karlson, R. A., Wang, M., Dunn, E. C., Stein, M. B., Karlson, E. W., & Smoller, J. W. (2020). Physical activity offsets genetic risk for incident depression assessed via electronic health records in a biobank cohort study. *Depression and Anxiety*, 37(2), 106–114.
- Chu, A. H. Y., Koh, D., Moy, F. M., & Müller-Riemenschneider, F. (2014). Do workplace physical activity interventions improve mental health outcomes? *Occupational Medicine*, 64(4), 235–245.
- Church, T. S., Thomas, D. M., Tudor-Locke, C., Katzmarzyk, P. T., Earnest, C. P., Rodarte, R. Q., Martin, C. K., Blair, S. N., & Bouchard, C. (2011). Trends over 5 decades in US occupation-related physical activity and their associations with obesity. *PLoS One*, 6(5), e19657.
- Cipresso, P., Giglioli, I. A. C., Raya, M. A., & Riva, G. (2018). The past, present, and future of virtual and augmented reality research: a network and cluster analysis of the literature. *Frontiers in Psychology*, 9, 2086.
- Conn, V. S., Hafdahl, A. R., Cooper, P. S., Brown, L. M., & Lusk, S. L. (2009). Meta-analysis of workplace physical activity interventions. *American Journal of Preventive Medicine*, 37(4), 330–339.
- Consolvo, S., Everitt, K., Smith, I., & Landay, J. A. (2006). Design requirements for technologies that encourage physical activity. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 457–466.
- Costa, E. C., Hay, J. L., Kehler, D. S., Boreskie, K. F., Arora, R. C., Umpierre, D., Sz wajcer, A., & Duhamel, T. A. (2018). Effects of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous

training on blood pressure in adults with pre-to established hypertension: a systematic review and meta-analysis of randomized trials. *Sports Medicine*, 48, 2127–2142.

Craig, C. L., Marshall, A. L., Sjöström, M., Bauman, A. E., Booth, M. L., Ainsworth, B. E., Pratt, M., Ekelund, U. L. F., Yngve, A., & Sallis, J. F. (2003). International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(8), 1381–1395.

Craike, M. J., Hibbins, R., & Cuskelly, G. (2010). The influence of various aspects of enjoyment on participation in leisure time physical activity. *World Leisure Journal*, 52(1), 20–33.

Crain, A. L., Martinson, B. C., Sherwood, N. E., & O'Connor, P. J. (2010). The long and winding road to physical activity maintenance. *American Journal of Health Behavior*, 34(6), 764–775.
<https://doi.org/10.5993/ajhb.34.6.11>

Cruz-Neira, C., Sandin, D. J., & DeFanti, T. A. (2023). Surround-screen projection-based virtual reality: the design and implementation of the CAVE. In *Seminal Graphics Papers: Pushing the Boundaries, Volume 2* (pp. 51–58).

Cruz-Neira, C., Sandin, D. J., DeFanti, T. A., Kenyon, R. V., & Hart, J. C. (1992). The CAVE: Audio visual experience automatic virtual environment. *Communications of the ACM*, 35(6), 64–73.

Cui, L., Xing, Y., Zhou, H., Qian, J., Li, J., Shen, F., & Bu, Y. (2024). Physical activity promotes the development of cognitive ability in adolescents: the chain mediating role based on self-education expectations and learning behaviors. *Frontiers in Psychology*, 15, 1383384.

Dabkowski, E., Porter, J. E., Barbagallo, M., Prokopiv, V., Snell, C., & Missen, K. (2023). A systematic literature review of workplace physical activity programs: An exploration of barriers and enabling factors. *Cogent Psychology*, 10(1), 2186327.

Dantzer, R., O'Connor, J. C., Freund, G. G., Johnson, R. W., & Kelley, K. W. (2008). From inflammation to sickness and depression: when the immune system subjugates the brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(1), 46–56.

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 319–340.

Davis, J. C., Killen, L. G., Green, J. M., Waldman, H. S., & Renfro, L. G. (2024). Exergaming for physical activity: A systematic review. *Journal of American College Health*, 72(7), 2090–2098.

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The "what" and "why" of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry*, 11(4), 227–268.

Dempsey, P. C., Strain, T., Winkler, E. A. H., Westgate, K., Rennie, K. L., Wareham, N. J., Brage, S., & Wijndaele, K. (2022). Association of accelerometer-measured sedentary accumulation patterns with incident cardiovascular disease, cancer, and all-cause mortality. *Journal of the American Heart Association*, 11(9), e023845.

Diaz, K. M., Howard, V. J., Hutto, B., Colabianchi, N., Vena, J. E., Blair, S. N., & Hooker, S. P. (2016). Patterns of sedentary behavior in US middle-age and older adults: the REGARDS study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(3), 430.

Dinas, P. C., Koutedakis, Y., & Flouris, A. D. (2011). Effects of exercise and physical activity on depression. *Irish Journal of Medical Science*, 180, 319–325.

- Dishman, R. K., & Buckworth, J. (1996). Increasing physical activity: a quantitative synthesis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(6), 706–719. <https://doi.org/10.1097/00005768-199606000-00010>
- Dishman, R. K., Ickes, W., & Morgan, W. P. (1980). Self-motivation and adherence to habitual physical activity 1. *Journal of Applied Social Psychology*, 10(2), 115–132.
- Dishman, R. K., Sallis, J. F., & Orenstein, D. R. (1985). The determinants of physical activity and exercise. *Public Health Reports*, 100(2), 158.
- Doherty, A. M., & Gaughran, F. (2014). The interface of physical and mental health. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, 49, 673–682.
- Dominic, D., Hounkponou, F., Doh, R., Ansong, E., & Brighter, A. (2013). Promoting physical activity through persuasive technology. *International Journal of Inventive Engineering and Sciences (IJIES)*, 2(1), 16–22.
- Droste, S. K., Gesing, A., Ulbricht, S., Müller, M. B., Linthorst, A. C. E., & Reul, J. M. H. M. (2003). Effects of long-term voluntary exercise on the mouse hypothalamic-pituitary-adrenocortical axis. *Endocrinology*, 144(7), 3012–3023.
- Duchen, M. R., & Szabadkai, G. (2010). Roles of mitochondria in human disease. *Essays in Biochemistry*, 47, 115–137.
- Edmunds, S., Hurst, L., & Harvey, K. (2013). Physical activity barriers in the workplace: An exploration of factors contributing to non-participation in a UK workplace physical activity intervention. *International Journal of Workplace Health Management*, 6(3), 227–240.
- Eigenschenk, B., Thomann, A., McClure, M., Davies, L., Gregory, M., Dettweiler, U., & Inglés, E. (2019). Benefits of outdoor sports for society. A systematic literature review and reflections on evidence. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(6), 937.
- Ekelund, U., Steene-Johannessen, J., Brown, W. J., Fagerland, M. W., Owen, N., Powell, K. E., Bauman, A., & Lee, I.-M. (2016). Does physical activity attenuate, or even eliminate, the detrimental association of sitting time with mortality? A harmonised meta-analysis of data from more than 1 million men and women. *The Lancet*, 388(10051), 1302–1310.
- Eldridge, S. M., Chan, C. L., Campbell, M. J., Bond, C. M., Hopewell, S., Thabane, L., & Lancaster, G. A. (2016). CONSORT 2010 statement: extension to randomised pilot and feasibility trials. *Bmj*, 355.
- European Commission. (n.d.). *Horizon Europe 2021-2027*. Retrieved October 15, 2024, from https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en
- Eurostat. (2024a). *Average number of usual weekly hours of work in main job, by sex, age, professional status, full-time/part-time and occupation*. https://doi.org/https://doi.org/10.2908/LFSQ_EWHUIS
- Eurostat. (2024b). *Persons performing physical activity when working by type of activity, educational attainment level, sex and age*. https://doi.org/https://doi.org/10.2908/ILC_HCH05
- Euteneuer, F., Dannehl, K., Del Rey, A., Engler, H., Schedlowski, M., & Rief, W. (2017). Immunological effects of behavioral activation with exercise in major depression: an exploratory randomized controlled trial. *Translational Psychiatry*, 7(5), e1132–e1132.

- Evenson, K. R., Herring, A. H., & Wen, F. (2017). Accelerometry-assessed latent class patterns of physical activity and sedentary behavior with mortality. *American Journal of Preventive Medicine*, 52(2), 135–143.
- Eyre, H. A., Papps, E., & Baune, B. T. (2013). Treating depression and depression-like behavior with physical activity: an immune perspective. *Frontiers in Psychiatry*, 4, 3.
- Farrow, M., Lutteroth, C., Rouse, P. C., & Bilzon, J. L. J. (2019). Virtual-reality exergaming improves performance during high-intensity interval training. *European Journal of Sport Science*, 19(6), 719–727. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1542459>
- Federico, R. A. (2018). Get up, stand up: A brief history of sedentarism and why movement is good medicine. *Journal of Evolution and Health: A Joint Publication of the Ancestral Health Society and the Society for Evolutionary Medicine and Health*, 2(1).
- Feltz, D. L., & Magyar, T. M. (2006). Self-efficacy and adolescents in sport and physical activity. *Self-Efficacy Beliefs of Adolescents*, 4, 161–179.
- Feodoroff, B., Konstantinidis, I., & Froböse, I. (2019). Effects of Full Body Exergaming in Virtual Reality on Cardiovascular and Muscular Parameters: Cross-Sectional Experiment. *JMIR Serious Games*, 7(3), e12324. <https://doi.org/10.2196/12324>
- Finco, M. D., & Maass, R. W. (2014). The history of exergames: promotion of exercise and active living through body interaction. *2014 IEEE 3rd International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*, 1–6.
- Fogg, B. J. (2002). Persuasive technology: using computers to change what we think and do. *Ubiquity*, 2002(December), 2.
- Fogg, B. J. (2009). A behavior model for persuasive design. *Proceedings of the 4th International Conference on Persuasive Technology*, 1–7.
- Forberger, S., Wichmann, F., & Comito, C. N. (2022). Nudges used to promote physical activity and to reduce sedentary behaviour in the workplace: Results of a scoping review. *Preventive Medicine*, 155, 106922.
- Fox, J., & Bailenson, J. N. (2009). Virtual Self-Modeling: The Effects of Vicarious Reinforcement and Identification on Exercise Behaviors. *Media Psychology*, 12(1), 1–25. <https://doi.org/10.1080/15213260802669474>
- Freeman, D., Reeve, S., Robinson, A., Ehlers, A., Clark, D., Spanlang, B., & Slater, M. (2017). Virtual reality in the assessment, understanding, and treatment of mental health disorders. *Psychological Medicine*, 47(14), 2393–2400.
- Gall, D., Roth, D., Stauffert, J.-P., Zarges, J., & Latoschik, M. E. (2021). Embodiment in virtual reality intensifies emotional responses to virtual stimuli. *Frontiers in Psychology*, 12, 674179.
- Gallagher, M., & Ferrè, E. R. (2018). Cybersickness: a Multisensory Integration Perspective. *Multisensory Research*, 31(7), 645–674. <https://doi.org/10.1163/22134808-20181293>
- Gani, R. A., Setiawan, E., Achmad, I. Z., Aminudin, R., Purbangkara, T., & Hofmeister, M. (2023). Virtual reality-based tabata training: a professional method for changing levels physical fitness and psychological well-being on student-athletes. *Pedagogy of Physical Culture and Sports*, 27(2 SE-Articles), 91–101. <https://doi.org/10.15561/26649837.2023.0201>

- Gao, Z. (2017). *Technology in physical activity and health promotion*. Routledge London.
- Gao, Z., & Kosma, M. (2008). Intention as a mediator of weight training behavior among college students: An integrative framework. *Journal of Applied Sport Psychology*, 20, 363–374. <https://doi.org/10.1080/10413200701871200>
- Gao, Z., & Lee, J. E. (2019). Emerging technology in promoting physical activity and health: challenges and opportunities. *Journal of Clinical Medicine*, 8(11), 1830.
- Gao, Z., Lodewyk, K. R., & Zhang, T. (2009a). The role of ability beliefs and incentives in middle school students' intention, cardiovascular fitness, and effort. *Journal of Teaching in Physical Education*, 28(1), 3–20.
- Gao, Z., Lodewyk, K. R., & Zhang, T. (2009b). The role of ability beliefs and incentives in middle school students' intention, cardiovascular fitness, and effort. *Journal of Teaching in Physical Education*, 28(1), 3–20.
- Gao, Z., Pope, Z., Lee, J. E., Stodden, D., Roncesvalles, N., Pasco, D., Huang, C. C., & Feng, D. (2017). Impact of exergaming on young children's school day energy expenditure and moderate-to-vigorous physical activity levels. *Journal of Sport and Health Science*, 6(1), 11–16.
- Gao, Z., Xiang, P., Lee, A. M., & Harrison, L. J. (2008). Self-efficacy and outcome expectancy in beginning weight training class: their relations to students' behavioral intention and actual behavior. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 79(1), 92–100. <https://doi.org/10.1080/02701367.2008.10599464>
- Gary, R. (2006). Exercise Self-Efficacy in Older Women with Diastolic Heart Failure. *Journal of Gerontological Nursing*, 32(7).
- Gawlik, A., Lüdemann, J., Neuhausen, A., Zepp, C., Vitinius, F., & Kleinert, J. (2023). A systematic review of workplace physical activity coaching. *Journal of Occupational Rehabilitation*, 33(3), 550–569.
- Geraets, C. N. W., Van der Stouwe, E. C. D., Pot-Kolder, R., & Veling, W. (2021). Advances in immersive virtual reality interventions for mental disorders: A new reality? *Current Opinion in Psychology*, 41, 40–45.
- Gillespie, G. L., Farra, S., Regan, S. L., & Brammer, S. V. (2021). Impact of immersive virtual reality simulations for changing knowledge, attitudes, and behaviors. *Nurse Education Today*, 105, 105025.
- Giuliani, M., Gorini, A., Barbieri, S., Veglia, F., & Tremoli, E. (2021). Examination of the best cut-off points of PHQ-2 and GAD-2 for detecting depression and anxiety in Italian cardiovascular inpatients. *Psychology & Health*, 36(9), 1088–1101.
- Gleeson, M., Bishop, N. C., Stensel, D. J., Lindley, M. R., Mastana, S. S., & Nimmo, M. A. (2011). The anti-inflammatory effects of exercise: mechanisms and implications for the prevention and treatment of disease. *Nature Reviews Immunology*, 11(9), 607–615.
- Gleeson, M., McFarlin, B., & Flynn, M. (2006). Exercise and Toll-like receptors. *Exerc Immunol Rev*, 12(1), 34–53.
- 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. <https://doi.org/10.1089/g4h.2018.0012>

- Gordon, B. R., McDowell, C. P., Hallgren, M., Meyer, J. D., Lyons, M., & Herring, M. P. (2018). Association of efficacy of resistance exercise training with depressive symptoms: meta-analysis and meta-regression analysis of randomized clinical trials. *JAMA Psychiatry*, 75(6), 566–576.
- Gordon, B. R., McDowell, C. P., Lyons, M., & Herring, M. P. (2017). The effects of resistance exercise training on anxiety: a meta-analysis and meta-regression analysis of randomized controlled trials. *Sports Medicine*, 47, 2521–2532.
- Goyal, J., & Rakhra, G. (2024). Sedentarism and Chronic Health Problems. *Korean J Fam Med*, 45(5), 239–257. <https://doi.org/10.4082/kjfm.24.0099>
- Gremigni, P., & Stewart-Brown, S. L. (2011). Measuring mental well-being: Italian validation of the Warwick-Edinburgh Mental Well-being Scale (WEMWBS). *Giornale Italiano Di Psicologia*, 2, 485–508.
- Gremigni, P., Tennant, A., & Stewart-Brown, S. (2009). A short measure of mental well-being: A Rasch analysis using data from Italy and UK. *Psychology and Health*, 24.
- Grimani, A., Aboagye, E., & Kwak, L. (2019). The effectiveness of workplace nutrition and physical activity interventions in improving productivity, work performance and workability: a systematic review. *BMC Public Health*, 19, 1–12.
- Gromer, D., Reinke, M., Christner, I., & Pauli, P. (2019). Causal interactive links between presence and fear in virtual reality height exposure. *Frontiers in Psychology*, 10, 141.
- Groot, C., Hooghiemstra, A. M., Raijmakers, P. G. H. M., van Berckel, B. N. M., Scheltens, P., Scherder, E. J. A., van der Flier, W. M., & Ossenkoppele, R. (2016). The effect of physical activity on cognitive function in patients with dementia: a meta-analysis of randomized control trials. *Ageing Research Reviews*, 25, 13–23.
- Guay, F., Vallerand, R. J., & Blanchard, C. (2000). On the assessment of situational intrinsic and extrinsic motivation: The Situational Motivation Scale (SIMS). *Motivation and Emotion*, 24, 175–213.
- Guo, C., Zhou, Q., Zhang, D., Qin, P., Li, Q., Tian, G., Liu, D., Chen, X., Liu, L., & Liu, F. (2020). Association of total sedentary behaviour and television viewing with risk of overweight/obesity, type 2 diabetes and hypertension: A dose–response meta-analysis. *Diabetes, Obesity and Metabolism*, 22(1), 79–90.
- Guthold, R., Stevens, G. A., Riley, L. M., & Bull, F. C. (2018). Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: a pooled analysis of 358 population-based surveys with 1·9 million participants. *The Lancet Global Health*, 6(10), e1077–e1086.
- Guthold, R., Stevens, G. A., Riley, L. M., & Bull, F. C. (2020). Global trends in insufficient physical activity among adolescents: a pooled analysis of 298 population-based surveys with 1·6 million participants. *The Lancet Child & Adolescent Health*, 4(1), 23–35.
- Guy, M., Normand, J.-M., Jeunet-Kelway, C., & Moreau, G. (2023). The sense of embodiment in Virtual Reality and its assessment methods. *Frontiers in Virtual Reality*, 4, 1141683.
- Hagberg, L. A., Lindahl, B., Nyberg, L., & Hellénus, M. (2009a). Importance of enjoyment when promoting physical exercise. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 19(5), 740–747.

- Hagberg, L. A., Lindahl, B., Nyberg, L., & Hellénus, M.-L. (2009b). Importance of enjoyment when promoting physical exercise. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 19(5), 740–747. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2008.00844.x>
- Healy, G. N., Clark, B. K., Winkler, E. A. H., Gardiner, P. A., Brown, W. J., & Matthews, C. E. (2011). Measurement of adults' sedentary time in population-based studies. *American Journal of Preventive Medicine*, 41(2), 216–227.
- Heinrich, K. M., Patel, P. M., O'Neal, J. L., & Heinrich, B. S. (2014). High-intensity compared to moderate-intensity training for exercise initiation, enjoyment, adherence, and intentions: an intervention study. *BMC Public Health*, 14, 789. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-14-789>
- Helminen, E. C., Morton, M. L., Wang, Q., & Felver, J. C. (2019). A meta-analysis of cortisol reactivity to the Trier Social Stress Test in virtual environments. *Psychoneuroendocrinology*, 110, 104437.
- Heyman, E., Gamelin, F.-X., Goekint, M., Piscitelli, F., Roelands, B., Leclair, E., Di Marzo, V., & Meeusen, R. (2012). Intense exercise increases circulating endocannabinoid and BDNF levels in humans—possible implications for reward and depression. *Psychoneuroendocrinology*, 37(6), 844–851.
- Hibbing, P. R., Bellettiere, J., & Carlson, J. A. (2022). Sedentary profiles: a new perspective on accumulation patterns in sedentary behavior. *Med Sci Sports Exerc*, 54(4), 696–706.
- Honda, T., Chen, S., Yonemoto, K., Kishimoto, H., Chen, T., Narazaki, K., Haeuchi, Y., & Kumagai, S. (2016). Sedentary bout durations and metabolic syndrome among working adults: a prospective cohort study. *BMC Public Health*, 16, 1–9.
- Hu, H. L., Hui, A., Ip, P., & Fu, K.-W. (2024). Effectiveness of virtual reality intervention in promoting sustainable hand hygiene for community participants: A mixed methods approach. *Computers in Human Behavior Reports*, 15, 100452.
- Huang, Y., Li, L., Gan, Y., Wang, C., Jiang, H., Cao, S., & Lu, Z. (2020). Sedentary behaviors and risk of depression: a meta-analysis of prospective studies. *Translational Psychiatry*, 10(1), 26.
- Hunter, J. R., Gordon, B. A., Bird, S. R., & Benson, A. C. (2018). Perceived barriers and facilitators to workplace exercise participation. *International Journal of Workplace Health Management*, 11(5), 349–363.
- Hutmacher, F. (2019). Why is there so much more research on vision than on any other sensory modality? *Frontiers in Psychology*, 10, 481030.
- Ilić, P., Katanić, B., Hadžović, M., Rakočević, R., Bjelica, D., & Mekić, A. (2024). Barriers to Physical Activity (PA) in the Working Population: A Review. *Sport Mont*, 22(1).
- Ischer, M., Baron, N., Mermoud, C., Cayeux, I., Porcherot, C., Sander, D., & Delplanque, S. (2014). How incorporation of scents could enhance immersive virtual experiences. *Frontiers in Psychology*, 5, 736.
- Jamal, Z., Horn, R., & Ager, A. (2024). *Effect of contributing factors on the incidence of non-communicable diseases among adults with common mental health disorders: a systematic review*.
- Jane-Llopis, E. V. A., & Matysina, I. (2006). Mental health and alcohol, drugs and tobacco: a review of the comorbidity between mental disorders and the use of alcohol, tobacco and illicit drugs. *Drug and Alcohol Review*, 25(6), 515–536.

- Jekauc, D. (2015). Enjoyment during exercise mediates the effects of an intervention on exercise adherence. *Psychology*, 6(01), 48.
- Jirathananuwat, A., & Pongpirul, K. (2017). Promoting physical activity in the workplace: A systematic meta-review. *Journal of Occupational Health*, 59(5), 385–393.
- Jones, L., & Wheat, J. (2023). Green and Pleasant Lands: The Affective and Cerebral Hemodynamic Effects of Presence in Virtual Environments During Exercise. *Perceptual and Motor Skills*, 130(2), 826–843. <https://doi.org/10.1177/00315125221146614>
- Judice, P. B., Silva, A. M., & Sardinha, L. B. (2015). Sedentary bout durations are associated with abdominal obesity in older adults. *The Journal of Nutrition, Health and Aging*, 19(8), 798–804.
- Kari, T. (2017). Promoting physical activity and fitness with exergames: updated systematic review of systematic reviews. *Transforming Gaming and Computer Simulation Technologies across Industries*, 225–245.
- Kelders, S. M., Kok, R. N., Ossebaard, H. C., & Van Gemert-Pijnen, J. E. W. C. (2012). Persuasive system design does matter: a systematic review of adherence to web-based interventions. *Journal of Medical Internet Research*, 14(6), e152.
- Kemp, A. H., & Quintana, D. S. (2013). The relationship between mental and physical health: insights from the study of heart rate variability. *International Journal of Psychophysiology*, 89(3), 288–296.
- Kieling, C., Buchweitz, C., Caye, A., Silvani, J., Ameis, S. H., Brunoni, A. R., Cost, K. T., Courtney, D. B., Georgiades, K., & Merikangas, K. R. (2024). Worldwide prevalence and disability from mental disorders across childhood and adolescence: evidence from the global burden of disease study. *JAMA Psychiatry*, 81(4), 347–356.
- Kiltani, K., Groten, R., & Slater, M. (2012). The sense of embodiment in virtual reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 21(4), 373–387.
- King, W. C., Chen, J.-Y., Courcoulas, A. P., Mitchell, J. E., Wolfe, B. M., Patterson, E. J., Inabnet, W. B., Dakin, G. F., Flum, D. R., & Cook, B. (2016). Objectively-measured sedentary time and cardiometabolic health in adults with severe obesity. *Preventive Medicine*, 84, 12–18.
- Kirchengast, S. (2014). Physical inactivity from the viewpoint of evolutionary medicine. *Sports*, 2(2), 34–50.
- Kisker, J., Gruber, T., & Schöne, B. (2021). Experiences in virtual reality entail different processes of retrieval as opposed to conventional laboratory settings: A study on human memory. *Current Psychology*, 40, 3190–3197.
- Knight, J. A. (2012). Physical inactivity: associated diseases and disorders. *Annals of Clinical & Laboratory Science*, 42(3), 320–337.
- Knox, E. C. L., Webb, O. J., Esliger, D. W., Biddle, S. J. H., & Sherar, L. B. (2014). Using threshold messages to promote physical activity: implications for public perceptions of health effects. *The European Journal of Public Health*, 24(2), 195–199.
- Kouijzer, M. M. T. E., Kip, H., Bouman, Y. H. A., & Kelders, S. M. (2023). Implementation of virtual reality in healthcare: a scoping review on the implementation process of virtual reality in various healthcare settings. *Implementation Science Communications*, 4(1), 67.

- Koumaditis, K., & Hussain, T. (2017). Human computer interaction research through the lens of a bibliometric analysis. *Human-Computer Interaction. User Interface Design, Development and Multimodality: 19th International Conference, HCI International 2017, Vancouver, BC, Canada, July 9-14, 2017, Proceedings, Part I* 19, 23–37.
- Krueger, M. W., Gionfriddo, T., & Hinrichsen, K. (1985). VIDEOPLACE—an artificial reality. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 35–40.
- Kuhn, E., & Owen, J. E. (2020). Advances in PTSD treatment delivery: the role of digital technology in PTSD treatment. *Current Treatment Options in Psychiatry*, 7, 88–102.
- Lahart, I., Darcy, P., Gidlow, C., & Calogiuri, G. (2019). The effects of green exercise on physical and mental wellbeing: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(8), 1352.
- Lancaster, G. A., & Thabane, L. (2019). Guidelines for reporting non-randomised pilot and feasibility studies. In *Pilot and feasibility studies* (Vol. 5, pp. 1–6). Springer.
- Landgraf, Wigger, Holsboer, & Neumann. (1999). Hyper-reactive hypothalamo-pituitary-adrenocortical axis in rats bred for high anxiety-related behaviour. *Journal of Neuroendocrinology*, 11(6), 405–407.
- Larsson, P., Vastfjall, D., & Kleiner, M. (2002). Better presence and performance in virtual environments by improved binaural sound rendering. *Audio Engineering Society Conference: 22nd International Conference: Virtual, Synthetic, and Entertainment Audio*.
- LaValle, S. M., Yershova, A., Katsev, M., & Antonov, M. (2014). Head tracking for the Oculus Rift. *2014 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, 187–194.
- LaViola, J. J. (2000). A Discussion of Cybersickness in Virtual Environments. *SIGCHI Bull.*, 32(1), 47–56. <https://doi.org/10.1145/333329.333344>
- Leitzmann, M. F., Jochem, C., & Schmid, D. (2018). *Sedentary behaviour epidemiology*. Springer.
- Lewis, B. A., Williams, D. M., Frayeh, A., & Marcus, B. H. (2016). Self-efficacy versus perceived enjoyment as predictors of physical activity behaviour. *Psychology & Health*, 31(4), 456–469.
- Liddle, I., & Carter, G. F. A. (2015). Emotional and psychological well-being in children: the development and validation of the Stirling Children's Well-being Scale. *Educational Psychology in Practice*, 31(2), 174–185.
- Ling, Y., Nefs, H. T., Morina, N., Heynderickx, I., & Brinkman, W.-P. (2014). A meta-analysis on the relationship between self-reported presence and anxiety in virtual reality exposure therapy for anxiety disorders. *PloS One*, 9(5), e96144.
- Liu, W., Zeng, N., Pope, Z. C., McDonough, D. J., & Gao, Z. (2019). Acute Effects of Immersive Virtual Reality Exercise on Young Adults' Situational Motivation. *Journal of Clinical Medicine*, 8(11). <https://doi.org/10.3390/jcm8111947>
- Liu, Y., Ye, W., Chen, Q., Zhang, Y., Kuo, C.-H., & Korivi, M. (2019). Resistance exercise intensity is correlated with attenuation of HbA1c and insulin in patients with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(1), 140.

- Lock, M., Post, D., Dollman, J., & Parfitt, G. (2021). Efficacy of theory-informed workplace physical activity interventions: A systematic literature review with meta-analyses. *Health Psychology Review*, 15(4), 483–507.
- Luai, A. F., Ab Malek, A., Hassan, E. H., Sabri, B. A. M., & Radzi, N. A. M. (2024). Effectiveness of the Immersive Technologies' Applications in Oral Health Promotion and Oral Health Education: A Systematic Review. *Journal of Dentistry*, 105324.
- Lubans, D., Richards, J., Hillman, C., Faulkner, G., Beauchamp, M., Nilsson, M., Kelly, P., Smith, J., Raine, L., & Biddle, S. (2016). Physical activity for cognitive and mental health in youth: a systematic review of mechanisms. *Pediatrics*, 138(3).
- Luo, X., Wu, Y., Niu, L., & Huang, L. (2022). Bibliometric analysis of health technology research: 1990~2020. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(15), 9044.
- Lusa, S., Punakallio, A., Mänttari, S., Korkiakangas, E., Oksa, J., Oksanen, T., & Laitinen, J. (2020). Interventions to promote work ability by increasing sedentary workers' physical activity at workplaces—A scoping review. *Applied Ergonomics*, 82, 102962.
- Lynch, B. M., Neilson, H. K., & Friedenreich, C. M. (2011). Physical activity and breast cancer prevention. *Physical Activity and Cancer*, 13–42.
- Maples-Keller, J. L., Bunnell, B. E., Kim, S.-J., & Rothbaum, B. O. (2017). The use of virtual reality technology in the treatment of anxiety and other psychiatric disorders. *Harvard Review of Psychiatry*, 25(3), 103–113.
- Marcus, B. H., Selby, V. C., Niaura, R. S., & Rossi, J. S. (1992a). Self-efficacy and the stages of exercise behavior change. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 63(1), 60–66.
<https://doi.org/10.1080/02701367.1992.10607557>
- Marcus, B. H., Selby, V. C., Niaura, R. S., & Rossi, J. S. (1992b). Selfefficacy and the stages of exercise behavior change. *Res Q Exerc Sport*, 63, 60–66.
- Mariam, A.-A., & Mazin, H. (2019). Working experience and perceived physical activity and exercise barriers. *Sport Mont*, 17(2), 47–52.
- Marin-Farrona, M., Wipfli, B., Thosar, S. S., Colino, E., Garcia-Unanue, J., Gallardo, L., Felipe, J. L., & López-Fernández, J. (2023). Effectiveness of worksite wellness programs based on physical activity to improve workers' health and productivity: a systematic review. *Systematic Reviews*, 12(1), 87.
- Martens, M. A. G., Antley, A., Freeman, D., Slater, M., Harrison, P. J., & Tunbridge, E. M. (2019). It feels real: physiological responses to a stressful virtual reality environment and its impact on working memory. *Journal of Psychopharmacology*, 33(10), 1264–1273.
- Martland, R. N., Ma, R., Paleri, V., Valmaggia, L., Riches, S., Firth, J., & Stubbs, B. (2024). The efficacy of physical activity to improve the mental wellbeing of healthcare workers: a systematic review. *Mental Health and Physical Activity*, 100577.
- Mazeas, A., Duclos, M., Pereira, B., & Chalabaev, A. (2022). Evaluating the effectiveness of gamification on physical activity: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Medical Internet Research*, 24(1), e26779.

- Mcauley, E., & Courneya, K. S. (1993). Adherence to exercise and physical activity as health-promoting behaviors: Attitudinal and self-efficacy influences. *Applied and Preventive Psychology*, 2(2), 65–77. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0962-1849\(05\)80113-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0962-1849(05)80113-1)
- McCall, C., & Blascovich, J. (2009). How, when, and why to use digital experimental virtual environments to study social behavior. *Social and Personality Psychology Compass*, 3(5), 744–758.
- McClure, C., & Schofield, D. (2019). *Running virtual: The effect of virtual reality on exercise*.
- McDonough, D. J., Pope, Z. C., Zeng, N., Liu, W., & Gao, Z. (2020). Comparison of College Students' Blood Pressure, Perceived Exertion, and Psychosocial Outcomes During Virtual Reality, Exergaming, and Traditional Exercise: An Exploratory Study. *Games for Health Journal*, 9(4), 290–296. <https://doi.org/10.1089/g4h.2019.0196>
- Mclaughlin, M., Atkin, A. J., Starr, L., Hall, A., Wolfenden, L., Sutherland, R., Wiggers, J., Ramirez, A., Hallal, P., & Pratt, M. (2020). Worldwide surveillance of self-reported sitting time: a scoping review. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 17(1), 111.
- McNeill, A. (2001). Smoking and mental health: A review of the literature. *Symposium Report: Smoking and Mental Health. Smoke-Free London*.
- Melancon, M. O., Lorrain, D., & Dionne, I. J. (2014). Changes in markers of brain serotonin activity in response to chronic exercise in senior men. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 39(11), 1250–1256.
- Metcalfe, R. S., Atef, H., Mackintosh, K., McNarry, M., Ryde, G., Hill, D. M., & Volvaard, N. B. J. (2020). Time-efficient and computer-guided sprint interval exercise training for improving health in the workplace: a randomised mixed-methods feasibility study in office-based employees. *BMC Public Health*, 20, 1–13.
- Michie, S., Richardson, M., Johnston, M., Abraham, C., Francis, J., Hardeman, W., Eccles, M. P., Cane, J., & Wood, C. E. (2013). The behavior change technique taxonomy (v1) of 93 hierarchically clustered techniques: building an international consensus for the reporting of behavior change interventions. *Annals of Behavioral Medicine*, 46(1), 81–95.
- Middelkamp, J., van Rooijen, M., Wolfhagen, P., & Steenbergen, B. (2017). The effects of a self-efficacy intervention on exercise behavior of fitness club members in 52 weeks and long-term relationships of transtheoretical model constructs. *Journal of Sports Science & Medicine*, 16(2), 163.
- Mikkelsen, K., Stojanovska, L., Polenakovic, M., Bosevski, M., & Apostolopoulos, V. (2017). Exercise and mental health. *Maturitas*, 106, 48–56.
- Miller, M. R., & Bailenson, J. N. (2021). Social presence outside the augmented reality field of view. *Frontiers in Virtual Reality*, 2, 656473.
- Ministero dell'Università e della Ricerca. (n.d.). *Programma Nazionale per la Ricerca 2021-2027*. Retrieved October 15, 2024, from <https://www.mur.gov.it/sites/default/files/2021-01/Pnr2021-27.pdf>
- Mocco, A., Valmaggia, L., Bernardi, L., Alfieri, M., & Tarricone, I. (2024). Enhancing Physical Activity with Immersive Virtual Reality: A Systematic Review. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*.

- Mologne, M. S., Hu, J., Carrillo, E., Gomez, D., Yamamoto, T., Lu, S., Browne, J. D., & Dolezal, B. A. (2022). The Efficacy of an Immersive Virtual Reality Exergame Incorporating an Adaptive Cable Resistance System on Fitness and Cardiometabolic Measures: A 12-Week Randomized Controlled Trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(1). <https://doi.org/10.3390/ijerph20010210>
- Moreira-Silva, I., Teixeira, P. M., Santos, R., Abreu, S., Moreira, C., & Mota, J. (2016). The effects of workplace physical activity programs on musculoskeletal pain: a systematic review and meta-analysis. *Workplace Health & Safety*, 64(5), 210–222.
- Moritz, S. E., Feltz, D. L., Fährbach, K. R., & Mack, D. E. (2000). The relation of self-efficacy measures to sport performance: a meta-analytic review. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 71(3), 280–294. <https://doi.org/10.1080/02701367.2000.10608908>
- Neo, J. R. J., Won, A. S., & Shepley, M. M. (2021). Designing Immersive Virtual Environments for Human Behavior Research. *Frontiers in Virtual Reality*, 2. <https://www.frontiersin.org/journals/virtual-reality/articles/10.3389/frvir.2021.603750>
- Ng Fat, L., Scholes, S., Boniface, S., Mindell, J., & Stewart-Brown, S. (2017). Evaluating and establishing national norms for mental wellbeing using the short Warwick–Edinburgh Mental Well-being Scale (SWEMWBS): findings from the Health Survey for England. *Quality of Life Research*, 26, 1129–1144.
- Ng, Y.-L., Ma, F., Ho, F. K., Ip, P., & Fu, K. (2019). Effectiveness of virtual and augmented reality-enhanced exercise on physical activity, psychological outcomes, and physical performance: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Computers in Human Behavior*, 99, 278–291. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.05.026>
- Nilsson, N. C., Nordahl, R., & Serafin, S. (2016). Immersion revisited: A review of existing definitions of immersion and their relation to different theories of presence. *Human Technology*, 12(2), 108–134.
- Nolen-Hoeksema, S., Morrow, J., & Fredrickson, B. L. (1993). Response styles and the duration of episodes of depressed mood. *Journal of Abnormal Psychology*, 102(1), 20.
- Noseworthy, M., Peddie, L., Buckler, E. J., Park, F., Pham, M., Pratt, S., Singh, A., Puterman, E., & Liu-Ambrose, T. (2023). The effects of outdoor versus indoor exercise on psychological health, physical health, and physical activity behaviour: a systematic review of longitudinal trials. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3), 1669.
- Ntoumanis, N. (2001). A self-determination approach to the understanding of motivation in physical education. *British Journal of Educational Psychology*, 71(2), 225–242.
- Ntoumanis, N. (2005). A prospective study of participation in optional school physical education using a self-determination theory framework. *Journal of Educational Psychology*, 97(3), 444.
- Ntoumanis, N., Thøgersen-Ntoumani, C., Deci, E., Ryan, R., Duda, J., & Ng, J. (2012). Self-determination theory applied to health contexts: A meta-analysis. *Perspectives on Psychological Science*, 7(4), 325–340.
- Ochi, G., Kuwamizu, R., Fujimoto, T., Ikarashi, K., Yamashiro, K., & Sato, D. (2022). The Effects of Acute Virtual Reality Exergaming on Mood and Executive Function: Exploratory Crossover Trial. *JMIR Serious Games*, 10(3), e38200. <https://doi.org/10.2196/38200>

- Ohrnberger, J., Fichera, E., & Sutton, M. (2017). The relationship between physical and mental health: A mediation analysis. *Social Science & Medicine*, 195, 42–49.
- Oinas-Kukkonen, H., & Harjumaa, M. (2009). Persuasive systems design: Key issues, process model, and system features. *Communications of the Association for Information Systems*, 24(1), 28.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pandey, A., Salahuddin, U., Garg, S., Ayers, C., Kulinski, J., Anand, V., Mayo, H., Kumbhani, D. J., de Lemos, J., & Berry, J. D. (2016). Continuous dose-response association between sedentary time and risk for cardiovascular disease: a meta-analysis. *JAMA Cardiology*, 1(5), 575–583.
- Pariante, C. M., & Lightman, S. L. (2008). The HPA axis in major depression: classical theories and new developments. *Trends in Neurosciences*, 31(9), 464–468.
- Park, K.-M., Ku, J., Choi, S.-H., Jang, H.-J., Park, J.-Y., Kim, S. I., & Kim, J.-J. (2011). A virtual reality application in role-plays of social skills training for schizophrenia: a randomized, controlled trial. *Psychiatry Research*, 189(2), 166–172.
- Parry, S., & Straker, L. (2013). The contribution of office work to sedentary behaviour associated risk. *BMC Public Health*, 13, 1–10.
- Passey, D. G., Robbins, R., Hegmann, K. T., Ott, U., Thiese, M., Garg, A., Kinney, A., & Murtaugh, M. A. (2014). Long haul truck drivers' views on the barriers and facilitators to healthy eating and physical activity: A qualitative study. *International Journal of Workplace Health Management*, 7(2), 121–135.
- Patterson, R., McNamara, E., Tainio, M., de Sá, T. H., Smith, A. D., Sharp, S. J., Edwards, P., Woodcock, J., Brage, S., & Wijndaele, K. (2018). Sedentary behaviour and risk of all-cause, cardiovascular and cancer mortality, and incident type 2 diabetes: a systematic review and dose response meta-analysis. *European Journal of Epidemiology*, 33, 811–829.
- Pedersen, B. K., & Saltin, B. (2006). Evidence for prescribing exercise as therapy in chronic disease. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 16(S1), 3–63.
- Pedersen, B. K., & Saltin, B. (2015). Exercise as medicine—evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25, 1–72.
- Peng, W., Crouse, J. C., & Lin, J.-H. (2013). Using active video games for physical activity promotion: a systematic review of the current state of research. *Health Education & Behavior*, 40(2), 171–192.
- Pereira, M. J., Coombes, B. K., Comans, T. A., & Johnston, V. (2015). The impact of onsite workplace health-enhancing physical activity interventions on worker productivity: a systematic review. *Occupational and Environmental Medicine*, 72(6), 401–412.
- Perez-Lopez, F. R., Martinez-Dominguez, S. J., Lajusticia, H., Chedraui, P., & Project, T. H. O. S. A. (2017). Effects of programmed exercise on depressive symptoms in midlife and older women: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Maturitas*, 106, 38–47.
- Perri, M. G., Anton, S. D., Durning, P. E., Ketterson, T. U., Sydeman, S. J., Berlant, N. E., Kanasky, W. F. J., Newton, R. L. J., Limacher, M. C., & Martin, A. D. (2002). Adherence to exercise prescriptions:

effects of prescribing moderate versus higher levels of intensity and frequency. *Health Psychology: Official Journal of the Division of Health Psychology, American Psychological Association*, 21(5), 452–458.

Petersen, A. M. W., & Pedersen, B. K. (2005). The anti-inflammatory effect of exercise. *Journal of Applied Physiology*, 98(4), 1154–1162.

Peterson, S. M., Furuichi, E., & Ferris, D. P. (2018). Effects of virtual reality high heights exposure during beam-walking on physiological stress and cognitive loading. *PloS One*, 13(7), e0200306.

Physical Activity Guidelines Advisory Committee. (2008). Physical activity guidelines advisory committee report, 2008. *Washington, DC: US Department of Health and Human Services*, 2008, A1-H14.

Piccione, J., Collett, J., & De Foe, A. (2019). Virtual skills training: the role of presence and agency. *Heliyon*, 5(11).

Piercy, K. L., Troiano, R. P., Ballard, R. M., Carlson, S. A., Fulton, J. E., Galuska, D. A., George, S. M., & Olson, R. D. (2018). The physical activity guidelines for Americans. *Jama*, 320(19), 2020–2028.

Prince, S. A., Cardilli, L., Reed, J. L., Saunders, T. J., Kite, C., Douillette, K., Fournier, K., & Buckley, J. P. (2020). A comparison of self-reported and device measured sedentary behaviour in adults: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 17, 1–17.

Prochaska, J. J., Das, S., & Young-Wolff, K. C. (2017). Smoking, mental illness, and public health. *Annual Review of Public Health*, 38(1), 165–185.

Puddephatt, J., Irizar, P., Jones, A., Gage, S. H., & Goodwin, L. (2022). Associations of common mental disorder with alcohol use in the adult general population: a systematic review and meta-analysis. *Addiction*, 117(6), 1543–1572.

Pyasik, M., Ciorli, T., & Pia, L. (2022). Full body illusion and cognition: A systematic review of the literature. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 143, 104926.

Qian, J., McDonough, D. J., & Gao, Z. (2020). The Effectiveness of Virtual Reality Exercise on Individual's Physiological, Psychological and Rehabilitative Outcomes: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(11).
<https://doi.org/10.3390/ijerph17114133>

Raglin, J. S. (1990). Exercise and mental health: beneficial and detrimental effects. *Sports Medicine*, 9, 323–329.

Raglin, J. S., & Morgan, W. P. (1987). Influence of exercise and quiet rest on state anxiety and blood pressure. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19(5), 456–463.

Ramaseri Chandra, A. N., El Jamiy, F., & Reza, H. (2022). A Systematic Survey on Cybersickness in Virtual Environments. In *Computers* (Vol. 11, Issue 4).
<https://doi.org/10.3390/computers11040051>

Ramezani, M., Tayefi, B., Zandian, E., Soleimanvandiazar, N., Khalili, N., Hoveidamanesh, S., Massahikhaleghi, P., & Rampisheh, Z. (2022). Workplace interventions for increasing physical activity in employees: A systematic review. *Journal of Occupational Health*, 64(1), e12358.

- 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.
- Rezende, L. F. M. de, Rodrigues Lopes, M., Rey-López, J. P., Matsudo, V. K. R., & Luiz, O. do C. (2014). Sedentary behavior and health outcomes: an overview of systematic reviews. *PloS One*, 9(8), e105620.
- Rezende, L. F. M., Sá, T. H., Mielke, G. I., Viscondi, J. Y. K., Rey-López, J. P., & Garcia, L. M. T. (2016). All-cause mortality attributable to sitting time: analysis of 54 countries worldwide. *American Journal of Preventive Medicine*, 51(2), 253–263.
- Rhodes, R. E., & Fiala, B. (2009). Building motivation and sustainability into the prescription and recommendations for physical activity and exercise therapy: the evidence. *Physiotherapy Theory and Practice*, 25(5–6), 424–441.
- Rhodes, R. E., Fiala, B., & Conner, M. (2009). A review and meta-analysis of affective judgments and physical activity in adult populations. *Annals of Behavioral Medicine*, 38(3), 180–204.
- Rhodes, R. E., Mark, R. S., & Temmel, C. P. (2012). Adult sedentary behavior: a systematic review. *American Journal of Preventive Medicine*, 42(3), e3–e28.
- Rhodes, R. E., & Quinlan, A. (2015). Predictors of physical activity change among adults using observational designs. *Sports Medicine*, 45, 423–441.
- Rhodes, R. E., Warburton, D. E. R., & Bredin, S. S. D. (2009). Predicting the effect of interactive video bikes on exercise adherence: An efficacy trial. *Psychology, Health & Medicine*, 14(6), 631–640. <https://doi.org/10.1080/13548500903281088>
- Richard, M., Christina, M. F., Deborah, L. S., Rubio, N., & Kennon, M. S. (1997). Intrinsic motivation and exercise adherence. *Int J Sport Psychol*, 28(4), 335–354.
- Riches, S., Taylor, L., Jeyarajaguru, P., Veling, W., & Valmaggia, L. (2023). Virtual reality and immersive technologies to promote workplace wellbeing: a systematic review. In *Journal of mental health (Abingdon, England)* (pp. 1–21). <https://doi.org/10.1080/09638237.2023.2182428>
- Riebe, D., Ehrman, J. K., Liguori, G., Magal, M., & Medicine, A. C. of S. (2018). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. Wolters Kluwer.
- Roman-Liu, D., Kamińska, J., & Tokarski, T. (2020). Effectiveness of workplace intervention strategies in lower back pain prevention: a review. *Industrial Health*, 58(6), 503–519.
- Routledge, F. S., Campbell, T. S., McFetridge-Durdle, J. A., & Bacon, S. L. (2010). Improvements in heart rate variability with exercise therapy. *Canadian Journal of Cardiology*, 26(6), 303–312.
- Rutkowski, S., Szary, P., Sacha, J., & Casaburi, R. (2021). Immersive Virtual Reality Influences Physiologic Responses to Submaximal Exercise: A Randomized, Crossover Trial. *Frontiers in Physiology*, 12, 702266. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.702266>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 54–67.
- Sajjadi, P., Edwards, C. G., Zhao, J., Fatemi, A., Long, J. W., Klippel, A., & Masterson, T. D. (2022). Remote iVR for nutrition education: from design to evaluation. *Frontiers in Computer Science*, 4, 927161.

- Sakhare, A. R., Yang, V., Stradford, J., Tsang, I., Ravichandran, R., & Pa, J. (2019). Cycling and Spatial Navigation in an Enriched, Immersive 3D Virtual Park Environment: A Feasibility Study in Younger and Older Adults. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 11. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2019.00218>
- Sallis, J. F., Haskell, W. L., Fortmann, S. P., Vranizan, K. M., Taylor, C. B., & Solomon, D. S. (1986). Predictors of adoption and maintenance of physical activity in a community sample. *Preventive Medicine*, 15(4), 331–341. [https://doi.org/10.1016/0091-7435\(86\)90001-0](https://doi.org/10.1016/0091-7435(86)90001-0)
- Salmon, P. (2001). Effects of physical exercise on anxiety, depression, and sensitivity to stress: a unifying theory. *Clinical Psychology Review*, 21(1), 33–61.
- Samdal, G. B., Eide, G. E., Barth, T., Williams, G., & Meland, E. (2017). Effective behaviour change techniques for physical activity and healthy eating in overweight and obese adults; systematic review and meta-regression analyses. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 14, 1–14.
- Santos, A. C., Willumsen, J., Meheus, F., Ilbawi, A., & Bull, F. C. (2023). The cost of inaction on physical inactivity to public health-care systems: a population-attributable fraction analysis. *The Lancet Global Health*, 11(1), e32–e39.
- Santos, I. L., & Miragaia, D. (2023). Physical activity in the workplace: a cost or a benefit for organizations? A systematic review. *International Journal of Workplace Health Management*, 16(1), 108–135.
- Saunders, T. J., Mclsaac, T., Douillette, K., Gaulton, N., Hunter, S., Rhodes, R. E., Prince, S. A., Carson, V., Chaput, J.-P., & Chastin, S. (2020). Sedentary behaviour and health in adults: an overview of systematic reviews. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 45(10), S197–S217.
- Schaller, A., Stassen, G., Baulig, L., & Lange, M. (2024). Physical activity interventions in workplace health promotion: objectives, related outcomes, and consideration of the setting—a scoping review of reviews. *Frontiers in Public Health*, 12, 1353119.
- Schöne, B., Kisker, J., Lange, L., Gruber, T., Sylvester, S., & Osinsky, R. (2023). The reality of virtual reality. *Frontiers in Psychology*, 14, 1093014.
- Schuch, F. B., Stubbs, B., Meyer, J., Heissel, A., Zech, P., Vancampfort, D., Rosenbaum, S., Deenik, J., Firth, J., & Ward, P. B. (2019). Physical activity protects from incident anxiety: A meta-analysis of prospective cohort studies. *Depression and Anxiety*, 36(9), 846–858.
- Schuch, F. B., & Vancampfort, D. (2021). Physical activity, exercise, and mental disorders: it is time to move on. *Trends in Psychiatry and Psychotherapy*, 43(3), 177–184.
- Schuch, F. B., Vancampfort, D., Firth, J., Rosenbaum, S., Ward, P. B., Silva, E. S., Hallgren, M., Ponce De Leon, A., Dunn, A. L., & Deslandes, A. C. (2018). Physical activity and incident depression: a meta-analysis of prospective cohort studies. *American Journal of Psychiatry*, 175(7), 631–648.
- Sedentary Behaviour Research Network. (2012). Letter to the Editor: Standardized use of the terms “sedentary” and “sedentary behaviours.” *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 37(3), 540–542. <https://doi.org/10.1139/h2012-024>
- Sedentary Behaviour Research Network. (2017). *SBRN Terminology Consensus Project*. <https://www.sedentarybehaviour.org/sbrn-terminology-consensus-project/>
- Segar, M. L., Guérin, E., Phillips, E., & Fortier, M. (2016). From a vital sign to vitality: selling exercise so patients want to buy it. *Current Sports Medicine Reports*, 15(4), 276–281.

- Slater, M., & Sanchez-Vives, M. V. (2016). *Enhancing our lives with immersive virtual reality. Frontiers in Robotics and AI*, 3, 74.
- Snow, J. C., & Culham, J. C. (2021). The treachery of images: how realism influences brain and behavior. *Trends in Cognitive Sciences*, 25(6), 506–519.
- Strain, T., Flaxman, S., Guthold, R., Semanova, E., Cowan, M., Riley, L. M., Bull, F. C., & Stevens, G. A. (2024). National, regional, and global trends in insufficient physical activity among adults from 2000 to 2022: a pooled analysis of 507 population-based surveys with 5· 7 million participants. *The Lancet Global Health*, 12(8), e1232–e1243.
- Sun, H. (2012). Exergaming impact on physical activity and interest in elementary school children. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 83(2), 212–220.
- Sun, H. (2015). Operationalizing physical literacy: The potential of active video games. *Journal of Sport and Health Science*, 4(2), 145–149.
- Sun, H., Gao, X., Que, X., Liu, L., Ma, J., He, S., Gao, Q., & Wang, T. (2020). The causal relationships of device-measured physical activity with bipolar disorder and schizophrenia in adults: A 2-Sample mendelian randomization study. *Journal of Affective Disorders*, 263, 598–604.
- Sutherland, I. E. (1965). The ultimate display. *Proceedings of the IFIP Congress*, 2(506–508), 506–508.
- Sutherland, I. E. (1968). A head-mounted three dimensional display. *Proceedings of the December 9-11, 1968, Fall Joint Computer Conference, Part I*, 757–764.
- Sween, J., Wallington, S. F., Sheppard, V., Taylor, T., Llanos, A. A., & Adams-Campbell, L. L. (2014). The role of exergaming in improving physical activity: a review. *Journal of Physical Activity and Health*, 11(4), 864–870.
- Tao, G., Garrett, B., Taverner, T., Cordingley, E., & Sun, C. (2021). Immersive virtual reality health games: a narrative review of game design. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 18, 1–21.
- Tatnell, P., Atorkey, P., & Tzelepis, F. (2022). The effectiveness of virtual reality interventions on smoking, nutrition, alcohol, physical activity and/or obesity risk factors: a systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(17), 10821.
- Taylor, W. C., King, K. E., Shegog, R., Paxton, R. J., Evans-Hudnall, G. L., Rempel, D. M., Chen, V., & Yancey, A. K. (2013). Booster Breaks in the workplace: participants' perspectives on health-promoting work breaks. *Health Education Research*, 28(3), 414–425.
- Taylor, W. C., Williams, J. R., Harris, L. E., & Shegog, R. (2023). Computer prompt software to reduce sedentary behavior and promote physical activity among desk-based workers: a systematic review. *Human Factors*, 65(5), 891–908.
- Teixeira, P. J., Carraça, E. V, Markland, D., Silva, M. N., & Ryan, R. M. (2012). Exercise, physical activity, and self-determination theory: a systematic review. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 9, 1–30.
- Thompson Coon, J., Boddy, K., Stein, K., Whear, R., Barton, J., & Depledge, M. H. (2011). Does participating in physical activity in outdoor natural environments have a greater effect on physical and mental wellbeing than physical activity indoors? A systematic review. *Environmental Science & Technology*, 45(5), 1761–1772.

- Touloudi, E., Hassandra, M., Galanis, E., Goudas, M., & Theodorakis, Y. (2022). Applicability of an Immersive Virtual Reality Exercise Training System for Office Workers during Working Hours. *Sports (Basel, Switzerland)*, 10(7). <https://doi.org/10.3390/sports10070104>
- Trahan, M. H., Maynard, B. R., Smith, K. S., Farina, A. S. J., & Khoo, Y. M. (2019). Virtual reality exposure therapy on alcohol and nicotine: A systematic review. *Research on Social Work Practice*, 29(8), 876–891.
- Tremblay, M. S., Aubert, S., Barnes, J. D., Saunders, T. J., Carson, V., Latimer-Cheung, A. E., Chastin, S. F. M., Altenburg, T. M., & Chinapaw, M. J. M. (2017). Sedentary behavior research network (SBRN)–terminology consensus project process and outcome. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 14, 1–17.
- Triguero-Mas, M., Dadvand, P., Cirach, M., Martínez, D., Medina, A., Mompert, A., Basagaña, X., Gražulevičienė, R., & Nieuwenhuijsen, M. J. (2015). Natural outdoor environments and mental and physical health: relationships and mechanisms. *Environment International*, 77, 35–41.
- Tsang, M. M. Y., & Man, D. W. K. (2013). A virtual reality-based vocational training system (VRVTS) for people with schizophrenia in vocational rehabilitation. *Schizophrenia Research*, 144(1–3), 51–62.
- UN Department of Economic and Social Affairs. (2022). *World population prospects 2022*. <https://population.un.org/wpp/>
- Ungar, N., Wiskemann, J., & Sieverding, M. (2016). Physical Activity Enjoyment and Self-Efficacy As Predictors of Cancer Patients' Physical Activity Level. *Frontiers in Psychology*, 7, 898. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00898>
- United Nations. (n.d.). *Sustainable Development Goals*. Retrieved October 15, 2024, from <https://sdgs.un.org/goals>
- Vaghetti, C. A. O., Monteiro-Junior, R. S., Finco, M. D., Reategui, E., & da Costa Botelho, S. S. (2018). Exergames experience in physical education: A review. *Physical Culture and Sport. Studies and Research*, 78(1), 23–32.
- Valmaggia, L. R., Day, F., & Rus-Calafell, M. (2016). Using virtual reality to investigate psychological processes and mechanisms associated with the onset and maintenance of psychosis: a systematic review. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, 51, 921–936.
- Van der Kooij, K., Van Dijsseldonk, R., Van Veen, M., Steenbrink, F., De Weerd, C., & Overvliet, K. E. (2019). Gamification as a sustainable source of enjoyment during balance and gait exercises. *Frontiers in Psychology*, 10, 294.
- Van Stralen, M. M., Yildirim, M., Wulp, A., Te Velde, S. J., Verloigne, M., Doessegger, A., Androutsos, O., Kovács, É., Brug, J., & Chinapaw, M. J. M. (2014). Measured sedentary time and physical activity during the school day of European 10-to 12-year-old children: the ENERGY project. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 17(2), 201–206.
- Vancampfort, D., Firth, J., Schuch, F. B., Rosenbaum, S., Mugisha, J., Hallgren, M., Probst, M., Ward, P. B., Gaughran, F., & De Hert, M. (2017). Sedentary behavior and physical activity levels in people with schizophrenia, bipolar disorder and major depressive disorder: a global systematic review and meta-analysis. *World Psychiatry*, 16(3), 308–315.
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 425–478.

- Vina, J., Sanchis-Gomar, F., Martinez-Bello, V., & Gomez-Cabrera, M. C. (2012). Exercise acts as a drug: the pharmacological benefits of exercise. *British Journal of Pharmacology*, 167(1), 1–12.
- Virtual Reality Society. (2017). *History of Virtual Reality*. <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html>
- Voigt, L., Hill, Y., & Frenkel, M. O. (2024). Testing the hormesis hypothesis on motor behavior under stress. *Applied Ergonomics*, 115, 104161.
- Wankel, L. M. (1993). The importance of enjoyment to adherence and psychological benefits from physical activity. *International Journal of Sport Psychology*.
- Wanner, M., Hartmann, C., Pestoni, G., Martin, B. W., Siegrist, M., & Martin-Diener, E. (2017). Validation of the Global Physical Activity Questionnaire for self-administration in a European context. *BMJ Open Sport—Exercise Medicine*, 3(1).
- Warburton, D. E. R., & Bredin, S. S. D. (2017). Health benefits of physical activity: a systematic review of current systematic reviews. *Current Opinion in Cardiology*, 32(5), 541–556.
- Warburton, D. E. R., Charlesworth, S., Ivey, A., Nettlefold, L., & Bredin, S. S. D. (2010). A systematic review of the evidence for Canada's Physical Activity Guidelines for Adults. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 7, 1–220.
- White, M. I., Dionne, C. E., Wärlje, O., Koehoorn, M., Wagner, S. L., Schultz, I. Z., Koehn, C., Williams-Whitt, K., Harder, H. G., & Pasca, R. (2016). Physical activity and exercise interventions in the workplace impacting work outcomes: A stakeholder-centered best evidence synthesis of systematic reviews. *The International Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 7(2), 61.
- Wienrich, C., Döllinger, N., & Hein, R. (2021). *Behavioral Framework of Immersive Technologies (BehaveFIT): How and Why Virtual Reality can Support Behavioral Change Processes*. *Frontiers in Virtual Reality* 2 (2021), 84.
- Williams, S. L., & French, D. P. (2011). What are the most effective intervention techniques for changing physical activity self-efficacy and physical activity behaviour—and are they the same? *Health Education Research*, 26(2), 308–322.
- Wipfli, B. M. (2008). *Serotonin and psychological variables in the relationship between exercise and mental health*. Arizona State University.
- Wittmann, M., Cash, P., Mariani, M., Maier, A., & Hansen, J. P. (2021). Sustaining behaviour change through immersive technologies: trends, perspectives, and approaches. *Proceedings of the Design Society*, 1, 2891–2900.
- Woessner, M. N., Tacey, A., Levinger-Limor, A., Parker, A. G., Levinger, P., & Levinger, I. (2021). The evolution of technology and physical inactivity: the good, the bad, and the way forward. *Frontiers in Public Health*, 9, 655491.
- World Health Organization. (n.d.-a). *Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ) Analysis Guide*. Retrieved October 7, 2024, from <https://cdn.who.int/media/docs/default-source/ncds/ncd-surveillance/gpaq-analysis-guide.pdf>
- World Health Organization. (n.d.-b). *Physical Activity*. Retrieved October 15, 2024, from https://www.who.int/health-topics/physical-activity#tab=tab_1

- World Health Organization. (2010). *Global Recommendations on Physical Activity for Health*.
https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/44399/9789241599979_eng.pdf?sequence=1
- World Health Organization. (2018). *GLOBAL ACTION PLAN ON PHYSICAL ACTIVITY 2018-2030*.
<https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/272722/9789241514187-eng.pdf?sequence=1>
- World Health Organization. (2020a). *WHO Guidelines on physical activity and sedentary behaviour*.
<https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/336656/9789240015128-eng.pdf?sequence=1>
- World Health Organization. (2020b, December 9). *WHO reveals leading causes of death and disability worldwide: 2000-2019*. <https://www.who.int/news/item/09-12-2020-who-reveals-leading-causes-of-death-and-disability-worldwide-2000-2019>
- World Health Organization. (2022a). *Global Status Report on Physical Activity 2022: Country profiles*.
 World Health Organization.
<https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/365761/9789240064119-eng.pdf?sequence=1>
- World Health Organization. (2022b). *Invisible numbers The true extent of noncommunicable diseases and what to do about them*.
<https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/362800/9789240057661-eng.pdf?sequence=1>
- World Health Organization. (2024a). *Global levels of physical activity in adults - Off track for 2030*.
<https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/378026/9789240096905-eng.pdf?sequence=1>
- World Health Organization. (2024b, August 7). *The top 10 causes of death*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>
- Wrzus, C., Frenkel, M. O., & Schöne, B. (2024). Current opportunities and challenges of immersive virtual reality for psychological research and application. *Acta Psychologica*, 249, 104485.
- Wu, J., Fu, Y., Chen, D., Zhang, H., Xue, E., Shao, J., Tang, L., Zhao, B., Lai, C., & Ye, Z. (2023). Sedentary behavior patterns and the risk of non-communicable diseases and all-cause mortality: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Nursing Studies*, 146, 104563.
- Wu, J., Zhang, H., Yang, L., Shao, J., Chen, D., Cui, N., Tang, L., Fu, Y., Xue, E., & Lai, C. (2022). Sedentary time and the risk of metabolic syndrome: A systematic review and dose–response meta-analysis. *Obesity Reviews*, 23(12), e13510.
- Xu, W., Liang, H.-N., Baghaei, N., Ma, X., Yu, K., Meng, X., & Wen, S. (2021). Effects of an Immersive Virtual Reality Exergame on University Students' Anxiety, Depression, and Perceived Stress: Pilot Feasibility and Usability Study. *JMIR Serious Games*, 9(4), e29330. <https://doi.org/10.2196/29330>
- Xu, W., Liang, H.-N., Zhang, Z., & Baghaei, N. (2020). Studying the Effect of Display Type and Viewing Perspective on User Experience in Virtual Reality Exergames. *Games for Health Journal*, 9(6), 405–414. <https://doi.org/10.1089/g4h.2019.0102>
- Zeng, N., Liu, W., Pope, Z. C., McDonough, D. J., & Gao, Z. (2022). Acute Effects of Virtual Reality Exercise Biking on College Students' Physical Responses. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 93(3), 633–639. <https://doi.org/10.1080/02701367.2021.1891188>
- Zeng, N., Pope, Z., & Gao, Z. (2017). Acute Effect of Virtual Reality Exercise Bike Games on College Students' Physiological and Psychological Outcomes. *Cyberpsychology, Behavior and Social Networking*, 20(7), 453–457. <https://doi.org/10.1089/cyber.2017.0042>

- Zhai, L., Zhang, Y., & Zhang, D. (2015). Sedentary behaviour and the risk of depression: a meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 49(11), 705–709.
- Zhou, S. (2020). Using Virtual Reality to Promote Physical Activity. *Journal of Software Engineering and Applications*, 13, 312–326.