



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE BIOMEDICHE E NEUROMOTORIE

CORSO DI LAUREA IN FISIOTERAPIA

TITOLO DELLA TESI

**IL RUOLO DELLA FISIOTERAPIA NELLA RIABILITAZIONE DEL
FREEZING OF GAIT NEL PAZIENTE AFFETTO DA MALATTIA DI
PARKINSON: *A SCOPING REVIEW***

Tesi di Laurea in: Fisioterapia in Neurologia

Relatore:

Chiar.ma Prof.ssa Silvia Faenza

Presentata da:

Tommaso Pompili

Sessione novembre 2025

Anno Accademico 2024/2025

ABSTRACT

Titolo: Il ruolo della fisioterapia nella riabilitazione del *Freezing of Gait* nel paziente affetto da malattia di Parkinson: a *Scoping Review*.

Introduzione: il *Freezing of Gait* (FOG) rappresenta uno dei sintomi motori più invalidanti della malattia di Parkinson, caratterizzato da un'improvvisa incapacità di avviare o mantenere la deambulazione. Questo disturbo aumenta significativamente il rischio di cadute, riduce l'autonomia funzionale e compromette la qualità di vita. Le terapie farmacologiche e chirurgiche disponibili mostrano efficacia limitata e variabile, rendendo la fisioterapia un elemento centrale e non invasivo per la gestione del FOG.

Obiettivo: l'obiettivo di questa *Scoping Review* è di mappare e sintetizzare le evidenze scientifiche disponibili riguardo l'efficacia degli interventi fisioterapici per la gestione del *Freezing of Gait* nei pazienti con malattia di Parkinson. La revisione intende identificare le strategie riabilitative più studiate e promettenti, al fine di fornire una panoramica completa che possa guidare la pratica clinica e orientare future direzioni di ricerca.

Metodi: è stata condotta una *Scoping Review* seguendo la *checklist* PRISMA-ScR, utilizzando il modello PCC (Popolazione: pazienti con FOG e malattia di Parkinson; Concetto: interventi fisioterapici e riabilitativi; Contesto: *setting* clinico, ambulatoriale, ospedaliero o domiciliare). Le ricerche sono state effettuate su *PubMed*, *Cochrane Library*, *PEDro* e *Google Scholar*, includendo articoli pubblicati tra il 2010 e il 2025. Il processo di selezione ha portato all'inclusione di 9 studi tra RCT, studi osservazionali, studi clinici, revisioni sistematiche e meta-analisi.

Risultati e conclusioni: dall'analisi sono emersi tre macro-temi di intervento: esercizio terapeutico (esercizio contro resistenza, *gait training*, idrochinesiterapia), *cues* (danza, *action observation therapy*) e stimolazione cerebrale (tDCS *multitarget*, DBS). Complessivamente, gli studi hanno evidenziato benefici significativi sulla riduzione del FOG, sul miglioramento del cammino e sull'autonomia funzionale, sebbene con limiti legati alle caratteristiche degli studi. Le conclusioni suggeriscono che un approccio multimodale e personalizzato, integrando esercizio, stimoli cognitivi e nuove tecnologie, rappresenti la strategia più promettente per la gestione del FOG nella malattia di Parkinson.

Parole chiave: *Freezing of Gait*, Malattia di Parkinson, Fisioterapia, Riabilitazione, *Scoping Review*.

ABSTRACT

Title: *The role of physiotherapy in the rehabilitation of Freezing of Gait in Parkinson's disease: a Scoping Review.*

Introduction: *Freezing of Gait (FOG) is one of the most disabling motor complications of Parkinson's disease, characterized by a sudden inability to initiate or continue walking. This symptom significantly increases the risk of falls, reduces functional independence, and compromises quality of life. Pharmacological and surgical treatments show limited and variable efficacy, highlighting physiotherapy as a central, non-invasive approach in FOG management.*

Objective: *the aim of this Scoping Review is to map and synthesize the available scientific evidence regarding the effectiveness of physiotherapy interventions for the management of Freezing of Gait in patients with Parkinson's disease. The review seeks to identify the most studied and promising rehabilitative strategies, in order to provide a comprehensive overview that may guide clinical practice and inform future research directions.*

Methods: *a Scoping Review was conducted following the PRISMA-ScR checklist and using the PCC framework (Population: patients with Parkinson's Disease and FOG; Concept: physiotherapy and rehabilitative interventions; Context: clinical, outpatient, hospital, or home settings). Literature searches were performed in PubMed, Cochrane Library, PEDro, and Google Scholar, including studies published between 2010 and 2025. The selection process led to the inclusion of 9 studies, comprising randomized controlled trials, observational studies, clinical studies, systematic reviews, and meta-analyses.*

Results and Conclusions: *three main intervention areas were identified: therapeutic exercise (resistance training, anti-gravity treadmill, aquatic therapy, robot-assisted gait training), cues (dance, action observation therapy), and brain stimulation (multitarget tDCS, DBS). Overall, the studies reported significant benefits in reducing FOG, improving gait, and enhancing functional independence, despite limitations related to the characteristics of the studies. Findings suggest that a multimodal and personalized approach, integrating exercise, cognitive stimulation, and new technologies, is the most promising strategy for managing FOG in Parkinson's disease.*

Keywords: *Freezing of Gait, Parkinson's Disease, Physiotherapy, Rehabilitation, Scoping Review.*

INDICE

CAPITOLO 1: INTRODUZIONE	7
CAPITOLO 2: METODI	10
2.1 FORMULAZIONE DEL QUESITO CLINICO	11
2.2 CRITERI DI ELEGGIBILITÀ	11
2.3 STRATEGIE DI RICERCA	13
2.4 PROCESSO DI SELEZIONE DEGLI STUDI	14
2.5 DIAGRAMMA DI FLUSSO	14
2.6 PROCESSO DI ESTRAZIONE DEI DATI: <i>DATA CHARTING</i>	16
CAPITOLO 3: RISULTATI	17
3.1 CARATTERISTICHE DEGLI STUDI	17
3.2 TABELLA SINOTTICA	20
3.3 SINTESI DEI RISULTATI	21
3.4 ESERCIZIO TERAPEUTICO	24
3.4.1 Esercizio contro resistenza	26
3.4.2 <i>Gait training</i>	27
3.4.3 Idrochinesiterapia	28
3.5 <i>CUES</i>	29
3.5.1 Danza	30
3.5.2 <i>Action observation therapy</i>	30
3.6 STIMOLAZIONE CEREBRALE	31
3.6.1 Stimolazione elettrica <i>trans</i> -cranica	32
3.6.2 Stimolazione profonda dei nuclei della base	32
CAPITOLO 4: DISCUSSIONE	34
4.1 INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI	34
4.2 LIMITI DELLA REVISIONE	36
CAPITOLO 5: CONCLUSIONI	37
BIBLIOGRAFIA	40

ALLEGATI.....	41
----------------------	-----------

CAPITOLO 1: INTRODUZIONE

La malattia di Parkinson (*Parkinson's disease*, PD) rappresenta una delle patologie neurodegenerative più diffuse e complesse, con un impatto crescente sulla popolazione globale anche a causa dell'invecchiamento demografico. È caratterizzata da una progressiva degenerazione dei neuroni dopaminergici della *substantia nigra*, con compromissione dei circuiti motori corticali e subcorticali. I sintomi cardinali includono: bradicinesia, rigidità, tremore a riposo e instabilità posturale, ma la malattia si manifesta anche attraverso una vasta gamma di sintomi non motori, tra cui disturbi cognitivi, del sonno, dell'umore e dell'autonomia funzionale.

Tra le manifestazioni motorie più invalidanti della PD è presente il *Freezing of Gait* (FOG), un disturbo complesso che si presenta con l'improvvisa e temporanea incapacità di iniziare o continuare il passo, nonostante l'intenzione di camminare. I pazienti descrivono questa condizione come la sensazione che i piedi rimangano "incollati al pavimento", particolarmente durante le fasi di avvio della marcia, nelle svolte, o nell'attraversamento di spazi ristretti (porte). Si stima che fino al 50% dei pazienti con Parkinson sviluppi FOG con l'avanzare della malattia, e la sua prevalenza aumenta sensibilmente negli stadi moderati e avanzati.

Il FOG non solo compromette significativamente la qualità della vita, ma rappresenta anche un fattore di rischio per le cadute, la perdita di autonomia e l'isolamento sociale. Dal punto di vista fisiopatologico, il *Freezing* sembra derivare da un'interruzione della connettività tra le aree corticali frontali, i gangli della base e le strutture del tronco encefalico, in particolare nei momenti in cui è richiesta un'elaborazione motoria più complessa o una rapida transizione motoria.

Nonostante il riconoscimento clinico relativamente recente del FOG, rimane una delle manifestazioni più difficili da trattare nella malattia di Parkinson. Le opzioni farmacologiche mostrano efficacia limitata, in particolare nelle forme refrattarie alla levodopa, mentre le soluzioni chirurgiche, come la stimolazione cerebrale profonda (DBS), forniscono risultati variabili a seconda della fase e della condizione clinica del paziente. In questo contesto, l'intervento fisioterapico si configura come una componente essenziale della presa in carico multidisciplinare, in grado di offrire strategie di compensazione, facilitazione del movimento e miglioramento dell'autonomia funzionale.

Diversi studi hanno esplorato interventi fisioterapici specifici per il trattamento del FOG, con l'obiettivo di ridurre la frequenza, aumentarne la prevedibilità e migliorare la sicurezza della deambulazione. Tra questi approcci, si evidenziano:

- Esercizio fisico con difficoltà motorie aggiunte (movimenti ripetuti, instabilità...), come descritto nello studio randomizzato controllato di Silvia-Batista et al. (2020), che ha dimostrato miglioramenti significativi nella riduzione del FOG e nell'efficienza del cammino;
- Allenamento con *tapis roulant* antigravitazionale, che sfrutta la riduzione del carico corporeo per facilitare il movimento in sicurezza, come nello studio di Baizabal-Carvallo et al. (2020);
- Interventi *robot*-assistiti, analizzati sia in studi pilota che in revisioni sistematiche, suggeriscono benefici nel ritmo del passo, nella simmetria e nella continuità della marcia;
- Riabilitazione multidisciplinare intensiva (MIRT) combinata a terapia acquatica, come nel recente *trial* randomizzato controllato condotto da Clerici et al. (2019), che ha mostrato miglioramenti clinici significativi nella *performance* motoria globale;
- Terapia di osservazione dell'azione (*action observation therapy*, AOT) abbinate alla fisioterapia di gruppo, che stimolano i neuroni specchio per favorire l'integrazione tra percezione visiva e risposta motoria;
- Stimolazione cerebrale non invasiva, come la tDCS *multitarget*, esplorata nello studio di Dagan et al. (2018), che ha evidenziato un potenziale ruolo nella modulazione dell'*arousal* e del controllo motorio esecutivo;

Ogni approccio ha l'obiettivo di attivare o facilitare i circuiti cerebrali residui, sfruttando strategie compensatorie o semplificative con il fine di aumentare la sicurezza nella marcia, spesso con miglioramenti anche sulla qualità della vita dei pazienti. Tuttavia, la letteratura presenta ancora eterogeneità nei protocolli, nei metodi valutativi e nella durata degli effetti a lungo termine.

Da queste considerazioni risulta che l'intervento fisioterapico mirato e personalizzato rappresenta un ambito di grande interesse sia clinico che di ricerca. L'identificazione delle strategie più efficaci per la gestione del FOG richiede un'attenta sintesi delle evidenze presenti in letteratura e una riflessione sulle modalità più adeguate a trasferire queste conoscenze nella pratica clinica quotidiana del fisioterapista.

L'obiettivo di questa *Scoping Review* è di mappare e sintetizzare le evidenze scientifiche disponibili riguardo l'efficacia degli interventi fisioterapici per la gestione del *Freezing of Gait* nei pazienti con malattia di Parkinson. La revisione intende identificare le strategie riabilitative più studiate e promettenti, al fine di fornire una panoramica completa che possa guidare la pratica clinica e orientare future direzioni di ricerca.

CAPITOLO 2: METODI

Questa tesi è stata sviluppata mediante una *Scoping Review*, un tipo di revisione della letteratura utile ad analizzare le conoscenze disponibili su un determinato argomento, in particolare quando le evidenze sono numerose, eterogenee o ancora in fase emergente. A differenza delle revisioni sistematiche, che mirano a rispondere ad una domanda specifica con una sintesi quantitativa dei dati, le *Scoping Review* hanno un obiettivo più ampio.

Esse permettono di:

- Esaminare la varietà degli approcci terapeutici esistenti;
- Identificare lacune nella letteratura;
- Categorizzare i principali temi di ricerca esistenti;
- Fornire una base per successive indagini più mirate;

La metodologia utilizzata segue la *check-list* del PRISMA *Extension for Scoping Review* (PRISMA-ScR RIFERIMENTO BIBLIO 24. *Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses extension for Scoping Reviews* (PRISMA-ScR) Checklist.

Available from:

https://static1.squarespace.com/static/65b880e13b6ca75573dfe217/t/65b9e60d891cf662fa5f7c13/1706681870986/PRISMA-ScR-Fillable-Checklist_11Sept2019.pdf

Questo modello è ampiamente riconosciuto a livello internazionale e assicura una conduzione trasparente, sistematica e riproducibile del processo di revisione.

La scelta metodologica è motivata dalla necessità di esplorare un tema complesso e ampio come il *Freezing of Gait* (FOG) nella malattia di Parkinson, che coinvolge molteplici sistemi (motorio, esecutivo e sensoriale) e approcci terapeutici molto differenti tra loro. La *Scoping Review* consente quindi di integrare e confrontare evidenze eterogenee, mantenendo un rigore esecutivo adeguato al livello di indagine.

2.1 FORMULAZIONE DEL QUESITO CLINICO

Per strutturare il quesito della tesi è stato adottato il modello PCC, uno strumento metodologico utile per delimitare il campo di ricerca nelle *Scoping Review*.

In questa tesi, il modello PCC è stato applicato come segue:

- P (popolazione): pazienti adulti con diagnosi di malattia di Parkinson e presenza di *Freezing of Gait*;
- C (concetto): interventi fisioterapici o riabilitativi mirati alla gestione del FOG;
- C (contesto): ambiente clinico, ambulatoriale, ospedaliero o domiciliare;

Il quesito clinico risultante può essere così sintetizzato:

“Quali sono gli approcci fisioterapici descritti nella letteratura scientifica per la riabilitazione del *Freezing of Gait* (FOG) nei pazienti con malattia di Parkinson (PD), e come viene caratterizzato e misurato il loro impatto sulla riduzione degli episodi di FOG, sul miglioramento della deambulazione e sulla qualità della vita del paziente?”

2.2 CRITERI DI ELEGGIBILITÀ

La selezione degli articoli è stata effettuata per garantire coerenza con l'obiettivo della tesi e assicurare una buona qualità degli studi inclusi. Gli studi considerati eleggibili per l'inclusione in questa tesi di *Scoping Review* devono soddisfare i seguenti criteri, basati sul *framework* PCC (Popolazione, Concetto, Contesto):

CRITERI DI INCLUSIONE:

Popolazione (P):

- Pazienti adulti (≥ 18 anni) con diagnosi confermata di malattia di Parkinson;
- Presenza documentata di *Freezing of Gait*;

Concetto (C):

- Tipologia di intervento: studi primari e secondari che descrivono e valutano l'efficacia di interventi riabilitativi o fisioterapici focalizzati sulla gestione, riabilitazione o riduzione del FOG;

- *Outcomes* misurati: gli studi devono riportare esiti relativi all'efficacia degli interventi inclusi attraverso dei parametri numerici riferiti a specifiche scale di valutazione, ad esempio:
 - gravità del FOG (es. FOG-Q);
 - qualità della deambulazione (es. velocità, lunghezza del passo, *Timed Up and Go* - TUG);
 - equilibrio e funzione motoria (es. *Berg Balance Scale* - BBS);
 - qualità della vita (QoL) correlata alla malattia di Parkinson;

Contesto (C):

- Tipologia di studi: saranno inclusi tutti i tipi di studi che riportano dati originali, come *trial* clinici randomizzati (RCT), studi clinici controllati, studi osservazionali e *case series*. Saranno considerate anche revisioni sistematiche e meta-analisi per identificare ulteriori fonti e fornire un'ampia panoramica del campo di ricerca;
- Limiti di pubblicazione:
 - periodo di pubblicazione: studi pubblicati tra il 1° gennaio 2010 e 30 giugno 2025;
 - lingua: articoli in italiano o inglese;
 - area geografica: nessuna restrizione geografica;

CRITERI DI ESCLUSIONE:

- Studi focalizzati esclusivamente su trattamenti farmacologici o chirurgici senza componente riabilitativa;
- Studi condotti su soggetti con diagnosi differente da Parkinson (es. Parkinsonismi atipici, demenze);
- Letteratura grigia come: *abstract*, lettere all'editore, editoriali o articoli di opinione privi di dati sperimentali;

2.3 STRATEGIE DI RICERCA

La ricerca bibliografica è stata condotta tra marzo e giugno 2025 utilizzando le seguenti banche dati elettroniche: *PubMed*, *Cochrane Library*, *PEDro* e il motore di ricerca *Google Scholar*.

La stringa è stata utilizzata per la prima volta il 9 marzo 2025 e l'intervallo temporale considerato è compreso tra 2010 e il 2025.

Per la ricerca bibliografica, sono state elaborate e utilizzate combinazioni specifiche di parole chiave e descrittori MeSH (*Medical Subject Headings*), seguendo la sintassi e la logica booleana di ciascun *database* e motore di ricerca.

Le stringhe di ricerca sono state costruite combinando i termini relativi alla popolazione, al concetto e al contesto, utilizzando gli operatori booleani AND e OR per affinare i risultati.

Queste sono le parole utilizzate nella ricerca: *Parkinson Disease*, *Parkinsonian Disorders*, *Parkinson's Disease*, *Freezing of Gait*, *Gait Disorders*, *Neurologic*, *Physical Therapy Modalities*, *Exercise Therapy*, *Rehabilitation*, *Physiotherapy*, *Physical therapy*, *gait freezing*, *parkinson*, *Physical Training*, *Physical Rehabilitation*.

Le stringhe di ricerca sono le seguenti:

- *PubMed*:
("Parkinson Disease"[Mesh] OR "Parkinsonian Disorders"[Mesh] OR "Parkinson's disease"[tiab]) AND ("Freezing of Gait"[Mesh] OR "Gait Disorders, Neurologic"[Mesh] OR "Freezing of Gait"[tiab]) AND ("Physical Therapy Modalities"[Mesh] OR "Exercise Therapy"[Mesh] OR "Rehabilitation"[Mesh] OR "Physiotherapy" OR "Physical therapy");
- *Cochrane Library*:
("freezing of gait" OR "gait freezing" OR "gait disorder*") AND ("parkinson disease" OR parkinson*) AND (MeSH descriptor: [Physical Therapy Modalities] OR MeSH descriptor: [Exercise Therapy] OR MeSH descriptor: [Rehabilitation] OR physiotherap* OR "physical therap*" OR rehabilitat*);
- *PEDro*:
"Freezing of Gait" AND "Parkinson Disease" AND (Physiotherapy OR "Physical Therapy" OR "Exercise Therapy" OR "Physical Training") AND (Rehabilitation OR Rehabilitat*);

- *Google Scholar:*

"Freezing of Gait" AND "Parkinson Disease" AND (Physiotherapy OR "Physical Therapy" OR "Exercise Therapy") AND (Rehabilitation OR "Physical Rehabilitation");

2.4 PROCESSO DI SELEZIONE DEGLI STUDI

Il processo di selezione degli studi è avvenuto in diverse fasi.

Terminata la ricerca, per prima cosa sono stati rimossi i duplicati tramite controllo incrociato tra le diverse banche dati, successivamente è stato effettuato uno *screening* mediante titolo e abstract per valutare la pertinenza rispetto al quesito.

Infine, mediante la lettura dei *full text* e l'analisi critica della loro della pertinenza rispetto ai criteri di inclusione, sono stati eliminati ulteriori articoli.

I dati selezionati sono stati organizzati secondo il diagramma PRISMA, che illustra il numero di articoli identificati, esclusi e inclusi in ogni fase.

La selezione è stata effettuata in autonomia, con revisione da parte del relatore nei casi dubbi.

2.5 DIAGRAMMA DI FLUSSO

La ricerca è stata eseguita utilizzando 3 banche dati: *PubMed*, *PEDro*, *Cochrane Library*; e 1 motore di ricerca: *Google Scholar*.

Utilizzando le stringhe riportate nella sezione del capitolo 2 “2.3 Strategie di ricerca” sono stati individuati 149 articoli in totale, di cui 60 da *PubMed*, 31 da *PEDro*, 23 da *Cochrane Library* e 35 da *Google Scholar*.

Inizialmente sono stati eliminati 5 articoli duplicati, i restanti 144 sono passati alla selezione attraverso la lettura di titolo e *abstract* che successivamente ha portato all'eliminazione di 68 di essi.

I 76 articoli rimanenti sono stati revisionati mediante lettura dei *full text* sulla base dei criteri di eleggibilità prestabiliti.

A seguito della lettura dei *full text* sono stati esclusi altri 31 articoli; infine, i 45 articoli valutati per eleggibilità sono stati revisionati e analizzati portando all'ulteriore esclusione di 36 articoli, non essendo questi ultimi pertinenti al quesito di questa tesi.

In conclusione, dei 149 articoli iniziali ne sono stati selezionati 9 in totale. Il processo di selezione degli articoli sopra descritto è stato rappresentato mediante la *Flow-chart* di seguito riportata (*Figura I*).

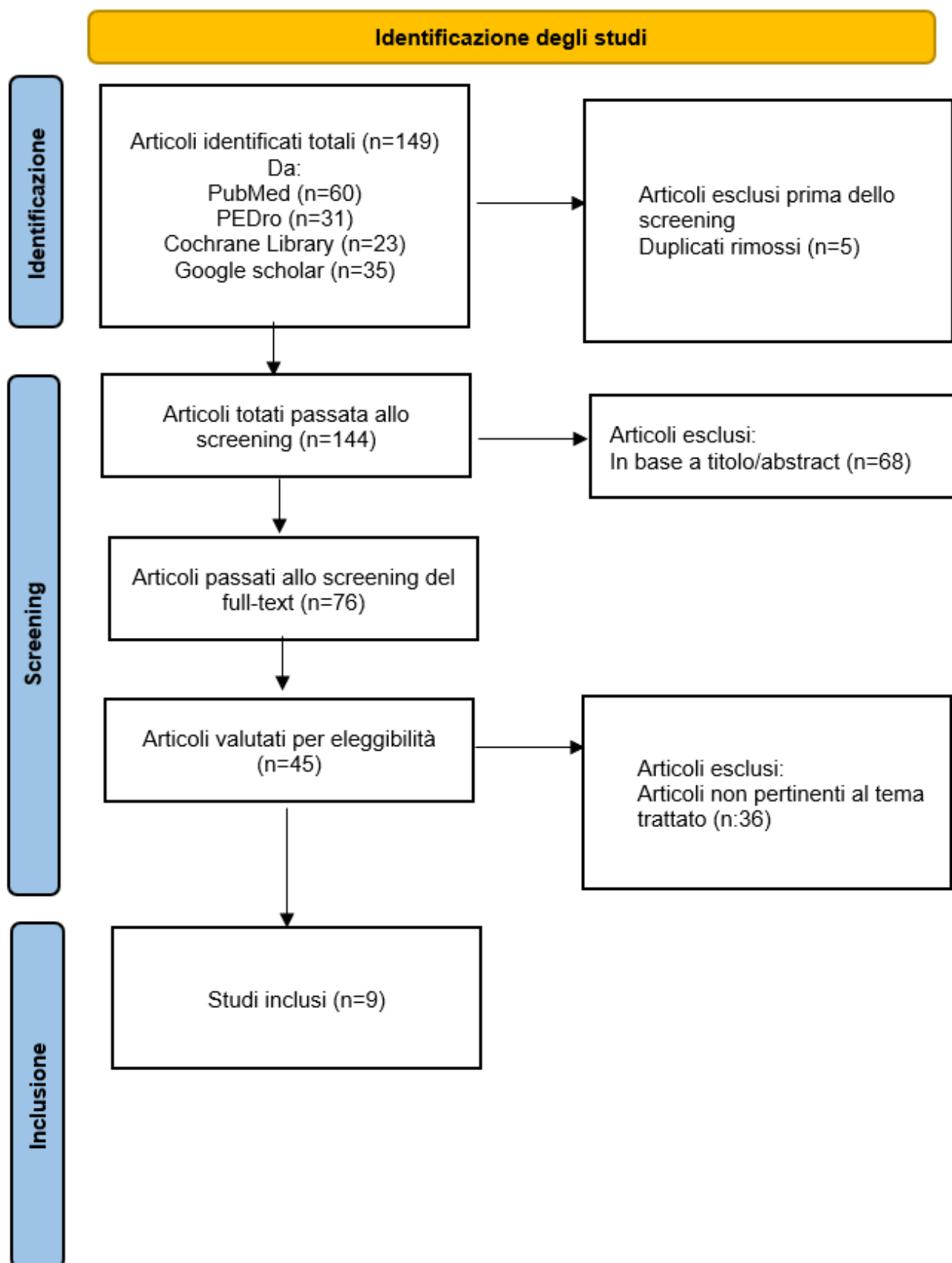


Figura I: PRISMA flow diagram for new Systematics Reviews which included searches of databases and registers only.

2.6 PROCESSO DI ESTRAZIONE DEI DATI: *DATA CHARTING*

Gli studi inclusi sono stati successivamente suddivisi nei tre macro-temi individuati (esercizio terapeutico, *cues*, stimolazione cerebrale) e per ciascuno è stato sviluppato un modulo di estrazione dati “*DATA CHARTING*”, essenziali per un’analisi qualitativa e dettagliata degli articoli, che ha portato alla raccolta delle seguenti informazioni:

- Titolo;
- Autori;
- Anno;
- Obiettivo dello studio;
- Tipo di studio;
- Numero di soggetti;
- Età media;
- Sesso;
- Criteri di inclusione ed esclusione;
- Diagnosi;
- Tipo di intervento;
- Durata/frequenza;
- *Outcomes* principali;
- Conclusioni;
- Limiti dichiarati;

L’analisi è stata condotta in forma descrittiva e qualitativa, senza sintesi statistica, in linea con l’obiettivo esplorativo della *Scoping Review*.

CAPITOLO 3: RISULTATI

3.1 CARATTERISTICHE DEGLI STUDI

Il campione finale incluso in questa revisione è composto da 9 studi scientifici, pubblicati dal 2010 al 2025. Questo dato temporale merita particolare attenzione, poiché testimonia come il *Freezing of Gait* (FOG) nella malattia di Parkinson abbia suscitato notevole interesse nella comunità scientifica internazionale. La concentrazione di lavori recenti riflette la crescente consapevolezza che il FOG rappresenti una delle complicanze più invalidanti della malattia, spesso resistente alla terapia farmacologica dopaminergica, e che richieda strategie innovative di trattamento, con un'attenzione sempre maggiore sugli interventi riabilitativi.

Gli studi provengono da diversi paesi, tra i quali: Stati Uniti, Brasile, Corea del Sud, Cina, Medio Oriente ed Europa. Il problema del *Freezing* non è quindi una sfida locale, ma una questione globale di sanità pubblica, con importanti ricadute sulla qualità della vita dei pazienti, sul rischio cadute e disabilità.

È interessante notare come i diversi contesti culturali e sanitari abbiano proposto approcci differenti, in parte legati alle risorse disponibili (ad esempio, laboratori di riabilitazione robotica nei paesi con maggiore investimento tecnologico) e in parte influenzati da tradizioni terapeutiche specifiche (come la danza in America Latina). Questa eterogeneità arricchisce la prospettiva della *Scoping Review*, pur rendendo più complessa la generalizzazione dei risultati.

Per quanto riguarda il tipo di studi, la letteratura analizzata si presenta diversificata:

- 4 *Trial* Randomizzati Controllati (RCT) costituiscono il nucleo più robusto, avendo valutato protocolli riabilitativi innovativi e tecnologie emergenti, tra cui l'allenamento contro resistenza con instabilità, l'idrochinesiterapia, l'AOT e la corrente elettrica *trans*-cranica;
- 2 Revisioni Sistematiche & Meta-Analisi hanno sintetizzato le evidenze disponibili sul ruolo della danza terapeutica e sul *robot-assisted gait training*;
- 1 Studio Osservazionale in cui viene analizzata l'efficacia del *treadmill* contro gravità;
- 1 Studio Clinico sulla DBS;
- 1 Studio Pilota sul *robot-assisted gait training*;

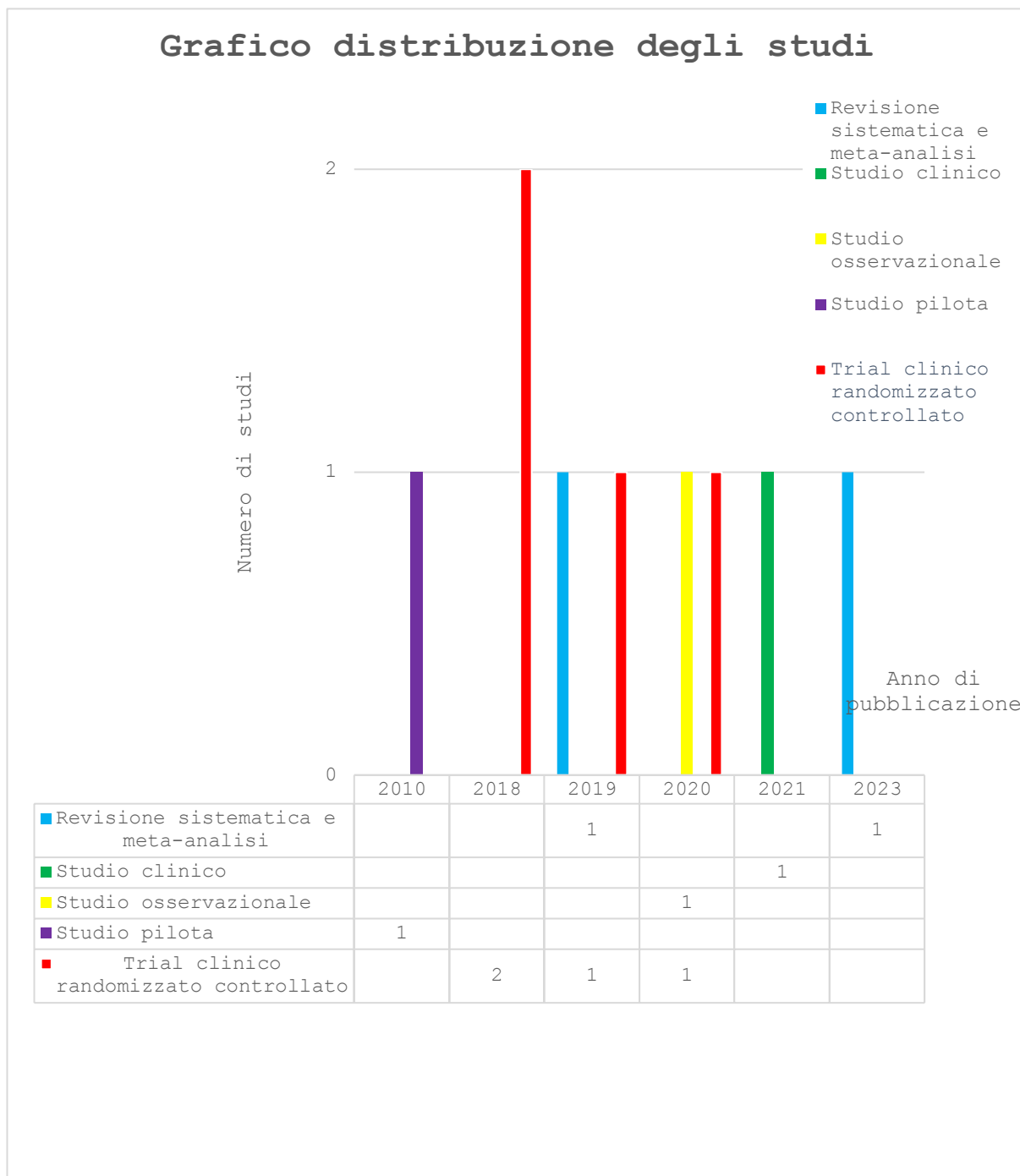


Grafico I: Distribuzione degli studi in base alla tipologia e all'anno di pubblicazione.

Questa varietà di disegni riflette il tentativo della letteratura di bilanciare la solidità metodologica degli RCT con la capacità delle revisioni e degli studi osservazionali e di fornire un quadro più ampio e realistico della pratica clinica. Tuttavia, tale diversità metodologica rappresenta anche una sfida interpretativa, poiché limita la possibilità di confronti diretti e rende complessa la standardizzazione dei protocolli.

Le dimensioni campionarie degli studi analizzati risultano estremamente variabili. Alcuni RCT pilota hanno incluso meno di 20 soggetti, con inevitabili limiti di riproducibilità statistica, mentre altri lavori, come lo studio osservazionale di Bazabal-Carvalho et al. (2020), hanno arruolato più di 50 pazienti, consentendo analisi più robuste. Le revisioni sistematiche e le meta-analisi, pur non coinvolgendo direttamente pazienti, hanno preso in considerazione complessivamente diverse centinaia di individui, offrendo quindi una visione più ampia pur con il limite intrinseco della variabilità metodologica degli studi inclusi.

Le caratteristiche cliniche e demografiche dei partecipanti sono risultate relativamente omogenee: l'età media si colloca prevalentemente tra i 60 e i 70 anni, un dato in linea con l'epidemiologia della malattia nelle fasi intermedie e avanzate. La maggior parte degli studi ha incluso pazienti con diagnosi di malattia di Parkinson in fase moderata e avanzata, caratterizzati da sintomi di FOG persistenti e refrattari al solo trattamento farmacologico. Questo elemento è particolarmente rilevante, poiché sottolinea come il FOG emerga tipicamente in uno stadio della malattia in cui la gestione clinica diventa più complessa e multidimensionale. In alcuni studi, inoltre, è stata considerata la presenza di cadute ricorrenti, altro indicatore della gravità e dell'impatto funzionale del FOG.

Gli interventi analizzati rappresentano un panorama ampio e diversificato:

- Programmi di riabilitazione motoria tradizionale o innovativa, come il *resistance training* con instabilità, volti a migliorare la forza e il controllo posturale;
- Strategie di *cueing* esterno (visivo, uditivo o tattile), utili per fornire ritmicità a pazienti che si trovano in difficoltà nell'eseguire determinati movimenti o spostamenti durante la giornata;
- Tecnologie avanzate, quali il *treadmill* antigravitazionale e altri sistemi robotici di *training* al cammino, che integrano componenti riabilitative con soluzioni tecnologiche innovative;
- Approcci espressivi e creativi, in particolare la danza terapeutica, capace di integrare stimolazione motoria, cognitiva e sociale;
- Neuromodulazione invasiva, rappresentata dalla stimolazione cerebrale profonda (STN-DBS), che costituisce un intervento chirurgico indicato nei casi refrattari e con sintomi motori gravi;

Questa ampia gamma di strategie riflette la natura multifattoriale del FOG, che non è attribuibile a un'unica disfunzione motoria, ma risulta dall'interazione complessa tra *deficit* esecutivi, disfunzioni dei circuiti motori sottocorticali e alterazioni dei meccanismi di inibizione cognitiva. Da ciò deriva la necessità di un approccio multidimensionale, capace di integrare interventi motori, cognitivi, sensoriali e, nei casi più complessi, neurochirurgici.

Dal punto di vista della qualità metodologica, gli RCT e le meta-analisi rappresentano le evidenze più solide, anche se spesso limitate da campioni ridotti e da protocolli di breve durata. I *follow-up* sono generalmente limitati a poche settimane o mesi. Gli studi prospettici e osservazionali, pur offrendo spunti interessanti sulla realtà clinica quotidiana, risultano maggiormente esposti a *bias* e non consentono inferenze causali definitive.

In sintesi, il campione degli studi inclusi delinea una letteratura giovane, in rapida crescita e caratterizzata da una notevole eterogeneità di approcci terapeutici. Da un lato, questa diversità costituisce un valore, in quanto dimostra la vivacità della ricerca e l'attenzione a molteplici dimensioni del FOG; dall'altro, pone sfide significative per la standardizzazione delle pratiche cliniche e per l'elaborazione di linee guida univoche. La successiva analisi dei risultati consentirà di valutare più nel dettaglio quali di questi approcci abbiano prodotto i maggiori benefici e con quale grado di evidenza, fornendo così risposte concrete al quesito di ricerca di questa tesi.

3.2 TABELLA SINOTTICA

L'analisi dettagliata di ognuno dei 9 articoli ha portato all'estrazione dei seguenti dati: titolo dell'articolo, autori, anno di pubblicazione, obiettivo dello studio, tipo di studio, numero dei soggetti, età media, sesso, conclusioni e limiti dichiarati.

La selezione dei dati è stata effettuata con il fine di avere delle informazioni comuni da confrontare le quali sono state riportate in una tabella sinottica inserita in allegato (*Tabella I*).

3.3 SINTESI DEI RISULTATI

I 9 articoli selezionati sono stati suddivisi in 3 macro-temi: esercizio terapeutico (5 articoli), *cues* (2 articoli) e stimolazione cerebrale (2). Per ognuno di essi sono stati individuati dei micro-temi così riassumibili:

- Esercizio terapeutico:
 - Esercizio contro resistenza;
 - Gait training*;
 - Idrochinesiterapia;
- *Cues*:
 - Danza;
 - Action observation therapy* (AOT);
- Stimolazione cerebrale:
 - Stimolazione elettrica *trans*-cranica;
 - Stimolazione profonda dei nuclei della base (DBS);

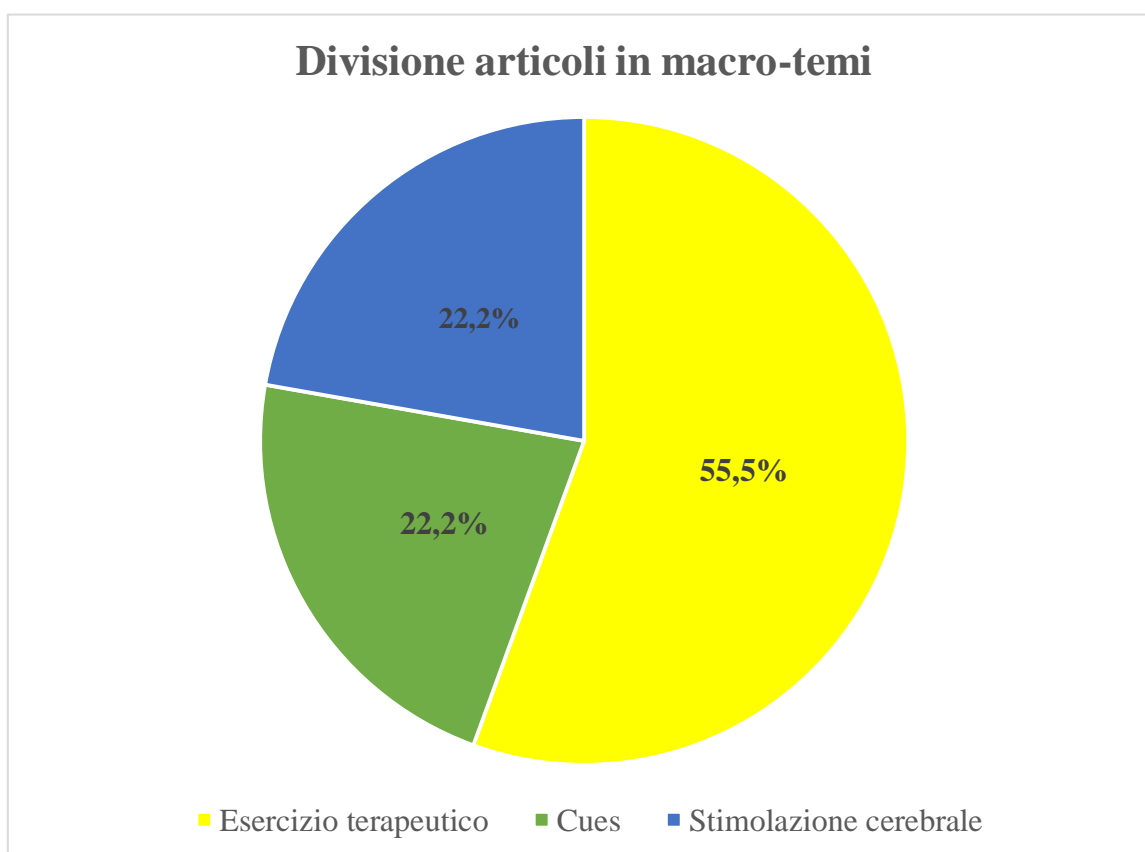


Grafico II: Distribuzione degli studi in relazione ai tre macro-temi di classificazione.

TITOLO	AUTORI	TIPO DI STUDIO
<i>A Randomized Controlled Trial of Exercise for Parkinsonian Individuals with Freezing of Gait</i>	Carla Silva-Batista, Andrea Cristina de Lima-Pardini, Mariana Penteado Nucci, Daniel Boari Coelho, Alana Batista, Maria Elisa Pimentel Piemonte, Egberto Reis Barbosa, Luis Augusto Teixeira, Daniel M. Corcos, Edson Amaro Jr, Fay B. Horak, Carlos Ugrinowitsch (2020)	RCT
<i>Anti-Gravity Treadmill Training for Freezing of Gait in Parkinson's Disease</i>	José Fidel Baizabal-Carvallo, Marlene Alonso-Juarez, Robert Fekete (2020)	Studio Osservazionale
<i>Effectiveness of robot-assisted gait training on freezing of gait in people with Parkinson disease: evidence from a literature review</i>	Mohammad Alwardat, Mohammad Etoom (2019)	Revisione Sistematica & Meta-Analisi

<i>Land Plus Aquatic Therapy Versus Land-Based Rehabilitation Alone for the Treatment of Freezing of Gait in Parkinson Disease: A Randomized Controlled Trial</i>	Ilaria Clerici, Roberto Maestri, Francesca Bonetti, Paola Ortelli, Daniele Volpe, Davide Ferrazzoli, Giuseppe Frazzitta (2019)	RCT
<i>Reduction of freezing of gait in Parkinson's disease by repetitive robot-assisted treadmill training: a pilot study</i>	Albert C Lo, Victoria C Chang, Milena A Gianfrancesco, Joseph H Friedman, Tara S Patterson, Douglas F Benedicto (2010)	Studio Pilota
<i>Effect of dancing on freezing of gait in patients with Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis</i>	Hayam Mahmoud Mahmoud, Zenab Ibrahim Al-Turkistani, Mohamed Salaheldien Alayat, Ehab Mohamed Abd El-Kafy, Amir Abdel Raouf El Fiky (2023)	Revisione Sistemática & Meta-Analisi
<i>Effect of Group-Based Rehabilitation Combining Action Observation with Physiotherapy on Freezing of Gait in Parkinson's Disease</i>	Elisa Pelosin, Roberta Barella, Cristina Bet, Elisabetta Magioncalda, Martina Putzolu, Francesca Di Biasio, Cecilia Cerulli, Mauro Casaleggio, Giovanni Abbruzzese, Laura Avanzino (2018)	RCT

<i>Multitarget Transcranial Direct Current Stimulation for Freezing of Gait in Parkinson's Disease</i>	Moria Dagan, Talia Herman, Rachel Harrison, Junhong Zhou, Nir Giladi, Giulio Ruffini, Brad Manor, Jeffrey M. Hausdorff (2018)	RCT
<i>Long-term effect of subthalamic nucleus deep brain stimulation on freezing of gait in Parkinson's disease</i>	Ryul Kim, Han-Joon Kim, Chaewon Shin, Hyeyoung Park, Aryun Kim, Sun Ha Paek, Beomseok Jeon (2021)	Studio Clinico

Tabella II: Tabella cromatica della suddivisione in macro-temi.

L'analisi dei nove studi inclusi ha messo in evidenza una notevole eterogeneità degli interventi proposti per affrontare il *Freezing of Gait* (FOG). Nonostante le differenze metodologiche, emergono alcune tendenze comuni che consentono di delineare un quadro complessivo delle strategie più promettenti.

Di seguito viene riportata un'analisi dettagliata dei contenuti dei macro-temi (Esercizio terapeutico – *Cues* - Stimolazione cerebrale) e dei corrispettivi micro-temi (Esercizio contro resistenza, *Gait training*, Idrochinesiterapia - Danza, *Action observation therapy*- Stimolazione elettrica *trans*-cranica, Stimolazione profonda dei nuclei della base).

3.4 ESERCIZIO TERAPEUTICO

Negli ultimi decenni l'esercizio terapeutico ha assunto un ruolo sempre più centrale nella riabilitazione della malattia di Parkinson, classificandosi come un intervento essenziale accanto alla terapia farmacologica e, nei casi selezionati, a quella chirurgica. L'impiego della fisioterapia e, in particolare, dei programmi di esercizio strutturato, è oggi considerato parte integrante del percorso terapeutico del paziente Parkinsoniano, al punto che numerose linee guida internazionali ne raccomandano l'applicazione sistematica già dalle fasi iniziali della malattia.

Il razionale di tale diffusione si fonda sull'evidenza che l'esercizio terapeutico rappresenta una modalità non invasiva, sicura e sostenibile per affrontare molte delle complicazioni motorie e

non motorie che caratterizzano la patologia. In un contesto clinico in cui la terapia farmacologica da sola non è in grado di risolvere tutte le disfunzioni funzionali, in particolare quelle legate al *Freezing of Gait*, all'instabilità posturale e ai disturbi dell'equilibrio, queste tecniche di trattamento offrono un contributo fondamentale al mantenimento dell'autonomia e alla qualità di vita.

Oggi l'esercizio terapeutico viene ampiamente utilizzato nei centri di riabilitazione e nei programmi ambulatoriali destinati ai pazienti con PD. I protocolli sono molteplici e spaziano dall'allenamento su *treadmill*, spesso associato a *cueing* visivo o uditivo, agli esercizi di rinforzo muscolare, dell'equilibrio agli approcci più innovativi che prevedono l'impiego di realtà virtuale, esercizi *dual-task* o allenamenti ad alta complessità motoria.

Questa varietà riflette la complessità del disturbo Parkinsoniano, che non coinvolge soltanto il quadro motorio, ma si estende agli aspetti cognitivi e sociali. Di conseguenza, l'esercizio terapeutico viene applicato con vari obiettivi: migliorare la mobilità, ridurre i sintomi cardinali come la bradicinesia e la rigidità, prevenire le cadute, ma anche stimolare le funzioni cognitive, ridurre l'ansia e la depressione, quindi promuovere il benessere generale.

In questo senso, l'utilizzo dell'esercizio terapeutico non si limita al trattamento delle fasi avanzate o dei sintomi refrattari, ma trova spazio lungo tutto il decorso della malattia, dal momento della diagnosi fino agli stadi più complessi, adattando intensità, durata e modalità degli interventi alle condizioni cliniche del paziente.

Oltre all'ampio impiego clinico, l'esercizio terapeutico possiede potenzialità significative che lo rendono una risorsa chiave nella gestione del PD. Numerosi studi hanno dimostrato che l'attività fisica regolare induce neuroplasticità, favorendo la produzione di fattori neurotrofici (come il BDNF), il miglioramento della connettività sinaptica e la modulazione dei circuiti neuronali implicati nel controllo motorio. Tutti questi meccanismi contribuiscono non solo a contrastare la progressione dei *deficit*, ma anche a facilitare l'apprendimento motorio e la compensazione funzionale garantendo al paziente risultati concreti.

La gravità complessiva dei sintomi valutata tramite scale standardizzate come la “*Unified Parkinson's Disease Rating Scale*” (UPDRS).

Un ulteriore aspetto cruciale riguarda la prevenzione delle complicanze secondarie. Nei pazienti con PD, la riduzione della mobilità e il progressivo declino motorio espongono a un alto rischio di cadute, fratture e perdita di autonomia. L'esercizio terapeutico, attraverso il rinforzo muscolare, l'allenamento dell'equilibrio e la stimolazione delle strategie posturali, rappresenta un mezzo efficace per contenere tali rischi e mantenere la capacità funzionale.

Infine, va sottolineato l'impatto dell'esercizio sul piano sociale: partecipare a programmi strutturati di attività fisica, spesso condotti in piccoli gruppi, favorisce la socializzazione, riduce l'isolamento e migliora la percezione di autoefficacia del paziente.

3.4.1 Esercizio contro resistenza

Lo studio di Silva Batista et al. (2020) rappresenta una delle ricerche più solide sull'efficacia dell'esercizio terapeutico nel trattamento del FOG nei pazienti con malattia di Parkinson. L'indagine ha confrontato due programmi riabilitativi: *l'Adapted Resistance Training with Instability* (ARTI), basato su esercizi di forza eseguiti su superfici instabili e con elevata complessità motoria, e la *Traditional Motor Rehabilitation* (TMR), utilizzata come controllo attivo.

I risultati hanno mostrato che solo il gruppo ARTI ha ottenuto miglioramenti rilevanti nella severità del FOG, misurata sia soggettivamente con il *New Freezing of Gait Questionnaire* (NFOGQ) sia oggettivamente con il FOG-ratio durante un compito di svolta. In particolare, la riduzione di 4,4 punti al NFOGQ e di 7,4 punti all'UPDRS-III ha superato le soglie di cambiamento clinicamente significativo per il Parkinson, indicando un effetto robusto e non attribuibile al caso.

Accanto a questi risultati, il gruppo ARTI ha mostrato miglioramenti su diversi esiti secondari:

- *Cognitive inhibition*, valutata con lo Stroop-III test, suggerendo un effetto anche sulle funzioni esecutive;
- Qualità della vita, con riduzione dei punteggi al PDQ-39;
- *Anticipatory Postural Adjustments* (APA), con aumento dell'ampiezza, indicativi di una migliore preparazione posturale al passo;
- Attivazione cerebrale, con incremento del segnale BOLD nella *mesencephalic locomotor region* (MLR) e nel cervelletto (CLR), aree fortemente coinvolte nel controllo del cammino e nella patogenesi del FOG;

Al contrario, il gruppo TMR non ha riportato miglioramenti significativi e, in alcuni parametri, ha mostrato addirittura un peggioramento (es. incremento del FOG-ratio).

L'interpretazione degli autori è che la maggiore efficacia dell'ARTI dipenda dalla sua capacità di fondere compiti motori complessi e cognitivamente impegnativi, i quali stimolano la neuroplasticità e favoriscono la riattivazione di circuiti cerebrali compromessi, in particolare a livello mesencefalico e cerebellare. Ciò supporta l'idea che interventi basati solo su esercizi semplici e ripetitivi (come la TMR) siano meno efficaci.

In conclusione, lo studio fornisce evidenze forti a favore dell'integrazione di esercizi complessi con instabilità nei programmi di fisioterapia per pazienti con Parkinson e FOG, dimostrando che tali protocolli non solo migliorano i sintomi clinici e la qualità di vita, ma sono anche in grado di indurre plasticità cerebrale funzionale, un elemento fondamentale per contrastare la progressione dei disturbi del cammino.

3.4.2 *Gait training*

Le tecnologie avanzate di *training* al cammino costituiscono un altro filone emergente.

Lo studio di Baizabal Carvallo et al. (2020) ha valutato l'efficacia del *treadmill* antigravitazionale nel trattamento del FOG. L'intervento prevedeva 8 sessioni in 4 settimane, con una riduzione del 50% del peso corporeo durante il cammino.

I risultati hanno mostrato che, sui 19 pazienti che hanno completato il protocollo, vi è stato un miglioramento significativo dei punteggi al *Freezing of Gait Questionnaire* (FOGQ) ($p=0.001$) e una riduzione media di 7 secondi nel *Timed Up and Go* (TUG) ($p=0.004$).

Inoltre, l'84% dei pazienti ha riferito un miglioramento soggettivo moderato o marcato nella deambulazione.

Quello che mostrano i dati è che la riduzione del carico corporeo consenta di alleggerire il compito motorio, facilitando l'inizio e il proseguimento del passo, riducendo anche il rischio di cadute. Purtroppo, lo studio presenta alcuni limiti: un campione ridotto, l'assenza di gruppo di controllo e una breve durata dell'intervento. Nonostante ciò, i dati suggeriscono che il *treadmill* antigravitazionale possa essere un'opzione utile soprattutto per pazienti con FOG severo e mobilità ridotta, grazie al supporto di sicurezza e alla possibilità di allenare il cammino senza sovraccaricare le articolazioni.

La revisione di Alwardat et al. (2020) ha analizzato gli studi disponibili sull'efficacia del *robot-assisted gait training* (RAGT) nel trattamento del FOG nei pazienti Parkinsoniani. I *robot* più utilizzati erano dispositivi come *Lokomat*, progettati per fornire cammino guidato e ripetitivo con possibilità di regolazione dei parametri di assistenza.

Gli autori riportano che il RAGT produce un miglioramento clinico significativo dei parametri del cammino (velocità, lunghezza del passo, simmetria) e una riduzione della frequenza e della gravità del FOG, in particolare nei pazienti con elevato rischio di cadute. Inoltre, la ripetitività e l'elevata intensità del *training* robotico sembrano stimolare la neuroplasticità.

Tuttavia, la revisione presenta limiti metodologici: l'utilizzo di campioni spesso piccoli, di protocolli eterogenei e la scarsa presenza di *follow-up* a lungo termine. Nonostante queste criticità, le evidenze raccolte supportano il RAGT come intervento promettente, soprattutto in

contesti riabilitativi intensivi, e suggeriscono che possa rappresentare un complemento efficace al *training* tradizionale. Conclusioni analoghe sono state evidenziate dallo studio di Lo et al. (2010).

Entrambi gli articoli dimostrano che il *Gait Training* assistito da tecnologia può produrre effetti benefici sul FOG nel Parkinson. Il *treadmill* antigravitazionale agisce riducendo il carico meccanico e facilitando l'inizio del passo, mentre il *robot-assisted gait training* punta sulla ripetitività e l'intensità del cammino guidato per stimolare neuroplasticità.

Sia la prima che la seconda metodologia rappresentano approcci innovativi e promettenti per la riabilitazione dei disturbi del cammino nel PD, da integrare ai programmi fisioterapici convenzionali.

3.4.3 Idrochinesiterapia

Lo studio di Ilaria Clerici et al. (2019) ha confrontato l'efficacia di un programma combinato di riabilitazione terrestre e idrochinesiterapia rispetto alla sola riabilitazione a terra nel trattamento del FOG. Il rationale era che l'ambiente acquatico, grazie alla riduzione del carico corporeo e alle caratteristiche propriocettive, potesse amplificare gli effetti della riabilitazione tradizionale sul cammino e sull'instabilità posturale.

I risultati hanno mostrato che entrambi i gruppi hanno ottenuto miglioramenti significativi, ma il gruppo sottoposto a idrochinesiterapia ha riportato maggiori benefici. In particolare, questo gruppo ha registrato una riduzione clinicamente significativa della frequenza e gravità degli episodi di FOG (valutati tramite *Freezing of Gait Questionnaire*), un miglioramento dei punteggi motori alla *Unified Parkinson's Disease Rating Scale* (UPDRS-III) e un incremento della velocità del cammino e della lunghezza del passo. Inoltre, l'effetto positivo si è mantenuto in maniera più stabile al *follow-up* rispetto al gruppo trattato solo a terra.

Dal punto di vista clinico, lo studio suggerisce che l'aggiunta di esercizi in acqua offra un vantaggio funzionale importante: la spinta idrostatica e la riduzione della gravità facilitano l'avvio e la continuità del passo, riducendo il rischio di *Freezing* e migliorando la sicurezza del paziente. L'ambiente acquatico, inoltre, sembra favorire la variabilità motoria e la plasticità neuromuscolare, aspetti fondamentali per contrastare i blocchi motori.

3.5 CUES

Con il termine “*cues*” si intendono stimoli esterni, di natura visiva, uditiva o tattile, in grado di fornire al paziente un riferimento temporale o spaziale utile a facilitare l’inizio e il mantenimento del movimento.

La motivazione che sostiene il loro utilizzo si fonda sull’osservazione che, nei pazienti con PD, i circuiti interni deputati alla programmazione e all’automatizzazione del movimento risultano deficitari a causa del deterioramento dei gangli della base (*substantia nigra*). Gli stimoli esterni, quindi, agiscono come strategie compensatorie, sostituendo i meccanismi automatici compromessi e attivando circuiti alternativi per consentire l’esecuzione del movimento.

I *cues* sono ampiamente utilizzati in ambito riabilitativo, sia nei *setting* clinici che negli interventi domiciliari. Vengono impiegati in diverse modalità:

- *Cues* visivi, come linee orizzontali sul pavimento o luci *laser*, che forniscono riferimenti spaziali e aiutano a regolare la lunghezza del passo;
- *Cues* uditivi, come il ritmo di un metronomo o della musica, che agiscono da stimoli temporali e favoriscono la regolarità e la velocità del cammino;
- *Cues* tattili o propriocettivi, ad esempio vibrazioni applicate tramite dispositivi indossabili, che possono sincronizzare l’inizio del movimento;

Questi strumenti vengono applicati in particolare per migliorare la deambulazione, affrontare il FOG, ridurre la variabilità del passo e supportare la capacità di iniziativa motoria. Il loro ampio impiego si deve alla relativa semplicità, economicità e sicurezza delle metodologie utilizzate, che possono essere impiegate in maniera personalizzata nei programmi di fisioterapia in base alle caratteristiche soggettive del paziente.

Oltre al diffuso utilizzo clinico, i *cues* presentano potenzialità significative che ne confermano il valore. Studi scientifici hanno mostrato che l’impiego regolare di segnali esterni può: migliorare i parametri del cammino (velocità, lunghezza e cadenza del passo), ridurre gli episodi di FOG, facilitando la transizione tra posture statiche e dinamiche e migliorando la capacità di avvio del movimento, incrementare la sicurezza e ridurre il rischio di cadute, uno degli aspetti più critici nella gestione della malattia, potenziare l’autonomia funzionale, consentendo al paziente di affrontare più agevolmente le attività della vita quotidiana.

Sul piano neurofisiologico, l’utilizzo dei *cues* può favorire la riorganizzazione corticale e l’attivazione di circuiti compensatori “non striatali”, come le aree corticali motorie e premotorie. Questa capacità di oltrepassare i circuiti compromessi spiega perché gli stimoli

esterni riescano a facilitare un movimento che, in assenza di *cues*, risulta difficile o impossibile da avviare.

Un aspetto di grande interesse è rappresentato dal coinvolgimento cognitivo: i *cues* forniscono al paziente un *focus* attentivo esterno che contrasta la perdita di automaticità, migliorando la consapevolezza motoria e stimolando la funzione esecutiva. Tale meccanismo si rivela particolarmente utile nei contesti di *dual-task*, dove la difficoltà di gestire contemporaneamente compiti cognitivi e motori favorisce l'insorgenza del FOG.

Infine, i *cues* possiedono una notevole potenzialità di integrazione con le nuove tecnologie. Oltre agli strumenti tradizionali, negli ultimi anni sono stati sviluppati dispositivi indossabili, applicazioni per *smartphone* e sistemi di realtà virtuale che consentono di fornire stimoli personalizzati e adattabili in tempo reale, aprendo nuove prospettive per la riabilitazione domiciliare e l'autogestione dei sintomi.

3.5.1 Danza

I risultati dello studio di Hayam Mahmoud Mahmoud et al. (2023) mostrano che la danza, pur avendo un impatto limitato sul *Freezing of Gait*, apporta benefici significativi sui sintomi motori e sull'equilibrio nei pazienti con Parkinson. Un aspetto centrale riguarda l'uso dei *cues* che la danza naturalmente incorpora. Questi stimoli esterni aiutano i pazienti a superare i blocchi motori fornendo punti di riferimento ritmici e spaziali che facilitano l'inizio e la prosecuzione del movimento. In particolare, la musica agisce come *cue* uditivo, il contatto con il partner come *cue* tattile e i passi di danza come *cue* visivo-motorio, creando un supporto multisensoriale. L'utilità dei *cues* emerge quindi nel ridurre l'automatismo compromesso del cammino, migliorare la coordinazione e rafforzare il senso di sicurezza durante la locomozione. In questo senso, la danza rappresenta non solo un esercizio motorio, ma una strategia di riabilitazione complessa che sfrutta i *cues* per compensare i *deficit* tipici del Parkinson.

Anche in questo caso la *review* segnala anche limiti metodologici: l'eterogeneità dei protocolli (tipo di danza, frequenza, durata) e la scarsa numerosità campionaria di alcuni studi inclusi riducono la validità delle conclusioni. È quindi necessaria una standardizzazione dei programmi e analisi con campioni più ampi.

3.5.2 Action observation therapy

Lo studio di Pelosin et al. (2018) ha evidenziato come l'*Action observation therapy* (AOT), se integrata con la fisioterapia di gruppo, rappresenti un approccio efficace nel trattamento del FOG nei pazienti con malattia di Parkinson. In particolare, i risultati hanno mostrato che l'AOT

è in grado di potenziare gli effetti della fisioterapia tradizionale, migliorando la capacità dei pazienti di effettuare spostamenti. L'osservazione di azioni motorie, seguita dall'esecuzione degli stessi movimenti, stimola i circuiti *mirror* e favorisce la programmazione motoria, contribuendo a ridurre la frequenza e la gravità degli episodi di *Freezing*. Dal punto di vista clinico e neurofisiologico, l'efficacia dell'AOT sembra legata all'attivazione dei circuiti fronto-parietali e premotori, che compensano i *deficit* dei gangli della base facilitando la programmazione e l'inizio del movimento. L'associazione con la fisioterapia permette di trasformare l'osservazione in esecuzione pratica, rafforzando l'apprendimento motorio attraverso un processo di "*embodied simulation*". Questo intervento si è rivelato particolarmente utile perché unisce componenti motorie e cognitive, risultando così un valido strumento riabilitativo da integrare nei percorsi terapeutici multimodali.

3.6 STIMOLAZIONE CEREBRALE

Grazie alle nuove conoscenze le tecniche di stimolazione cerebrale hanno assunto un ruolo di crescente rilievo nella gestione riabilitativa della malattia di Parkinson. Questi interventi si dividono in due principali categorie: le tecniche non invasive, come la stimolazione magnetica *trans*-cranica (TMS) e la stimolazione elettrica *trans*-cranica (tDCS/TES); e le tecniche invasive, prime fra tutte la stimolazione cerebrale profonda (DBS). Entrambe le modalità sono ampiamente utilizzate e presentano potenzialità promettenti nel migliorare i sintomi motori e non motori del PD.

Le tecniche non invasive offrono un approccio sicuro, tollerabile e facilmente integrabile negli ambulatori o in contesti domiciliari. Tali tecniche vengono sempre più utilizzate associate ai trattamenti farmacologici e riabilitativi, grazie alla loro possibilità di modulare l'attività neuronale senza la necessità di interventi chirurgici.

Per quanto riguarda le tecniche invasive la DBS rappresenta la principale opzione chirurgica nel paziente avanzato resistente alla terapia farmacologica. Prevede l'impianto di elettrodi nei nuclei della base (es. nucleo subtalamico, *globus pallidus* interno, talamo), collegati a un dispositivo impiantato, e adattato al singolo paziente. Recentemente, la DBS adattiva (aDBS), che regola la stimolazione in tempo reale sulla base dell'attività neurale, è stata approvata dalla FDA e si sta diffondendo clinicamente per offrire maggiore efficacia con minori effetti collaterali.

La stimolazione elettrica cerebrale, sia invasiva che non invasiva, ha dimostrato effetti significativi nei pazienti con malattia di Parkinson. La stimolazione cerebrale profonda (DBS) dei nuclei della base riduce tremore, rigidità e bradicinesia, migliorando la qualità della vita soprattutto nei pazienti con sintomi motori refrattari alla terapia farmacologica. Le tecniche non

invasive, come la stimolazione *trans*-cranica a corrente diretta (tDCS) e la stimolazione magnetica *trans*-cranica (TMS), modulano l'eccitabilità corticale e favoriscono la neuroplasticità, migliorando parametri motori come il cammino e l'equilibrio, ma anche aspetti cognitivi quali attenzione ed esecutivo. L'efficacia di tali tecniche risiede nella capacità di rimodulare i circuiti neuronali compromessi dai *deficit* dopaminergici, attivando vie corticali e sottocorticali alternative. In prospettiva, la combinazione di stimolazione elettrica e riabilitazione motoria rappresenta una strategia promettente per massimizzare i benefici clinici nel Parkinson.

3.6.1 Stimolazione elettrica *trans*-cranica

Lo studio di Dagan et al. (2018) ha evidenziato che la stimolazione *trans*-cranica a corrente diretta *multitarget* (tDCS) può rappresentare un approccio promettente nel trattamento del FOG nei pazienti con malattia di Parkinson. L'applicazione simultanea della stimolazione su più aree corticali, tra cui corteccia motoria e prefrontale, ha prodotto un miglioramento della capacità di deambulazione e una riduzione degli episodi di *Freezing*. Questo risultato suggerisce che la tDCS possa agire non solo sui circuiti motori ma anche su quelli cognitivi e attentivi, contribuendo a compensare le disfunzioni neurali alla base del FOG. Pur trattandosi di uno studio condotto su un campione ristretto, i dati indicano che la tDCS *multitarget* possa essere un utile complemento non invasivo ai percorsi riabilitativi tradizionali.

3.6.2 Stimolazione profonda dei nuclei della base

Lo studio di Kim et al. (2021) ha valutato l'effetto a lungo termine della stimolazione cerebrale profonda del nucleo subtalamico (STN-DBS) sul FOG nei pazienti con malattia di Parkinson. L'utilità della DBS del nucleo subtalamico sul tremore e sulla rigidità è già rinomata, ma il suo impatto sul FOG rimane controverso, soprattutto nel lungo periodo.

Lo studio ha seguito un ampio campione di pazienti con STN-DBS per un periodo di oltre 5 anni, analizzando i modi in cui si presentava il FOG considerando anche la terapia farmacologica in corso. I risultati hanno mostrato che, nel breve termine, la STN-DBS può ridurre la presenza e l'intensità del FOG, migliorando i parametri del cammino e la stabilità posturale. Nel *follow-up* a lungo termine, un numero sempre maggiore di pazienti analizzati ha presentato FOG refrattario, nonostante il mantenimento della stimolazione.

Questo andamento suggerisce che la sua efficacia tende a ridursi nel tempo, probabilmente per la progressione della neurodegenerazione e il coinvolgimento di circuiti locomotori più estesi, non più modulabili dalla stimolazione subtalamica. Alcuni pazienti hanno addirittura presentato

un peggioramento del FOG, nonostante un buon controllo di altri sintomi motori, indicando che i meccanismi alla base del *Freezing* sono in parte indipendenti da quelli modulati dalla DBS.

Gli autori sottolineano che la risposta eterogenea potrebbe dipendere da diversi fattori: durata della malattia, età all'impianto, profilo clinico e *pattern* di progressione. Inoltre, evidenziano la necessità di approcci complementari, come la fisioterapia mirata e le strategie di *cueing*, per affrontare i disturbi della deambulazione nei pazienti con DBS a lungo termine.

In conclusione, lo studio dimostra che la STN-DBS offre benefici iniziali sul FOG, ma questi effetti tendono a diminuire con il tempo.

Dall'analisi di questi nove articoli si evidenzia come gli interventi multimodali e tecnologicamente avanzati (*cueing* sensoriale, *treadmill* con realtà virtuale, robotica, DBS) abbiano mostrato i risultati più promettenti.

Permangono però alcune criticità metodologiche comuni: la ridotta numerosità campionaria, la scarsa standardizzazione dei protocolli, la variabilità degli strumenti di valutazione e la breve durata dei *follow-up*. Questi limiti rendono difficile stabilire protocolli univoci, pur indirizzando l'approccio clinico verso tecniche di riabilitazione multimodali che vadano oltre l'esercizio fisico tradizionale.

In sintesi, i risultati confermano che il FOG può essere affrontato con strategie riabilitative diversificate, con risultati incoraggianti ma ancora parziali. L'evidenza più consistente supporta l'utilizzo del *cueing* sensoriale e delle tecnologie avanzate di *training* al cammino, mentre la DBS mantiene un ruolo rilevante nei pazienti refrattari. Questi dati, pur non conclusivi, contribuiscono a rispondere al quesito di ricerca, indicando che il trattamento del FOG richiede un approccio personalizzato e multidimensionale, capace di integrare interventi motori, cognitivi e tecnologici.

CAPITOLO 4: DISCUSSIONE

4.1 INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

L'analisi dei nove studi inclusi in questa tesi evidenzia come il *Freezing of Gait* della malattia di Parkinson rappresenti un sintomo multifattoriale e complesso, la cui gestione richieda un approccio che integri diverse tipologie di riabilitazione, talvolta combinate, ad esempio: esercizi, tecnologie innovative e strategie neuromodulatorie. I dati disponibili, pur eterogenei, concordano nell'affermare che gli interventi riabilitativi mirati possono produrre miglioramenti significativi nella riduzione degli episodi di *Freezing*, nella performance motoria globale e, in conclusione, nella qualità di vita dei pazienti.

Gli interventi di fisioterapia tradizionale e combinata sono tra quelli che hanno prodotto i risultati più consistenti. Lo studio randomizzato di Silva-Batista et al. (2020) ha dimostrato che un programma di esercizi basato su resistenza e instabilità induce un miglioramento clinicamente significativo del FOG rispetto alla fisioterapia convenzionale. Questo risultato conferma il ruolo centrale di protocolli che integrino stimoli motori e cognitivi, sollecitando non solo la forza muscolare ma anche i processi attentivi e posturali necessari al controllo del passo. L'RCT di Ilaria Clerici et al. (2019) ha confrontato la fisioterapia in palestra con quella integrata in acqua, mostrando che la combinazione dei due approcci è più efficace nel ridurre il FOG. La terapia acquatica, infatti, favorisce la riduzione del carico gravitazionale e promuove schemi motori alternativi, che possono essere trasferiti anche nell'ambiente a secco, potenziando l'efficacia funzionale del trattamento. Questi dati confermano che l'integrazione in contesti diversi di vari esercizi rappresenta una strategia utile per migliorare l'adattabilità del cammino.

Anche gli interventi che hanno combinato la fisioterapia con stimoli cognitivi e percettivi hanno dato esiti promettenti. Lo studio di Pelosin et al. (2018) ha evidenziato che la combinazione di fisioterapia di gruppo con AOT riduce il FOG in misura maggiore rispetto alla sola fisioterapia. Questo risultato suggerisce che l'attivazione dei circuiti *mirror* e la stimolazione cognitiva possano potenziare la capacità del paziente di programmare e modulare i movimenti, facilitando il superamento dei blocchi motori.

Un secondo filone riguarda le tecnologie avanzate per il *training* del cammino. Lo studio di Baizabal-Carvallo et al. (2020) ha mostrato che il *treadmill* antigravitazionale produce un miglioramento significativo del FOG e della mobilità funzionale, con buona accettabilità e tolleranza da parte dei pazienti.

Allo stesso modo, la revisione di Alwardat & Etoom (2019) e lo studio pilota di Lo et al. (2010) hanno riportato che la riabilitazione *robot*-assistita migliora i parametri del cammino e riduce il FOG, anche se le evidenze restano preliminari e necessitano di conferme su campioni più ampi. Ciò porta a prendere in considerazione l'utilizzo delle tecnologie robotiche nella facilitazione dell'apprendimento motorio attraverso la ripetizione intensiva di schemi di deambulazione corretti, rendendo la fisioterapia più intensiva e personalizzata.

Tra gli approcci complementari, un ruolo rilevante è stato attribuito alla danza terapeutica. Lo studio di Mahmoud et al. (2023) ha documentato effetti benefici moderati della danza, in particolare del tango, sul controllo motorio e sull'equilibrio, con un impatto meno marcato ma comunque positivo sul FOG. La danza non solo integra stimoli ritmici e motori, ma offre anche una dimensione sociale e motivazionale, che può aumentare la partecipazione del paziente al trattamento e contribuire al benessere psicologico del paziente.

La neuromodulazione rappresenta un ulteriore fronte di ricerca. Lo studio di Dagan et al. (2018) ha mostrato che la stimolazione *trans*-cranica a corrente diretta *multitarget* (tDCS) può migliorare alcuni aspetti del cammino e ridurre gli episodi di *Freezing*, suggerendo che le tecniche di stimolazione cerebrale non invasiva possano rappresentare un'opzione promettente, nonostante sia ancora sperimentale. Nei casi più gravi, invece, la stimolazione cerebrale profonda del nucleo subtalamico (STN-DBS) conferma la sua efficacia: lo studio osservazionale a lungo termine di Kim et al. (2021) ha mostrato benefici persistenti fino a sette anni dall'impianto, con una riduzione significativa del FOG. Tuttavia, questo intervento rimane invasivo e riservato a pazienti selezionati.

In sintesi, l'insieme dei risultati suggerisce che gli interventi fisioterapici sono strumenti fondamentali nella gestione del FOG, ma la loro efficacia aumenta quando vengono integrati con stimoli cognitivi, percettivi e tecnologici. Gli approcci multimodali emergono come i più utili, poiché rispondono alla natura complessa del sintomo, che coinvolge non solo *deficit* motori, ma anche alterazioni nei processi cognitivi.

4.2 LIMITI DELLA REVISIONE

Nonostante la rilevanza dei risultati emersi, questa revisione presenta alcuni limiti. In primo luogo, gli studi inclusi sono eterogenei per: disegno di studio, durata degli interventi, parametri di *outcome* e strumenti di valutazione del FOG, fattori che rendono complesso il confronto diretto e l'extrapolazione di conclusioni generalizzabili. Inoltre, il campione che viene selezionato è spesso limitato; infatti, diversi studi arruolano meno di 30 pazienti, riducendo la generalizzazione statistica e aumentando il rischio di *bias*.

Un altro limite riguarda la durata del *follow-up*, che in molti casi è breve e non consente di verificare la persistenza a lungo termine dei benefici ottenuti. Solo lo studio osservazionale di Kim et al. (2021) ha fornito dati a lungo termine (7 anni), mentre la maggior parte degli altri studi ha valutato gli effetti a poche settimane o mesi dall'intervento.

Dal punto di vista metodologico, sebbene siano presenti RCT di buona qualità (Silva-Batista et al. (2020), Clerici et al. (2019)), altre evidenze derivano da studi pilota o osservazionali (Lo et al. (2010), Kim et al. (2021)) e da revisioni con dati preliminari (Alwardat et al. (2019), Mahmoud et al. (2023)). Ciò comporta una qualità metodologica non omogenea e un rischio di *bias* di selezione e pubblicazione.

Un ulteriore limite deriva dal contesto clinico: molti degli interventi più promettenti, come la riabilitazione robotica, il *treadmill* antigravitazionale o la stimolazione cerebrale, richiedono risorse tecnologiche ed economiche avanzate non sempre disponibili nella pratica clinica quotidiana. Questo aspetto riduce la trasferibilità immediata dei risultati, soprattutto nei servizi riabilitativi a risorse limitate.

CAPITOLO 5: CONCLUSIONI

Il presente elaborato nasce dall'esigenza di approfondire un tema di grande rilevanza clinica e sociale, quale il *Freezing of Gait* (FOG) nella malattia di Parkinson. Questo disturbo, caratterizzato dall'improvvisa e transitoria incapacità di avviare o mantenere la deambulazione, rappresenta una delle complicanze più invalidanti della patologia, in quanto aumenta significativamente il rischio di cadute, limita l'autonomia funzionale e compromette in modo marcato la qualità della vita dei pazienti. Purtroppo, l'incidenza del FOG porta ad un impatto clinico rilevante e le terapie farmacologiche disponibili si dimostrano spesso poco efficaci, soprattutto nelle forme refrattarie alla levodopa. Anche gli approcci chirurgici, come la stimolazione cerebrale profonda, pur offrendo in alcuni casi benefici importanti, presentano risultati variabili e non sempre stabili nel lungo periodo. La fisioterapia assume perciò un ruolo cruciale, ponendosi come strumento centrale nella presa in carico globale del paziente parkinsoniano, capace di proporre interventi non invasivi, personalizzati e adattabili alle diverse fasi di malattia.

L'obiettivo di questa tesi è stato quindi quello di raccogliere le evidenze scientifiche disponibili riguardo all'efficacia degli interventi fisioterapici nella gestione del FOG, attraverso una *Scoping Review*. La scelta di questa metodologia si è rivelata funzionale all'argomento trattato, poiché consente di esplorare un campo di ricerca complesso ed eterogeneo, raccogliendo e organizzando studi con approcci, campioni e disegni metodologici differenti. A differenza delle revisioni sistematiche classiche, le *Scoping Review* permettono di ampliare lo sguardo non solo sugli interventi maggiormente consolidati, ma anche sulle soluzioni emergenti e innovative, offrendo così una panoramica completa e aggiornata del tema.

Il processo di selezione si è sviluppato in diverse fasi, a partire da una ricerca bibliografica strutturata condotta su tre banche dati e un motore di ricerca (*PubMed*, *Cochrane Library*, *PEDro* e *Google Scholar*), utilizzando stringhe di ricerca basate sul modello PCC (Popolazione, Concetto, Contesto). Sono stati identificati 149 articoli, successivamente sottoposti a *screening* tramite titolo, *abstract* e *full-text*. L'applicazione rigorosa dei criteri di inclusione ed esclusione ha portato alla selezione finale di 9 studi, pubblicati tra il 2010 e il 2025, comprendenti *trial* clinici randomizzati, studi osservazionali, revisioni sistematiche, meta-analisi e studi clinici.

L'analisi qualitativa degli articoli inclusi ha permesso di suddividere le evidenze in tre macrotemi: esercizio terapeutico, *cues* e stimolazione cerebrale.

Per quanto riguarda l'esercizio terapeutico, cinque studi hanno evidenziato come programmi riabilitativi strutturati siano in grado di produrre miglioramenti significativi nei parametri del cammino, nella riduzione del FOG e nella qualità della vita dei pazienti. In particolare, lo studio di Silva-Batista et al. (2020) ha dimostrato che un programma di *resistance training* con instabilità produce un beneficio clinicamente rilevante rispetto alla fisioterapia tradizionale, migliorando non solo gli aspetti motori, ma anche quelli cognitivi e posturali. Anche l'idrochinesiterapia si è rivelata un approccio promettente, come dimostrato dal *trial* di Clerici et al. (2019), dove la combinazione di riabilitazione in acqua e a terra ha determinato effetti superiori rispetto alla sola fisioterapia convenzionale. Tecniche più avanzate, come l'allenamento *robot*-assistito e il *treadmill* antigravitazionale, hanno mostrato un impatto positivo sulla deambulazione e sugli episodi di *Freezing*, suggerendo la possibilità di integrare strumenti tecnologici per rendere il *training* più intensivo e ripetitivo.

Il secondo macro-tema individuato riguarda i *cues*, ovvero l'utilizzo di stimoli esterni visivi, uditivi o tattili per facilitare l'inizio e la continuità del passo. Due studi hanno confermato l'efficacia di questo approccio. La revisione di Mahmoud et al. (2023) ha mostrato che la danza terapeutica, pur non riducendo in maniera significativa il FOG, apporta benefici consistenti all'equilibrio, al controllo motorio e al benessere psicologico, grazie all'integrazione di stimoli multisensoriali e alla componente sociale dell'attività. Lo studio di Pelosin et al. (2018), invece, ha dimostrato che l'*Action Observation Therapy*, associata alla fisioterapia di gruppo, è in grado di ridurre gli episodi di *Freezing* attraverso l'attivazione dei circuiti *mirror* e la stimolazione cognitiva, potenziando così gli effetti del trattamento riabilitativo tradizionale.

Il terzo macro-tema riguarda la stimolazione cerebrale. Lo studio di Dagan et al. (2018) ha evidenziato che la stimolazione elettrica *trans*-cranica *multitarget* (tDCS) può migliorare alcuni aspetti del cammino e ridurre gli episodi di *Freezing*, suggerendo un potenziale ruolo delle tecniche non invasive come supporto alla fisioterapia. La stimolazione cerebrale profonda del nucleo subtalamico (STN-DBS), analizzata nello studio di Kim et al. (2021), ha confermato invece la sua utilità nei casi più gravi e refrattari, sebbene con un'efficacia variabile nel lungo termine.

I risultati di questa revisione indicano che il FOG nella malattia di Parkinson può essere affrontato con un'ampia varietà di strategie riabilitative, che vanno dall'esercizio terapeutico tradizionale a interventi più complessi e tecnologicamente avanzati. Pur nella loro eterogeneità, gli studi concordano nel sottolineare l'importanza di un approccio personalizzato e multimodale, che integri aspetti motori, cognitivi, sensoriali e tecnologici. In altre parole, non

esiste un unico trattamento risolutivo, ma diverse strategie che devono essere adattate alle caratteristiche cliniche, alle preferenze e alle risorse del singolo paziente.

Dal punto di vista clinico, queste evidenze ribadiscono il ruolo centrale della fisioterapia nella gestione del paziente Parkinsoniano con FOG. L'intervento fisioterapico, infatti, non si limita a fornire un supporto accessorio alle terapie farmacologiche o chirurgiche, ma rappresenta una componente essenziale del trattamento, capace di incidere in maniera significativa sulla sicurezza, sull'autonomia e sulla qualità di vita del paziente. Inoltre, l'utilizzo di approcci integrati, che combinano esercizio fisico, stimolazione cognitiva e utilizzo di nuove tecnologie, sembra essere la strada più promettente per ottenere risultati duraturi ed efficaci.

Complessivamente, lo studio condotto ha permesso di delineare un quadro aggiornato e approfondito delle strategie fisioterapiche più utilizzate e promettenti per la gestione del *Freezing of Gait* nella malattia di Parkinson. La letteratura analizzata suggerisce che l'efficacia degli interventi aumenta quando essi vengono proposti in modo integrato e personalizzato, all'interno di percorsi riabilitativi multidisciplinari. Tali percorsi dovrebbero essere costruiti sulla base delle esigenze specifiche del paziente, della fase di malattia e delle risorse disponibili, con l'obiettivo ultimo di migliorare la funzionalità motoria, ridurre il rischio di cadute e garantire una buona qualità della vita.

BIBLIOGRAFIA

1. Silva-Batista C, de Lima-Pardini AC, Nucci MP, Coelho DB, Batista A, Piemonte MEP, et al. *A randomized, controlled trial of exercise for Parkinsonian individuals with freezing of gait. Mov Disord.* 2020;35(9):1607-17.
2. Baizabal-Carvallo JF, Alonso-Juárez M, Fekete R. *Anti-gravity treadmill training for freezing of gait in Parkinson's disease. Brain Sci.* 2020;10(10):739.
3. Alwardat M, Etoom M. *Effectiveness of robot-assisted gait training on freezing of gait in people with Parkinson disease: Evidence from a literature review. NeuroRehabilitation.* 2019;44(3):351-62.
4. Clerici I, Maestri R, Bonetti F, Ortelli P, Volpe D, Ferrazzoli D, et al. *Land plus aquatic therapy versus land-based rehabilitation alone for the treatment of freezing of gait in Parkinson disease: A randomized controlled trial. Phys Ther.* 2019;99(5):591-600.
5. Lo AC, Chang VC, Gianfrancesco MA, Friedman JH, Patterson TS, Benedicto DF. *Reduction of freezing of gait in Parkinson's disease by repetitive robot-assisted treadmill training: A pilot study. J Neuroeng Rehabil.* 2010;7(1):51.
6. Mahmoud HM, Al-Turkistani ZI, Alayat MS, Abd El-Kafy EM, El Fiky AAR. *Effect of dancing on freezing of gait in patients with Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis. Work.* 2023;74(1):67-78.
7. Pelosin E, Barella R, Bet C, Magioncalda E, Putzolu M, Di Biasio F, et al. *Effect of group-based rehabilitation combining action observation with physiotherapy on freezing of gait in Parkinson's disease. Neural Plast.* 2018;2018:4897276.
8. Dagan M, Herman T, Harrison R, Zhou J, Giladi N, Ruffini G, et al. *Multitarget transcranial direct current stimulation for freezing of gait in Parkinson's disease. Mov Disord.* 2018;33(4):642-6.
9. Kim R, Kim HJ, Shin C, Park H, Kim A, Paek SH, et al. *Long-term effect of subthalamic nucleus deep brain stimulation on freezing of gait in Parkinson's disease. Parkinsonism Relat Disord.* 2021;91:68-72.

ALLEGATI

Tabella I: Tabella sinottica.

TITOLO
<i>A Randomized Controlled Trial of Exercise for Parkinsonian Individuals with Freezing of Gait</i>
<i>Anti-Gravity Treadmill Training for Freezing of Gait in Parkinson's Disease</i>
<i>Effectiveness of robot-assisted gait training on freezing of gait in people with Parkinson disease: evidence from a literature review</i>
<i>Land Plus Aquatic Therapy Versus Land-Based Rehabilitation Alone for the Treatment of Freezing of Gait in Parkinson Disease: A Randomized Controlled Trial</i>
<i>Reduction of freezing of gait in Parkinson's disease by repetitive robot-assisted treadmill training: a pilot study</i>
Effect of dancing on freezing of gait in patients with Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis
Effect of Group-Based Rehabilitation Combining Action Observation with Physiotherapy on Freezing of Gait in Parkinson's Disease
Multitarget Transcranial Direct Current Stimulation for Freezing of Gait in Parkinson's Disease
Long-term effect of subthalamic nucleus deep brain stimulation on freezing of gait in Parkinson's disease

AUTORI

Carla Silva-Baista, Andrea Cristina de Lima-Pardini, Mariana Penteado Nucci, Daniel Boari Coelho, Alana Batista, Maria Elisa Pimentel Piemonte, Egberto Reis Barbosa, Luis Augusto Teixeira, Daniel M. Corcos, Edson Amaro Jr, Fay B. Horak, Carlos Ugrinowisch

José Fidel Baizabal-Carvallo, Marlene Alonso-Juarez, Robert Fekete

Mohammad Alwardat, Mohammad Etoom

Ilaria Clerici, Roberto Maestri, Francesca Bonetti, Paola Orelli, Daniele Volpe, Davide Ferrazzoli, Giuseppe Frazzitta

Albert C Lo, Victoria C Chang, Milena A Gianfrancesco, Joseph H Friedman, Tara S Patterson, Douglas F Benedicto

Hayam Mahmoud Mahmoud, Zenab Ibrahim Al-Turkistani, Mohamed Salaheldien Alayat, Ehab Mohamed Abd El-Kafy, Amir Abdel Raouf El Fiky

Elsa Pelosin, Roberta Barella, Cristina Bet, Elisabetta Magioncalda, Martina Putzolu, Francesca Di Biasio, Cecilia Cerulli, Mauro Casaleggio, Giovanni Abbruzzese, Laura Avanzino

Moria Dagan, Talia Herman, Rachel Harrison, Junhong Zhou, Nir Giladi, Giulio Ruffini, Brad Manor, Jeffrey M. Hausdorff

Ryul Kim, Han-Joon Kim, Chaewon Shin, HyeYoung Park, ArYun Kim, Sun Ha Paek, Beomseok Jeon

ANNO	OBBIETTIVO DELLO STUDIO
2020	Valutare gli effetti di un programma di esercizi progressivo e basato su indizi esterni sul FOG e sulle alterazioni cognitive nei pazienti con PD
2020	Valutare l'effetto dell'allenamento su <i>tapis roulant</i> anti-gravità nel FOG in pazienti con PD
2019	Valutare la letteratura sull'efficacia del RAGT nel trattamento del FOG in PD
2019	Indagare l'efficacia del trattamento MIRT con o senza terapia acquatica nel FOG
2010	Esaminare l'effetto dell'allenamento sensomotorio assistito da <i>robot</i> sul FOG
2023	Indagare l'effetto della danza sul FOG, sintomi motori ed equilibrio
2018	Testare l'efficacia dell'osservazione dell'azione (AOT) combinata con fisioterapia sul FOG
2018	Valutare l'effetto della stimolazione <i>trans-cranica multi-target</i> sul FOG
2021	Analizzare l'effetto a lungo termine della DBS STN sul FOG

TIPO DI STUDIO	NUMERO DI SOGGETTI	ETÀ MEDIA/RANGE
<i>Trial</i> clinico randomizzato controllato	52 arruolati, 48 completati (24 <i>training</i> , 24 controllo)	70.3 ± 7.6 (<i>training</i>); 68.7 ± 8.7 (controllo)
Studio osservazionale	26 arruolati, 19 completati	72.7 ± 10.1
Revisione sistematica e meta-analisi	4 studi inclusi (totale 26 soggetti)	63–67 anni (<i>range</i>)
<i>Trial</i> clinico randomizzato controllato	60 pazienti	Non specificata, gruppi simili
Studio pilota	4 pazienti	Non specificato
Revisione sistematica e meta-analisi	9 studi, 263 pazienti	Non applicabile
<i>Trial</i> clinico randomizzato controllato	64 pazienti	Non specificato
<i>Trial</i> clinico randomizzato controllato	20 pazienti	Non specificato
Studio clinico	52 pazienti	Non specificato

SESSO	CONCLUSIONI	LIMITI DICHIARATI
<i>Training</i> : 13M/11F; Controllo: 15M/9F	Miglioramenti significativi nel FOG, andatura, UPDRS, capacità aerobica	Manca di gruppo controllo inattivo, possibile attività fisica esterna non controllata
10 maschi	Miglioramenti significativi in FOG-Q, UPDRS III, TUG	Nessun gruppo di controllo, piccolo campione, <i>follow-up</i> breve
N/A	RAGT promettente, effetti positivi riportati	Evidenza limitata, pochi studi, basso livello metodologico
Distribuzione sesso simile	MIRT efficace sul FOG; la terapia acquatica non aggiunge benefici	Manca di gruppo di controllo inattivo, nessun <i>follow-up</i>
Non specificato	RAGT riduce FOG e migliora andatura	Piccolo campione, nessun controllo, assenza <i>follow-up</i>
Non applicabile	Danza migliora UPDRS, equilibrio; piccolo effetto sul FOG	Evidenza da bassa a molto bassa (GRADE)
Non specificato	AOT + fisioterapia efficace su FOG, mobilità, paura di cadere	Non esplicitati; definito “ <i>clinical study</i> ”, non chiaro se RCT
Non specificato	Miglioramento FOG e funzione esecutiva	Studio esplorativo, limiti non dichiarati
Non specificato	Effetti DBS STN persistenti in <i>off-medication</i> ; effetto misto in <i>on-medication</i>	Discussione sull’effetto a lungo termine, limiti non specificati