



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI  
DI GENOVA



## **Università degli Studi di Genova**

Scuola di Scienze Mediche e Farmaceutiche

Dipartimento di Neuroscienze, Riabilitazione, Oftalmologia, Genetica e Scienze Materno-Infantili

### **Master in Riabilitazione dei Disordini Muscoloscheletrici**

A.A. 2018/2019

Campus Universitario di Savona

# **Efficacia della realtà virtuale nella riabilitazione dell'arto inferiore in problematiche di equilibrio di origine muscolo- scheletrica: una revisione della letteratura**

Candidato:

Dott. FT Edoardo Giuliani

Relatore:

Dott. FT OMPT Luca Francini



## INDICE

ABSTRACT .....	4
1. INTRODUZIONE .....	5
2. MATERIALI E METODI .....	7
2.1. Quesito di revisione e banche dati utilizzate .....	7
2.2. PICO .....	7
2.3. Parole chiave e sinonimi .....	8
2.4. Stringhe di ricerca utilizzate .....	8
2.5. Criteri di inclusione ed esclusione .....	10
2.5.1 Criteri di inclusione .....	10
2.5.2 Criteri di esclusione .....	10
2.6 Selezione degli studi .....	11
3.RISULTATI .....	11
3.1. Selezione degli articoli .....	11
3.2. Valutazione degli articoli .....	13
3.3. Sintesi degli studi inclusi .....	15
3.4. Analisi degli studi .....	24
3.5 Sintesi qualitativa degli studi .....	27
4. DISCUSSIONE .....	28
4.1 Limiti degli studi .....	29
5. CONCLUSIONI .....	32
6. BIBLIOGRAFIA .....	33

## ABSTRACT

**Introduzione:** Durante gli anni i soggetti con problematiche di equilibrio sono stati riabilitati tramite interventi di tipo tradizionale (pedana propriocettiva, bosu, ecc), ma tali metodi sono risultati abbastanza noiosi e di scarso coinvolgimento per gli atleti, portando così ad una compliance ridotta. Negli ultimi anni ha preso campo la realtà virtuale, ovvero una tecnologia in cui viene ricreato uno scenario virtuale all'interno del quale il paziente può interagire con l'ambiente circostante attraverso l'utilizzo di dispositivi digitali. Il campo della realtà virtuale però non è ancora ben definito e comprende più tipologie di dispositivi: il suo reale impiego dovrebbe avvenire attraverso occhiali o display completamente immersivi, ma spesso sono stati utilizzati vari dispositivi come Xbox, Nintendo Wii, Play Station. Nonostante ci sia grande discordanza tra i vari studi, questa tecnologia potrebbe essere utile in ambito riabilitativo, soprattutto nel recupero della funzionalità degli arti inferiori, in termini di equilibrio, di capacità aerobica e di forza.

L'obiettivo di questa revisione sistematica è quindi quello di indagare l'efficacia della realtà virtuale nella riabilitazione delle problematiche di equilibrio derivanti da patologie dell'arto inferiore di origine muscolo-scheletrica.

**Materiali e metodi:** La ricerca è stata eseguita nelle banche dati di Medline, tramite l'interfaccia di Pubmed, Cochrane Library e PEDro con la creazione di stringhe ottenute unendo le parole chiave ed i sinonimi identificati di quest'ultime attraverso operatori booleani. Posti l'obiettivo ed i criteri di inclusione ed esclusione, è stata effettuata la valutazione degli articoli attraverso la tool Rob 2 della Cochrane ed è stata eseguita la selezione degli articoli.

**Risultati:** le stringhe di ricerca hanno prodotto 1651 articoli; dopo la lettura di titolo, abstract e full text sono stati selezionati 6 RCT i quali risultavano attinenti al quesito di ricerca ed ai criteri di inclusione ed esclusione. Con l'analisi della validità è emerso che gli studi che hanno superato lo screening sono di medio-bassa qualità.

**Discussione e conclusioni:** Dall'analisi della letteratura presente è emerso che la realtà virtuale sembra avere la stessa efficacia di un trattamento riabilitativo tradizionale in soggetti operati di LCA ed in soggetti operati di protesi di ginocchio. Sembra inoltre che la realtà virtuale e la riabilitazione convenzionale abbiano un effetto maggiore rispetto a non ricevere trattamento in soggetti con storia di infortunio all'arto inferiore.

## INTRODUZIONE

Con il termine equilibrio si intende la “capacità di mantenere il baricentro del corpo all’interno della sua base di appoggio” e si divide in equilibrio statico (mantenimento del corpo in equilibrio in posizione statica) e dinamico (mantenimento del corpo in equilibrio nel passaggio da dinamico a statico). In entrambi i contesti viene richiesta una efficace analisi ed elaborazione di input visivi, vestibolari e propriocettivi per controllare il corpo. Un eventuale deficit di uno o più di questi canali sensoriali può determinare una perdita di equilibrio, che a sua volta può essere causa di lesioni [1], ma è anche possibile riscontrare la relazione inversa, ovvero quella in cui è un infortunio a generare l’insorgenza di un deficit di equilibrio. Di conseguenza è importante allenarlo per avere un minor rischio di infortuni [2].

È stata dimostrata l’importanza di lavorare sull’incremento del controllo neuromuscolare, per gli effetti che questa tipologia di lavoro ha sull’incremento del controllo posturale e, di conseguenza, sull’equilibrio. Per riabilitare queste componenti solitamente vengono utilizzati strumenti come pedana propriocettiva, bosu, ed altri, ma sono risultati abbastanza noiosi e di scarso coinvolgimento per gli atleti, portando così ad una compliance ridotta [1, 3]. Negli ultimi anni infatti sono stati introdotti altri tipi di strumenti tecnologici per riabilitare questi tipi di disturbi [1, 2, 3]. Un esempio di questi è la realtà virtuale, ovvero una tecnologia in cui viene ricreato uno scenario virtuale all’interno del quale il paziente può interagire con l’ambiente circostante attraverso l’utilizzo di dispositivi digitali [4, 5, 6]. Si tratta di un ambito relativamente giovane e in continua evoluzione, che sta prendendo campo insieme allo sviluppo tecnologico [4]. Come espresso nello studio di Keshner et al del 2019, prima del 1996 esisteva un solo articolo che parlava di realtà virtuale ed ha diviso il suo sviluppo in 3 fasi: dal 1996 al 2005 in cui i costi degli apparecchi erano molto elevati e non era ancora stato capito il suo reale potenziale, dal 2006 al 2014 in cui venne riconosciuta l’importanza clinica della strumentazione e furono sviluppati dei sistemi di realtà virtuale a basso costo, infine dal 2015 al 2018 è stato reso ancora più facile ed accessibile l’utilizzo di tale strumentazione all’interno della clinica [4]. Il suo reale impiego dovrebbe avvenire attraverso occhiali o display completamente immersivi, ma spesso sono stati utilizzati vari dispositivi come Xbox, Nintendo Wii, Play Station, ecc.

Nel corso degli anni sono stati utilizzati anche una serie di termini aggiuntivi come “virtual gaming”, “exer-gaming”, “virtual environments”, “simulated environments” e molti altri. Queste informazioni ci suggeriscono che in termini di classificazione manca ancora oggi la definizione di una terminologia standardizzata e specifica, che possa consentire di eseguire degli studi coerenti riguardo all’argomento [4].

I campi di utilizzo in cui è stata studiata l'efficacia della realtà virtuale sono stati principalmente quello neurologico e quello ortopedico [5]. Per l'ambito neurologico gli studi si sono rivelati di bassa qualità, e per il secondo, soprattutto per quanto riguarda l'arto inferiore, l'efficacia della realtà virtuale non è ancora stata studiata in modo sistematico [5], nonostante l'interesse potenziale in torno a quest'ultima [7, 8].

Nello specifico l'utilizzo della realtà virtuale con Nintendo Wii nella riabilitazione ortopedica dell'arto inferiore, sembra offrire ai pazienti un tipo di allenamento personalizzato, variabile (per la presenza di molti sport), coinvolgente e stimolante [5, 6, 8, 9, 10].

Gli strumenti di realtà virtuale maggiormente usati negli articoli e nella pratica clinica sono stati: Microsoft Xbox kinect [1] e Nintendo Wii o Wii balance board [2, 3, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13], in quanto strumenti a basso costo e di facile utilizzo.

In particolare, nel secondo device viene utilizzata una pedana simile ad una pedana di forza, che misura ed interpreta la pressione esercitata dal paziente su di essa attraverso quattro trasduttori e, attraverso il collegamento al software, fornisce dei feedback immediati. Inoltre tale pedana o Wii Balance Board (WBB), sembra essere uno strumento valido ed affidabile per valutare l'equilibrio, in particolare quello statico in soggetti sani senza precedenti infortuni agli arti inferiori [12].

Potenzialmente questa tecnologia potrebbe essere utile in ambito riabilitativo, soprattutto nel recupero della funzionalità degli arti inferiori [10], in termini di equilibrio [2, 6, 8, 9, 11], di capacità aerobica e di forza [11], ma c'è ancora discordanza tra i vari studi [2, 10].

L'obiettivo di questa revisione sistematica è quindi quello di indagare l'efficacia della realtà virtuale nella riabilitazione delle problematiche di equilibrio derivanti da patologie dell'arto inferiore di origine muscolo-scheletrica.

## **2. MATERIALI E METODI**

### **2.1 Quesito di revisione e banche dati utilizzate**

Il quesito di revisione è stato costruito per valutare in una popolazione di soggetti con problematica di equilibrio dell'arto inferiore di origine muscoloscheletrica l'efficacia della realtà virtuale come strumento di riabilitazione (qualunque tipo)? I passaggi attraverso cui è stata condotta la revisione sono stati definiti attraverso la linea guida "PRISMA Statement" [14].

Le banche dati utilizzate per rispondere al quesito di revisione sono state:

- 1- Pubmed [15]
- 2- PEDro [16]
- 3- Cochrane Library [17]

### **2.2 PICO**

Un quesito chiaro a cui sia possibile dare una risposta si formula attraverso un modello chiamato PICO (Patient, Intervention, Comparison, Outcomes) che ci aiuta a costruire correttamente i quesiti clinici e a condurre le ricerche bibliografiche. Lo scopo del PICO è quello di trasformare il quesito narrativo in un quesito ricercabile nelle banche dati, scomponendolo nelle sue parti principali, dove P sta per paziente o problema, ovvero la popolazione di nostro interesse, I intervento (di cui vogliamo sapere gli esiti), C intervento di controllo se necessario, O outcome, risultato. Per quanto riguarda questa revisione, non è stato preso in considerazione l'elemento C, in quanto non si è voluto restringere troppo il campo di ricerca in un ambito ancora di così recente sviluppo.

P: Soggetti con problematica di equilibrio all'arto inferiore di origine muscoloscheletrica

I: Realtà virtuale

C: x

O: qualunque outcome

### 2.3 Parole chiave e sinonimi

Sono state scelte delle parole chiave con l'obiettivo di poter sondare tutta la letteratura disponibile. Per quanto riguarda la realtà virtuale, sono state individuate le parole chiave: "Virtual Reality", "Virtual Reality Exposure Therapy", "Augmented Reality", con i relativi sinonimi: "exer game", "exergame", "computer simulation", "computer graphics", "user-computer interface". Per quanto riguarda l'equilibrio è stata individuata la parola chiave "Postural Balance" con i relativi sinonimi: "Musculoskeletal Equilibrium" e "Postural Equilibrium" (Tabella 1). Sono stati utilizzati gli operatori booleani OR, AND, NOT per far sì che la ricerca fosse il più completa e corretta possibile, utilizzando poi sia parole libere che "Mesh Terms".

PAROLE CHIAVE	SINONIMI
-Virtual Reality -Virtual Reality Exposure Therapy -Augmented Reality	-"exer game" -"exergame" -"computer simulation" -"computer graphics" -"user-computer interface"
-Postural Balance	-"Musculoskeletal Equilibrium" -"Postural Equilibrium"

TABELLA 1: Parole chiave e relativi sinonimi

### 2.4 Stringhe di ricerca utilizzate

Le parole chiave sopra elencate sono state organizzate in maniera differente per comporre stringhe diverse in base alle specificità di ogni database analizzato.

Il primo database utilizzato per la ricerca è stato MEDLINE, interfaccia di PubMed (servizio del "National Center for Biotechnology Information (NCBI)" della National Library of Medicine o NLM) e database bibliografico gestito dalla NLM, la Biblioteca Nazionale di Medicina degli Stati Uniti. Per eseguire la ricerca sono stati utilizzati tutti i "Mesh Terms" disponibili e le parole libere, unendole con gli operatori booleani OR, AND, NOT.

La seconda banca dati utilizzata è stata PEDro, database bibliografico che contiene studi randomizzati, linee guida di pratica clinica e revisioni sistematiche esclusivamente nel campo della

fisioterapia. Per eseguire la ricerca è stata utilizzata la ricerca semplice (“simple search”) con la sola parola chiave “Virtual Reality”, senza filtri come “Abstract & title” o “body part”, in quanto ricerche più specifiche non producevano risultati.

La terza banca dati utilizzata è stata Cochrane Library, database elettronico attraverso cui vengono condivise revisioni sistematiche, seguito di un processo di revisione degli effetti degli interventi testati in studi clinici randomizzati. Per eseguire la ricerca sono state usate le parole chiave “Virtual Reality” e “Postural Balance”, unendole con l’operatore booleano “AND”.

Infine non sono stati inseriti filtri sulla tipologia di studio al fine di eseguire personalmente una valutazione degli studi.

Le stringhe di ricerca utilizzate e i filtri applicati sono mostrati nella “TABELLA 2”.

<b>DATABASE</b>	<b>STRINGA UTILIZZATA</b>	<b>NOTE</b>
<b>MEDLINE</b>	“Virtual Reality”[Mesh] OR virtual reality OR (virtual AND reality) OR “Exer game” OR “Exergame” OR “Computer simulation” [Mesh] OR Computer OR simulation OR (Computer and simulation) OR “Computer graphics” [Mesh] OR Computer OR Graphics OR (Computer AND Graphics) OR User-computer interface OR “User-computer interface” [Mesh] OR “Virtual Reality Exposure Therapy”[Mesh] OR virtual reality exposure therapy OR (virtual AND reality) AND exposure) AND therapy) OR Virtual Reality Immersion Therapy OR Virtual Reality Therapy OR Virtual Reality Therapies OR (“Augmented Reality”[Mesh]) OR augmented) OR reality) OR (augmented) AND reality) AND (“ <b>Postural Balance</b> ” [Mesh] OR <b>postural OR balance OR (postural AND balance) OR Musculoskeletal Equilibrium OR Postural Equilibrium</b> )	Ultima ricerca 01/03/2020
<b>PEDRO</b>	“Virtual Reality”	Ultima ricerca 01/03/2020
<b>COCHRANE LIBRARY</b>	“Virtual Reality” AND “Postural Balance”	Ultima ricerca 01/03/2020

*TABELLA 2: Stringhe di ricerca utilizzate*

## **2.5 Criteri di inclusione ed esclusione**

### **2.5.1 Criteri di inclusione**

Per effettuare la ricerca in letteratura sono stati scelti i seguenti criteri di inclusione:

- Studi sperimentali o quasi-sperimentali (RCT o quasi-RCT) che avessero come scopo di ricerca la determinazione dell'efficacia della realtà virtuale nell'arto inferiore (anca, ginocchio, caviglia, piede)
- Articoli con full text disponibile
- Articoli in lingua inglese o italiana
- Per Virtual reality: qualunque tipo di VR
- Per Balance: qualunque studio che valuti l'equilibrio in modo quantitativo e/o qualitativo

### **2.5.2 Criteri di esclusione**

I criteri per l'esclusione degli studi sono stati:

- Studi con soggetti sani
- Studi che abbiano indagato l'efficacia della realtà virtuale in ambito neurologico
- Studi in lingua non inglese o italiana

### **2.5.3 Selezione degli studi**

In seguito alla ricerca condotta sulle 3 banche dati Pubmed, Cochrane e PEDro, sono stati selezionati esclusivamente trial randomizzati controllati (RCT o quasi-RCT), scremati attraverso il seguente schema:

- 1- Eliminati i duplicati presenti in più di un database di ricerca
- 2- Eliminati per titolo gli articoli che non rispettavano i criteri di inclusione ed esclusione
- 3- Eliminati per abstract gli articoli che non rispettavano i criteri di inclusione ed esclusione
- 4- Eliminati, dopo screening per full text, gli articoli che non rispettavano i criteri di inclusione ed esclusione
- 5- Inclusi gli studi selezionati per la sintesi qualitativa

### **3. RISULTATI**

#### **3.1 SELEZIONE DEGLI ARTICOLI**

Le stringhe individuate hanno prodotto 1651 articoli totali:

- 1165 articoli da MEDLINE
- 325 articoli da PEDro
- 161 articoli da Cochrane

Per prima cosa sono stati esclusi i 224 duplicati (che comparivano su più di un database), in seguito è stata effettuata una selezione per titolo che ha portato all'esclusione di 1395 articoli che non erano attinenti al quesito di ricerca o non rispettavano i criteri di inclusione. Infine, dopo la lettura degli abstract dei rimanenti articoli, sono stati esclusi 20 studi non attinenti con questa revisione o che non rispettavano completamente i criteri di inclusione, 6 articoli sono stati esclusi alla lettura del full text. In definitiva, gli articoli ritenuti idonei al protocollo per lo svolgimento di questo studio sono 6 RCTs:

- Baltaci et al 2012 [11]
- Fung et al 2012 [10]
- Sims et al 2012 [3]
- Piqueras et al 2013 [18]
- Kim et al 2015 [19]
- Kim et al 2019 [20]

Per la schematizzazione del processo di selezione degli articoli si rimanda alla Flow chart nella “Figura 1”.

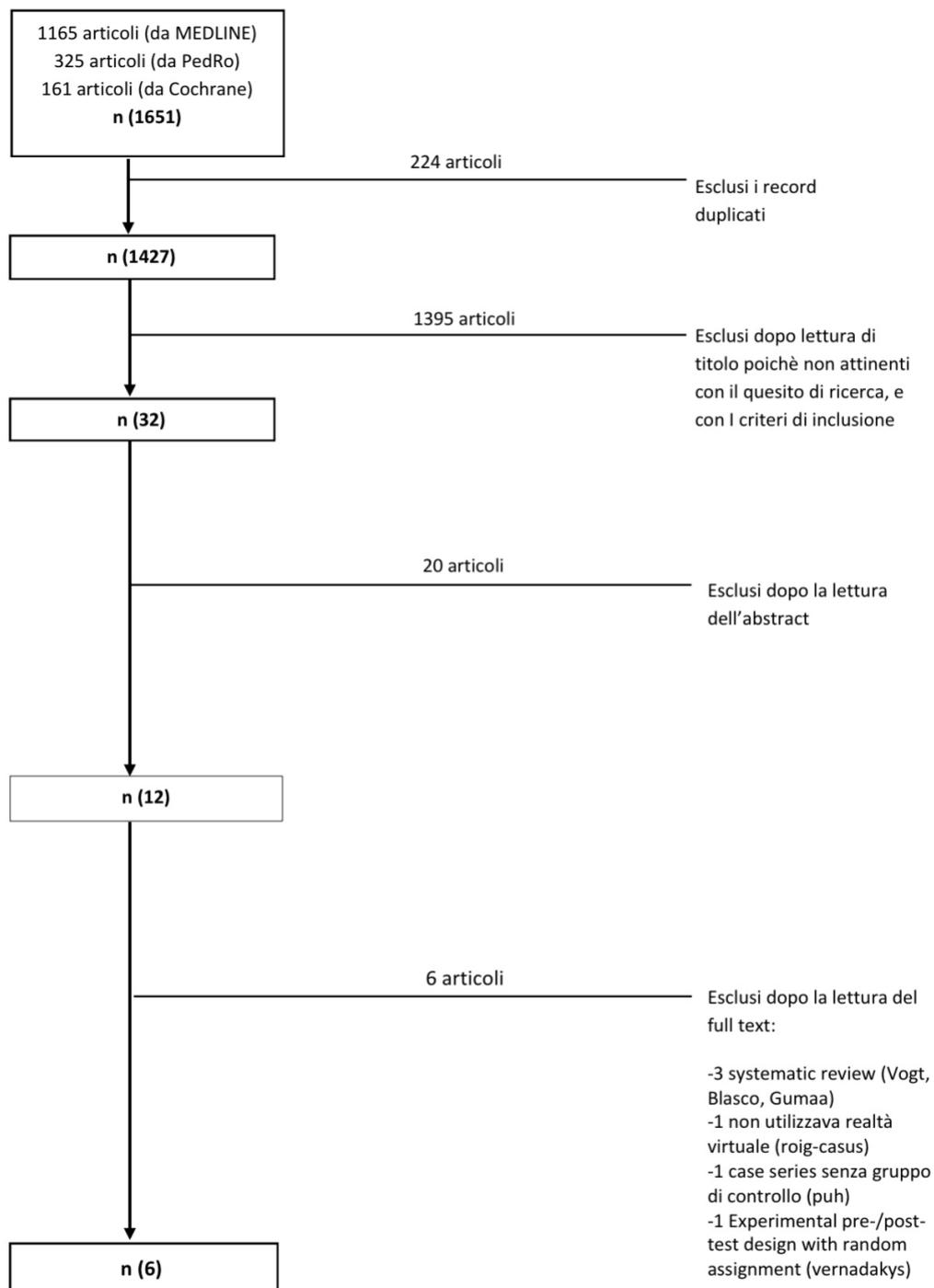


Figura 1: Flow Chart della selezione degli studi

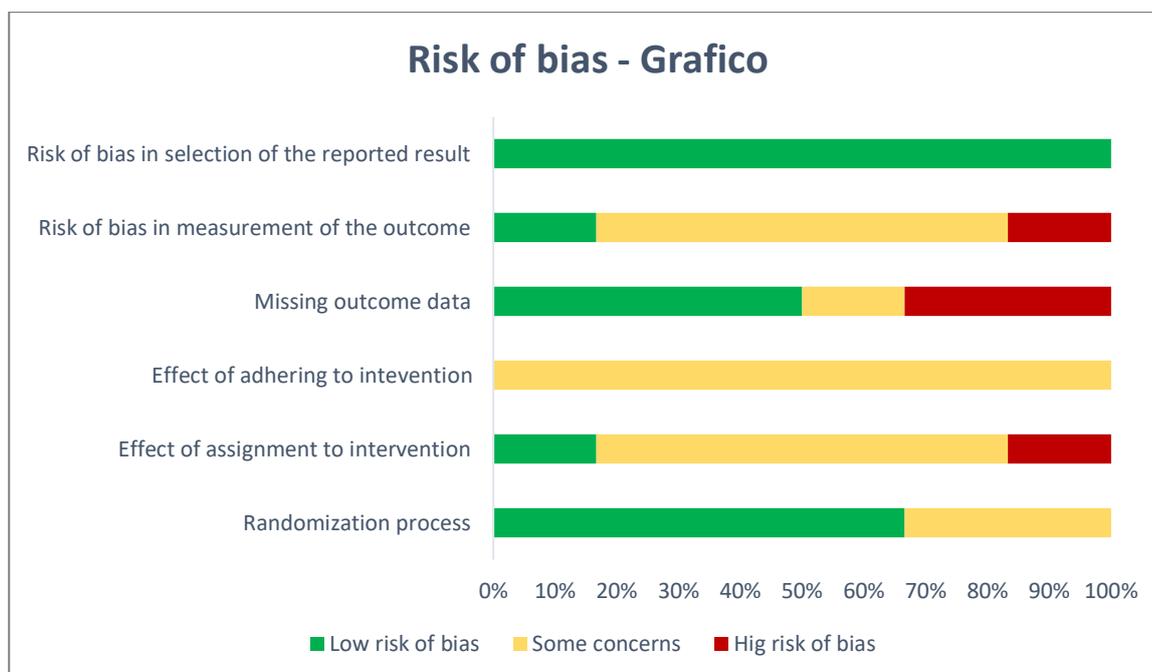
### 3.2 VALUTAZIONE DEGLI ARTICOLI

Prima dell'analisi dei dati raccolti da ciascuno studio, è stato valutato il rischio di bias tramite la versione del 22 Agosto 2019 della scala "Revised Cochrane risk-of-bias tool for randomized trials (RoB 2)" [21].

E' composta dai seguenti item:

1. Risk of bias arising from the randomization process
2. Risk of bias due to deviation from the intended interventions (effect of assignment to intervention)
3. Risk of bias due to deviation from the intended interventions (effect of adhering to intervention)
4. Missing outcome data
5. Risk of bias in measurement of the outcome
6. Risk of bias in selection of the reported result

I risultati sono stati successivamente riassunti in un grafico ed un sommario: "Risk of Bias – Grafico" e "Risk of Bias – Sommario".



"Risk of Bias – Grafico"

	Randomization process	Effect of assignment to intervention	Effect of adhering to intervention	Missing outcome data	Risk of bias in measurement of the outcome	Risk of bias in the selection of the reported result	Giudizio complessivo sul rischio di Bias
<i>Baltaci et al 2012</i>	V	?	?	V	?	V	SOME CONCERNS
<i>Fung et al 2012</i>	V	?	?	V	V	V	SOME CONCERNS
<i>Sims et al 2013</i>	V	?	?	V	?	V	SOME CONCERNS
<i>Piqueras et al 2013</i>	V	V	?	X	?	V	HIGH RISK
<i>Kim 2015</i>	?	X	?	X	?	V	HIGH RISK
<i>Kim 2019</i>	?	?	?	?	X	V	HIGH RISK

“Risk of Bias – Sommario”

### 3.3 Sintesi degli studi inclusi

Gli RCT inclusi nella revisione sistematica sono stati sintetizzati nella Tabella 3. Si sono voluti mettere in evidenza gli aspetti principali di ogni studio in modo tale da avere una visione più chiara e da rendere più efficiente il confronto tra i diversi studi inclusi.

All'interno della tabella, per ogni singolo studio, sono indicati:

- Autore e anno di pubblicazione;
- Disegno di studio;
- Campione (n) e caratteristiche;
- Intervento, numero di sedute e gruppo di controllo;
- Misure di outcome;
- Risultati.

<b>Autore e anno di pubblicazione</b>	<b>Disegno di studio</b>	<b>Campione (n) E caratteristiche</b>	<b>Intervento, numero di sedute e gruppo di controllo</b>	<b>Misure di outcome</b>	<b>Risultati</b>
Baltaci et al 2012	RCT	N=30 Soggetti di età compresa tra 22 e 36 anni operati di ricostruzione LCA	Gruppo di intervento: -Nintendo Wii Fit (bowling, sci, boxe, calcio, balance board) 1 seduta riabilitativa da 1 h x 3 volte a settimana per 3 mesi -Gruppo di controllo: A) 3 settimane: carico a tolleranza (esercizi in flessione a catena cinetica chiusa, esercizi da prono per	Valutati ad 1, 8, 12 settimane (macchinario isocinetico a 12 settimane): -Equilibrio dinamico con “Star Excursion Balance Test” (SEBT) in 3 direzioni: anteriore, posteromediale, posterolaterale -Coordinazione, propriocezione e tempo di reazione con “Functional Squat System”	Non sono state rilevate differenze significative a 1, 8, 12 settimane tra i due gruppi rispetto alla forza isocinetica, equilibrio dinamico e “functional squat test” (coordinazione, propriocezione ed tempo di reazione). Sono state registrate differenze significative rispetto al tempo:

			<p>recupero estensione, SLR, contrazioni isometriche quadricipite)</p> <p>B) 3-4 settimane postoperatorie: cyclette ed esercizi di equilibrio con balance board</p> <p>C) 6-8 settimane postoperatorie: Esercizi in flessione ed estensione resistite</p> <p>D) 12 settimane postoperatorie: corsa</p>	<p>-Coordinazione con "squat machine" collegata ad un computer: contrazione concentrica ed eccentrica a partire da ginocchio ed anca flessi a 90°</p> <p>-Propriocezione: seguire un cursore in un computer che indica la posizione dell'articolazione</p> <p>-Tempo di reazione con un computer, inserendo una figura all'interno di un box</p> <p>-Forza muscolare con il dinamometro isocinetico "Isomed 2000"</p>	<p>In entrambi i gruppi nella misurazione con SEBT anteriore tra 1 e 8 settimane (Wii: p=0.04, Control: p=0.039) e tra 1 e 12 settimane (Wii: p=0.019, Control: p=0.016), così come quella postero-mediale tra 1 e 8 settimane (Wii: p=0.004, Control: p=0.005) e tra 1 e 12 settimane (Wii: p= 0.006, Control: p=0.02). Inoltre è stata registrata una differenza significativa per quanto riguarda la coordinazione tra la 1 e 8 settimana nel gruppo Wii (p=0.017), così come la propriocezione in entrambi i gruppi tra la 1 e 12 settimana (Wii: p=0.032, Control: p=0.012).</p>
Fung et al 2012	RCT	N=50 Soggetti operati di protesi totale di ginocchio	Entrambi i gruppi sono stati sottoposti a 60 minuti di fisioterapia	Alla baseline e ogni 2 settimane, fino alla dimissione, sono stati valutati:	Non sono state registrate differenze significative nell'età, nel

			<p>(stretching attivo e passivo, esercizi di forza ed equilibrio dell'arto inferiore). Successivamente venivano sottoposti a 15 minuti di trattamento:</p> <p>-Gruppo di controllo: esercizi di equilibrio, posturali, forza.</p> <p>-Gruppo di intervento: programmi Wii-fit di controllo posturale ed equilibrio.</p>	<p>-AROM ginocchio -2 minutes walking test (2MWT] -NRS -Lower Extremity Functional Scale (LEFS) -Activity-specific Balance confidence Scale (ABCS) -Lenght of outpatient rehabilitation (LOR) -Soddisfazione del paziente (17 domande con punteggio da 0 a 5)</p>	<p>genere, nei giorni dall'intervento, nel LOR tra i gruppi. Inoltre non sono state registrate differenze significative tra i gruppi nel dolore (p=0.220), flessione (p=0.951) ed estensione (p=0.492) del ginocchio, velocità del cammino (p=0.855), nel tempo di raggiungimento della verticalità (p=0.289), nella LEFS (p=0.079), nella ABCS (p=0.523) o nella soddisfazione del paziente (p=0.201).</p>
Piqueras et al 2013	RCT	N=181 Soggetti operati di protesi totale di ginocchio	<p>-Gruppo di controllo: protocollo standard di riabilitazione delle protesi totali di ginocchio (trattamenti da 1h al giorno per 10 giorni)</p> <p>-Gruppo di intervento:</p>	<p>Gli outcomes sono tutti stati valutati prima della riabilitazione, alla fine della riabilitazione (2 settimane), e nel follow-up a 3 mesi. Tranne la WOMAC, che è stata somministrata</p>	<p>Alla baseline non sono state riscontrate differenze significative tra i due gruppi, esclusi i risultati della TUG, che nel gruppo 2 è stata eseguita con 22.8 s, mentre nel Gruppo 1 con 18.9 s (p=0.023).</p>

			<p>protocollo di riabilitazione con IVT (piattaforma virtuale interattiva che consente una riabilitazione remota). I soggetti svolgevano 1h di allenamento al giorno per 10 giorni, in cui i primi 5 giorni sotto la supervisione di un fisioterapista).</p>	<p>all'inizio e al follow-up.  Gli outcome sono stati:  -estensione e flessione attiva di ginocchio con un goniometro  -forza muscolare del quadricipite con un dinamometro  -forza muscolare degli hamstring con un dinamometro  -valutazione funzionale di equilibrio e cammino con "Timed Get-Up and Go" (TUG)  -dolore con VAS  -valutazione di dolore, stiffness e capacità funzionale con WOMAC</p>	<p>Al follow up è stato registrato che:  -non c'erano differenze significative tra i due gruppi per quanto riguarda la flessione attiva di ginocchio.  -differenza significativa a 5 giorni post-operatori nel gruppo 2 con aumento significativo (<math>p=0.045</math>), ma a 3 mesi non c'erano differenze tra i due gruppi.  -La forza del quadricipite a 5 giorni era significativamente maggiore nel gruppo 2 (<math>p=0.011</math>), così come nel follow-up a 3 mesi (<math>p=0.018</math>).  -no differenze significative nella forza muscolare degli hamstring, nella VAS e nella WOMAC.  -La TUG a 3 mesi non mostrava differenze significative tra i</p>
--	--	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

					due gruppi, ma alla baseline il gruppo 1 registrava dei valori più bassi e quindi ha avuto un importante aumento (p=0.008).
Sims et al 2013	RCT	N=28 Soggetti con età compresa tra 18 e 25 anni, fisicamente attivi (alta frequenza di allenamento in sport amatoriali) con storia di infortunio all'arto inferiore	-Gruppi di intervento: 1-Gruppo Wii Fit (programmi di forza, yoga ed aerobici) 2-Gruppo tradizionale: progressione di esercizi in equilibrio su una gamba sola, squat mono e bipodalico, calfraises mono e bipodalico, esercizi di rinforzo della muscolatura del piede, equilibrio monopodalico con lancio di una palla, stretching dell'arto inferiore. 3-Gruppo di controllo: nessun esercizio per equilibrio, dovevano continuare a svolgere la loro	Valutati alla baseline, 2 settimane e 4 settimane: -Time to Boundary (TTB) -Star Excursion Balance Test (SEBT) per misurare l'equilibrio dinamico: anteriore, postero-mediale e postero-laterale  Valutati alla baseline e a 4 settimane: -LEFS per valutare la funzionalità dell'arto inferiore attraverso un questionario	I risultati hanno fatto emergere che nel TTB con occhi aperti il gruppo wii fit ed il tradizionale hanno registrato miglioramenti significativi in direzione A/P (p=0.015), così come nel TTB in direzione M/L con occhi chiusi in cui è stato rilevato un tempo medio di efficacia (p=0.02) ed un miglioramento in termini di minimi assoluti nel TTB in direzione M/L nei 3 gruppi dalla baseline alle 4 settimane e da 2 a 4 settimane (p=0.031). Inoltre nello Star Excursion Balance Test dopo 4 settimane tutti i gruppi

			<p>vita normale, senza partecipare a programmi riabilitativi di equilibrio. I soggetti dovevano completare un diario giornaliero in cui dovevano descrivere gli esercizi cardiovascolari e di forza eseguiti, per essere sicuri che non alterassero le loro attività di vita quotidiana.</p>		<p>hanno registrato un incremento della distanza guadagnata in direzione P/L (<math>p=0.001</math>) e P/M (<math>p&lt;0.001</math>) dalla baseline alle 2 settimane e dalla baseline a 4 settimane, così come è stato rilevato un tempo medio di efficacia in direzione P/L e P/M. Infine per quanto riguarda il “self-reported function” è stato rilevato un tempo medio di efficacia (<math>p=0.009</math>) che indica un miglioramento di 3 punti nel punteggio LEFS dalla baseline alle 4 settimane.</p>
Kim et al 2015	Studio sperimentale senza gruppo di controllo	N=20 Soggetti con età compresa tra 21 e 27 anni, con instabilità funzionale di caviglia (FAI)	<p>In entrambi i gruppi gli allenamenti sono stati di 30 minuti per 3 giorni a settimana, per 4 settimane totali.</p> <p>-Gruppo 1: esercizi di forza con Nintendo Wii Fit Plus (esercizi di rinforzo</p>	<p>Sono state eseguite 2 misurazioni: prima dell'intervento riabilitativo e dopo le 4 settimane.</p> <p>La misura di outcome è stata il Biodex Balance System per l'equilibrio</p>	<p>Per quanto riguarda l'equilibrio statico:</p> <p>-Il gruppo 1 ha dimostrato una significativa riduzione del post-intervento in direzione medio-laterale rispetto ai risultati della baseline (<math>p&lt;</math></p>

			<p>muscolare, affondi, estensioni, alzate laterali, twist di una gamba, rowing squat.</p> <p>-Gruppo 2: esercizi di equilibrio con Nintendo Wii Fit Plus (colpire una palla con la testa, sci, camminare in equilibrio su un filo o corda sottile, snowboard)</p>	<p>della caviglia, nello specifico può essere registrato in generale, o in direzione antero-posteriore e medio-laterale.</p> <p>Il punteggio va da 1 a 8, più è basso, meglio è il livello di equilibrio.</p>	<p>0.05), no differenze significative in antero-posteriore o in generale.</p> <p>-Il gruppo 2 ha registrato una significativa riduzione nel post-intervento in tutte le direzioni rispetto al pre-intervento (<math>p &lt; 0.05</math>).</p> <p>-Per quanto riguarda la differenza tra Gruppo 1 e Gruppo 2, è stata registrata una differenza significativa del post-intervento in generale (<math>p &lt; 0.05</math>), no differenza significativa nell'antero-posteriore e nel medio-laterale</p> <p>Per quanto riguarda l'equilibrio dinamico:</p> <p>-nel Gruppo 1 una riduzione significativa nel generale post-intervento, nessuna differenza</p>
--	--	--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

					<p>significativa in A/P e M/L.</p> <p>-Il Gruppo 2 ha mostrato una differenza significativa nel post-intervento in tutte le direzioni.</p> <p>-Per quanto riguarda la differenza tra Gruppo 1 e Gruppo 2 nel post-intervento c'è stata una differenza significativa generale e nella direzione antero-posteriore (<math>p &lt; 0.05</math>), nessuna differenza nel M/L.</p>
Kim et al 2019	RCT	<p>N=21</p> <p>Soggetti tra 20-22 anni con "function ankle instability" (FAI)</p>	<p>Allenamenti: 3 volte a settimana per 4 settimane da 30 minuti.</p> <p>Gruppo di intervento: Nintendo Wii Fit Plus con esercizi di forza (affondo, estensione, alzate laterali, twist di un singolo arto inferiore, rowing squat) ed esercizi di equilibrio (colpo</p>	<p>L'equilibrio è stato valutato prima dei trattamenti e alla fine delle 4 settimane attraverso il Biodex Balance System, che ha permesso di registrare i risultati in 3 direzioni: generale, antero-posteriore (A/P), medio-laterale (M/L).</p> <p>L'equilibrio</p>	<p>L'equilibrio statico negli esercizi di VR era significativamente più basso nella direzione generale rispetto all'esercizio convenzionale (<math>p=0.05</math>).</p> <p>L'equilibrio dinamico negli esercizi di VR era significativamente inferiore rispetto all'esercizio convenzionale nella direzione</p>

			<p>di testa, sci, tavola inclinata, camminare in equilibrio su un filo o corda sottile, snowboard).</p> <p>Gruppo di controllo: esercizi convenzionali di rinforzo ed equilibrio per la caviglia. Esercizi di rinforzo con theraband 15 repx 3 serie al giorno in plantarflessione, dorsiflessione, inversione ed eversione. Per quanto riguarda gli esercizi di equilibrio è stato proposto un circuito con “Airex Balance Pad”, slide board, donut hall, trampolino, bosu, balance board.</p>	<p>dinamico è stato suddiviso in tre livelli: 2 (alto), 6 (medio), 8 (basso).</p>	<p>medio-laterale al livello 2 (<math>p=0.010</math>), al livello 4 (<math>p=0.016</math>) e al livello 8 (<math>p=0.002</math>).</p> <p>L'esercizio secondario di equilibrio statico nel gruppo di realtà virtuale era significativamente inferiore rispetto all'esercizio precedente nella direzione generale (<math>p = 0,009</math>) e anteriore-posteriore (<math>p = 0,049</math>).</p> <p>L'esercizio secondario di equilibrio dinamico al livello 2 è stato significativamente ridotto rispetto all'esercizio precedente nella direzione generale (<math>p = 0,005</math>), anteriore-posteriore (<math>p = 0,005</math>) e mediale-laterale (<math>p = 0,009</math>).</p> <p>L'esercizio secondario di equilibrio dinamico a livello</p>
--	--	--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

					2 nel gruppo convenzionale era significativamente inferiore rispetto all'esercizio precedente in generale (p = 0,041) e antero-posteriore (p = 0,028).
--	--	--	--	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabella 3: sintesi degli studi

### 3.4 Analisi degli studi

Lo studio di Baltaci et al del 2012 ha messo in evidenza come, in un campione di 30 soggetti operati di ricostruzione di LCA trattati rispettivamente con fisioterapia tradizionale (15) e con l'uso della Nintendo WiiFit (15), non si sono riscontrate differenze in termini di forza, equilibrio, propiocezione e tempi di reazione nei follow-up a 1, 8 e 12 settimane. L'equilibrio è stato misurato con la Star Excursion Balance Test, che viene definito da Gribble et al nel 2012 [23] come un buon strumento di valutazione dell'equilibrio dinamico. Secondo l'autore il SEBT, inoltre, potrebbe essere affidabile e valido non solo come test dinamico, ma anche per prevedere un possibile rischio di infortunio agli arti inferiori. L'unico problema è stato identificato nella popolazione in cui veniva somministrato, in quanto, per ottenere risultati più precisi, c'era la necessità di avere un campione più numeroso ed eterogeneo [23].

Nello studio di Fung et al del 2012 è emerso che, in un campione totale di 50 soggetti operati di protesi totale di ginocchio, di cui 27 venivano sottoposti a Nintendo Wii Fit e 23 a riabilitazione tradizionale, non sono state registrate differenze significative nell'età, nel genere, nei giorni dall'intervento, nel LOR tra i gruppi, nel dolore, nella flessione ed estensione del ginocchio, nella velocità del cammino, nel tempo di raggiungimento della verticalità, nella LEFS, nella ABCS o nella soddisfazione del paziente. In questo articolo la funzionalità dell'arto inferiore e l'equilibrio sono stati valutati con la Lower Extremity Functional Scale, che è stato dimostrato essere uno strumento affidabile (ICC 0.98), valido e predittivo a 6 mesi [24] per l'autovalutazione dei pazienti sottoposti a sostituzione totale dell'anca o del ginocchio [25]. Inoltre, sempre come strumento di valutazione

dell'equilibrio è stata utilizzata la 2 minute walking test, che secondo Srac nel 2017 [28] risulta essere affidabile e valida e potrebbe essere utilizzata per valutare l'equilibrio e ridurre il rischio nei pazienti con TKA [28]. Stessa conclusione può essere tratta dai risultati ottenuti dal medesimo studio per quanto riguarda la Timed up and Go [28], che è stata usata come strumento di misura anche in un altro studio [18].

Nello studio di Piqueras et al del 2013 è stato messo in evidenza come, in un campione di 181 soggetti operati di protesi totale di ginocchio trattati con riabilitazione tradizionale (n= 91) o con IVT (n= 90; piattaforma virtuale interattiva che consente una riabilitazione da remoto), erano state riscontrate differenze significative nella forza del quadricipite nel gruppo IVT (maggiore a 5 giorni e al follow up di 3 mesi) e nella TUG alla baseline nel gruppo di riabilitazione tradizionale con un punteggio migliore, non registrato al follow-up di 3 mesi. Non ci sono state differenze significative nella flessione ed estensione attiva di ginocchio, nella forza muscolare degli hamstring, nel dolore e nella WOMAC.

Lo studio di Sims et al del 2013 ha messo in evidenza come in un campione di 28 soggetti con storia di infortunio agli arti inferiori trattati con Nintendo Wii Fit (n= 9), con riabilitazione tradizionale (n= 10) e non trattati (n= 10) siano state registrate differenze significative nello Star Excursion Balance Test, in cui tutti i gruppi hanno registrato un incremento della distanza guadagnata in direzione P/L e P/M (a 2 e 4 settimane) ed in cui è stato rilevato un tempo medio di efficacia in direzione P/L e P/M, nel "self-reported function", in cui è stato rilevato un tempo medio di efficacia che indica un miglioramento di 3 punti nel punteggio LEFS dalla baseline alle 4 settimane, e nel "time to boundary" (o TTb). Nello specifico il TTb è stato introdotto nello studio utilizzando il protocollo di Hertel et al 2007 [22], dove si conclude che nonostante i vari limiti presenti lo strumento sembra rilevare i deficit di controllo posturale (equilibrio) correlati all'instabilità cronica di caviglia. Inoltre gli autori hanno deciso di analizzare i valori dei risultati registrati dalle misurazioni come minimi, che vanno a segnalare una instabilità posturale e nel dettaglio avremo: minimi assoluti e la deviazione standard dei minimi. Per questi valori un risultato più alto rappresenta una stabilità posturale maggiore, un risultato più basso invece rappresenta un'instabilità posturale. Dall'analisi dei risultati, è emerso che nel TTb con occhi aperti il gruppo wii fit ed il tradizionale hanno registrato miglioramenti significativi in direzione A/P, così come nel TTb in direzione M/L con occhi chiusi in cui è stato rilevato un tempo medio di efficacia ed un miglioramento in termini di minimi assoluti nel TTb in direzione M/L nei 3 gruppi dalla baseline alle 4 settimane e da 2 a 4 settimane.

Nello studio di Kim et al del 2015 è emerso che, in un campione di 20 soggetti con instabilità funzionale di caviglia trattati con Nintendo Wii Fit plus con esercizi di forza (gruppo 1; n= 10) e di equilibrio (gruppo 2; n= 10), sono state registrate differenze significative nell'equilibrio statico: il gruppo 1 ha dimostrato un significativo miglioramento del post-intervento in direzione M/L rispetto ai risultati della baseline, mentre il gruppo 2 ha registrato un significativo miglioramento nel post-intervento in tutte le direzioni rispetto al pre-intervento, infine è stata registrata una differenza tra Gruppo 1 e Gruppo 2 nel post-intervento in generale. Per riguarda l'equilibrio dinamico è stato registrato un miglioramento significativo nel Gruppo 1 in generale nel post-intervento e nel Gruppo 2 nel post-intervento in tutte le direzioni.

Lo strumento di misura utilizzato in questo studio è stato il "Biodex Balance System" per l'equilibrio della caviglia, che permette di registrarlo in generale, o in direzione antero-posteriore e medio-laterale. E' composto da un display e da una piattaforma, che ha una libertà di movimento di circa 20° in ogni direzione, che consente di registrare informazioni sull'equilibrio in generale su tutte le direzioni, in antero-posteriore e medio-laterale. La misurazione veniva eseguita per 30 secondi, seguito da 10 secondi di riposo, con 3 tentativi (di cui era considerato il migliore). Dopo la misurazione dell'equilibrio statico (pre-intervento), veniva misurato l'equilibrio dinamico (post-intervento), infine il punteggio era classificato da 2 a 8, in cui più il valore era basso, meglio era il livello di equilibrio.

Lo studio di Kim et al del 2019 ha messo in evidenza come, in un campione di 21 partecipanti sottoposti ad un trattamento con Nintendo Wii Fit (n) o con riabilitazione tradizionale (n), l'equilibrio statico sia stato registrato migliorato significativamente nel gruppo VR rispetto al gruppo di controllo e l'equilibrio dinamico sia stato registrato migliorato significativamente nel gruppo VR rispetto al gruppo di controllo al livello 2, 4 ed 8 in direzione M/L.

Nello studio di Kim et al del 2015 ed in quello del 2019 è stato utilizzato come strumento di valutazione dell'equilibrio il Biodex Balance System, che nello studio di Karimi et al 2008 [27] viene descritto come strumento che fornisce misure oggettive valide, affidabili e ripetibili della capacità di un paziente di mantenere l'equilibrio su superfici stabili e instabili. È usato come valutazione dinamica dell'equilibrio ed anche come sistema di trattamento [27]. Dallo studio di Parraca et al del 2012 emerge inoltre che tale strumento è affidabile per la valutazione del rischio di caduta nelle persone anziane [26].

### **3.5 Sintesi qualitativa degli studi**

Successivamente alla sintesi dei risultati è necessario far notare che la qualità degli articoli inclusi nello studio è medio-bassa, così come emerge dal grafico del rischio di BIAS, infatti 3 articoli [18, 19, 20] hanno registrato “high risk” e 3 [3, 10, 11] “unclear risk”, ma nessuno ha registrato un “low risk”. Tali elementi mettono in evidenza una carenza qualitativa, che porta a sua volta a dover “prendere con le pinze” i risultati che emergono, in quanto probabilmente potrebbero essere falsati da BIAS.

#### 4. DISCUSSIONE

L'obiettivo di questa revisione sistematica è stato quello di indagare l'efficacia della realtà virtuale nella riabilitazione delle problematiche dell'equilibrio derivanti da patologie dell'arto inferiore di origine muscolo-scheletrica.

Inizialmente la difficoltà maggiore è stata riscontrata nella definizione di realtà virtuale, che, visto il poco materiale presente in letteratura, abbiamo deciso di estendere anche a consolle come "Nintendo Wii Fit". Infatti in 5 dei 6 studi inclusi nella revisione è stata indagata l'efficacia di questo strumento, mentre in uno solo è stata indagata l'efficacia dell'IVT (un tipo di realtà virtuale a domicilio utilizzata nello studio di Piqueras et al 2012). Questa informazione può essere considerata come un bias, in quanto non permette di estendere i risultati ottenuti all'intera realtà virtuale ed i risultati perciò dovranno essere presi in considerazione con cautela.

Dall'analisi qualitativa sono emersi risultati di media qualità negli studi di Baltaci, Fung e Sims e risultati di bassa qualità negli studi di Piqueras, Kim 2015 e 2019. Nel primo si è registrato che non ci sono differenze tra 12 settimane di riabilitazione a seguito di operazione chirurgica di ricostruzione di LCA con programma Wii fit e programma di riabilitazione convenzionale per quanto riguarda la forza, l'equilibrio, la propiocezione, la coordinazione ed il tempo di reazione ad 1, 8 e 12 settimane. In quello di Fung è emerso che l'utilizzo di un programma di riabilitazione integrato a quello convenzionale può essere efficace nel trattamento di soggetti operati di protesi totale di ginocchio in termini di equilibrio, forza e funzionalità dell'arto inferiore in quanto non sono state registrate differenze significative tra i due gruppi. In quello di Sims si è registrato che un programma riabilitativo con Wii Fit ed esercizi convenzionali ha efficacia nel migliorare il controllo posturale statico in soggetti con storia di infortunio all'arto inferiore.

Nello studio di Piqueras è emerso che 2 settimane di riabilitazione con una riabilitazione virtuale interattiva è risultata essere efficace allo stesso livello di un programma convenzionale in soggetti operati di protesi totale di ginocchio, in quanto non si registravano differenze significative ad eccezione della forza del quadricipite che a 5 giorni e a 3 mesi era maggiore nel gruppo 2 rispetto al gruppo 1. In quello di Kim 2015 si è registrato che entrambi i gruppi hanno fatto risultare differenze significative nel miglioramento dell'equilibrio statico e dinamico, che quindi secondo gli autori portava a concludere che in soggetti con FAI erano efficaci programmi riabilitativi con esercizi di forza e di equilibrio con Nintendo Wii Fit. Infine dall'RCT di Kim et al 2019 è emerso che l'equilibrio statico è stato registrato significativamente più basso (migliore) nel gruppo VR rispetto al gruppo di controllo, così come quello dinamico al livello 2, 4 ed 8 in direzione M/L. In tale studio infatti si conclude che un programma di esercizi con Nintendo Wii Fit in soggetti con FAI ha maggiore

efficacia rispetto ad un programma di esercizi convenzionali nel migliorare l'equilibrio statico in tutte le direzioni e l'equilibrio dinamico nella direzione medio-laterale.

I risultati riportati sono stati confrontati con 3 revisioni sistematiche del 2019: Gumaa et al [5], Blasco et al [7], Vogt et al [29]. Prendendo in considerazione la prima revisione, i risultati emersi sono in linea con il nostro studio per quanto riguarda la sezione riferita alla valutazione dell'efficacia della realtà virtuale nell'arto inferiore, ad eccezione dello studio di Kim et al del 2015 e 2019, che sono stati valutati dal punto di vista metodologico di medio-alta qualità, mentre nel nostro studio sono stati valutati di bassa qualità, che può essere dovuto alla valutazione eseguita da persone diverse con scale diverse. Anche i risultati ottenuti nella revisione di Blasco, in cui veniva valutata l'efficacia della realtà virtuale nelle protesi totali di ginocchio, confermano quelli emersi dal nostro studio, ad eccezione della valutazione qualitativa degli articoli di Fung 2012 e Piqueras 2012 in cui veniva assegnato attraverso la scala di "PEDro" un punteggio medio-alto ad entrambi gli studi, quando invece nel nostro studio venivano valutati con la scala ROB 2: il primo come "unclear Risk", il secondo come "high risk". Ciò può essere riferito al fatto che la scala utilizzata nella loro revisione è di scarsa qualità, rispetto a quella utilizzata nel nostro elaborato. Infine, nonostante la mancanza di una valutazione qualitativa degli studi inclusi nella revisione sistematica di Vogt, questa revisione è in linea anche con i loro risultati.

#### **4.1 LIMITI DELLO STUDIO**

Nonostante siano state seguite le linee guida della "PRISMA checklist" per la stesura della revisione, questo elaborato presenta alcuni limiti: uno è rappresentato dalla scelta di includere articoli tradotti in sola lingua inglese o italiana, che, nonostante comprenda la maggioranza della letteratura disponibile, può aver portato all'esclusione di alcuni studi. Un altro può essere stato scegliere di includere solo studi di cui fosse reperibile il full text.

Inoltre un limite non trascurabile si riscontra nell'aver condotto una ricerca sui maggiori database disponibili e conosciuti, ma che possono aver causato la perdita di materiale.

Per ultimo la valutazione qualitativa degli articoli inclusi nella revisione è stata eseguita attraverso la scala di valutazione del rischio di Bias che ritenevamo essere più appropriata, che però è stata eseguita attraverso la nostra esperienza.

Prendendo invece in considerazione gli articoli inclusi nella nostra revisione, è doveroso mettere in evidenza che, in seguito alla valutazione con la scala ROB 2 della Cochrane, sono risultati essere di medio-bassa qualità metodologica, infatti presentano vari rischi di BIAS. Quelli maggiormente rilevati sono stati: effetto di assegnazione dell'intervento, dove viene valutata la cecità dei pazienti e

di chi esegue l'intervento, in cui 4 studi non hanno riportato la possibile cecità dell'operatore e dei partecipanti (Baltaci, Fung, Kim 2015 e Kim 2019); inoltre in 1 studio era cieco l'erogatore del trattamento ma non lo erano i partecipanti, che conoscevano il proprio gruppo di appartenenza, ma erano tenuti a non comunicarlo (Piqueras), mentre in solo 1 studio erano entrambi ciechi (Sims). Un altro rischio di bias riscontrato è stato l'effetto di aderenza all'intervento, ovvero valutare se ci sono stati degli errori nell'erogazione dell'intervento e se hanno influenzato l'outcome ed inoltre se ci sono stati dei cross-over tra gruppi (cambio di gruppo dei partecipanti). Da questa analisi è emerso che in tutti gli articoli inclusi nella revisione questo errore poteva essere presente, in quanto non erano spiegati tali punti in modo chiaro. Nel rischio di bias relativo alla misurazione dell'outcome, viene indagato se tale strumento fosse appropriato e se il valutatore fosse cieco rispetto all'intervento ricevuto dai gruppi. Gli strumenti di outcome utilizzati nei vari RCT sembravano tutti adeguati, ma il valutatore in due studi non era cieco all'assegnazione dei gruppi di intervento (Kim 2015 e 2019). Infine, un altro errore comune è stato nel "missing data", in cui viene valutato se c'è stata una perdita di dati ed in che momento è avvenuta (randomizzazione, allocazione, follow-up). È risultato che in solo due studi non sono stati persi dati (Baltaci e Fung), mentre negli altri tale errore poteva essere corretto dagli autori con l'intention to threat, che avrebbe potuto limitare i danni, ma i risultati sono stati registrati senza alcuna variazione.

Un altro problema è stata l'eterogeneità presente nei vari studi, in quanto ci sono differenze sia sulla popolazione (tipo di partecipanti e numero) che sulla frequenza e durata dei trattamenti riabilitativi. Per quanto riguarda la popolazione degli studi inclusi nella revisione notiamo che in due RCT (Fung e Piqueras) sono stati selezionati soggetti operati di protesi totale di ginocchio, Baltaci ha selezionato soggetti operati di ricostruzione di LCA, Sims soggetti con storia di infortunio all'arto inferiore, Kim 2015 e 2019 soggetti con instabilità funzionale di caviglia (FAI).

Inoltre nello studio di Baltaci et al viene identificato un limite importante dato dalla popolazione che era composta da atleti giovani e complianti, che restringono la generalizzabilità, così come nello studio di Sims dove la popolazione era composta da soggetti attivi fisicamente e di alto livello. Per questo motivo dovremo cercare di generalizzare al massimo su "soggetti con problematica di equilibrio all'arto inferiore data da una patologia di origine muscoloscheletrica".

L'ulteriore limite di questa popolazione è il numero, in quanto in più studi è stato evidenziato il problema derivante dal basso numero di soggetti partecipanti, che spesso e volentieri non raggiungevano un adeguato sample size. Un esempio è riscontrabile nello studio condotto da Piqueras et al del 2013, dove era stato calcolato necessario di 140 partecipanti, così da poter accettare il 15% di abbandono, ma purtroppo dei 181 partecipanti iniziali, i risultati sono stati registrati su solo 133

partecipanti operati di protesi totale di ginocchio, in quanto 48 (26.5%) avevano abbandonato lo studio.

Se prendiamo in considerazione invece la frequenza e durata dei trattamenti troviamo altre differenze: si va da una frequenza di 3 sedute a settimana a sedute quotidiane della durata di 15 minuti ad un massimo di 75 minuti, da periodi di trattamento che vanno da 10 giorni a 3 mesi.

Inoltre, secondo Baltaci et al, 3 mesi di trattamento sono pochi per verificare l'efficacia di un trattamento sulla forza, equilibrio, propriocezione e coordinazione in un soggetto operato di LCA, così come è ritenuta troppo breve la durata del trattamento di 4 settimane da Kim et al nello studio del 2015 e del 2019.

Un altro punto critico riguarda la tipologia di interventi a cui i soggetti sono stati sottoposti, in cui è presente una importante differenza: Wii Fit vs riabilitazione convenzionale (Baltaci, kim 2019), Wii Fit + riabilitazione vs tradizionale+ riabilitazione in PTG (FUNG), IVT vs riabilitazione convenzionale (Piqueras), Wii Fit vs riabilitazione convenzionale vs controllo (Sims), Wii Fit con esercizi di forza vs Wii Fit con esercizi di equilibrio (kim 2015). Risulta pertanto difficile generalizzare gli interventi proposti per la mancanza di omogeneità degli interventi, inoltre emergono dei problemi evidenti nell'RCT di Fung, in cui non è possibile capire le differenze tra i risultati di un gruppo e l'altro in quanto la durata dell'intervento specifico (Wii Fit vs convenzionale) è molto ridotta, ma anche nello studio di Kim 2015, in cui viene indagata l'efficacia tra due interventi simili tra loro (entrambi con Wii Fit) e senza gruppo di controllo. L'unico studio in cui viene utilizzato un vero e proprio gruppo di controllo è quello di Sims, in cui però secondo gli autori è difficile essere sicuri che i partecipanti non abbiano ricevuto o eseguito alcun trattamento, nonostante abbiano compilato un diario giornaliero.

Infine, per quanto riguarda le misure di outcome, nella valutazione dell'equilibrio c'è grande confusione: è stata valutata con vari strumenti e scale di valutazione negli studi inclusi nella revisione. La grande variabilità si riassume con la mancanza di omogeneità anche nelle misure di outcome adottate dai vari articoli.

## 5. CONCLUSIONI

Sebbene gli strumenti di realtà virtuale analizzati nella revisione non rappresentino l'intera realtà virtuale, ma solo una piccola parte, dai risultati emersi da questa revisione sistematica si può concludere che ci sono moderate evidenze che la riabilitazione con la Nintendo Wii Fit possa essere una valida alternativa alla riabilitazione tradizionale in soggetti operati di LCA ed in soggetti operati di protesi di ginocchio. Sembra inoltre che in soggetti con storia di infortunio all'arto inferiore la realtà virtuale e la riabilitazione convenzionale abbiano un effetto maggiore nell'equilibrio statico e dinamico e nella funzionalità dell'arto inferiore rispetto a non ricevere trattamento.

La popolazione però era molto eterogenea e non raggiungeva mai il sample size necessario, inoltre è altamente probabile il rischio di Bias, con una qualità degli articoli medio-bassa.

In futuro sarà importante condurre nuovi studi per definire in modo preciso la Realtà virtuale, definire il trattamento, trovare un "Gold Standard" per la valutazione dell'equilibrio e infine una qualità maggiore degli studi.

## BIBLIOGRAFIA

1. Gioftsidou A, Vernadakis N, Malliou P, Batzios S, Sofokleous P, Antoniou P, Godolias P. Typical balance exercises or exergames for balance improvement? *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2013; 26(3), 299–305.
2. Vernadakis N, Gioftsidou A, Antoniou P, Ioannidis D, Giannousi M. The impact of Nintendo Wii to physical education students' balance compared to the traditional approaches. *Computers & Education*. 2012; 59(2), 196–205.
3. Sims J, Cosby N, Saliba EN, Hertel J, Saliba SA. Exergaming and Static Postural Control in Individuals With a History of Lower Limb Injury. *Journal of Athletic Training*. 2013; 48(3), 314–325.
4. Keshner EA, Weiss PT, Geifman D, Raban D. Tracking the evolution of virtual reality applications to rehabilitation as a field of study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2019; 16(1).
5. Gumaa M, Rehan Youssef A. Is Virtual Reality Effective in Orthopedic Rehabilitation? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Phys Ther*. 2019; 28;99(10):1304-1325.
6. Kim SK, Kim SG, HwangBo G. The effect of horse-riding simulator exercise on the gait, muscle strength and muscle activation in elderly people with knee osteoarthritis. *Journal of Physical Therapy Science*. 2017; 29(4), 693–696.
7. Blasco JM, Igual-Camacho C, Blasco MC, Antón-Antón V, Ortiz-Llueca A, Roig-Casasús S. The efficacy of virtual reality tools for total knee replacement rehabilitation: A systematic review. *Physiotherapy Theory and Practice*. 2019; 1–11.
8. Punt IM, Ziltener JL, Monnin D, Allet L. Wii Fit™ exercise therapy for the rehabilitation of ankle sprains: Its effect compared with physical therapy or no functional exercises at all. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2015; 26(7), 816–823.
9. Punt IM, Armand S, Ziltener JL, Allet L. Effect of Wii Fit™ exercise therapy on gait parameters in ankle sprain patients: A randomized controlled trial. *Gait & Posture*. 2012; 58, 52–58.
10. Fung V, Ho A, Shaffer, J, Chung E, Gomez M. Use of Nintendo Wii Fit™ in the rehabilitation of outpatients following total knee replacement: a preliminary randomised controlled trial. *Physiotherapy*. 2012; 98(3), 183–188.
11. Baltaci G, Harput G, Haksever B, Ulusoy B, Ozer H. Comparison between Nintendo Wii Fit and conventional rehabilitation on functional performance outcomes after hamstring anterior

- cruciate ligament reconstruction: prospective, randomized, controlled, double-blind clinical trial. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2012; 21(4), 880–887.
12. Puh U, Majcen N, Hlebš S, Rugelj D. Effects of Wii balance board exercises on balance after posterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2013; 22(5), 1124–1130.
  13. McPhail SM, O’Hara M, Gane E., Tonks P, Bullock-Saxton J, Kuys SS. Nintendo Wii Fit as an adjunct to physiotherapy following lower limb fractures: preliminary feasibility, safety and sample size considerations. *Physiotherapy*. 2016; 102(2), 217–220.
  14. <http://equator-network.org/reporting-guidelines/prisma>
  15. Pubmed (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>)
  16. PEDro (<http://www.pedro.org.au>)
  17. Cochrane Library (<http://www.cochranelibrary.com>)
  18. Piqueras M, Marco E, Coll M, Escalada F, Ballester A, Cinca C, Muniesa J. Effectiveness of an interactive virtual telerehabilitation system in patients after total knee arthroplasty: A randomized controlled trial. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2013; 45(4), 392–396.
  19. Kim KJ, Heo M. Effects of virtual reality programs on balance in functional ankle instability. *Journal of Physical Therapy Science*. 2015; 27(10), 3097–3101.
  20. Kim KJ, Heo M. Comparison of virtual reality exercise versus conventional exercise on balance in patients with functional ankle instability: A randomized controlled trial. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 2019; 1–7.
  21. (<https://methods.cochrane.org/bias/resources/rob-2-revised-cochrane-risk-bias-tool-randomized-trials>)
  22. Hertel J, Olmsted-Kramer LC. Deficit in time-to-boundary measures of postural control with Chronic ankle instability. *Gait posture*. 2007; 25(1):33-39
  23. Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the Star Excursion Balance Test to Assess Dynamic Postural-Control Deficits and Outcomes in Lower Extremity Injury: A Literature and Systematic Review. *Journal of Athletic Training*. 2012;47(3):339–357.
  24. Binkley JM, Stratford PW, Lott SA, Riddle DL. The Lower Extremity Functional Scale (LEFS): Scale Development, Measurement Properties, and Clinical Application. 1999. *Physical Therapy*.
  25. Naal F D, Impellizzeri FM, Torka S, Wellauer V, Leunig M, & von Eisenhart-Rothe R. The German Lower Extremity Functional Scale (LEFS) is reliable, valid and responsive in patients undergoing hip or knee replacement. *Quality of Life Research*. 2014; 24(2), 405–410.

26. Parraca JA, Olivaresi PR, Carbonell-Baeza A, Aparicio VA, Adsuar JC, Gusi N. Test-Retest reliability of Biodex Balance SD on physically active old people. *Journal of Human Sport and Exercise*. 2011; 6(2).
27. Karimi N, Ebrahimi I, Kahrizi S, Torkaman G. Evaluation of postural balance using the biodex balance system in subjects with and without low back pain, *Pak. J. Med. Sci.* 2008; 24(3), 372–7.
28. Sarac D, Unver B, Cekmece S, Karatosun V. FRI0736-HPR Validity and reliability of performance tests assessing balance and fall risk in patients with total knee arthroplasty. *Poster Presentations*. 2017.
29. Vogt, S., Skjæret-Maroni, N., Neuhaus, D., & Baumeister, J. Virtual Reality Interventions for Balance Prevention and Rehabilitation after Musculoskeletal Lower Limb Impairments in Young up to Middle-Aged Adults: A Comprehensive Review on Used Technology, Balance Outcome Measures and Observed Effects. *International Journal of Medical Informatics*. 2019.

# ALLEGATI

## **PROTOCOLLO DI REVISIONE**

### **1. QUESITO DI REVISIONE**

In soggetti con problematica di equilibrio dell'arto inferiore di origine muscoloscheletrica quale è l'efficacia della realtà virtuale (qualunque tipo)?

### **2. STRATEGIE DI RICERCA**

Seguendo la check-list del Prisma statement, è stato utilizzato il modello PICO per condurre la ricerca nelle banche dati:

-P (Population): Soggetti con problematica di equilibrio all'arto inferiore di origine muscoloscheletrica

-I (Intervention): Realtà virtuale

-C (Comparison): x

-O (Outcome): qualunque outcome

I database utilizzati per la ricerca sono stati: medline, Pedro, Cochrane Library

#### **Medline (interfaccia Pubmed)**

##### **Quesito di ricerca**

“Virtual Reality”[Mesh] OR virtual reality OR (virtual AND reality) OR “Exer game” OR “Exergame” OR “Computer simulation” [Mesh] OR Computer OR simulation OR (Computer and simulation) OR “Computer graphics” [Mesh] OR Computer OR Graphics OR (Computer AND Graphics) OR User-computer interface OR “User-computer interface” [Mesh] OR “Virtual Reality Exposure Therapy”[Mesh] OR virtual reality exposure therapy OR (virtual AND reality) AND exposure) AND therapy) OR Virtual Reality Immersion Therapy OR Virtual Reality Therapy OR Virtual Reality Therapies OR (“Augmented Reality”[Mesh]) OR augmented) OR reality) OR (augmented) AND reality) AND (“Postural Balance” [Mesh] OR postural OR balance OR (postural AND balance) OR Musculoskeletal Equilibrium OR Postural Equilibrium)

##### **Razionale**

1-“Virtual Reality”[Mesh] OR virtual reality OR (virtual AND reality) OR “Exer game” OR “Exergame” OR “Computer simulation” [Mesh] OR Computer OR simulation OR (Computer and simulation) OR “Computer graphics” [Mesh] OR Computer OR Graphics OR (Computer AND Graphics) OR User-computer interface OR “User-computer interface” [Mesh] OR “Virtual Reality

Exposure Therapy"[Mesh] OR virtual reality exposure therapy OR (virtual AND reality) AND exposure) AND therapy) OR Virtual Reality Immersion Therapy OR Virtual Reality Therapy OR Virtual Reality Therapies OR ("Augmented Reality"[Mesh]) OR augmented) OR reality) OR (augmented) AND reality)

2-("Postural Balance" [Mesh] OR postural OR balance OR (postural AND balance) OR Musculoskeletal Equilibrium OR Postural Equilibrium)

1 AND 2

### **PEDro Database**

#### **Quesito di ricerca**

"Virtual reality"

#### **Razionale**

1-Virtual reality

1 ricerca semplice

### **The Cochrane library**

#### **Quesito di ricerca**

"Virtual reality AND Postural Balance"

#### **Razionale**

1-Virtual reality

2-Postural Balance

1 ricerca semplice AND 2 ricerca semplice

### **3. CRITERI DI INCLUSIONE ED ESCLUSIONE**

#### **Criteria di inclusione**

Per effettuare la ricerca in letteratura sono stati scelti i seguenti criteri di inclusione:

- Studi sperimentali o quasi-sperimentali (RCT o quasi-RCT) che avessero come scopo di ricerca la determinazione dell'efficacia della realtà virtuale nell'arto inferiore (anca, ginocchio, caviglia, piede)
- Articoli con full text disponibile
- Articoli in lingua inglese o italiana
- Per Virtual reality: qualunque tipo di VR
- Per Balance: qualunque studio che valuti l'equilibrio in modo quantitativo

### **Criteri di esclusione**

I criteri per l'esclusione degli studi sono stati:

- Esclusi tutti gli studi con soggetti sani
- Esclusi tutti gli studi che abbiano indagato l'efficacia della realtà virtuale in ambito neurologico
- Esclusi tutti gli studi in lingua non inglese o italiana

La selezione degli studi verrà effettuata tramite i seguenti step:

- 1- Eliminati i duplicati presenti in più di un database di ricerca
- 2- Eliminati per titolo gli articoli che non rispettavano i criteri di inclusione ed esclusione
- 3- Eliminati per abstract gli articoli che non rispettavano i criteri di inclusione ed esclusione
- 4- Eliminati, dopo screening per full text, gli articoli che non rispettavano i criteri di inclusione ed esclusione
- 5- Inclusi gli studi selezionati per la sintesi qualitativa

## **4. VALUTAZIONE QUALITATIVA**

Il critical appraisal degli studi di trattamento verrà eseguito tramite l'analisi del rischio di BIAS della Cochrane Collaboration con la tool ROB 2.