



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

SCUOLA DI MEDICINA E CHIRURGIA
CORSO DI LAUREA IN FISIOTERAPIA

Metodi di valutazione dell'equilibrio in pazienti affetti da Sclerosi Multipla: una scoping review

Tesi di Laurea in: *Medicina Riabilitativa in Neurologia*

Relatore
Prof. Sa *Maria Vittoria Filippi*

Presentata da
Matteo Gieri

I Sessione Novembre 2024
Anno Accademico 2023/2024

ABSTRACT

Background: la Sclerosi Multipla è una patologia dalle caratteristiche eterogenee che impatta fortemente la sfera psico-sociale di chi ne è affetto. L'utilizzo di procedure di valutazione più specifiche ed accreditate per la patologia in esame può aiutare l'operatore sanitario a delineare un quadro più preciso del paziente, e quest'ultimo a comprendere meglio la propria prognosi e condizione. L'equilibrio può essere inficiato con severità altamente variabile, e l'utilizzo di uno strumento di valutazione validato potrebbe migliorare l'efficienza del percorso di cura. Questa scoping review ha come obiettivo l'indagare la letteratura biomedica per valutarne lo stato, evidenziare eventuali lacune ed indirizzare future Revisioni Sistematiche che ricerchino evidenze riguardo alla tipologia di valutazione da preferire.

Metodi: sono stati ricercati record in tre banche dati: PubMed, PeDRo, CochRane. È stata condotta in parallelo una ricerca in Google Scholar per la letteratura grigia. Gli studi ottenuti sono stati organizzati tramite software Zotero e Rayyan. Si è proceduto all'estrazione manuale dei dati e sintesi dei risultati.

Risultati: dall'analisi dei 58 articoli inclusi, si evince come l'ambito della valutazione dell'equilibrio sia molto vasta e di difficile interpretazione. I principali metodi valutativi prevedono l'utilizzo di test cronometrati, scale di misura cliniche, questionari autosomministrati e strumenti di valutazione tecnologica.

Conclusioni: non è emersa una metodica chiaramente superiore alle altre nella valutazione dell'equilibrio: ulteriori ricerche sembrano necessarie per colmare le lacune legate alla standardizzazione di utilizzo di metodi valutativi nella popolazione con Sclerosi Multipla, migliore comprensione dell'impatto di fattori concomitanti come la fatigue sulla performance del paziente o la comparazione di valori psicometrici tra metodi di valutazione validati in campioni paragonabili alla popolazione reale affetta da Sclerosi Multipla.

Parole chiave: *Sclerosi Multipla, valutazione, equilibrio, scale, test, gait analysis, scoping review.*

Background: Multiple Sclerosis is a condition with heterogeneous characteristics that significantly impacts the psycho-social sphere of those affected. The use of more specific and validated assessment procedures for the disease can help healthcare professionals obtain a clearer picture of the patient's status and allow him to better understand his prognosis and condition. Balance can be impaired to a highly variable degree, and using a validated assessment tool could improve the efficiency of the care pathway. This scoping review aims to explore biomedical literature to assess the current state of research, highlight any gaps and guide future Systematic Reviews that seek evidence regarding the preferred type of assessment.

Methods: records were searched in three databases: PubMed, PeDRo, CochRane. A parallel search was conducted in Google Scholar for gray literature. The studies obtained were organized using Zotero and Rayyan software. Manual data extraction and synthesis of the results were then performed.

Results: the analysis of the 58 included studies showed how the aspect of balance assessment is very wide and hardly interpretable. The main evaluation methods included the use of timed tests, clinical scales, self-reported questionnaires and technologic assessment's tools.

Conclusions: no method emerged as clearly superior to others in assessing balance: further research appears necessary to address gaps related to the standardization of assessment methods for people with Multiple Sclerosis, to better understand the impact of factors like fatigue on patient performance and to compare psychometric values across validated assessment methods in samples comparable to real population affected by Multiple Sclerosis.

Keywords: *Multiple Sclerosis, assessment, balance, scales, tests, gait analysis, scoping review.*

INDICE

Cap.1 INTRODUZIONE	6
1.1 Patogenesi	6
1.2 Fisiopatologia	6
1.3 Epidemiologia	7
1.4 Razionale	7
Cap.2 MATERIALI E METODI	8
2.1 Identificazione del quesito di ricerca	8
2.2 Criteri di esclusione	8
2.3 Strategia di ricerca	8
2.4 Selezione degli studi	10
2.5 Sintesi dei risultati	11
Cap.3 RISULTATI	11
3.1 Caratteristiche degli studi	11
3.2 Caratteristiche dei singoli studi	13
Cap.4 DISCUSSIONE	52
4.1 Test cronometrati	52
4.2 Scale cliniche	53
4.3 Questionari	54
4.4 Strumenti di valutazione tecnologica	55
4.5 Altri metodi	58
4.6 Limiti	59
CONCLUSIONI	60
BIBLIOGRAFIA	62

INTRODUZIONE

1.1 Patogenesi

I processi alla base dello sviluppo della patologia, seppur non ancora chiari, sembrano prevedere una disregolazione immunologica scatenata da fattori ambientali e genetici, in particolare infezioni da virus Epstein-Barr, deficit di vitamina D, fumo di sigaretta, obesità, e la lista è in continuo aggiornamento. In soggetti geneticamente predisposti, l'esposizione a determinati antigeni può compromettere la tolleranza verso le cellule self. L'attacco immuno-mediato viene diretto contro aree del Sistema Nervoso Centrale, causando demielinizzazione di assoni che si riorganizzano in cosiddette placche sclerotiche. Una precoce compromissione strutturale dell'assone ne comporta la perdita di funzione, portando alla progressività della patologia; in infiammazioni maggiormente dirette verso la guaina mielinica il decorso vede fasi di poussè e fasi di remissione (fenotipo recidivante-remittente). Data comunque la complessità della patologia, spesso la malattia include al suo interno caratteristiche sovrapposte di più sottotipi di Sclerosi Multipla (MS) differenti^[1].

1.2 Fisiopatologia

I sintomi della MS derivano dall'alterazione di conduzione delle fibre nervose a causa dell'infiammazione. I sintomi principali includono fatigue, ipostenia, parestesie, disturbi visivi, disfunzione intestinale, del sistema urinario e sessuale, compromissione cognitiva, depressione, spasticità, capogiri e vertigini^[2]. Affianco ad essi una rilevante e comune componente di disabilità è composta dai disturbi di equilibrio^[3]. I soggetti con MS hanno in genere difficoltà nel mantenimento di una posizione statica, movimenti lenti nell'avvicinarsi verso i limiti di stabilità e rallentate reazioni a perturbazioni esterne, mentre durante il cammino la biomeccanica ed il costo del cammino risultano alterati. La lunghezza del primo passo tende ad essere minore. Da notare anche la frequente presenza di mal posizionamento del centro di pressione (COP) in senso antero-posteriore e latero-mediale durante gli Aggiustamenti Posturali Anticipatori (APA), con ridotta velocità di inizio del cammino^[4].

I disturbi di equilibrio assumono un'importante rilevanza nel delineare la disabilità del paziente, tuttavia sfruttando l'Expanded Disability Status Scale (EDSS) o Multiple Sclerosis Functional Composite (MSFC) risulta difficile fotografare la complessità dei

disturbi di equilibrio definendo l'impatto di variabili come disturbi sensoriali, fatigue o spasticità. Ciò deriva dall'interazione tra diverse componenti, quali sistema vestibolare, propriocettivo, visivo, cerebellare, finemente elaborate dal sistema nervoso.

La progressione dei sintomi porta all'aumento della disabilità e del rischio di caduta. La rilevazione dei fattori di rischio per cadute accidentali tuttavia è lontana dall'essere definita. Una diagnosi di MS progressiva sembra aumentare di 1,98 volte la probabilità di caduta rispetto al fenotipo recidivante-remittente; anche la presenza di deterioramento cognitivo è un importante fattore da considerare (aumentando il rischio di 1,28 volte)^[6]. Per altri fattori sembra più difficile trovare correlazioni chiare, come per i disturbi di equilibrio: seppur vi sia associazione tra questi ultimi e la statistica relativa alle cadute, la sua presenza porta solo un piccolo aumento al rischio di caduta rispetto, per esempio, all'utilizzo di un ausilio per la mobilità; tuttavia va considerato come fenotipi progressivi tendano a presentare più frequentemente compromissioni motorie^[6-8]. Altri fattori frequentemente osservati sono la paura di cadere, variabilità del cammino, disfunzioni urinarie ed urgenza urinaria^[9], fatigue^[10]. Genere e sesso non sembrano invece correlati^[6]. Nonostante la centralità di definire il rischio di caduta, la sensibilità delle scale di misura nel predire cadute future è altamente variabile^[7].

1.3 Epidemiologia

Stando agli ultimi dati^[11] le persone che vivono con diagnosi di MS sono 2,8 milioni, con una prevalenza di un caso ogni 3000 individui, 300 nel caso di paesi ad alto rischio. Ciò rende la MS la causa più comune di disabilità neurologica non-traumatica. Vi è stato un sostanziale aumento nella prevalenza della patologia rispetto alle stime del report del 2013. L'85% delle diagnosi riguardano un fenotipo recidivante-remittente, 12% per progressivo ed il restante 3% per tipi di patologia sconosciuti. Sono stati inclusi nell'indagine 115 Stati, pari all'87% della popolazione mondiale, e i valori epidemiologici più elevati sono stati trovati in Europa ed America.

1.4 Razionale

Attualmente le scale cliniche di misura con l'obiettivo di valutare l'equilibrio sono facili da somministrare in ambiente sanitario, ma hanno importanti limiti, quale variabilità di esecuzione, giudizio soggettivo nel punteggio, ridotte performance nell'identificare pazienti ad alto rischio di caduta e problemi statistici legati alla distribuzione dei punteggi. Sta sempre più prendendo piede l'analisi oggettiva del controllo posturale

con pedane di forza e strumenti economicamente accessibili, grazie alla loro capacità di riconoscere lievi disturbi spesso impercettibili alla semplice analisi clinica, tuttavia i costi elevati, necessità di personale specializzato nell'utilizzo e spazio predisposto ne inficiano l'applicabilità^[12].

METODI

2.1 Identificazione del quesito di ricerca

La conduzione ed il reporting della review seguono i dettami dell'estensione per Scoping Review della PRISMA (PRISMA-Scr). Il protocollo non è stato registrato online.

L'identificazione di un quesito di ricerca adatto segue i criteri del PCC, standard per Scoping Review, scomponendo il rationale dello studio come segue:

Population= popolazione affetta da Sclerosi Multipla, di qualsiasi età, etnia, sesso, area geografica;

Concept= scale, test e strumenti di valutazione dell'equilibrio;

Contest= principali banche dati (PeDRO, PubMed, Cochrane), letteratura grigia.

Seguendo quelle che sono le linee guida della Scoping Review, questo studio si prefigge di indagare la letteratura relativa al quesito di ricerca in maniera esaustiva, includendo studi primari e secondari, sia che si usino metodi qualitativi che quantitativi. Sono stati inclusi articoli di ogni lingua, anno di pubblicazione, regione geografica di provenienza, età, sesso, tipo di studio. Anche la letteratura grigia è stata sommariamente indagata.

2.2 Criteri di esclusione

I criteri di esclusione degli studi esaminati prevedono il depennamento degli articoli che indagano popolazioni diverse da quella affetta da MS (disturbi ortopedici, Parkinson, Sclerosi Laterale Amiotrofica, neuropatie periferiche, stroke, trauma cranico, paralisi cerebrale infantile, demenza, spondilite anchilosante, paziente amputato); soggetti senza controllo del tronco da seduto; soggetti sotto trattamento farmacologico o intervento chirurgico; soggetti sottoposti a stimolazioni elettriche e/o magnetiche; articoli senza full-text pubblicati solo come paper di conferenza.

2.3 Strategia di ricerca

Il design dello studio prevede la somministrazione di stringhe di ricerca a tre banche dati biomediche: PubMed, PeDRO, Cochrane. Perché le stringhe di ricerca siano le

più adatte ed esaustive possibili, vengono effettuate ricerche semplici preliminari per indagare le principali parole chiave sull'argomento. La ricerca definitiva avviene in data 25/09/2024.

La stringa di ricerca somministrata a PubMed è:

(multiple sclerosis[Title/Abstract]) AND ((risk of fall*[Title/Abstract]) OR (balance test*[Title/Abstract]) OR (Gait Analysis[Mesh Terms]) OR (balance assess*[Title/Abstract])) AND ((test compar*[Title/Abstract]) OR (posturography[Title/Abstract]) OR (acceleromet*[Title/Abstract]) OR (stabilomet*[Title/Abstract]) OR (Biodex Balance System[Title/Abstract]) OR (Wii Balance Board[Title/Abstract]) OR (Floodlight[Title/Abstract]) OR (U-Turn Test[Title/Abstract]) OR (Timed Up and Go[Title/Abstract]) OR (Expanded Disability Status Scale[Title/Abstract]) OR (FIM[Title/Abstract]) OR (Functional Gait Assessment[Title/Abstract]) OR (Timed 25-Foot Walk Test[Title/Abstract]) OR (Activities-specific Balance Confidence[Title/Abstract]) OR (Functional Reach[Title/Abstract]) OR (BESTest[Title/Abstract]) OR (multiple sclerosis walking scale[Title/Abstract]) OR (Tinetti Scal*[Title/Abstract]) OR (2-minute walking test[Title/Abstract]) OR (6-minute walking test[Title/Abstract]) OR (Gait Assessment and Intervention Tool[Title/Abstract]) OR (Berg Balance Scal*[Title/Abstract]) OR (Falls Efficacy Scal*[Title/Abstract]) OR (Dynamic Gait Index[Title/Abstract]) OR (Six Spot Step Test[Title/Abstract]) OR (10 point disability scale[Title/Abstract]) OR (Functional Composite Score[Title/Abstract]) OR (IMU[Title/Abstract]) OR (Clinical Test of Sensory Interaction on Balance[Title/Abstract]) OR (SARA[Title/Abstract]) OR (sit-to-stand test[Title/Abstract]) OR (ICARS[Title/Abstract]) OR (Fullerton Advanced Balance Scale[Title/Abstract]) OR (Sensory Organization Test[Title/Abstract]) OR (Dizziness Handicap Inventory[Title/Abstract]) OR (Hauser Ambulation Index[Title/Abstract]) OR (LOS[Title/Abstract]) OR (Patient-Determined Disease Steps[Title/Abstract]) OR (Gait Profile Score[Title/Abstract]) OR (MS Impact Scale[Title/Abstract]) OR (Four Square Step Test[Title/Abstract]) OR (Rivermead Mobility Index[Title/Abstract]) OR (Performance Scale mobility[Title/Abstract]))

da cui si ricavano 134 risultati.

Tale stringa è adattata a Cochrane, come segue:

(multiple sclerosis):ti,ab AND ((risk of falling):ti,ab OR (balance test):ti,ab OR (Gait analysis):ti,ab OR (balance assessment):ti,ab) AND ((test comparison):ti,ab OR (accelerometer):ti,ab OR (stabilometer):ti,ab OR (posturography):ti,ab OR (Biodex Balance System):ti,ab OR (Wii Balance Board):ti,ab OR (Floodlight):ti,ab OR (Timed Up and Go):ti,ab OR (U-Turn Test):ti,ab OR (Expanded Disability Status Scale):ti,ab OR (FIM):ti,ab OR (Functional Gait Assessment):ti,ab OR (Timed 25 Foot Walk Test):ti,ab OR (Activities-specific Balance Confidence):ti,ab OR (Functional Reach):ti,ab OR (BESTest):ti,ab OR (Tinetti Scale):ti,ab OR (multiple sclerosis walking scale):ti,ab OR (2 minute walking test):ti,ab OR (6 minute walking test):ti,ab OR (Berg Balance Scale):ti,ab OR (Falls Efficacy Scale):ti,ab OR (Dynamic Gait Index):ti,ab OR (Gait Assessment and Intervention Tool):ti,ab OR (Six Spot Step Test):ti,ab OR (10 point disability scale):ti,ab OR (functional composite score):ti,ab OR (IMU):ti,ab OR (Clinical Test of Sensory Interaction on Balance):ti,ab OR (SARA):ti,ab OR (sit-to-stand test):ti,ab OR (ICARS):ti,ab OR (Fullerton Advanced Balance Scale):ti,ab OR (Sensory Organization

Test):ti,ab OR (Dizziness Handicap Inventory):ti,ab OR (Hauser Ambulation Index):ti,ab OR (LOS):ti,ab OR (ICF):ti,ab OR (Patient-Determined Disease Steps):ti,ab OR (Gait Profile Score):ti,ab OR (MS Impact Scale):ti,ab OR (Four Square Step Test):ti,ab OR (Rivermead Mobility Index):ti,ab OR (Performance Scale mobility):ti,ab)

senza impostare la ricerca di “word variations”; si ricavano 478 risultati.

In PeDRO la ricerca effettuata è:

multiple sclerosis* AND balance assess* AND test*

da cui si ricavano 72 risultati.

2.4 Selezione degli studi

I 684 record così trovati vengono importati su piattaforma Rayyan per lo screening. Tramite deduplicatore, si ricavano 583 articoli. A un primo screening per criteri di eleggibilità, tramite lettura di titolo ed abstract vengono esclusi 128 articoli (42 per popolazione diversa da MS, 48 per somministrazione farmacologica o interventi chirurgici, 36 per stimolazioni elettriche e/o magnetiche, 2 articoli pubblicati solo come paper di conferenza). A un secondo screening si ricavano 98 articoli, con esclusione avvenuta per non pertinenza all’argomento indagato. Vengono a questo punto ottenuti i full-text degli articoli tramite accesso con account istituzionale a proxy UNIBO, servizio NILDE e contatto mail degli autori. Alla lettura dei full-text, 3 articoli sono stati esclusi per somministrazione farmacologica, 2 poiché protocolli di trial non ancora pubblicati, la restante parte per non pertinenza: numero di articoli finali 50. A questi si aggiungono 8 articoli di letteratura grigia tramite ricerca parallela su Google Scholar, per un totale di 58 articoli.

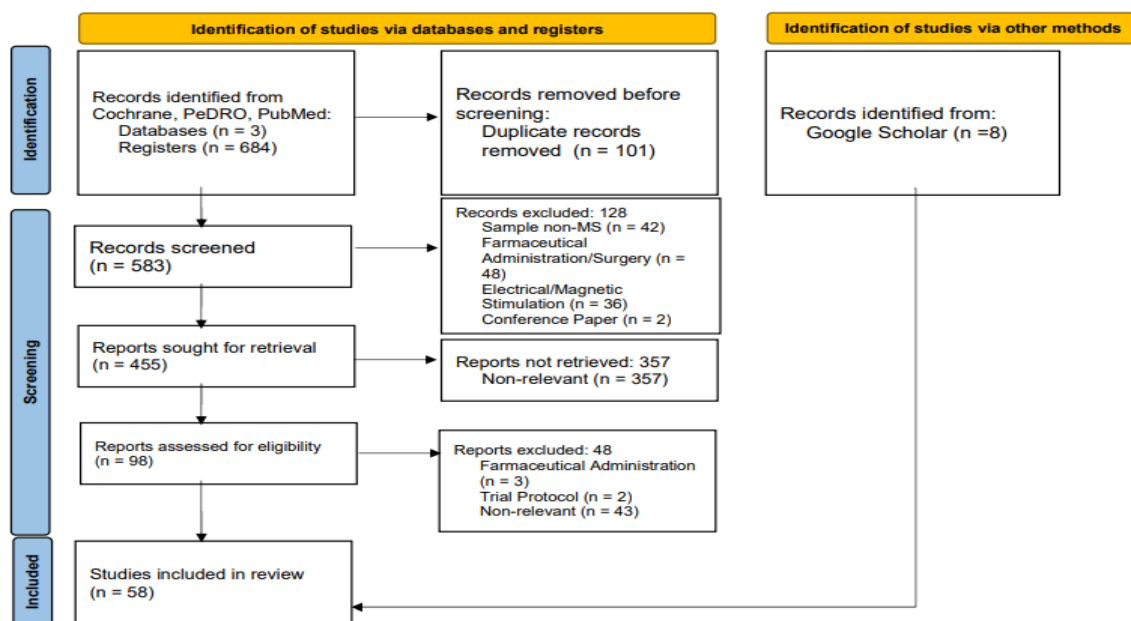


Figura 1: Flow Chart di studi inclusi nella Review

2.5 Sintesi dei risultati

Le informazioni chiave estratte dagli articoli selezionati sono: autori, anno di pubblicazione, disegno dello studio, scala/test/strumento di valutazione, contenuto dell'articolo. Queste informazioni sono state sintetizzate in maniera schematica tramite tabella sinottica per studi primari ([Tabella 1](#)) e secondari ([Tabella 2](#)), consultabili al paragrafo 3.2 "[Caratteristiche dei singoli risultati](#)" del capitolo 3. I risultati ed implicazioni cliniche sono stati riportati nel capitolo 4 "[Discussione](#)". Il processo di estrazione ed inserimento manuale dei dati nelle tabelle sinottiche è stato eseguito da un solo revisore indipendente attraverso la lettura del full text di ogni articolo selezionato per questa scoping review. Per la bibliografia gli articoli sono stati importati su piattaforma Zotero.

Non è stata indagata la qualità metodologica degli studi, in accordo con le linee-guida per Scoping Review.

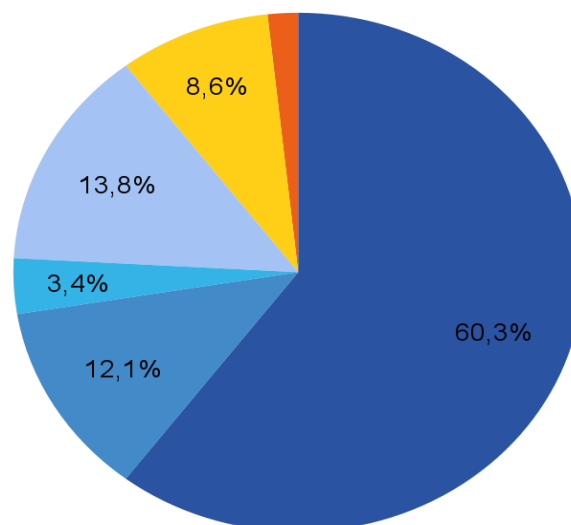
RISULTATI

3.1 Caratteristiche dei risultati

I 58 studi trovati tramite ricerca descritta al paragrafo 2.3 "[Strategia di ricerca](#)" del capitolo 2 sono suddivisi come segue: 35 studi trasversali, 7 studi di coorte, 2 studi caso-controllo, 8 studi diagnostici, 5 Revisioni Sistematiche, 1 Scoping Review.

Tipi di studi

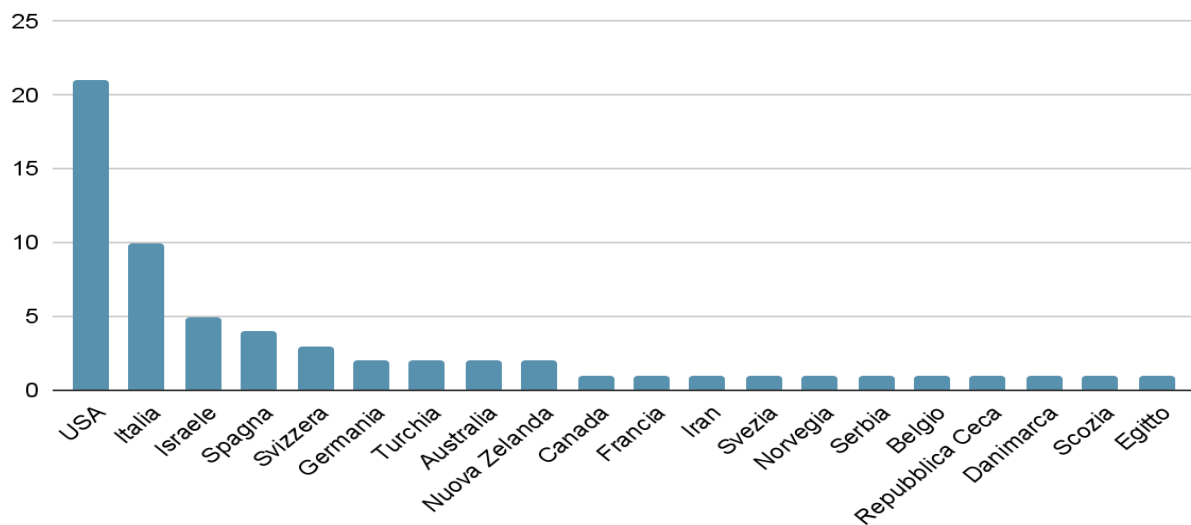
- Studi trasversali
- Studi di coorte
- Studi caso-controllo
- Studi diagnostici
- Revisioni Sistematiche
- Scoping Review



Riguardo i paesi in cui si sono tenuti gli studi, i dati sono i seguenti:

Stati Uniti D'America (USA) (33,87%), Italia (16,13%), Israele (8,06%), Spagna (6,45%), Svizzera (4,84%), Germania (3,23%), Turchia (3,23%), Australia (3,23%), Nuova Zelanda (3,23%), Canada (1,61%), Francia (1,61%), Iran (1,61%), Svezia (1,61%), Norvegia (1,61%), Serbia (1,61%), Belgio (1,61%), Repubblica Ceca (1,61%), Danimarca (1,61%), Scozia (1,61%), Egitto (1,61%).

Paese di provenienza



Il campione globale di soggetti con MS inclusi negli studi primari sono 4730, con 681 soggetti sani inclusi come gruppo-controllo; dei secondari sono 21537, con 221 come gruppo-controllo. Questa sostanziale differenza si deve al fatto che vari studi non includono un corrispettivo gruppo-controllo comparato, mentre quelli che ne prevedono uno spesso hanno una popolosità minore rispetto al gruppo-studio. Gli studi inclusi sono stati tutti pubblicati tra il 2000 e 2024 e sono tutti in lingua inglese, quindi non richiedono traduzioni.

3.2 Caratteristiche dei singoli studi

Tabella 1 “Dati estratti da Studi Primari”

Studio	Autori	Data	Paese	Tipo di studio	Scale/strumenti	Contenuti
Are static and functional balance abilities related in individuals with Multiple Sclerosis?	Massimiliano Pau, Micaela Porta, Giancarlo Coghe, Federica Corona, Giuseppina Pilloni, Lorena Lorefice, Maria Giovanna Marrosu, Eleonora Cocco	2017	Italia	Studio trasversale	Timed Up-and-Go (TUG) con Unità di misura inerziale (IMU)	Il TUG con IMU porta più informazioni rispetto al TUG standard in soggetti con EDSS \geq 1,5. Le informazioni ottenute rispecchiano la complementarità dei due test: un’adeguata valutazione dell’equilibrio nella MS dovrebbe contenere un’analisi sia dell’equilibrio statico sia dinamico
A smartphone sensor-based digital outcome	Xavier Montalban, Jennifer Graves, Luciana Midaglia, Patricia Mulero, Laura Julian,	2022	USA, Spagna	Studio diagnostico	App Floodlight	L’APP Floodlight fornisce test di valutazione di compromissione funzionale e disabilità affidabile, se paragonati a test clinici standard e misure alla Risonanza Magnetica Nucleare (RMN). Riesce inoltre ad estrarre

assessment of multiple sclerosis	Michael Baker, Jan Schadrack, Christian Gossens, Marco Ganzetti, Alf Scotland, Florian Lipsmeier, Johan van Beek, Corrado Bernasconi, Shibeshih Belachew, Michael Lindemann and Stephen L Hauser					informazioni potenzialmente utili non riscontrabili in test clinici. Un maggiore livello di disabilità EDSS si associa a peggiori performance ai test dell'app. Mentre i test attivi vengono condotti quotidianamente o settimanalmente, il monitoraggio passivo consente una valutazione continua durante le attività quotidiane. I dati raccolti da questa piattaforma, grazie alla loro maggiore risoluzione temporale e multidimensionalità, hanno il potenziale per catturare informazioni nascoste, potenzialmente correlate alla malattia, che non sono facilmente discriminate da altre valutazioni somministrate dal medico
Assessing balance in non-disabled	Fabiola Giovanna Mestanza Mattos, Elisa Gervasoni,	2020	Italia	Studio trasversale	Fullerton Advance Balance	La FAB-s è una scala clinica unidimensionale per valutare l'equilibrio utile in soggetti a bassa disabilità con sintomi non

subjects with multiple sclerosis: Validation of the Fullerton Advanced Balance Scale	Denise Anastasi, Rachele Di Giovanni, Andrea Tacchino, Giampaolo Bricchetto, Ilaria Carpinella, Paolo Confalonieri, Marco Vercellino, Claudio Solaro, Marco Rovaris, Davide Cattaneo				(FAB-s)	inquadriati con EDSS o altre scale cliniche. La FAB-s presenta bassa consistenza interna ma buona capacità di distinzione tra soggetti con MS e gruppo-controllo, così come tra le varie categorie di EDSS. La validità concorrente è buona verso altre scale di misura della mobilità, con relazioni significative anche se basse con 6-Minute Walking Test (6MWT) e Timed-25-Foot Walk (T25FW), indicando come si stiano indagando diverse componenti della mobilità. La scala è uno strumento promettente nel rilevare cambiamenti minimi nelle performance di equilibrio di soggetti affetti da MS ad alto funzionamento
Assessment of Postural Balance in Multiple Sclerosis	Cecilie Fjeldstad; Gabriel Pardo; Christine Frederiksen; Debra Bembem;	2009	USA	Studio trasversale	Berg Balance Scale (BBS), Posturografia dinamica (NeuroCom)	La BBS è uno strumento di screening efficace ed affidabile per problemi di equilibrio in soggetti con MS. Tuttavia la valutazione con BBS è principalmente statica e non fornisce informazioni

	Michael Bemben					significative su funzioni dinamiche. Inoltre è soggetta a variabilità intra- ed interoperatore. L'utilizzo di apparecchiature più sofisticate, come il NeuroCom, può fornire misure di squilibrio posturale più oggettive e quantitative, permettendo di migliorare la nostra capacità di monitorare la progressione di compromissioni funzionali
Assessment of postural balance in multiple sclerosis patients	Abdulalim Atteya, Abeer Elwishy, Nirmeen Kishk, Rania Shehata Ismail, Rania Badawy	2019	Egitto	Studio caso-controllo	BBS, Biodex Stability System (BSS)	La BSS ha significative correlazioni con misure cliniche di equilibrio, in particolare la BBS. La BSS può fornire misure oggettive e quantitative di squilibrio posturale
Assessment of Postural Sway in Individuals with Multiple Sclerosis	Ruopeng Sun, Yaejin Moon, Ryan S. McGinnis, Kirsten Seagers, Robert W.Motl,	2018	USA	Studio trasversale	IMU di nuova generazione	Il sensore IMU è uno strumento di valutazione valido ed oggettivo per l'oscillazione posturale, con forte correlazione a test clinici gold standard e capacità simili a pedane di forza nel discriminare tra soggetti con MS e sani.

Using a Novel Wearable Inertial Sensor	Nirav Sheth, John A.Wright, Roozbeh Ghaffari Shyamal Patel, Jacob J.Sosnoff					L'apparecchio è leggero e facilmente trasportabile
Association between gait variability, falls and mobility in people with multiple sclerosis: A specific observation on the EDSS 4.0-4.5 level	Alon Kalron	2017	Israele	Studio trasversale	Gait analysis (Sistema GAITRite)	Vari parametri di variabilità del cammino, specie lunghezza del semipasso, sono legati a cadute e mobilità in soggetti con MS di disabilità moderata. La variabilità del cammino può essere usata come indicatore per l'evoluzione di fasi lievi e/o moderate della malattia
Backwards walking speed	Patrick Monaghan, Michael G	2024	USA	Studio trasversale	Riserbo nel cammino all'indietro	Il BW-WSR non sembra apportare un chiaro vantaggio nella valutazione della mobilità funzionale e rischio di caduta rispetto ad

reserve in persons with multiple sclerosis	VanNostrand, Nora E Fritz				(BW-WSR)	altre misure quali cammino in avanti o indietro a velocità desiderata o massimale
Balance control in multiple sclerosis: correlations of trunk sway during stance and gait tests with disease severity	Sharissa H A Corporaal, Henrik Gensicke, Jens Kuhle, Ludwig Kappos, John H J Allum, Özgür Yaldizli	2013	Svizzera	Studio trasversale	Posturografia con SwayStar Device	I deficit di equilibrio nell'oscillazione del tronco osservati nei pazienti con MS durante i compiti di stazione eretta e di andatura sono altamente correlati con i loro punteggi EDSS e Dizziness Handicap Inventory (DHI), in particolare i compiti di stazione eretta e di andatura in tandem che forniscono le correlazioni più elevate. Le misure di oscillazione del tronco durante i test di equilibrio in stazione eretta si correlano a deficit funzionale anche nei pazienti con test di Romberg e di andatura in tandem normali, e pertanto hanno il potenziale per fornire dati oggettivi di deficit subclinici
Balance	Hernan Inojosa,	2020	Germania	Studio	Pedana di	Parametri presi tramite pedana di forza (in

Testing in Multiple Sclerosis-Improving Neurological Assessment With Static Posturography?	Dirk Schriefer, Antonia Klöditz, Katrin Trentzsch, Tjalf Ziemssen		nia	trasversale	forza	particolare area delineata e velocità media) sono in grado di discriminare tra MS e sani, anche senza rilevamento di disabilità all'EDSS e test di Romberg
Bipedal hopping timed to a metronome to detect impairments in anticipatory motor control in people with mild	Megan C. Kirkland, Alice Chen, Matthew B. Downer, Brett J. Holloway, Elizabeth M. Wallack, Evan J. Lockyer, Natasha C.M. Buckle, Courtney L. Abbott, Michelle	2018	Canada	Studio trasversale	Salti a tempo di metronomo	Durante i test di salto a ritmo di metronomo a 60 battiti per minuto, i soggetti con MS hanno avuto prestazioni simili al gruppo-controllo, mentre a 40 battiti per minuto i risultati ottenuti tendono a peggiorare. I soggetti con MS tendono a ritardare di più il ritmo del metronomo: ciò suggerisce come il gruppo-studio abbia lievi compromissioni sia nelle componenti motorie che nella messa in atto di movimenti motori anticipatori feedforward, e tali deficit possono essere

multiple sclerosis	Ploughman					rilevati da un test di salto a ritmo di metronomo. Seppur con tempi di reazione dilatati, i soggetti con MS sono in grado di adattare il proprio centro di pressione
Center of pressure measures during standing tasks in minimally impaired persons with multiple sclerosis	Gregory M. Karst; Dawn M. Venema; Tammy G. Roehrs; Amy E. Tyler	2005	USA	Studio di coorte	Task in stazione eretta con pedane di forza	Task: da stazione eretta sporgersi per toccare alcuni bersagli. Le misure del COP sono differenti rispetto al gruppo-controllo in MS con minima disabilità. I limiti di stabilità risultano ridotti, tuttavia soggetti con MS sono in grado di bilanciarsi sulla base di una buona percezione dei propri limiti
Characterizing gaze and postural stability deficits in	Brian J. Loyd, Lindsey Agnew, Annie Fangman, Anne Thackeray, Daniel S.	2021	USA	Studio trasversale	Balance Evaluation Systems Test (BESTest),	Il Mini-BESTest dimostra significativa correlazione con misure di partecipazione (ABC), non osservata nelle misure di stabilità dello sguardo che non presenta correlazioni nemmeno con la DHI.

people with multiple sclerosis	Peterson, Michael C. Schubert, Lee Dibble				Activities-Specific Balance Confidence Scale (ABC), DHI	Miglioramenti nella scala Mini-BESTest possono apportare sostanziali modifiche nella fiducia sul proprio equilibrio e migliorare la partecipazione sociale. Se si riscontrano riduzioni di partecipazione associate a vertigini (DHI), andrebbero indagate anche altre componenti (come ambito psico-sociale ed emotivo)
Chest-Based Wearables and Individualized Distributions for Assessing Postural Sway in Persons With Multiple	Brett M. Meyer, Jenna G. Cohen, Nicole Donahue, Samantha R. Fox, Aisling O'Leary, Anna J. Brown, Claire Leahy, Tyler VanDyk, Paolo DePetrillo, Melissa Ceruolo, Nick Cheney, Andrew J.	2023	USA	Studio diagnostico	IMU al petto	Task: stazione eretta ad occhi aperti, occhi chiusi ed in tandem. Misure di oscillazione posturale da sensori inerziali riescono a dare importanti informazioni durante task in stazione eretta e permettono di distinguere tra pazienti precedentemente caduti o meno. Si associano inoltre alla scala di confidenza ABC, di faticabilità Modified Fatigue Impact Scale (MFIS), di disturbi del cammino Multiple Sclerosis Walking Scale (MSWS-12) e disabilità (EDSS). La task a maggior

Sclerosis	Solomon, and Ryan S. McGinnis					tasso di correlazione sembra essere la stazione eretta in tandem
Clinical assessment of balance using BBS and SARAbal in cerebellar ataxia: Synthesis of findings of a psychometric property analysis	Stanley John Winser, Catherine M Smith, Leigh A Hale, Leica S Claydon, and Susan L Whitney	2018	USA, Nuova Zelanda	Studio trasversale	BBS, componente di equilibrio della Scale for Assessment and Rating of Ataxia (SARAbal)	La BBS e SARAbal sono scale precise, affidabili, praticabili, interpretabili ed appropriate per la valutazione dell'equilibrio nei pazienti con atassia cerebellare secondaria a sclerosi multipla
Clinical tests of standing balance: performance of persons	Dragana Frzovic, Meg E. Morris, Lindsay Vowels	2000	Australia	Studio trasversale	Task in stazione eretta, Functional Reach Test	Task: stazione eretta, stazione eretta con piedi adiacenti, stazione eretta statica in posizione di passo, stazione eretta in tandem, stazione eretta su una gamba, test perturbativi.

with multiple sclerosis					(FR), test perturbativi	I test più adatti per la valutazione dell'equilibrio in soggetti a disabilità lieve-moderata sono la stazione eretta in tandem, stazione eretta su una sola gamba, FR e shoulder tug test
Comparing the Convergent and Concurrent Validity of the Dynamic Gait Index with the Berg Balance Scale in People with Multiple Sclerosis	Tapan Mehta, Hui-Ju Young, Byron Lai, Fuchenchu Wang, Yumi Kim, Mohan Thirumalai, Tracy Tracy, Robert W. Motl and James H. Rimmer	2019	USA	Studio trasversale	Dynamic Gait Index (DGI), BBS	Né BBS né DGI hanno chiara superiorità una rispetto all'altra in validità concorrente e convergente, ed un loro utilizzo combinato tende ad aumentarne le capacità predittive su cadute in maniera minima. La DGI potrebbe non avere chiari vantaggi in soggetti con disabilità ridotta, se non nell'indagare resistenza degli arti inferiori
Complement	Fabiola Giovanna	2023	Italia	Studio	Gait Analysis	Gait Profile Score (GPS) e Statistical

ary use of statistical parametric mapping and gait profile score to describe walking alterations in multiple sclerosis: a cross-sectional study	Mestanza Mattos, Francesco Luciano, Tiziana Lencioni, Elisa Gervasoni, Johanna Jonsdottir, Denise Anastasi, Gaspare Pavei, Mario Clerici, Davide Cattaneo			trasversale		Parametric Mapping (SPM) possono essere utilizzate in maniera complementare, indagando così aspetti di cinematica articolare in soggetti con disabilità moderata-severa. Vi è validità per l'uso della GPS, che si correla positivamente con livello di disabilità e negativamente rispetto a resistenza nel cammino
Detection of subtle gait disturbance and future fall risk in	Rachel Brandstadter, Oluwasheyi Ayeni, Stephen C Krieger, Noam Y	2020	USA	Studio di coorte	Task su Balance Board, MSWS-12, Multiple	Task: cammino su due Balance Board a diversa larghezza. Task di equilibrio clinicamente fattibili con maggior tasso di difficoltà sono sensibili e correlate a questionari, segni alla RMN e

early multiple sclerosis	Harel, Miguel X Escalon, Ilana Katz Sand, Victoria M Leavitt, Michelle T Fabian, Korhan Buyukturkoglu, Sylvia Klineova, Claire S Riley, Fred D Lublin, Aaron E Miller, James F Sumowski				Sclerosis Impact Scale (MSIS), T25FW	predittori di cadute future, indicando un buon potenziale come outcome clinici funzionali. La T25FW sembra una misura non sensibile relativamente a modificazioni nel cammino riportate dai pazienti con MS in fase iniziale
Further construct validity of the Timed Up-and-Go Test as a measure of	Alon Kalron, Mark Dolev, Uri Givon	2017	Israele	Studio trasversale	TUG	Vi sono evidenze a supporto del TUG test per la valutazione di cammino ed equilibrio, con rilevanti correlazioni con altri test cronometrati; inoltre sembra essere uno strumento appropriato per identificare pazienti con MS ad alto rischio di caduta con disabilità moderata-severa (effetto-

ambulation in multiple sclerosis patients						pavimento in soggetti a disabilità lieve-molto lieve) e con paura di cadere
Gaze Stability, Dynamic Balance and Participation Deficits in People with Multiple Sclerosis at Fall-Risk	Hina Garg, Leland E Dibble, Michael C Schubert, Jim Sibthorp, K Bo Foreman, Eduard Gappmaier	2018	USA	Studio trasversale	Functional Gait Assessment (FGA), Four Square Step Test (FSST), DHI, ABC	Deficit in stabilità dello sguardo, equilibrio dinamico (FGA, FSST) e partecipazione (ABC, DHI) sono stati identificati nel campione affetto da MS. Tali risultati suggeriscono un aumentato rischio di oscillopsia e cadute. Scarsa stabilità dello sguardo è legata a basso equilibrio dinamico: misure di stabilità dello sguardo dovrebbero essere incluse nella valutazione dell'equilibrio in MS
How much does balance and muscle strength impact	Jacob Callesen, Ulrik Dalgas, John Brincks, Davide Cattaneo	2019	Danimarca	Studio trasversale	Mini-BESTest, Clinical Test of Sensory Interaction on Balance	Equilibrio statico (CTSIB), dinamico (Mini-BESTest) e forza degli arti inferiori sono significativamente associate con performance del cammino (T25FW, 6MWT) quando analizziamo un cammino veloce e regolare in avanti, mentre solo l'equilibrio si

walking in persons with multiple sclerosis? - A cross-sectional study					(CTSIB) su pedana di forza	relaziona a task di cammino più complesse (SSST). Il Mini-BESTest è altamente associato al cammino in MS con maggior disabilità, mentre forza e oscillazione sembrano essere maggiormente associate alle prestazioni nel cammino in MS con disabilità minore
Impact of textured surfaces on the orthostatic balance of patients with multiple sclerosis	Nathalie Bonardet, Benjamin Bardel, Jean-Pascal Lefaucheur, Marc Sorel, Alain Créange	2019	Francia	Studio trasversale	Posturografia statica con pedana di forza	Soggetti con MS e disabilità moderata hanno difficoltà nel ristabilire l'equilibrio durante la stazione eretta sia ad occhi aperti che chiusi su superficie sconnessa. La posturografia statica su diverse superfici e condizioni visive può essere considerata uno strumento sensibile per misurare le "riserve propriocettive", grazie ad un approccio strumentale basato su rilevazioni oggettive
Instrumented	Jordan J. Craig,	2017	USA	Studio	TUG e	L'affidabilità test-retest di stazione eretta e

balance and walking assessments in persons with multiple sclerosis show strong test-retest reliability	Adam P. Bruetsch, Sharon G. Lynch, Fay B. Horak and Jessie M. Huisinga			trasversale	stazione eretta con IMU	TUG con IMU è buona-eccellente. La distanza media percorsa dal COP durante stazione eretta ed il range di movimento del tronco sul piano frontale durante il TUG sono le misure più affidabili. Vi è associazione con EDSS, ma non con questionari di partecipazione. In definitiva, tali dati danno misure di valutazione di cammino e controllo posturale affidabili
Measuring standing balance in multiple sclerosis. Further progress towards an automatic and reliable	Philipp M Keune, William R Young, Ioannis T Paraskevopoulos, Sascha Hansen, Jana Muenssinger, Patrick Oschmann, Roy Müller	2017	Germania	Studio di coorte	Nintendo Wii Balance Board (WBB)	La WBB rappresenta una valida alternativa a pedane di forza, con costi minori e maggiore disponibilità. Presenta eccellente consistenza interna, alta affidabilità test-retest e buona sensibilità clinica rispetto a misure di disabilità (EDSS). Potrebbe rappresentare uno strumento di monitoraggio per pazienti con MS in setting clinico, offrendo misure di valutazione dell'equilibrio affidabili ed a ridotto tempo di

method in clinical practice							somministrazione
Objective and subjective measures reflect different aspects of balance in multiple sclerosis	Michelle H Cameron, Jessie Huisinga	2013	USA	Studio di coorte	Sensory Organization Test (SOT) su posturografia dinamica, ABC, Falls Efficacy Scale-International (FES-I)		Misure di equilibrio oggettive, inquadrare dalla posturografia, sono significativamente correlate a report soggettivi e misure cliniche di disabilità. Le relazioni sono basse-moderate, indicando come una descrizione completa dei problemi di equilibrio in soggetti con MS debba includere sia misure soggettive che oggettive
Predicting falls among patients with multiple sclerosis: Comparison	Shirin Tajali, Mohammad-Jafar Shaterzadeh-Yazdi, Hossein Negahban, Jaap H. van Dieën,	2017	Iran	Studio di coorte	TUG, T25FW, T25FW cognitivo, 2-Minute Walking Test		In fatto di screening per cadute, le misure usate sembrano in grado di predire cadute future in soggetti a disabilità lieve-moderata, tranne per i test cronometrati cognitivi: i <i>fallers</i> hanno minore fiducia nel proprio equilibrio, più percezione di difficoltà nel

of patient-reported outcomes and performance -based measures of lower extremity functions	Mohammad Mehravar, Nastaran Majdinasab, Amal Saki-Malehi, Razie Mofateh				(2MWT), 2MWT cognitivo. ABC, MSWS-12, FES-I, MFIS	cammino, paura di cadere, ridotta velocità e resistenza nel cammino. Outcome riportati dal paziente (ABC, FES-I, MSWS-12, MFIS) sembrano più accurati di misure basate su performance (T25FW, TUG, 2MWT)
Predicting falls in adults with multiple sclerosis using patient-reported measures: Are perceptions	Michael VanNostrand, Barbara Sogoloff, Carley Giroux, Lance Bergmans, Susan L Kasser	2022	USA	Studio caso-controllo	Dual-Task Questionnaire (DTQ)	La maggioranza dei test clinici per accertare il rischio di caduta non includono dual-task, mentre in quelli in cui sono presenti il tempo di somministrazione è considerevole. L'inserimento di un questionario auto-somministrato di dual-task, come il DTQ, può essere fatto in poco tempo e predire accuratamente rischio di caduta con valori di specificità buona e moderata sensibilità

of dual-tasking missing?						
Prognosis of walking function in multiple sclerosis supported by gait pattern analysis	Björn Zörner, Pascal Hostettler, Christian Meyer, Tim Killeen, Pauline Gut, Michael Linnebank, Michael Weller, Dominik Straumann, Linard Filli	2022	Svizzera	Studio di coorte	3D Gait Analysis	I risultati riportati segnalano l'importanza di misure quantitative ed oggettive per monitorare l'andamento della MS nei pazienti. L'analisi dei pattern di cammino, unita a imaging, anamnesi clinica ed elettrofisiologica potrebbero migliorare la prognosi, specie nella progressione dei disturbi deambulatori
Psychometric Properties of a Core Set of Measures of Balance for	Stanley Winser, Catherine M Smith, Leigh A Hale, Leica S Claydon, Susan L Whitney, Brooke	2017	USA, Nuova Zelanda	Studio trasversale	BBS, TUG, International Cooperative Ataxia Rating Scale (ICARS),	Si consiglia l'utilizzo di BBS e SARA per la valutazione dell'equilibrio in persone con atassia cerebellare secondaria a MS. Nello studio, la BBS presenta l'affidabilità inter- ed intraoperatore e consistenza interna maggiori. Gli elementi della scala ICARS

People With Cerebellar Ataxia Secondary to Multiple Sclerosis	Klatt, John Mottershead, Islam Zaydan, Rock Heyman				SARA	richiedono più tempo testando item ripetutamente, mentre la TUG presenta moderata validità convergente e strutturale, rendendola poco adatta alla popolazione in esame
Reliability and clinical significance of mobility and balance assessments in multiple sclerosis	Yvonne C Learmonth, Lorna Paul, Angus K McFadyen, Paul Mattison, Linda Miller	2012	Scozia	Studio diagnostico	BBS, TUG, T25FWT, 6MWT	Le quattro misure sono affidabili in una popolazione affetta da MS con disabilità moderata
Reliability and Minimal Detectable Change in the Gait Assessment	María D Gor García Fogeda, Silvia Tomé Redondo, Cristina Simón Hidalgo, Janis J Daly,	2020	Spagna	Studio trasversale	Gait Assessment and Intervention Tool (GAIT)	Il GAIT è un buon strumento per misurare ridotta coordinazione durante il cammino in pazienti con MS ed EDSS≤6. Esso presenta eccellente affidabilità intra- ed interoperatore, sia nel suo insieme che considerando le singole parti

and Intervention Tool in Patients With Multiple Sclerosis	Francisco Molina Rueda, Roberto Cano de la Cuerda					
Reliability of four scales on balance disorders in persons with multiple sclerosis	Davide Cattaneo, Johanna Jonsdottir, Stefania Repetti	2007	Italia	Studio diagnostico	BBS, DGI, ABC, DHI	L'affidabilità interoperatore e test-retest delle scale sembra soddisfacente in soggetti con disturbi di equilibrio lievi-moderati. Il confronto tra la prestazione durante prove di equilibrio, la percezione dell'equilibrio della persona e la valutazione dei comportamenti del soggetto nelle attività della vita quotidiana può migliorare la stima del rischio di caduta e consentire l'implementazione di un piano di trattamento più personalizzato. L'ABC sembra presentare risultati meno stabili in questo campione a disabilità ridotta
Reliability,	Kirsten Potter,	2018	USA	Studio	BESTest	La scala BESTest è uno strumento affidabile

validity, and responsiveness of the Balance Evaluation Systems Test (BESTest) in individuals with multiple sclerosis	Lisa Anderberg, Diana Anderson, Brooke Bauer, Megan Beste, Stephanie Navrat, Mohamed Kohia			diagnostico		e valido per pazienti ambulatoriali con MS, supportato dall'utilizzo di un minimo cambiamento rilevabile (MDC) validato. I coefficienti di affidabilità ed effetto-tetto riscontrati permettono di asserire che la scala andrebbe somministrata nella sua interezza
Standard versus innovative robotic balance assessment for people with multiple sclerosis: a	Jessica Podda, Giorgia Marchesi, Valentina Squeri, Alice De Luca, Alice Bellosta, Ludovico Pedullà, Giovanna Konrad, Mario Alberto Battaglia,	2023	Italia	Studio trasversale	Piattaforma robotica (hunova), posturografia dinamica (Equitest)	La piattaforma robotizzata hunova può costituire un'importante aggiunta alla valutazione tradizionale dell'equilibrio nella MS in soggetti con disabilità lieve-moderata, permettendo un monitoraggio più sensibile delle modifiche dell'equilibrio nel tempo ed una migliore analisi dell'efficacia di trattamenti. Combinare valutazione tradizionale e robotica può migliorare

correlational study	Giampaolo Bricchetto, Andrea Tacchino					l'accuratezza nel riconoscere disturbi dell'equilibrio in MS
Static postural control disturbances among the different multiple sclerosis phenotypes: A Neurocom Balance Manager® evaluation study	V Cimino, C G Chisari, G Raciti, A Pappalardo M Zappia, F Patti	2018	Italia	Studio trasversale	CTSIB su posturografia statica (NeuroCom Balance Manager), BBS	L'utilizzo di NeuroCom Balance Manager nella valutazione dell'equilibrio può fornire misure oggettive di equilibrio funzionale statico, supportato dalla correlazione con BBS, specie in task ad occhi chiusi
Static posturography across	Alon Kalron, Dalia Nitzani, Anat Achiron	2016	Israele	Studio trasversale	Posturografia statica su tapis-roulant	Significativa correlazione tra EDSS e parametri presi alla posturografia. Mentre la traiettoria del COP tende a rimanere stabile

the EDSS scale in people with multiple sclerosis: a cross sectional study					con sensori	nei gruppi a minor disabilità, esso aumenta rapidamente a partire da EDSS 3. I soggetti con ausili per la mobilità hanno peggior controllo posturale rispetto agli altri sottogruppi. Le traiettorie del COP rispecchiano il deterioramento della funzionalità del soggetto, dando valore aggiunto all'utilizzo di queste misure in ambito clinico.
Symmetry in vertical ground reaction force is not related to walking and balance difficulties in people with multiple	Alon Kalron	2016	Israele	Studio trasversale	Simmetria nella forza di reazione al suolo con posturografia statica su tapis-roulant con sensori	Non vi è asimmetria nella forza di reazione verticale al suolo durante il cammino in pazienti con MS. Questo valore è simile tra <i>fallers</i> e <i>non-fallers</i> e non vi sono relazioni significative con scale/strumenti per la valutazione dell'equilibrio e cammino. In ambito clinico l'analisi della simmetria nella forza di reazione al suolo durante il cammino dovrebbe essere un parametro a bassa priorità tra quelli valutati dall'operatore

sclerosis						
Testing Dynamic Balance in People with Multiple Sclerosis: A Correlational Study between Standard Posturography and Robotic-Assistive Device	Jessica Podda, Giorgia Marchesi, Alice Bellosta, Valentina Squeri, Alice De Luca, Ludovico Pedullà, Andrea Tacchino, Giampaolo Bricchetto	2024	Italia	Studio trasversale	Piattaforma robotica (hunova), Posturografia dinamica (Equitest)	Le misure di hunova sono altamente correlabili con quelle della posturografia per equilibrio statico tradizionali. Hunova potrebbe migliorare la sensibilità della valutazione dell'equilibrio dinamico in pazienti con MS. Viene sottolineata inoltre l'importanza di una dettagliata valutazione dell'equilibrio dinamico attraverso sofisticati strumenti robotici in grado di simulare attività di vita quotidiana, riproducendo superfici instabili per prove di equilibrio
Test-Retest Reliability and	Hina Garg, MS; Michael C. Schubert; Eduard	2020	USA	Studio diagnostico	Stazione eretta su pedane di	Moderata affidabilità delle misure di stabilità dello sguardo e buona affidabilità nelle misure di oscillazione posturale ed equilibrio

Response Stability of Gaze Stabilization, Postural Sway, and Dynamic Balance Tests in Persons with Multiple Sclerosis and Controls	Gappmaier; Jim Sibthorp; K. Bo Foreman; Leland E. Dibble				forza, FGA e stabilità dello sguardo	dinamico. Data la globalità dei sistemi analizzati (vestibolare, visivo e propriocettivo), l'FGA potrebbe essere più valido in MS con squilibrio e storia di cadute ricorrenti. Per identificare cambiamenti reali nelle condizioni del soggetto sembrano necessarie importanti modifiche nelle prove di riflesso oculomotore e FGA
Test-Retest Reliability, Validity, and Minimal Detectable	Kathryn D Mitchell, Han Sheri P Silfies	2018	USA	Studio diagnostico	BESTest, BBS	La BESTest ha dimostrato eccellente affidabilità test-retest e buona utilità diagnostica come misura di equilibrio funzionale in soggetti con moderata disabilità dovuta ad MS. Un cambiamento

<p>Change of the Balance Evaluation Systems Test to Assess Balance in Persons with Multiple Sclerosis</p>						<p>nel punteggio superiore al 10% potrebbe indicare una modifica significativa nelle performance di equilibrio. La BBS ha limitata capacità di identificare rischio di caduta e misurare accuratamente l'equilibrio funzionale in questo tipo di popolazione</p>
<p>The agreement between face-to-face and tele-assessment of balance tests in patients with multiple</p>	<p>Aysenur Erekdag, Irem Nur Sener, Ayse Zengin Alpozgen, Tuncay Gunduz, Mefkure Eraksoy, Murat Kurtuncu</p>	<p>2024</p>	<p>Turchi a</p>	<p>Studio trasversale</p>	<p>BBS, DGI, TUG in telesomministrazione</p>	<p>Alta affidabilità inter- ed intraoperatore per le tre scale in telesomministrazione. Necessaria nella pratica clinica la standardizzazione di fattori potenzialmente impattanti quali setting e strumentazione, oltre all'esigenza di istruire in maniera appropriata i soggetti prima di testarli</p>

sclerosis						
Trunk sway in mildly disabled multiple sclerosis patients with and without balance impairment	Oliver Findling, Johann Sellner, Niklaus Meier, John H J Allum, Dominique Vibert, Carmen Lienert, Heinrich P Mattle	2011	Svizzera	Studio trasversale	Posturografia (SwayStar System)	Task: stazione eretta ad occhi aperti e chiusi, su superficie normale e foam; stance su una gamba sola ad occhi aperti su superficie normale e foam, cammino in tandem su superficie normale e foam. Quando in MS con disabilità lieve è presente compromissione soggettiva dell'equilibrio, si può trovare correlazione in precise misure di oscillazione durante la stance su strumento di posturografia statica, mentre test clinici standard non riescono ad identificare deficit dell'equilibrio. Inoltre è presente oscillazione latero-mediale di tronco in tutti i pazienti MS, anche coloro che non si lamentano di disturbi soggettivi dell'equilibrio, seppur in dimensione minore
Use of Nintendo Wii Balance	Giacomo Severini, Sofia Straudi, Claudia	2017	Italia	Studio trasversale	WBB, pedane di forza	I dati acquisiti tramite WBB in soggetti con ridotta compromissione dell'equilibrio seguono lo stesso trend e spesso non si

Board for posturographic analysis of Multiple Sclerosis patients with minimal balance impairment	Pavarelli, Marco Da Roit, Carlotta Martinuzzi, Laura Di Marco Pizzongolo, Nino Basaglia					notano differenze significative rispetto alle pedane di forza standard. La WBB può essere utilizzata per lo sviluppo di semplici test di equilibrio complementari e con costi accessibili. La WBB non è in grado di fornire dati oggettivi assoluti relativi all'equilibrio, ma può essere utile come strumento alternativo a tecnologie più dispendiose per ottenere misurazioni in ambiente clinico
Usefulness of the Berg Balance Scale for prediction of fall risk in multiple sclerosis	Ender Ayvat, Mert Doğan, Fatma Ayvat, Özge Onursal Kılınç, Gülşah Sütçü, Muhammed Kılınç, Sibel Aksu Yıldırım	2024	Turchia	Studio trasversale	BBS	Il rischio di caduta può essere predetto in soggetti con MS usando la BBS, uno strumento pratico ed utile per la valutazione dell'equilibrio. Gli alti punteggi dei soggetti nel gruppo <i>fallers</i> hanno contribuito alla bassa sensibilità riportata. Ciò nonostante, la BBS è in grado di identificare pazienti a rischio di caduta, anche se date la sensibilità e specificità riportate in questo studio, scale alternative andrebbero considerate quando può servire una valutazione più sensibile

						dell'equilibrio
Utility of disease-specific measures and clinical balance tests in prediction of falls in persons with multiple sclerosis	Leland E Dibble, Cielita Lopez-Lennon, Warren Lake, Carrie Hoffmeister, Eduard Gappmaier	2013	USA	Studio di coorte	BBS, DGI, ABC, FR, TUG. EDSS	Dei test esaminati, solo BBS, DGI e ABC hanno distinto accuratamente <i>fallers</i> e <i>non-fallers</i> , possedendo livelli clinicamente utili di sensibilità e specificità
U-turn speed is a valid and reliable smartphone-based measure of	Wei-Yi Cheng, Alan K Bourke, Florian Lipsmeier, Corrado Bernasconi, Shibeshih	2021	USA, Spagna	Studio trasversale	5 U-turn test (5UTT)	Il 5UTT, strumento di auto-valutazione di cammino ed equilibrio tramite cellulare, presenta eccellente validità test-retest, correlazione con misure di disabilità e buona affidabilità, sia in MS che nel gruppo-controllo. Misure di velocità nel cambiare

multiple sclerosis-related gait and balance impairment	Belachew, Christian Gossens, Jennifer S Graves, Xavier Montalban, Michael Lindemann					direzione, registrate in un ambiente domestico, possono catturare aspetti caratterizzanti della disabilità indotta da MS.
Validity of mobility measures in multiple sclerosis, according disability level: a European RIMS multi-center study	Baert I, Keytsman C, Rasova K, Heric- Mansrud A, Ehling R, Ellorriagia I, Nedeljkovic U, Backus D, Kalron A, Tacchino A, Gebara B, Vandenbroek H, Stachowiak G, Smedal T, Gusowski K,	2016	Belgio, Repub blica Ceca, Israele, Norvegia, Serbia, Spagna, USA	Studio trasversale	T25FW, TUG, TUG cognitivo, 2MWT, FSST, DGI, Rivermead Mobility Index (RMI), MSWS-12, Performance Scale Mobility (PSmob)	La validità complessiva dei test clinici (buona-eccellente) è maggiore degli outcome riportati dal paziente (discreta-buona), ed in questi ultimi la correlazione è bassa, specie in MS maggiormente debilitante. Le basse correlazioni reciproche dei questionari potrebbero indicare che queste misure valutano diversi aspetti della mobilità, e sono quindi complementari nelle informazioni che forniscono. I test di cammino cronometrato dimostrano un'alta validità globalmente, tranne per TUG cognitivo che porta poche correlazioni

	Cattaneo D, Nijs M, Hebert J, Feys P					significative (valutando più aspetti cognitivi che di mobilità). Buona validità per T25FW, TUG e 2MWT, in cui però il 2MWT sembra avere maggiore responsività ai cambiamenti, ed è quindi più raccomandata per valutare il cammino. Per MS con disabilità lieve, la migliore combinazione sembra includere 2MWT/T25FW e PSmob/MSWS-12, per moderata T25FW/TUG e RMI/PSmob, per severa o molto severa T25FW/TUG. Andrebbe selezionata la scala da somministrare individualmente in base a livello di disabilità e aspetto della mobilità che si vuole indagare
Validity of six balance disorders scales in persons with	Davide Cattaneo, Alberto Regola, Matteo Meotti	2006	Italia	Studio trasversale	BBS, TUG, DGI, DHI, ABC	Le scale hanno validità concorrente accettabile. Le task che richiedono rotazione del capo o del corpo si sono dimostrate le più complesse. Bisogna valutare con cautela le discriminazioni tra <i>fallers</i> e <i>non-fallers</i>

multiple sclerosis						basandosi sui punteggi dei test clinici, con ABC e DHI come i principali predittori di cadute. BBS dimostra la maggiore specificità, ma la minore sensibilità; la DGI presenta simili performance
Validity of the dynamic gait index in people with multiple sclerosis	Anette Forsberg, Malin Andreasson, Ylva E Nilsagård	2013	Svezia	Studio trasversale	DGI, FGA	La DGI è un valido strumento per la valutazione dell'equilibrio dinamico durante il cammino in pazienti con disabilità evidente; se la disabilità è lieve, il FGA potrebbe essere una scala applicabile, avendo item sovrapponibili al DGI con l'aggiunta di 3 prove ulteriori. La sua praticabilità è buona, con necessità di un semplice corridoio e delle scale. La sensibilità è elevata usando un valore cut off di 19
Wearable technology reveals gait compensations, unstable	Michael Psarakis, David A Greene, Michael H Cole, Stephen R Lord, Phu Hoang,	2018	Australia	Studio trasversale	IMUs	Sensori indossabili sono strumenti accessibili, pratici ed accurati in grado di fornire informazioni affidabili legate a movimenti compensatori e stabilità. I dati acquisiti incrementano la nostra conoscenza

walking patterns and fatigue in people with multiple sclerosis	Matthew Brodie					sulla qualità del cammino, utilizzo di strategie compensatorie instabili ed aumentato rischio di caduta
When 'good' is not good enough: a retrospective Rasch analysis study of the Berg Balance Scale for persons with Multiple Sclerosis	Serena Caselli, Loredana Sabattini, Davide Cattaneo, Johanna Jonsdottir, Giampaolo Bricchetto, Stefania Pozzi, Alessandra Lugaresi, Fabio La Porta	2023	Italia	Studio diagnostico	BBS	La BBS è una scala affidabile e con buona validità strutturale interna. Va tuttavia soppesato il soggetto a cui somministrarla, in quanto gli item sono stati, in media, meno difficili dell'abilità media del campione con disabilità ridotta. Ridotta la precisione di misurazione in soggetti con MS e ridotta disabilità del cammino: il suo utilizzo è maggiormente raccomandato in soggetti con maggior disabilità

Tabella 2 “Dati estratti da Studi Secondari”

Studio	Autori	Data	Tipo di studio	Scale	Contenuti
A systematic review of factors associated with accidental falls in people with multiple sclerosis: a meta-analytic approach	Costanza Gianni, Luca Prosperini, Johanna Jonsdottir and Davide Cattaneo	2014	Revisione Sistemática, Meta-analisi	T25FW, BBS, TUG, pedane di forza	Considerando fattori di rischio per cadute, è stata trovata maggiore frequenza di ridotta velocità di cammino (T25FW), minore score a BBS e maggiore oscillazione alle pedane di forza. La base d'appoggio è significativamente più larga nel gruppo <i>fallers</i> , sia ad occhi aperti che chiusi, TUG dimostra differenza marginale tra i due gruppi. L'EDSS ha consistenti relazioni con rischio di caduta, ma da solo potrebbe non essere sufficiente
Cognitive-motor dual task to reveal gait impairments in	David Péron, Sébastien Leteneur, Bruno Lenne,	2024	Revisione sistemática	Dual-task durante gait analysis	La dual task può essere un metodo di valutazione del cammino utile in MS di fase iniziale. Risulta tuttavia necessaria una maggiore standardizzazione della valutazione neuropsicologica e delle richieste cognitivo-

multiple sclerosis patients at an early stage: A systematic review	Ghassan Ido, Cécile Donzé, Franck Barbier, Caroline Massot				motorie: la dual-task può mostrare disturbi del cammino non visibili durante cammino standard, ma sono necessarie misure più sensibili (come 3D gait analysis) per un'efficace distinzione in MS di fase iniziale
Evaluating walking in patients with multiple sclerosis: which assessment tools are useful in clinical practice?	Francois Bethoux, Susan Bennett	2011	Revisione sistematica	EDSS, Hauser Ambulation Index (AI), DGI, test cronometrati, Gait analysis, Six-Spot Step Test (SSST) , MSWS-12	Non vi è misura ideale per la valutazione del cammino in pazienti con MS. L'AI ha buona affidabilità, ma è poco utile per la sua bassa capacità di riconoscere cambiamenti nella condizione del paziente. Il 2MWT sembra essere più pratico e meno impattante su pazienti ad alto grado di disabilità rispetto alla propria variante di 6 minuti, e sembrerebbe avere proprietà psicometriche simili; tuttavia, tali dati devono essere ancora confermati sulla popolazione MS. Il T25FW è stato validato, è pratico ed utilizzabile facilmente in setting clinico, ma non possiede ancora un protocollo unico per le indicazioni da fornire al paziente sull'esecuzione della prova. L'utilizzo di sistemi computerizzati di analisi del movimento, come il GAITRite, potrebbero avere

					<p>notevole valenza; tuttavia, vi sono importanti svantaggi nei costi, tempo di somministrazione, spazio e necessità di personale specializzato. Il SSST richiede un setting predisposto; in più non è ancora stato definito il suo uso e le sue proprietà psicometriche. Il MSWS-12 presenta buone caratteristiche psicometriche, breve tempo di somministrazione, buona responsività ai cambiamenti e varie correlazioni con altri strumenti di misura (EDSS, T25FW, IMUs). DGI presenta buoni valori psicometrici e correlazione con 6MWT, ma richiede dettagliata valutazione da un valutatore preparato. La T25FW e MSWS-12 applicate in maniera complementare sembrano indagare in maniera esaustiva i limiti del cammino di un paziente, con appropriate qualità per l'utilizzo in ambito clinico. Buon uso pratico può essere impiegato anche per DGI e TUG per la valutazione funzionale della mobilità. Nell'esplorare la resistenza durante il cammino, strumenti come 6MWT o 2MWT test dovrebbero essere presi in considerazione</p>
The ability of	Gillian Quinn,	2018	Revisione	BBS,	Vi sono evidenze insufficienti per valutare ognuna di

clinical balance measures to identify falls risk in multiple sclerosis: a systematic review and meta-analysis	Laura Comber, Rose Galvin, Susan Coote		Sistematica	TUG, ABC, FES-I	queste misure di equilibrio come validi strumenti di previsione per cadute in MS. Data la natura multifattoriale delle cadute, le sole misure di equilibrio potrebbero non essere sufficienti
The clinical relevance of force platform measures in multiple sclerosis: a review	Luca Prosperini, Carlo Pozzilli	2013	Revisione Sistematica	Pedane di forza	Le pedane di forza possono fornire misure di equilibrio dinamico ed in stazione eretta riguardanti rischio di cadute future, così come cambiamenti indotti da trattamenti. Esse sono diventate più accessibili e potenzialmente utili sia in pratica clinica che per scopi di ricerca. Ciò nonostante, hanno ancora un costo significativo, richiedono spazio dedicato e personale formato sul loro utilizzo, il che ne riduce la praticabilità in un contesto clinico. Ulteriori studi dovrebbero indagare la possibilità di implementare le tavole di stabilità (come Nintendo) con un computer, migliorando così costi, portabilità e facilità di utilizzo.

Wearable Sensor Technologies to Assess Motor Functions in People With Multiple Sclerosis: Systematic Scoping Review and Perspective	Tim Woelfle, Lucie Bourguignon, Johannes Lorscheider, Ludwig Kappos, Yvonne Naegelin, Catherine Ruth Jutzeler	2023	Scoping Review	IMUs	Gli IMUs sono i sensori più comunemente usati negli studi inclusi. Un comune denominatore legato ai sensori tecnologici negli studi inclusi è la capacità di riconoscere modifiche impercettibili nell'attività fisica e altri outcome di motricità trascurati dagli strumenti di valutazione convenzionali, come questionari. I sensori indossabili rappresentano uno strumento intrigante come complemento ai convenzionali test clinici ed outcome auto-risportati dai pazienti. Tuttavia, per adottare i sensori in setting clinico in maniera costante vanno stabilite linee guida per il loro uso e produrre trial di validazione.
---	---	------	----------------	------	--

DISCUSSIONE

Esaminando tali dati, una grande e crescente quantità di strumenti e scale di misura sono quotidianamente utilizzate e validate in pazienti con MS. Stando alla letteratura analizzata, possono essere distinte alcune categorie di metodi valutativi: Test cronometrati, Scale cliniche, Questionari, Strumenti di valutazione tecnologica del movimento.

4.1 Test cronometrati

Si annoverano T25FW, 6MWT, 2MWT, TUG.

L'uso di T25FW, 6MWT e TUG in popolazione a disabilità moderata è supportato dallo studio di Learmonth&Co^[13]. Baert&Co^[14] consigliano una valutazione della mobilità composta da test cronometrati e questionari auto-somministrati, considerabili come strumenti complementari: per bassa disabilità 2MWT (il test cronometrato più sensibile a piccoli cambiamenti) o T25FW abbinati con PSmob o MSWS-12; per disabilità moderata T25FW o TUG abbinati con RMI o PSmob; per disabilità severa o molto severa T25FW o TUG hanno la validità maggiore. Stando a Brandstadter&Co^[15] la T25FW non sembra avere la sensibilità adeguata per valutare modificazioni del cammino in MS in fase iniziale. I test cronometrati cognitivi indagano aspetti più cognitivi che di mobilità, ragion per cui possono essere abbinati a test o scale cliniche, ma non sostituirli^[14]. Anche la Revisione Sistemica di Bethoux&Co^[16] conferma come, seppur non vi sia una misura ideale di valutazione della mobilità, l'utilizzo complementare di T25FW e MSWS-12 sembri indagare il cammino di un paziente con MS in maniera esaustiva. 6MWT e 2MWT dovrebbero essere presi in considerazione per la quantificazione della resistenza durante cammino, in particolare il 2MWT sembra essere più pratico, meno impattante su soggetti con disabilità severa e possedere valori psicometrici tutto sommato simili alla sua variante di sei minuti.

Evidenze supportano l'uso del TUG, in grado di distinguere pazienti con MS ad alto rischio di caduta e paura di cadere, mentre in soggetti a disabilità lieve-molto lieve si attesta effetto-pavimento^[17]. Altri studi^[18,19] riportano risultati in contrasto, in cui test cronometrati T25FW, TUG e 2MWT presentano meno accuratezza di questionari riportati dal paziente. Una possibile motivazione può essere il campione composto da soggetti con disabilità lieve-moderata, per cui il TUG potrebbe avere meno rilevanza clinica su soggetti con EDSS ridotta. In soggetti con atassia cerebellare

secondaria a MS, il TUG presenta solo moderata validità convergente e strutturale^[20], e la differenza nei punteggi tra gruppi *fallers* e *non-fallers* sembra marginale rispetto al T25FW^[6].

4.2 Scale cliniche

Le principali scale sono la BBS, DGI, FGA, BESTest e Mini-BESTest, SARA, FAB, GAIT.

Il corpo-studi riguardante la BBS è sostanzioso, ma contrastante^[19]. Stando a Fjellstad&Co^[21] la scala è un efficace ed affidabile strumento di screening per problemi di equilibrio, tuttavia valuta principalmente componenti statiche, con poca significatività riguardo dati dinamici; l'utilizzo parallelo di strumenti di valutazione dell'equilibrio dinamico (posturografia dinamica nella fattispecie) renderebbe la valutazione più accurata. La sola scala ha limitata capacità di identificare rischio di caduta^[22]. Va sottolineato come i campioni esaminati riguardino soggetti MS con EDSS inferiore a 3,5, ovvero completamente deambulanti e con disabilità lieve-moderata. Campione con questo livello di disabilità è stato indagato anche da Cattaneo&Co^[23], che hanno trovato buone performance di BBS e DGI in termini di affidabilità. La scala si associa alla parte di equilibrio della scala SARA nel valutare soggetti con compromissione cerebellare secondaria a MS^[20,24]. L'affidabilità sembra buona^[13] così come la previsione del rischio di caduta in soggetti con EDSS<6, anche se la specificità (49%) e sensibilità (51%) trovate lasciano spazio a considerazioni riguardo scale alternative^[25]. In ogni caso i valori di BBS tra *fallers* e *non-fallers* sono statisticamente minori^[6]. Anche Caselli&Co affermano come i valori della scala siano validi ed affidabili, tuttavia la limitata difficoltà di alcuni item e la ridotta precisione di misurazione fan sì che la scala sia più raccomandata in soggetti con livelli di disabilità maggiori^[26].

Per quanto riguarda la DGI, si tratta di un indice valido, tuttavia la sua efficacia diagnostica si riduce in soggetti a basso grado di disabilità^[27], oltre a richiedere una valutazione dettagliata da parte di un valutatore preparato^[16]; comparata alla BBS, nessuna delle due dimostra chiara superiorità rispetto all'altra, basandosi su validità concorrente e convergente delle scale; per entrambe specificità maggiore della sensibilità^[28,29]. In soggetti autonomi nella deambulazione DGI, BBS ed ABC hanno maggiore potere predittivo per cadute rispetto ad EDSS, FR e TUG^[30]. Recenti evidenze supportano l'utilizzo di DGI, così come BBS e TUG in regime di tele-somministrazione, ma future validazioni e standardizzazioni sono necessarie^[31].

Le relazioni trovate da Garg&Co^[32] delineano collegamenti tra equilibrio dinamico, misurato con FGA e Four-Square Step Test, partecipazione rilevata con ABC e DHI, e stabilità dello sguardo, segnalando come quest'ultimo fattore dovrebbe essere incluso nella valutazione dell'equilibrio; tuttavia il MDC di FGA e misure di stabilità dello sguardo sembra essere elevato per correlarsi a piccoli cambiamenti nei sintomi dei pazienti: ulteriori ricerche per esplorare l'ambito sono necessarie^[33]. La FGA potrebbe trovare applicazione in soggetti con disabilità lieve, grazie ad una elevata sensibilità con cut-off a 19 punti^[27].

Il Mini-BESTest porta rilevanti correlazioni con l'ABC, per cui è possibile che trattamenti volti al miglioramento dei punteggi della scala apportino rilevanti modifiche nella percezione del proprio equilibrio e partecipazione sociale^[34]. In un altro studio^[35] la scala trova rilevanti associazioni con CTSIB per equilibrio statico, e 6MWT/T25FWT per cammino in particolare in soggetti a moderata-severa disabilità, decrescendo in soggetti con livelli funzionali maggiori. Pur essendo valida, i coefficienti di affidabilità ed effetto-tetto riscontrati porterebbero ad asserire come la BESTest vada somministrata interamente^[36]. In soggetti con moderata disabilità le caratteristiche psicometriche sono molto buone, con un MDC del 10% del punteggio^[22].

Stando a Mattos&Co^[37], l'utilizzo della FAB nella sua versione ridotta (FAB-S) sembra diretto principalmente verso soggetti a basso livello di disabilità, rilevando piccoli cambiamenti nelle performance di equilibrio di questi pazienti ad alto funzionamento. La validità concorrente con le principali scale cronometrate è significativa ma ridotta, indicando come siano scale che indagano diversi ambiti della mobilità.

Il GAIT ha un bacino di evidenze limitato; Gor García Fogeda&Co^[38] hanno trovato eccellenti caratteristiche psicometriche in soggetti con EDSS inferiore a 6 per la valutazione dell'incoordinazione nel cammino.

4.3 Questionari

I questionari auto-somministrati includono: ABC, DHI, MSWS-12, FES-I, MSIS, DTQ, PSmob, RMI.

In soggetti con disabilità lieve-moderata, evidenze sostengono l'uso dei questionari ABC, FES-I, MSWS-12 e MFIS rispetto a test cronometrati per valutare il rischio di caduta^[18]. In contrasto la Revisione di Quinn&Co^[19], la quale asserisce come ABC e FES-I non possiedano le evidenze sufficienti per essere considerati strumenti validi

per predire rischio di caduta. In soggetti autonomi nella deambulazione DGI, BBS ed ABC hanno maggiore potere predittivo per cadute rispetto ad EDSS, FR e TUG^[30].

Come riportato da Loyd&Co^[34] l'ABC presenta correlazioni rilevanti con la Mini-BESTest. Non presenti invece rispetto alla DHI, e tra la DHI e misure di stabilità dello sguardo. Cattaneo&Co^[23] supportano l'utilizzo della DHI e dell'ABC, seppur quest'ultima presenti risultati meno stabili alla rivalutazione in soggetti con ridotta percezione dei propri disturbi di equilibrio. In chi ha moderata compromissione dell'equilibrio ABC e DHI, seppur con capacità non elevata di discriminazione tra *fallers* e *non-fallers*, si sono dimostrati i principali predittori se paragonati a BBS, TUG, DGI e Hauser Ambulation Index^[29].

Dallo studio di Brandstadter&Co^[15], assume importanza una possibile batteria di test per migliorare lo screening di pazienti a rischio di cadute ed infortuni, in modo da facilitare il riconoscimento di lievi modifiche nelle performance anche senza utilizzo di costosi apparecchi posturografici: la batteria sarebbe composta da una task di equilibrio ad elevata richiesta funzionale, questionari di cammino e mobilità (nello studio rispettivamente un cammino a tandem su due tavole propriocettive, MSWS-12 e MSIS).

La MSWS-12 pare essere un questionario con buone caratteristiche psicometriche, breve tempo di somministrazione, buona responsività ai cambiamenti e varie correlazioni con altri strumenti di misura, in particolare T25FW ed IMUs^[16].

Nel valutare il rischio di caduta, poche scale o questionari tengono in considerazione l'aspetto delle dual-task, e quelli che lo fanno richiedono un tempo di somministrazione esteso; il DTQ richiede un tempo relativamente ridotto e sembra valutare il rischio di caduta con buona specificità in soggetti con ridotta disabilità^[39].

4.4 Strumenti di valutazione tecnologica del movimento

I principali strumenti utilizzati sono gli IMUs, strumenti per la gait analysis, Balance Board (in particolare WBB), pedane di forza, posturografia statica e dinamica ed applicazioni su dispositivi mobili (APP Floodlight, 5UTT).

I sensori IMU sono strumenti validi ed oggettivi di valutazione dell'oscillazione posturale, presentano correlazioni rilevanti con test clinici e pedane di forza nella discriminazione tra soggetti MS e sani; inoltre risultano leggeri e facilmente trasportabili^[40,41]. Ulteriori relazioni significative rilevate anche con scale di confidenza (ABC), fatigue (MFIS), disturbi del cammino (MSWS) e disabilità

(EDSS)^[42]. La capacità dei sensori indossabili di riconoscere modifiche impercettibili nell'attività fisica e altri outcome di motricità trascurati dagli strumenti di valutazione convenzionali, come i questionari, ne avvalorano notevolmente l'impiego. Questi strumenti rappresentano una possibilità interessante come complemento ai convenzionali test clinici ed outcome auto-riportati dai pazienti. Tuttavia, per adottare i sensori in setting clinico in maniera costante vanno stabilite linee guida per il loro uso e produrre trial di validazione^[43]. Stando ai risultati di Pau&Co^[44] e Craig&Co^[45] il TUG con IMU porta più informazioni rilevanti rispetto al TUG standard; le informazioni fornite dai due elementi del test sono complementari, fornendo ulteriori elementi sia di equilibrio statico che dinamico.

Strumenti di gait analysis (nello studio di Alon Kalron^[46] il sistema GaitRite) offrono numerosi parametri spazio temporali, notando come la variabilità del cammino sia un importante predittore di cadute e disturbi della mobilità in soggetti a disabilità moderata. Tra i parametri analizzabili, grande rilevanza sembrano ricoprire il Gait Profile Score (GPS) e Statistical Parametric Mapping (SPM), utilizzabili in maniera complementare per delineare la cinematica articolare del soggetto in esame^[47]. Le misure oggettive e quantitative hanno grande importanza nel monitorare l'andamento della patologia, e l'unione di analisi di pattern deambulatorio, imaging, anamnesi clinica e valutazione elettrofisiologica possono migliorare la prognosi dei disturbi legati alla mobilità^[48]. Ulteriori ricerche dovranno indagare l'utilizzo di dual-task cognitive durante il cammino: una richiesta cognitivo-motoria standardizzata può facilitare il riconoscimento di disturbi sotto-soglia altrimenti non evidenziabili durante task cliniche standard in pazienti con MS in fase iniziale^[49]. Una gait analysis qualitativa può essere eseguita con apparecchio RVGA, portando buona sensibilità ed affidabilità; tuttavia, estrarre i dati dalla performance richiede un tempo rilevante e va fatta da un clinico con esperienza nell'ambito. L'utilizzo di sistemi computerizzati di analisi del movimento, come il GAITRite, potrebbe avere notevole valenza; tuttavia, vi sono importanti svantaggi nei costi, tempo di somministrazione, spazio e necessità di personale specializzato^[16].

I valori psicometrici della WBB la rendono una valida alternativa alle pedane di forza nel monitoraggio di pazienti con MS in ambito clinico, con dati spesso sovrapponibili tra i due strumenti senza differenze significative. Essa non è in grado di fornire dati oggettivi assoluti sull'equilibrio, tuttavia offre misure di valutazione affidabili e somministrabili in un tempo ridotto, con riduzione dei costi e facile disponibilità^[50,51].

I parametri presi tramite pedana di forza hanno buona capacità di discriminazione tra soggetti MS e sani e per cadute, oltre a buona correlazione con EDSS anche in soggetti con disabilità minima^[6.52]. Karst&Co^[53] indicano come task di sporgenza del baricentro su pedane di forza evidenzino in soggetti MS a minima disabilità ridotti limiti di stabilità; tuttavia i pazienti sono in grado, come il gruppo-controllo, di adattarsi per raggiungere un obiettivo, dimostrando buona percezione dei propri limiti. Sempre in soggetti con ridotta disabilità l'oscillazione causata da CTSIB permette di rilevare informazioni utili^[35]. Ciò è confermato da Bonardet&Co^[54], che volendo indagare l'aspetto delle riserve propriocettive trovano come la valutazione su pedana di forza usando diverse superfici e condizioni visive comportamenti importanti perturbazioni sui pazienti, in particolar modo durante stazione eretta ad occhi aperti o chiusi su superficie sconnessa. Nonostante gli sforzi fatti per aumentarne l'accessibilità, le pedane di forza possiedono ancora un costo significativo, necessitano di personale appositamente formato e spazio sufficiente dedicato^[55].

La posturografia tramite apparecchio SwayStar, nelle sue misure di oscillazione posturale, offre varie correlazioni con scale EDSS e DHI; la correlazione tra misure di oscillazione del baricentro e percezione soggettiva di disturbi di equilibrio è ancora maggiore, anche in quei soggetti con test clinici normali, per cui può essere suscettibile a cambiamenti non riscontrabili con altre prove cliniche^[56.57]. Paragonata con la BBS, strumenti di posturografia dinamica NeuroCom forniscono informazioni riguardanti aspetti di equilibrio dinamico che la scala non è in grado di indagare^[21], mentre una posturografia statica si correla fortemente con essa^[58]; in particolare sfruttando il Sensory Organization Test si trovano relazioni significative ma moderate con ABC e FES-I, indicando come una valutazione efficace di un paziente di questo tipo richieda sia misure oggettive che questionari soggettivi auto-somministrati^[59]. Invece l'utilizzo del Biodex Balance System, strumento di posturografia, presenta correlazioni significative con la BBS; in aggiunta, è in grado di fornire informazioni legate a disturbi di equilibrio oggettive e quantitative^[60]. L'utilizzo di tapis-roulant con sensori conferma come al peggiorare della EDSS i parametri statici peggiorino repentinamente; meno evidenti deficit in soggetti a disabilità minore^[61]. Tra i dati interpretabili, la simmetria nelle forze di reazione al suolo è un parametro da mettere in secondo piano^[62]. Rilevanti i risultati legati a nuove piattaforme robotizzate, che associate alla valutazione tecnologica

tradizionale possono migliorare la sensibilità nel riconoscere piccole modifiche prestazionali dei pazienti^[63,64].

L'app Floodlight, per la facile praticabilità e basso costo, rappresenta un elemento molto interessante nell'ambito della valutazione tecnologica. Essa fornisce test di valutazione funzionale e disabilità affidabili, paragonandoli a test clinici validati per la patologia e follow-up alla RMN. Oltre ai test attivi, permette un monitoraggio passivo delle prestazioni del paziente nelle sue attività quotidiana potenzialmente utili in ambito clinico, altrimenti difficilmente reperibili con test clinici classici. Si tratta di uno strumento su cui le evidenze sono ancora limitate, e sono necessari ulteriori studi per validarne l'uso e costruire un corpuso insieme di dati^[65]. Altro parametro è la velocità di completamento del 5UTT: anch'esso rispecchia quei pregi di maggiore risoluzione temporale rispetto a test clinici e somministrazione in ambiente domestico, sembra affidabile e valido per la sua correlazione con misure di disabilità^[66].

Nonostante l'eterogeneità degli strumenti applicati come outcome in interventi riabilitativi sulla mobilità, vi è crescente consenso sull'utilizzo di strumenti di valutazione oggettiva dei parametri spaziotemporali, combinati a test clinici relativi a cammino, equilibrio e mobilità. Per completare il quadro, possibili aggiunte riguardano scale e/o questionari relativi a fatigue e partecipazione dalle categorie rispettive dell'ICF^[67]. Il bacino di evidenze riguardo a tecnologie applicate nell'ambito valutativo è in continuo aumento e frequentemente dibattuto, considerando la crescente disponibilità di strumenti sempre più sofisticati presentati agli operatori sanitari; c'è quindi da aspettarsi l'ampliamento di questa porzione di review sulla base di studi futuri. Da tenere in considerazione la multifattorialità delle variabili equilibrio e postura; come notato da D.Cochrane&Co^[68] la relazione tra fatigue, funzioni centrali vestibolari ed equilibrio statico e durante il cammino sembrano fortemente interconnesse, tanto da suggerire l'integrazione di test per la percezione di verticalità e riflessi oculomotori all'interno di batterie per monitorare la progressione della patologia, oltre a misure di faticabilità come outcome secondario.

4.5 Altri metodi

La BW-WSR, intesa come la capacità di aumentare la velocità del cammino all'indietro, non sembra apportare chiari vantaggi a fini diagnostici rispetto ad altre scale di misura o alla stessa misura ma procedendo in avanti^[69].

Il test di salto a ritmo di metronomo con gait analysis presenta dati sovrapponibili tra gruppi MS e sani; l'utilità del test riguarda piuttosto l'identificazione di movimenti anticipatori feed-forward alterati, compromissione dei tempi di reazione verso uno stimolo esterno, come il metronomo, e deficit di coordinazione^[70].

Frzovic&Co^[71] hanno indagato i dati psicometrici di task perturbative, rilevando notevoli differenze tra MS e gruppo-controllo in stazione eretta in tandem, stazione eretta su una sola gamba, FR e Shoulder Tug Test; il loro utilizzo dovrebbe essere ulteriormente indagato, ma risultano possibili scelte valide quando la richiesta diagnostica riguardi aspetti di adattamento e strategie compensative verso perturbazioni interne ed esterne.

L'AI, nonostante la buona affidabilità, pare poco utile in ambito clinico per la sua bassa capacità di riconoscere cambiamenti nella condizione del paziente^[16].

Il SSST è stato pensato come una versione alternativa e più comprensiva del T25FW, includendo coordinazione e stabilità; tuttavia, oltre a richiedere un setting appositamente predisposto, deve essere validato nella popolazione MS^[16]. In ogni caso, la correlazione con misure di equilibrio (CTSIB, Mini-BESTest) è significativa in particolare in soggetti con disabilità lieve^[35].

4.6 Limitazioni:

L'identificazione delle parole chiave da includere nella stringa di ricerca si basa su multiple ricerche precedenti; per quanto condotta in modo da indagare il maggior numero di articoli sull'argomento, vi è possibilità che studi potenzialmente rilevanti non siano stati trovati durante la ricerca.

Il processo di screening degli studi è stato condotto dal solo autore, senza doppio cieco: vi è rischio di bias sull'esclusione di studi considerati non pertinenti in fase di selezione.

Gran parte degli articoli sono studi di tipo trasversale; manca quindi la componente di follow-up ed analisi longitudinale nel tempo dei pazienti valutati.

L'eterogeneità degli studi inclusi influenza la generalizzabilità dei risultati ottenuti, che vanno interpretati con cautela. Tale variabilità riguarda:

- Sensori posizionati in parti del corpo spesso diverse (articolazione sacroiliaca, polso, caviglia, sterno, ecc.);
- Campioni, spesso di ridotte dimensioni, con diversa distribuzione del livello di disabilità e fenotipo della patologia;

- Ampia diversità nella gestione di fattori potenzialmente impattanti (fatigue, compromissioni cognitive, spasticità, ecc);
- Metodo di somministrazione di task spesso non standardizzato;
- Diverse definizioni di *fallers* e *non-fallers*;
- Tempi di registrazione di cadute spesso diversi e basati su ciò che riporta il paziente (recall bias).

CONCLUSIONI

Non sembra esserci una procedura di valutazione chiaramente superiore alle altre nella valutazione dell'equilibrio nella Sclerosi Multipla. Da una parte test e scale cliniche presentano spesso sensibilità e specificità limitate, ma facile somministrazione e uso pratico in ambito clinico; al contrario strumenti di valutazione tecnologica sembrano implementare dati oggettivi e quantitativi, tuttavia i costi, tempi di somministrazione, predisposizione del setting e preparazione dei valutatori rappresentano ancora fattori critici per la loro diffusione; questionari di disabilità e partecipazione apportano informazioni rilevanti riguardo la percezione dei pazienti sulla loro condizione, ma tali informazioni devono poi essere rapportate ed inserite all'interno del percorso clinico del paziente. Risultano necessari ulteriori studi e ricerche per standardizzare l'utilizzo di tali metodi in popolazioni con Sclerosi Multipla, definendo e comparando l'efficacia diagnostica e la praticabilità clinica in contesti sanitari reali.

ACRONIMI

MS: Sclerosi Multipla

COP: Centro di Pressione

APA: Aggiustamenti Posturali Anticipatori

EDSS: Expanded Disability Status Scale

MSFC: Multiple Sclerosis Functional Composite

USA: Stati Uniti d'America

TUG: Timed Up-and-Go

IMU: Unità di misura inerziale

RMN: Risonanza Magnetica Nucleare

FAB: Fullerton Advance Balance

6MWT: 6-Minute Walking Test
T25FW: Timed-25-Foot Walk
BBS: Berg Balance Scale
BSS: Biodex Stability System
BW-WSR: Riserbo nel cammino all'indietro
DHI: Dizziness Handicap Inventory
MoCA: Montreal Cognitive Assessment
BESTest: Balance Evaluation Systems Test
ABC: Activities-Specific Balance Confidence Scale
MFIS: Modified Fatigue Impact Scale
MSWS-12: Multiple Sclerosis Walking Scale a 12 item
SARA: Scale for Assessment and Rating of Ataxia
FR: Functional Reach Test
DGI: Dynamic Gait Index
GPS: Gait Profile Score
SPM: Statistical Parametric Mapping
FGA: Functional Gait Assessment
FSST: Four Square Step Test
CTSIB: Clinical Test of Sensory Interaction on Balance
WBB: Nintendo Wii Balance Board
SOT: Sensory Organization Test
FES-I: Falls Efficacy Scale-International
2MWT: 2-Minute Walking Test
DTQ: Dual-Task Questionnaire
GAIT: Gait Assessment and Intervention Tool
MDC: Minimo Cambiamento Rilevabile
5UTT: 5 U-turn test
RMI: Rivermead Mobility Index
PSmob: Performance Scale Mobility
AI: Hauser Ambulation Index
SSST: Six-Spot Step Test
MSIS: Multiple Sclerosis Impact Scale

BIBLIOGRAFIA

1. Garg N, Smith TW. An update on immunopathogenesis, diagnosis, and treatment of multiple sclerosis. *Brain Behav.* settembre 2015;5(9):e00362.
2. Ghasemi N, Razavi S, Nikzad E. Multiple Sclerosis: Pathogenesis, Symptoms, Diagnoses and Cell-Based Therapy. *Cell Journal (Yakhteh).* 21 dicembre 2016;19(1):1.
3. Cameron MH, Nilsagard Y. Chapter 15 - Balance, gait, and falls in multiple sclerosis. In: Day BL, Lord SR, curatori. *Handbook of Clinical Neurology [Internet].* Elsevier; 2018 [citato 25 ottobre 2024]. p. 237–50. (Balance, Gait, and Falls; vol. 159). Disponibile su: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978044463916500015X>
4. Massot C, Simoneau-Buessinger E, Agnani O, Donze C, Leteneur S. Anticipatory postural adjustment during gait initiation in multiple sclerosis patients: A systematic review. *Vol. 73, Gait & Posture.* 2019. p. 180--188.
5. Alharthi HM, Almurdi MM. Association between cognitive impairment and motor dysfunction among patients with multiple sclerosis: a cross-sectional study. *Vol. 28, European Journal of Medical Research.* 2023. p. 110.
6. Gianni C, Prosperini L, Jonsdottir J, Cattaneo D. A systematic review of factors associated with accidental falls in people with multiple sclerosis: a meta-analytic approach. *Vol. 28, Clinical Rehabilitation.* 2014. p. 704--716.
7. Gunn HJ, Newell P, Haas B, Marsden JF, Freeman JA. Identification of risk factors for falls in multiple sclerosis: a systematic review and meta-analysis. *Phys Ther.* aprile 2013;93(4):504–13.
8. Soyuer F, Mirza M, Erkorkmaz U. Balance performance in three forms of multiple sclerosis. *Vol. 28, Neurological Research.* 2006. p. 555--562.
9. Kaddoura R, Faraji H, Othman M, Abu Hijleh A, Loney T, Goswami N, et al. Exploring Factors Associated with Falls in Multiple Sclerosis: Insights from a Scoping Review. *Vol. 19, Clinical Interventions in Aging.* 2024. p. 923--938.
10. Jawad A, Baattaiah BA, Alharbi MD, Chevidikunnan MF, Khan F. Factors contributing to falls in people with multiple sclerosis: The exploration of the moderation and mediation effects. *Vol. 76, Multiple Sclerosis and Related Disorders.* 2023. p. 104838.
11. Number of people with MS | Atlas of MS [Internet]. [citato 25 ottobre 2024]. Disponibile su: <https://www.atlasofms.org/map/global/epidemiology/number-of-people-with-ms>
12. Prosperini L, Castelli L. Spotlight on postural control in patients with multiple sclerosis. *Vol. 8, Degenerative Neurological and Neuromuscular Disease.* 2018. p. 25--34.
13. Learmonth YC, Paul L, McFadyen AK, Mattison P, Miller L. Reliability and clinical significance of mobility and balance assessments in multiple sclerosis. *Vol. 35, International Journal of Rehabilitation Research. Internationale Zeitschrift Fur Rehabilitationsforschung. Revue Internationale De Recherches De Readaptation.* 2012. p. 69--74.
14. Baert I, Keytsman C, Rasova K, Heric-Mansrud A, Ehling R, Ellorriagia I, et al. Validity of mobility measures in multiple sclerosis, according disability level: a European RIMS multi-center study. *Vol. 22.* 2016. p. 136- 137.

15. Brandstadter R, Ayeni O, Krieger SC, Harel NY, Escalon MX, et al. Detection of subtle gait disturbance and future fall risk in early multiple sclerosis. Vol. 94, *Neurology*. 2020. p. e1395--e1406.
16. Bethoux F, Bennett S. Evaluating walking in patients with multiple sclerosis: which assessment tools are useful in clinical practice? Vol. 13, *International journal of MS care*. 2011. p. 4--14.
17. Kalron A, Dolev M, Givon U. Further construct validity of the Timed Up-and-Go Test as a measure of ambulation in multiple sclerosis patients. Vol. 53, *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2017. p. 841--847.
18. Tajali S, Shaterzadeh-Yazdi MJ, Negahban H, van Dieën JH, Mehravar M, Majdinasab N, et al. Predicting falls among patients with multiple sclerosis: Comparison of patient-reported outcomes and performance-based measures of lower extremity functions. Vol. 17, *Multiple Sclerosis and Related Disorders*. 2017. p. 69--74.
19. Quinn G, Comber L, Galvin R, Coote S. The ability of clinical balance measures to identify falls risk in multiple sclerosis: a systematic review and meta-analysis. Vol. 32, *Clinical Rehabilitation*. 2018. p. 571--582.
20. Winser S, Smith CM, Hale LA, Claydon LS, Whitney SL, Klatt B, et al. Psychometric Properties of a Core Set of Measures of Balance for People With Cerebellar Ataxia Secondary to Multiple Sclerosis. Vol. 98, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2017. p. 270--276.
21. Assessment of Postural Balance in Multiple Sclerosis | *International Journal of MS Care* [Internet]. [citato 25 ottobre 2024]. Disponibile su: <https://meridian.allenpress.com/ijmsc/article/11/1/1/32337/Assessment-of-Postural-Balance-in-Multiple>
22. Mitchell KD, Chen H, Silfies SP. Test-Retest Reliability, Validity, and Minimal Detectable Change of the Balance Evaluation Systems Test to Assess Balance in Persons with Multiple Sclerosis. Vol. 20, *International journal of MS care*. 2018. p. 231--237.
23. Cattaneo D, Jonsdottir J, Repetti S. Reliability of four scales on balance disorders in persons with multiple sclerosis. *Disabil Rehabil*. 30 dicembre 2007;29(24):1920--5.
24. Winser SJ, Smith CM, Hale LA, Claydon LS, Whitney SL. Clinical assessment of balance using BBS and SARAbal in cerebellar ataxia: Synthesis of findings of a psychometric property analysis. Vol. 38, *Hong Kong Physiotherapy Journal: Official Publication of the Hong Kong Physiotherapy Association Limited = Wu Li Chih Liao*. 2018. p. 53--61.
25. Ayvat E, Doğan M, Ayvat F, Kılınç ÖO, Sütçü G, Kılınç M, et al. Usefulness of the Berg Balance Scale for prediction of fall risk in multiple sclerosis. Vol. 45, *Neurological Sciences: Official Journal of the Italian Neurological Society and of the Italian Society of Clinical Neurophysiology*. 2024. p. 2801--2805.
26. Caselli S, Sabattini L, Cattaneo D, Jonsdottir J, Brichetto G, Pozzi S, et al. When «good» is not good enough: a retrospective {Rasch} analysis study of the {Berg} {Balance} {Scale} for persons with {Multiple} {Sclerosis}. Vol. 14, *Frontiers in Neurology*. 2023. p. 1171163.
27. Forsberg A, Andreasson M, Nilsagård YE. Validity of the dynamic gait index in people with multiple sclerosis. Vol. 93. 2013. p. 1369-1376.

28. Mehta T, Young HJ, Lai B, Wang F, Kim Y, Thirumalai M, et al. Comparing the Convergent and Concurrent Validity of the Dynamic Gait Index with the Berg Balance Scale in People with Multiple Sclerosis. Vol. 7, Healthcare (Basel, Switzerland). 2019. p. 27.
29. Cattaneo D, Regola A, Meotti M. Validity of six balance disorders scales in persons with multiple sclerosis. *Disabil Rehabil.* 30 giugno 2006;28(12):789–95.
30. Dibble L, E, Lopez-Lennon C, Lake W, Hoffmeister C, Gappmaier E. Utility of disease-specific measures and clinical balance tests in prediction of falls in persons with multiple sclerosis. Vol. 37, *Journal of neurologic physical therapy: JNPT.* 2013. p. 99--104.
31. Erekdag A, Sener IN, Zengin Alpozgen A, Gunduz T, Eraksoy M, Kurtuncu M. The agreement between face-to-face and tele-assessment of balance tests in patients with multiple sclerosis. Vol. 90, *Multiple Sclerosis and Related Disorders.* 2024. p. 105766.
32. Garg H, Dibble L, E, Schubert MC, Sibthorp J, Foreman KB, et al. Gaze Stability, Dynamic Balance and Participation Deficits in People with Multiple Sclerosis at Fall-Risk. Vol. 301, *Anatomical Record (Hoboken, N.J.: 2007).* 2018. p. 1852--1860.
33. Garg H, Schubert MC, Gappmaier E, Sibthorp J, Bo Foreman K, Dibble L, et al. Test-Retest Reliability and Response Stability of Gaze Stabilization, Postural Sway, and Dynamic Balance Tests in Persons with Multiple Sclerosis and Controls. Vol. 22, *International journal of MS care.* 2020. p. 136--142.
34. Loyd BJ, Agnew L, Fangman A, Thackeray A, Peterson DS, Schubert MC, et al. Characterizing gaze and postural stability deficits in people with multiple sclerosis. Vol. 55. 2021. p. 103205.
35. Callesen J, Dalgas U, Brincks J, Cattaneo D. How much does balance and muscle strength impact walking in persons with multiple sclerosis? - {A} cross-sectional study. Vol. 29, *Multiple sclerosis and related disorders.* 2019. p. 137-144.
36. Potter K, Anderberg L, Anderson D, Bauer B, Beste M, Navrat S, et al. Reliability, validity, and responsiveness of the Balance Evaluation Systems Test (BESTest) in individuals with multiple sclerosis. *Physiotherapy.* marzo 2018;104(1):142–8.
37. Mestanza Mattos FG, Gervasoni E, Anastasi D, Di Giovanni R, Tacchino A, Brichetto G, et al. Assessing balance in non-disabled subjects with multiple sclerosis: Validation of the Fullerton Advanced Balance Scale. *Mult Scler Relat Disord.* luglio 2020;42:102085.
38. Gor-García-Fogeda MD, Tomé-Redondo S, Simón-Hidalgo C, Daly JJ, Molina-Rueda F, Cano-de-la-Cuerda R. Reliability and Minimal Detectable Change in the Gait Assessment and Intervention Tool in Patients With Multiple Sclerosis. Vol. 12, *PM & R: the journal of injury, function, and rehabilitation.* 2020. p. 685--691.
39. VanNostr, Michael, Sogoloff B, Giroux C, Bergmans L, Kasser SL. Predicting falls in adults with multiple sclerosis using patient-reported measures: Are perceptions of dual-tasking missing? Vol. 68, *Multiple Sclerosis and Related Disorders.* 2022. p. 104115.
40. Sun R, Moon Y, McGinnis RS, Seagers K, Motl RW, Sheth N, et al. Assessment of Postural Sway in Individuals with Multiple Sclerosis Using a Novel Wearable Inertial Sensor. Vol. 2, *Digital Biomarkers.* 2018. p. 1--10.

41. Psarakis M, Greene DA, Cole MH, Lord SR, Hoang P, Brodie M. Wearable technology reveals gait compensations, unstable walking patterns and fatigue in people with multiple sclerosis. Vol. 39, *Physiological Measurement*. 2018. p. 075004.
42. Meyer BM, Cohen JG, Donahue N, Fox SR, O'Leary A, Brown AJ, et al. Chest-Based Wearables and Individualized Distributions for Assessing Postural Sway in Persons With Multiple Sclerosis. Vol. 31, *IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering: a publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*. 2023. p. 2132--2139.
43. Woelfle T, Bourguignon L, Lorscheider J, Kappos L, Naegelin Y, Jutzeler CR. Wearable Sensor Technologies to Assess Motor Functions in People With Multiple Sclerosis: Systematic Scoping Review and Perspective. Vol. 25, *Journal of Medical Internet Research*. 2023. p. e44428.
44. Pau M, Porta M, Coghe G, Corona F, Pilloni G, Loreface L, et al. Are static and functional balance abilities related in individuals with Multiple Sclerosis? Vol. 15, *Multiple Sclerosis and Related Disorders*. 2017. p. 1--6.
45. Craig JJ, Bruetsch AP, Lynch SG, Horak FB, Huisinga JM. Instrumented balance and walking assessments in persons with multiple sclerosis show strong test-retest reliability. Vol. 14, *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*. 2017. p. 43.
46. Kalron A. Association between gait variability, falls and mobility in people with multiple sclerosis: A specific observation on the EDSS 4.0-4.5 level. Vol. 40, *NeuroRehabilitation*. 2017. p. 579--585.
47. Mestanza Mattos FG, Luciano F, Lencioni T, Gervasoni E, Jonsdottir J, Anastasi D, et al. Complementary use of statistical parametric mapping and gait profile score to describe walking alterations in multiple sclerosis: a cross-sectional study. Vol. 13, *Scientific Reports*. 2023. p. 10465.
48. Zörner B, Hostettler P, Meyer C, Killeen T, Gut P, Linnebank M, et al. Prognosis of walking function in multiple sclerosis supported by gait pattern analysis. Vol. 63, *Multiple Sclerosis and Related Disorders*. 2022. p. 103802.
49. Péron D, Leteneur S, Lenne B, Ido G, Donzé C, Barbier F, et al. Cognitive-motor dual task to reveal gait impairments in multiple sclerosis patients at an early stage: A systematic review. Vol. 118, *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*. 2024. p. 106300.
50. Keune PM, Young WR, Paraskevopoulos IT, Hansen S, Muenssinger J, Oschmann P, et al. Measuring standing balance in multiple sclerosis: Further progress towards an automatic and reliable method in clinical practice. *J Neurol Sci*. 15 agosto 2017;379:157--62.
51. Severini G, Straudi S, Pavarelli C, Da Roit M, Martinuzzi C, Di Marco Pizzongolo L, et al. Use of Nintendo Wii Balance Board for posturographic analysis of Multiple Sclerosis patients with minimal balance impairment. Vol. 14, *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*. 2017. p. 19.
52. Inojosa H, Schriefer D, Klöditz A, Trentzsch K, Ziemssen T. Balance Testing in Multiple Sclerosis-Improving Neurological Assessment With Static Posturography? Vol. 11, *Frontiers in Neurology*. 2020. p. 135.

53. Karst GM, Venema DM, Roehrs TG, Tyler AE. Center of pressure measures during standing tasks in minimally impaired persons with multiple sclerosis. Vol. 29, *Journal of neurologic physical therapy: JNPT*. 2005. p. 170--180.
54. Bonardet N, Bardel B, Lefaucheur JP, Sorel M, Créange A. Impact of textured surfaces on the orthostatic balance of patients with multiple sclerosis. Vol. 54, *Neurophysiologie Clinique = Clinical Neurophysiology*. 2024. p. 102941.
55. Prosperini L, Pozzilli C. The clinical relevance of force platform measures in multiple sclerosis: a review. Vol. 2013, *Multiple Sclerosis International*. 2013. p. 756564.
56. Corporaal SHA, Gensicke H, Kuhle J, Kappos L, Allum JHJ, Yaldizli Ö. Balance control in multiple sclerosis: correlations of trunk sway during stance and gait tests with disease severity. Vol. 37, *Gait & Posture*. 2013. p. 55--60.
57. Findling O, Sellner J, Meier N, Allum JHJ, Vibert D, Lienert C, et al. Trunk sway in mildly disabled multiple sclerosis patients with and without balance impairment. Vol. 213, *Experimental Brain Research*. 2011. p. 363--370.
58. Cimino V, Chisari CG, Raciti G, Pappalardo A, Zappia M, Patti F. Static postural control disturbances among the different multiple sclerosis phenotypes: A Neurocom Balance Manager® evaluation study. Vol. 26, *Multiple Sclerosis and Related Disorders*. 2018. p. 46--51.
59. Cameron MH, Huisinga J. Objective and subjective measures reflect different aspects of balance in multiple sclerosis. *J Rehabil Res Dev*. 2013;50(10):1401–10.
60. Atteya A, Elwishy A, Kishk N, Ismail RS, Badawy R. Assessment of postural balance in multiple sclerosis patients. *Egypt J Neurol Psychiatry Neurosurg*. 18 gennaio 2019;55(1):7.
61. Kalron A, Nitzani D, Achiron A. Static posturography across the EDSS scale in people with multiple sclerosis: a cross sectional study. Vol. 16, *BMC neurology*. 2016. p. 70.
62. Kalron A. Symmetry in vertical ground reaction force is not related to walking and balance difficulties in people with multiple sclerosis. Vol. 47, *Gait & Posture*. 2016. p. 48--50.
63. Podda J, Marchesi G, Squeri V, De Luca A, Bellosta A, Pedullà L, et al. Standard versus innovative robotic balance assessment for people with multiple sclerosis: a correlational study. Vol. 28, *European Journal of Medical Research*. 2023. p. 254.
64. Podda J, Marchesi G, Bellosta A, Squeri V, De Luca A, Pedullà L, et al. Testing Dynamic Balance in People with Multiple Sclerosis: A Correlational Study between Standard Posturography and Robotic-Assistive Device. Vol. 24, *Sensors (Basel, Switzerland)*. 2024. p. 3325.
65. Montalban X, Graves J, Midaglia L, Mulero P, Julian L, Baker M, et al. A smartphone sensor-based digital outcome assessment of multiple sclerosis. Vol. 28, *Multiple Sclerosis (Houndmills, Basingstoke, England)*. 2022. p. 654--664.
66. Cheng WY, Bourke AK, Lipsmeier F, Bernasconi C, Belachew S, Gossens C, et al. U-turn speed is a valid and reliable smartphone-based measure of multiple sclerosis-related gait and balance impairment. Vol. 84, *Gait & posture*. 2021. p. 120-126.

67. Santisteban L, Teremetz M, Irazusta J, Lindberg PG, Rodriguez-Larrad A. Outcome measures used in trials on gait rehabilitation in multiple sclerosis: A systematic literature review. Vol. 16, PloS One. 2021. p. e0257809.
68. Cochrane GD, Christy JB, Motl RW. Central Vestibular Functions Correlate With Fatigue and Walking Capacity in People With Multiple Sclerosis. Vol. 101, Physical Therapy. 2021. p. pzab168.
69. Monaghan PG, VanNostr, Michael, Fritz NE. Backwards walking speed reserve in persons with multiple sclerosis. Vol. 85, Multiple Sclerosis and Related Disorders. 2024. p. 105556.
70. Kirkland {MC}, Chen A, Downer {MB}, Holloway {BJ}, Wallack {EM}, Lockyer {EJ}, et al. Bipedal hopping timed to a metronome to detect impairments in anticipatory motor control in people with mild multiple sclerosis. Vol. 55. p. 45-52.
71. Frzovic D, Morris ME, Vowels L. Clinical tests of standing balance: performance of persons with multiple sclerosis. Vol. 81, Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 2000. p. 215--221.