

Efficacia dell'exergaming sulla deambulazione in pazienti con Morbo di Parkinson: revisione sistematica con metanalisi

Alessandro DE SIRE^{1*}, Nicola MAROTTA¹, Simona Maria CARMIGNANO², Gerardo DE SCORPIO¹, Andrea DEMECO¹, Michela GOFFREDO³, Angelo INDINO¹, Lucrezia MOGGIO¹, Luca PERRERO⁴, Antonio AMMENDOLIA¹

¹ Dipartimento di Scienze Mediche e Chirurgiche, Università degli Studi di Catanzaro "Magna Graecia", Catanzaro

² CTR Centro Terapeutico Riabilitativo, Tramutola (PZ); Università degli Studi di Salerno

³ IRCCS San Raffaele Roma, Via della Pisana, 235, Roma

⁴ Azienda Ospedaliera SS. Antonio e Biagio e Cesare Arrigo, Alessandria

Corresponding author:

Alessandro de Sire

Professore Associato di Medicina Fisica e Riabilitativa, Dipartimento di Scienze Mediche e Chirurgiche, Università degli Studi di Catanzaro "Magna Graecia", Catanzaro

Email: alessandro.desire@gmail.com

Introduzione

Il Morbo di Parkinson (MP) è una malattia neurodegenerativa dovuta alla progressiva degenerazione dei neuroni produttori di dopamina all'interno dei gangli della base che porta a manifestazioni tipiche quali bradicinesia, la rigidità e il tremore a riposo¹. Circa il 20% delle persone di età superiore ai 60 anni presenta disturbi dell'andatura associati al parkinsonismo². Levodopa e carbidopa, integratori medici per aumentare l'assorbimento della dopamina possono essere un'opzione clinica per diminuire la rigidità e la bradicinesia delle persone con MP³. Tuttavia, i trattamenti farmacologici sono meno efficaci con il progredire della malattia⁴. La MP è una condizione neurodegenerativa che pone un grande onere sulla qualità della vita e sull'indipendenza del paziente. Come parte di un approccio multidisciplinare al trattamento, l'esercizio fisico regolare è incoraggiato e ha dimostrato di alleviare i sintomi sia motori che non motori⁵. L'esercizio aumenta la "reattività sinaptica" e influenza la neu-

rotrasmissione, potenziando così i circuiti funzionali nel MP. Inoltre, l'esercizio è un elemento cardine dell'apprendimento motorio⁶ [6]. L'esecuzione dell'esercizio come parte di un programma di riabilitazione rimane impegnativa in termini di aderenza, accettabilità, accesso e costo.

In questo contesto, vi è sempre un maggiore interesse per l'exergaming come potenziale strumento di riabilitazione per facilitare l'esercizio specifico della malattia⁷. Garcia-Agundez et al. ha confermato che l'exergaming può promuovere il miglioramento delle capacità motorie in pazienti con MP⁸. Negli ultimi anni, la realtà virtuale e il training con feedback visivo sono stati utilizzati più frequentemente per migliorare molti deficit, come la diminuzione dell'equilibrio e della funzione per diverse popolazioni⁹. Nintendo Wii™ e Xbox™ Kinect sono i principali dispositivi di gioco commerciali che sono stati studiati per la riabilitazione di MP. Questi sistemi differiscono principalmente nella tecnologia alla base dell'analisi del movimento degli utilizzatori¹⁰. La Nintendo Wii™ (Nin-

tendo, Kyoto, Japan) si è mostrato essere uno strumento utile per migliorare gli aspetti motori e non motori nei pazienti con MP¹¹, data la sua capacità di guidare i movimenti funzionali in modo interattivo con un controller portatile e una piattaforma di forza. La Xbox™ Kinect (Microsoft Co., Redwood, WA) è una tecnologia più recente che può essere utilizzata nella riabilitazione: consente al paziente di controllare il movimento di un avatar in modalità ecologica utilizzando i sensori della telecamera a infrarossi, senza controller, attacco o balance board¹². Revisioni sistematiche e metanalisi hanno studiato il ruolo degli exergame in pazienti con MP soprattutto in termini di miglioramento dell'equilibrio senza un'analisi critica dei singoli device^{7,8,13}.

Pertanto, abbiamo condotto una revisione sistematica con metanalisi di trial clinici controllati randomizzati (Randomized Controlled Trials, RCT) per valutare le tecnologie esistenti (Nintendo Wii™ e Xbox™ Kinect) che consentano di migliorare la deambulazione in pazienti con MP.

Materiale e metodi

Strategia di ricerca

Abbiamo condotto una revisione sistematica dei lavori pubblicati fino al 31 Maggio 2021 sui database elettronici di PubMed, Scopus e Web of Science mediante apposite stringhe (la strategia di ricerca è esposta in **Tabella I**). La revisione sistematica con metanalisi è stata eseguita secondo le Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) guidelines¹⁴.

Tabella I. Strategia di ricerca.

PubMed ("Parkinson's Disease" OR "Parkinson" OR "Parkinson Disease") AND ("exergames" OR "exergaming" OR "home gaming" OR "videogame" OR "video game" OR "console") AND ("ambulation" OR "functional capacity" OR "gait" OR "performance")
Scopus TITLE-ABS-KEY(("Parkinson's Disease" OR "Parkinson" OR "Parkinson Disease") AND ("exergames" OR "exergaming" OR "home gaming" OR "videogame" OR "video game" OR "console") AND ("ambulation" OR "functional capacity" OR "gait" OR "performance"))
Web of Science (("Parkinson's Disease" OR "Parkinson" OR "Parkinson Disease") AND ("exergames" OR "exergaming" OR "home gaming" OR "videogame" OR "video game" OR "console") AND ("ambulation" OR "functional capacity" OR "gait" OR "performance"))

Criteri di selezione

Due ricercatori hanno esaminato in modo indipendente tutti i potenziali articoli dopo la rimozione dei duplicati. Ogni disaccordo è stato risolto dopo un consulto di un terzo revisore.

Tutti gli RCT sono stati valutati per eleggibilità secondo il seguente PICO model: partecipanti, pazienti con MP; intervento, riabilitazione con utilizzo di exergame (i.e. Nintendo Wii™ e Xbox™ Kinect); controllo, non applicabile; outcome, valutazione della deambulazione (i.e. gait speed, 6MWT - 6-minute walking test, TUG - Time up and go test).

Sono stati esclusi lavori su pazienti con età inferiore a 18 anni o che prevedevano consolle personalizzate.

Estrazione dei dati

Due revisori hanno estratto indipendentemente i dati dagli studi inclusi

utilizzando un'estrazione di dati personalizzata su un foglio Microsoft Excel. In caso di disaccordo, il consenso è stato raggiunto attraverso un terzo revisore. Sono stati estratti i seguenti dati: 1) Primo autore; 2) Anno di pubblicazione; 3) Numero dei partecipanti; 4) Età dei partecipanti; 5) Tipologia di approccio riabilitativo con exergame come intervento; 6) Tipo di controllo; 7) Follow-up; 9) Outcome primario per la deambulazione valutato con standardized mean difference (SMD) e 95% confidence interval.

Valutazione del risk of bias

Il risk of bias (di selezione, di performance, di rilevamento, di attrito e segnalazione di risultati selettivi e di altri bias) è stato valutato in modo indipendente da due revisori mediante Quality Assessment of Diagnostic Accuracy Studies 2 (QUADAS-2)¹⁵. Le differenze e le divergenze nella valutazione della qualità sono state discusse tra i due autori per raggiungere un consenso. Se non è stato possibile raggiungere un consenso, è stato consultato un terzo revisore.

Analisi statistica

L'analisi statistica è stata condotta utilizzando il programma R (3.6.5 R project, Vienna, Austria). L'eterogeneità è stata testata da statistiche Q ($p < 0,05$ è stato settato come limite di significatività) e statistiche I², che misura la percentuale della variazione totale tra vari studi (I² 50% o maggiore è stato considerato come eterogeneo). In base all'eterogeneità, per valutare la metanalisi a rete abbiamo utilizzato il modello frequentista con random effect al fine di confrontare l'efficacia di miglioramento della locomozione funzionale tra diversi dispositivi. Il vantaggio della network metanalisi è quello valutare più di due interventi contemporaneamente. Tutti i confronti indiretti vengono presi in considerazione per arrivare a una stima unica e integrata dell'effetto di tutti gli interventi inclusi sulla base di tutti gli studi¹⁶. Per i trattamenti che appartengono a un circuito chiuso nella rete delle evidenze, con informazioni dirette e indirette, la differenza stimata viene calcolata insieme al limite inferiore e superiore

dell'intervallo di confidenza al 95%. Le differenze tra le informazioni dirette e quelle indirette sono quantificate utilizzando valori di p dove un valore di p basso può mostrare prove contrastanti che è improbabile che siano dovute solo al caso.

Risultati

Caratteristiche degli studi

Dei 50 articoli valutati per l'eleggibilità, 41 sono stati esclusi con i seguenti motivi: review (n=6), assenza di gruppo controllo (n=12), studi osservazionali (n=7), commentary (n=7), protocolli di studio (n=4), case report (n=3), console customizzate (n=2). Pertanto, 9 RCT¹⁷⁻²⁵ sono stati inclusi in questa revisione sistematica, come illustrato dalla PRISMA flow chart in **Figura 1**.

Dei 173 pazienti inclusi nei gruppi di studio, 109 sono stati sottoposti a trattamento con utilizzo della Nintendo Wii™ e 64 con la Xbox™ Kinect; 160 pazienti erano nei gruppi di controllo.

Gli studi sono stati pubblicati negli ultimi 6 anni (dal 2015 al 2018). Quattro studi (44,4%) sono stati condotti in Sud America (Brasile^{19,22-24}), tre studi (33,3%) sono stati condotti in Asia e Oceania (due a Taiwan^{17,18}, uno in Australia²⁰) e due (22,2%) in Europa (uno dall'Italia²¹ e uno dall'Ungheria²⁵).

Le caratteristiche principali dei 9 studi inclusi¹⁷⁻²⁵ nella revisione sistematica sono descritte in **Tabella II**.

Nintendo Wii™

La Nintendo Wii™ è un dispositivo di gioco commerciale che utilizza un controller wireless manuale e una piattaforma di forza, ovvero una pedana con quattro trasduttori di forza che generano informazioni relative alle distribuzioni delle stesse, mentre il giocatore sposta il suo baricentro in tempo reale. Nel 2015, Liao et al.¹⁷ hanno dimostrato che un training con Nintendo Wii™ è vantaggioso quanto la terapia convenzionale nel migliorare le capacità di deambulazione, la capacità di integrazione sensoriale e la forza muscolare nei pazienti con MP, e tali miglioramenti hanno dimostrato di persistere per almeno 1

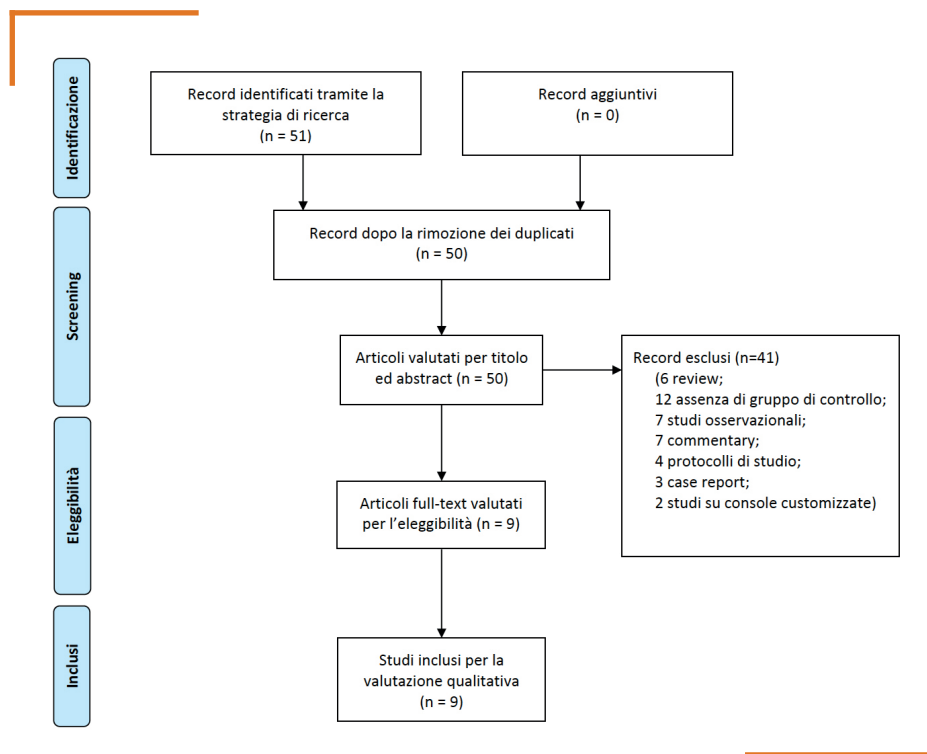


Figura 1 PRISMA flow diagram.

me. Nel 2017, Ribas et al.¹⁹ hanno utilizzato un intervento di exergame consistente in sette giochi Wii Fit: due di inclinazione, uno di scivolamento

dell'avatar, colpo di testa a tema calcistico, marcia, step di base e percorso ad ostacoli, ripetendo benefici su fatica, qualità di vita e 6MWT, purtroppo

non mantenendoli a 60 giorni dall'intervento. Nel 2017, Song et al.²⁰ hanno concluso che l'allenamento tramite exergame non è stato efficace nel migliorare i risultati valutati, anche se il miglioramento della mobilità percepito nel gruppo di intervento ha suggerito possibili benefici per pazienti con MP meno severo. Sempre nel 2017, Gandolfi et al.²¹ hanno introdotto un sistema di tele-riabilitazione tramite Nintendo Wii™ inserendo i seguenti exergame: scivolamento dell'avatar, slalom sugli sci, skateboarding, marcia, stepping e tre esercizi di inclinazione ed equilibrio. Comparando questo programma ad un trattamento ambulatoriale convenzionale non teleriabilitativo, sono stati valutati effetti equivalenti fra i due interventi sulla fiducia percepita nello svolgimento delle attività, sulla velocità dell'andatura e sulla qualità della vita. Nel 2018, Alves et al.²³ hanno valutato tre gruppi di studio, inserendo anche la Xbox Kinect™ al confronto fra Nintendo Wii™ e controllo, concludendo che solo il gruppo con il Nintendo Wii™ ha migliorato significativamente le prestazioni nei

Tabella II. Caratteristiche degli studi

Studio	Gruppi (studio/controllo)	Età (anni) (studio/controllo)	Gruppo di studio	Gruppo di controllo	Follow-up (settimane)	Outcome
Liao et al, 2015 [17]	n=13 / n=12	64,6±8,1 / 65,1±6,2	Nintendo Wii™	Stretching; esercizi di recupero tonotrofismo; training dell'equilibrio	4	Gait speed: 7,4 [5,2-9,7]
Shih et al, 2016 [18]	n=10 / n=10	67,5±9,2 / 68,8±9,5	Xbox™ Kinect	Training del passo e dell'equilibrio (30 min)	12	TUG: 0,07 [-0,7-0,9]
Ribas et al, 2017 [19]	n=10 / n=10	61,7±6,4 / 60,2±11,1	Nintendo Wii™	Warming up, stretching (10 min); esercizi di resistenza (10 min); rieducazione rachide (10 min)	8	6MWT: 1,9 [0,8-3,0]
Song et al, 2017 [20]	n=28 / n=25	68,0±7,2 / 65,0±7,1	Nintendo Wii™	Nessun intervento	12	TUG: -0,005 [-0,5-0,5]
Gandolfi et al, 2017 [21]	n=36 / n=34	67,4±7,2 / 69,8±9,4	Nintendo Wii™	Training dell'equilibrio ad integrazione sensoriale in clinica	8	
Ferraz et al, 2018 [22]	n=20 / n=22	67,0±2,1 / 71,0±5,5	Xbox™ Kinect	Training del passo, training dell'equilibrio	8	6MWT: -0,9 [-1,5-0,3]
Alves et al, 2018 [23]	n=9 + n=9 / n=9	58,8±11,1 + 62,6±13,0 / 61,6±10,2	Nintendo Wii™ Xbox™ Kinect	Nessun intervento	5	6MWT: Wii vs control: 0,4 [-0,5-1,3] Kinect vs Control: -2,0 [-3,0-0,8] Kinect vs Wii -1,6 [-2,6-0,5]
Santos et al, 2019 [24]	n=13 / n=14	61,7±7,5 / 64,5±9,3	Nintendo Wii™	Rieducazione del rachide (30 min), training del passo (10 min)	24	TUG: 1,5 [0,7-2,4]
Tollar et al, 2019 [25]	n=25 / n=24	70,0±4,8 / 67,5±4,2	Xbox™ Kinect	Nessun intervento	24	6MWT: -0,9 [-1,5-0,3]

Gli outcome di studio sono riportati con i valori di standardized mean difference [95% confidence interval]. Abbreviazioni: 6MWT: 6-minute walking test; TUG: Time up and go.

test di deambulazione, qualità di vita percepita, l'attenzione e memoria. Nel 2019, Santos et al.²⁴ si sono concentrati su exergame a tema sportivo (Wii Sport), pugilato, calcio, golf e corsa. Gli autori hanno dimostrato una significativa efficacia nell'aggiungere un programma di esercizi con console Nintendo Wii™ al trattamento convenzionale, al fine di migliorare l'andatura, la mobilità funzionale oltre che l'equilibrio dei pazienti affetti da MP.

Xbox Kinect™

La Xbox Kinect™ consente all'utente di interagire con il gioco senza controller, ma semplicemente acquisendo ed elaborando immagini ad infrarosso da una telecamera RGB-D. La Xbox Kinect™, quindi, non fornisce riferimenti visivi e limiti di spazio compatibili con i sensori.

Nel 2016, Shih et al.¹⁸ hanno dimostrato miglioramenti significativi nei punteggi al TUG in pazienti con MP, tramite quattro programmi di exergame su console Kinect™: esercizi di raggiungimento di un oggetto stazionario (a), in movimento (b), di evitamento di ostacoli (c) e di marcia (d). Nel 2018, Ferraz et al.²² hanno introdotto l'ambiente "Avventura" di Kinect™ con exergame più complessi ed elaborati come: (1) River Rush, in cui una zattera viene controllata dal partecipante facendo un passo a sinistra o a destra; (2) il Reflex Ridge, in cui il partecipante oltre a controllare un carrello da miniera, deve evitare eventuali ostacoli; o ancora (3) 20,000 Leaks, in cui l'avatar è in una bolla in fondo al mare e deve tappare eventuali falle. Gli autori hanno concluso che un programma di exergame può migliorare la capacità di deambulazione, la capacità di alzarsi e sedersi con risultati simili all'allenamento convenzionale e all'esercizio su cyclette. Nel 2018, Tollar et al.²⁵ ha utilizzato i seguenti 3 moduli di exergame: (1) il Reflex Ridge, già proposto da Ferraz et al.²²; (2) Space Pop, che spinge i partecipanti a raggiungere obiettivi con le 4 estremità e tutto il corpo per migliorare l'orientamento spaziale; e (3) Just Dance, che spinge gli utenti a generare e combinare sequenze di movimento tramite la danza.

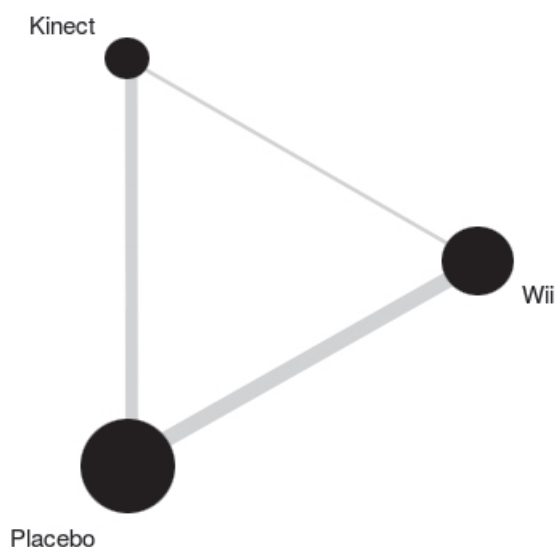


Figura 2 Network metanalisi.

Metanalisi

La network metanalisi ha mostrato tramite dei grafici di rete con confronti diretti e indiretti il risultato degli effetti aggregati (vedere Figura 2 per maggiori dettagli). Infatti, quando due trattamenti (cioè i nodi nella trama) sono collegati, significa che almeno uno studio clinico ha fornito prove dirette per il confronto di questi due trattamenti. A ciò si aggiunge l'analisi di ranking, fornendo tutti i confronti a coppie in un network metanalisi e classificando i trattamenti dal peggiore al migliore lungo la diagonale principale. Pertanto, gli interventi sono ordinati dall'intervento meno efficace all'intervento più efficace lungo la diagonale principale come: Controllo, Nintendo Wii™ e Xbox™ Kinect. So-

pra la diagonale principale, ci sono stime dalla metanalisi a coppie (Controllo versus Kinect +1.11[0,06-2,16], Controllo versus Wii +2.41[1,38-3,44], Kinect versus Wii +0.59[-1,00-2,19]) invece sotto la diagonale principale ci sono stime dall'NMA (Controllo versus Kinect +0.93[-0,29-2,14], Controllo versus Wii +0.59[-0,95-2,14], Kinect versus Wii +1.51[0,38-2,64]). A partire dall'analisi di rete, è stata condotta anche una metanalisi pairwise sulle differenze medie standardizzate tra tre interventi riabilitativi (diretti e indiretti) sulla deambulazione (Figura 3). Il sottogruppo Nintendo Wii™ rispetto al controllo mostra un effetto sub-complessivo significativo (SMD = 2.41 [1,4-3,4], p<0,05); il sottogruppo Kinect rispetto al con-



Figura 3 Pairwise metanalisi.

trollo mostra un effetto sub-globale significativo (SMD = 1,1 [0,06-2.16], $p < 0,05$).

Risk of bias

Utilizzando il QUADAS-2¹⁵ è stato stimato il risk of bias negli RCT analizzati (vedere **Figura 4**). Per quanto riguarda il bias di selezione, 6 studi (66,7%) hanno garantito una corretta randomizzazione. Cinque RCT (55,6%) hanno escluso il bias di performance. D'altra parte, quattro studi (44,4%) hanno fornito garanzie sul bias di attrito.

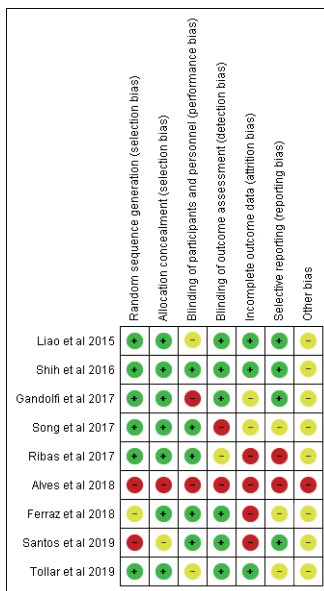


Figura 4 Valutazione del risk of bias con Quality Assessment of Diagnostic Accuracy Studies 2.

Inoltre, per rafforzare la qualità della network metanalisi, abbiamo testato l'incoerenza. Le coerenze tra le stime dell'effetto del trattamento ottenute da informazioni dirette e indirette sono cruciali per sostenere le ipotesi alla base della network metanalisi. Utilizzando valori di p dove un valore di p basso può indicare prove contrastanti che è improbabile che siano da imputare al caso. Pertanto, abbiamo stimato nel confronto controllo versus Kinect una $p > 0,09$, nel confronto controllo versus Wii una $p > 0,10$, e infine in Kinect versus Wii una $p > 0,06$, assumendo quindi un'incoerenza minima.

Discussione

Questa revisione sistematica con metanalisi ha studiato gli effetti del trattamento degli interventi riabilitativi con exergame, mediante l'utilizzo di Nintendo Wii™ e Xbox Kinect™ sulla deambulazione in pazienti con MP. I risultati della pairwise metanalisi hanno dimostrato che le entrambe i dispositivi commerciali, considerati singolarmente, possono apportare effetti significativi sulla deambulazione. I risultati della network metanalisi, invece, suggeriscono che a partire da confronti diretti e indiretti, la Nintendo Wii™ sembrerebbe ottenere risultati superiori rispetto alla Xbox Kinect™ nel miglioramento della deambulazione.

In base all'elevata accessibilità e al basso costo delle apparecchiature, le console commerciali per exergaming sono considerate da tempo una valida strategia riabilitativa economicamente vantaggiosa nel trattamento multidisciplinare nei pazienti con MP²⁶. Infatti, oltre ad essere facilmente gestibili dai pazienti e dai rispettivi caregiver, le console offrono anche la possibilità di un setting riabilitativo domiciliare ed un monitoraggio da remoto, a differenza degli approcci riabilitativi tradizionali⁸. A tal proposito, negli ultimi anni, la neuroriabilitazione è passata da un approccio "dal basso verso l'alto" ad un approccio "dall'alto verso il basso" al fine di fornire una stimolazione più diretta che possa stimolare il riapprendimento motorio mediato dalla plasticità²⁷. Infatti, i feedback (visivi, uditivi, tattili, posturali) dei dispositivi tecnologici di riabilitazione sono elementi essenziali che hanno l'obiettivo primario di migliorare lo stato di salute, l'apprendimento e le prestazioni di pazienti neurologici da riabilitare²⁸.

Ma ad oggi, i trattamenti con exergame si sono concentrati nell'offrire interessanti opportunità per migliorare soprattutto l'equilibrio nei soggetti con MP^{8,29,30}. Sebbene il numero di studi randomizzati controllati che hanno valutato l'efficacia dell'exergaming rimanga ad oggi ancora limitato per quanto riguarda il recupero della deambulazione, gli studi inclusi ri-

portano un significativo miglioramento delle qualità di locomozione funzionale⁸.

A fronte delle potenzialità della network metanalisi di confrontare più di due interventi riabilitativi contemporaneamente abbiamo ipotizzato i motivi che ci hanno portato ad evidenziare dei maggiori miglioramenti apportati dalla Wii™ rispetto al Kinect™. A differenza della Nintendo Wii™, l'Xbox Kinect™ rileva i movimenti del corpo con una telecamera a infrarossi che acquisisce ed elabora le traiettorie 3D dei singoli segmenti corporei in tempo reale, consentendo all'utente di interagire con il gioco senza controller²⁶. Questo è da considerare un reale vantaggio in termini di equipaggiamento ed efficienza rispetto al Nintendo Wii™, poiché sia Xbox Kinect™ che i giochi Nintendo Wii™ sono stati sviluppati solo per il divertimento e non per bisogni riabilitativi delle persone con disabilità neurologica²³. Tuttavia, nel caso in cui questi dispositivi vengono utilizzati in persone con MP, il sensore dell'Xbox Kinect™ risulta meno sensibile della balance board propria della Nintendo Wii™ in termini di tracciamento del centro di spostamento della pressione, rendendolo meno utile per fornire un feedback propriocettivo utile al paziente²¹. Pertanto, la Nintendo Wii™ balance board può anche essere considerata un riferimento visivo e un facilitatore per i pazienti con un freezing più invalidante¹⁷. Inoltre, la Xbox Kinect™ non offre riferimenti visivi che delimitano lo spazio utile della telecamera. Pertanto, quando gli utenti raggiungono aree oltre lo spazio riconosciuto dal sensore, i loro movimenti non vengono trasferiti ai giochi e questo potrebbe essere oltre che un fattore distraente, un momento di frustrazione per il paziente³¹. Inoltre, essendo la grafica dell'ambiente Kinect™ più dettagliata, può presentare più disturbi e limiti per quei pazienti che soffrono anche di alterazioni cognitive. In virtù di queste considerazioni, le persone con MP sembrerebbero trarre maggiori benefici dall'interfaccia più semplice e meno fastidiosa del Nintendo Wii™²³.

Questa revisione sistematica non risulta essere scabra da limitazioni: i) l'utilizzo di dispositivi commerciali, Wii™ e Xbox™, i quali rimangono non progettati a scopo elettromedicale; ii) il numero limitato di RCT con confronto diretto Wii™ *versus* Kinect™; iii) l'eterogeneità degli outcome.

Conclusioni

Alla luce dei risultati di questa revisione sistematica della letteratura con metanalisi, l'exergaming è sicura, fattibile ed efficace a prescindere dal tipo di console nel recupero della deambulazione di pazienti affetti da MP non severo. La presenza di un riferimento visivo come la pedana di forza e di una grafica più semplice, potrebbero suggerire che la Nintendo Wii™ sia in grado di fornire maggiori benefici in termini di recupero funzionale. Pertanto, ci sono ampie prospettive di poter usare i dispositivi sul territorio in modalità domiciliare e in modalità di teleriabilitazione; allo stesso tempo, va ribadita la necessità di ulteriori RCT che abbiano come obiettivo la valutazione degli exergaming in termini di riabilitazione del cammino in persone affette da MP.

Bibliografia

- Jankovic J. Parkinson's disease: Clinical features and diagnosis. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry.* 2008. DOI:10.1136/jnnp.2007.131045.
- Cancela J, Arredondo MT, Hurtado O. Proposal of a Kinect™-based system for gait assessment and rehabilitation in Parkinson's disease. In: 2014 36th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC 2014. 2014. DOI:10.1109/EMBC.2014.6944628.
- Calabresi P, Di Filippo M. Multitarget disease-modifying therapy in Parkinson's disease? *Lancet Neurol.* 2015. DOI:10.1016/S1474-4422(15)00227-6.
- Odin P, Ray Chaudhuri K, Slevin JT, et al. Collective physician perspectives on non-oral medication approaches for the management of clinically relevant unresolved issues in Parkinson's disease: Consensus from an international survey and discussion program. *Park. Relat. Disord.* 2015. DOI:10.1016/j.parkreldis.2015.07.020.
- Dockx K, Bekkers EMJ, Van den Bergh V, et al. Virtual reality for rehabilitation in Parkinson's disease. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2016. DOI:10.1002/14651858.CD010760.pub2.
- Abbruzzese G, Marchese R, Avanzino L, Pelosin E. Rehabilitation for Parkinson's disease: Current outlook and future challenges. *Park Relat Disord* 2016; **22**: S60–4.
- Barry G, Galna B, Rochester L. The role of exergaming in Parkinson's disease rehabilitation: A systematic review of the evidence. *J Neuroeng Rehabil* 2014; **11**: 33.
- Garcia-Agundez A, Folkerts AK, Konrad R, et al. Recent advances in rehabilitation for Parkinson's Disease with Exergames: A Systematic Review. *J Neuroeng Rehabil* 2019; **16**: 17.
- Butler DP, Willett K. Wii-habilitation: Is there a role in trauma? *Injury.* 2010. DOI:10.1016/j.injury.2010.03.024.
- Bonnechère B, Jansen B, Omelina L, Van Sint Jan S. The use of commercial video games in rehabilitation: A systematic review. *Int. J. Rehabil. Res.* 2016. DOI:10.1097/MRR.000000000000190.
- Herz NB, Mehta SH, Sethi KD, Jackson P, Hall P, Morgan JC. Nintendo Wii rehabilitation ('Wii-hab') provides benefits in Parkinson's disease. *Park Relat Disord* 2013; **19**: 1039–42.
- Özgönenel L, Ça ırıcı S, Çabalar M, Durmu o lu G. Use of game console for rehabilitation of Parkinson's disease. *Balkan Med J* 2016. DOI:10.5152/balkanmedj.2016.16842.
- Harris DM, Rantalainen T, Muthalib M, Johnson L, Teo WP. Exergaming as a viable therapeutic tool to improve static and dynamic balance among older adults and people with idiopathic Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis. *Front. Aging Neurosci.* 2015. DOI:10.3389/fnagi.2015.00167.
- Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ.* 2021. DOI:10.1136/bmj.n71.
- Whiting PF, Rutjes AWS, Westwood ME, et al. Quadas-2: A revised tool for the quality assessment of diagnostic accuracy studies. *Ann. Intern. Med.* 2011. DOI:10.7326/0003-4819-155-8-201110180-00009.
- Tonin FS, Rotta I, Mendes AM, Pontarolo R. Network meta-analysis: A technique to gather evidence from direct and indirect comparisons. *Pharm. Pract. (Granada).* 2017; **15**. DOI:10.18549/Pharm-Pract.2017.01.943.
- Liao YY, Yang YR, Wu YR, Wang RY. Virtual Reality-Based Wii Fit Training in Improving Muscle Strength, Sensory Integration Ability, and Walking Abilities in Patients with Parkinson's Disease: A Randomized Control Trial. *Int J Gerontol* 2015. DOI:10.1016/j.ijge.2014.06.007.
- Shih MC, Wang RY, Cheng SJ, Yang YR. Effects of a balance-based exergaming intervention using the Kinect sensor on posture stability in individuals with Parkinson's disease: A single-blinded randomized controlled trial. *J Neuroeng Rehabil* 2016. DOI:10.1186/s12984-016-0185-y.
- Ribas CG, Alves da Silva L, Corrêa MR, Teive HG, Valderramas S. Effectiveness of exergaming in improving functional balance, fatigue and quality of life in Parkinson's disease: A pilot randomized controlled trial. *Park Relat Disord* 2017; **38**: 13–8.
- Song J, Paul SS, Caetano MJD, et al. Home-based step training using videogame technology in people with Parkinson's disease: a single-blinded randomised controlled trial. *Clin Rehabil* 2018; **32**: 299–311.
- Gandolfi M, Geroïn C, Dimitrova E, et al. Virtual Reality Telerehabilitation for Postural Instability in Parkinson's Disease: A Multicenter, Single-Blind, Randomized, Controlled Trial. *Biomed Res Int* 2017; **2017**: 7962826.
- Ferraz DD, Trippo KV, Duarte GP, Neto MG, Bernardes Santos KO, Filho JO. The Effects of Functional Training, Bicycle Exercise, and Exergaming on Walking Capacity of Elderly Patients With Parkinson Disease: A Pilot Randomized Controlled Single-blinded Trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2018; **99**: 826–33.
- Alves MLM, Mesquita BS, Morais WS, Leal JC, Satler CE, dos Santos Mendes FA. Nintendo Wii™ Versus Xbox Kinect™ for Assisting People With Parkinson's Disease. *Percept Mot Skills* 2018; **26**: 1–8. DOI:10.1177/0031512518769204.
- Santos P, Machado T, Santos L, Ribeiro N, Melo A. Efficacy of the Nintendo Wii combination with Conventional Exercises in the rehabilitation of individuals with Parkinson's disease: A randomized clinical trial. *NeuroRehabilitation* 2019. DOI:10.3233/NRE-192771.
- Tollar J, Nagy F, Hortobágyi T. Vastly Different Exercise Programs Similarly Improve Parkinsonian Symptoms: A Randomized Clinical Trial. *Gerontology* 2019; **65**: 120–7.
- Negrini S, Bissolotti L, Ferraris A, Noro F, Bishop MD, Villafañe JH. Nintendo Wii Fit for balance rehabilitation in patients with Parkinson's disease: A comparative study. *J Bodyw Mov Ther* 2017; **21**: 117–23.
- Morone G, Spitoni GF, De Bartolo D, et

- al. Rehabilitative devices for a top-down approach. *Expert Rev. Med. Devices*. 2019. DOI:10.1080/17434440.2019.1574567.
- 28 Morone G, Ghanbari Ghooshchy S, Palomba A, et al. Differentiation among bio- and augmented- feedback in technologically assisted rehabilitation. *Expert Rev Med Devices* 2021. DOI:10.1080/17434440.2021.1927704.
- 29 Van Diest M, Lamothe CJ, Stegenga J, Verkerke GJ, Postema K. Exergaming for balance training of elderly: State of the art and future developments. *J. Neuroeng. Rehabil.* 2013. DOI:10.1186/1743-0003-10-101.
- 30 Wüest S, Borghese NA, Pirovano M, Mainetti R, Van De Langenberg R, De Bruin ED. Usability and Effects of an Exergame-Based Balance Training Program. *Games Health J* 2014. DOI:10.1089/g4h.2013.0093.
- 31 Lee SJ, Yoo JY, Ryu JS, Park HK, Chung SJ. The effects of visual and auditory cues on freezing of gait in patients with parkinson disease. *Am J Phys Med Rehabil* 2012. DOI:10.1097/PHM.0b013e31823c7507.